



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

ESTUDIO DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *EIMERIA* PARÁSITAS DE LAGOMORFOS

Alumno: Poblaciones Beltrán, Jesús

Tutor: Prof. D. Francisco José Márquez Jiménez
Dpto: Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología

Septiembre, 2020



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

ESTUDIO DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *EIMERIA* PARÁSITAS DE LAGOMORFOS

Fdo.: Jesús Poblaciones Beltrán

(Alumno)

Fdo.: Francisco J. Márquez Jiménez

(Tutor)

ÍNDICE

Resumen	5
Abstract.....	5
Palabras clave	6
Introducción.....	7
<i>Eimeria</i>	
Encuadre taxonómico.....	13
Antecedentes	14
<i>Eimeria en lagomorfos</i>	
Encuadre taxonómico de Lagomorpha	16
Especies de <i>Eimeria</i> en lagomorfos ibéricos	17
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	22
<i>Eimeria</i> en liebres	24
<i>Lepus granatensis</i>	26
<i>Lepus castroviejo</i>	26
<i>Lepus europaeus</i>	26
Objetivos.....	28
Área de estudio.....	29
Material y métodos	32
Metodología para determinar la edad de los individuos	33
Datos climáticos	34
Métodos estadísticos.....	34
Resultados.....	35
Discusión	48
Conclusiones	52
Referencias	53
Anexos	
Anexo 1: especies de <i>Eimeria</i> en lagomorfos	64
Anexo 2: datos de presencia de las especies de <i>Eimeria</i> por localidad y fecha	67
Anexo 3: datos climáticos	68
Asignaturas matriculadas del máster	70
Curriculum vitae	71

RESUMEN

La cada vez mayor preocupación por el estado de conservación de nuestros lagomorfos, pone en el punto de mira un mejor conocimiento de las enfermedades que les afectan, siendo la coccidiosis producida por el género *Eimeria* la más extendida y para algunas especies, desconocida enfermedad que les parasita.

Este trabajo, trata de hacer un repaso por todos los aspectos relevantes de este parásito apicomplejo y sus hospedadores del Orden Lagomorpha, haciendo especial hincapié en las especies de nuestra península. Parte de su historia, taxonomía, diversidad, ciclo de vida, así como todos aquellos aspectos relacionados con las especies de lagomorfos que conviven junto al coccidio.

Además ponemos en marcha un estudio para conocer la situación de la enfermedad en algunos puntos de la provincia de Jaén, mediante el recuento y caracterización de los ooquistes de *Eimeria* en conejo (*Oryctolagus cuniculus*). En los resultados obtenidos podemos destacar que todas las muestras dieron positivo por coccidios, con prevalencias para algunas especies como *Eimeria media* o *Eimeria perforans* del 100%. Ponemos de manifiesto que variables como las condiciones ambientales o la edad de los individuos juegan un papel fundamental en el ciclo de vida del parásito. De forma que aquellos meses donde las condiciones de temperatura y humedad son favorables se observa un incremento en el número de ooquistes, siendo el mes de Diciembre, salvo excepciones, el mes con mayores cargas parasitarias. Además el número de ooquistes alcanza los mayores valores en individuos juveniles, siendo estos más propensos a ser infectados por *Eimeria*.

ABSTRACT

The increasing concern for the state of conservation of our lagomorphs, puts in the spotlight a better knowledge of the diseases that them, being the coccidiosis produced by the genus *Eimeria* the most widespread and for some species, an unknown disease that parasitizes them .

This work tries to review all the relevant aspects of this apicomplex parasite and its hosts of the Order Lagomorpha, with special emphasis on the species of our peninsula. Part of its history, taxonomy, diversity, life cycle, as well as all those aspects related to the lagomorph species that live together with the coccidium.

We are also launching a study to find out the situation of the disease in some parts of the province of Jaén, by counting and characterizing *Eimeria* oocysts in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). In the results obtained we can highlight that all samples were

positive for coccidia, with prevalences for some species such as *Eimeria media* or *Eimeria perforans* of 100%. We show that variables such as environmental conditions or the age of individuals play a fundamental role in the life cycle of the parasite. Thus, those months where the temperature and humidity conditions are favorable, an increase in the number of oocysts is observed, with the month of December, with few exceptions, being the month with the highest parasite loads. Furthermore, the number of oocysts reaches the highest values in juvenile individuals, these being more likely to be infected by *Eimeria*.

PALABRAS CLAVE

Eimeria, coccidiosis, Lagomorpha, *Oryctolagus*, *Lepus*

INTRODUCCIÓN

El género *Eimeria*, Schneider, 1875, es un parásito apicomplejo de la clase Coccidia y perteneciente a la familia Eimeriidae que abarca a un extenso grupo de protistas, conocido por ocasionar la famosa enfermedad de la coccidiosis, por lo general “infección intestinal causada por parásitos intracelulares que pertenecen a diferentes *Eimeria*” (Yun *et al.*, 2000). Con cientos de especies descritas y con una distribución mundial, está presente en multitud de vertebrados. Ha sido descrito en peces (como *Eimeria alburni*, Stankovitch, 1920), anfibios (*Eimeria bufomarini*, Paperna y Lainson, 1995), reptiles (*Eimeria caretta*, Upton *et al.*, 1990), aves (*Eimeria tenella*, Railliet & Lucet, 1891) y mamíferos, entre los que no se encuentra el ser humano (Duszynski y Couch, 2008). Y aunque se hayan encontrado ooquistes de *Eimeria* en restos humanos o en la cavidad bucal de indígenas en el Amazonas, su presencia en este es transitoria y no implica que vaya a ser infectado, ya que dicha presencia seguramente sea debida a la contaminación por el contacto constante con reservorios de este coccidio (Traviezo *et al.*, 2019).

En aves de corral se han descrito 7 especies diferentes, en el ganado ovino 11, en bovinos más de 20 y en lagomorfos por encima de las 50 (Anexo 1) (Duszynski *et al.*, 2008), la mayoría de ellos organismos parásitos con una larga historia evolutiva de convivencia junto a sus hospedadores (Fugassa y Guichón, 2006). Buena muestra de ello es el hallazgo de ooquistes de *Eimeria macusaniensis*, Guerrero *et al.*, 1971, en restos momificados de camélidos peruanos, guanacos (*Lama guanicoe*, Müller, 1776) y llamas (*Lama glama*, Linnaeus, 1758) (Leguía *et al.*, 1999).

En cuanto a la importancia de las enfermedades parásitas asociadas al filo Apicomplexa, podemos decir que es enorme, entre ellos se incluyen, algunas de las especies responsables de las principales zoonosis del ser humano (Matos, 2015). El paludismo y la toxoplasmosis, enfermedades comunes en humanos, pueden afectar a un tercio de la población mundial, matando o deformando cerca de un millón de recién nacidos y niños (Kenneth y Ray, 2013). Además en pacientes inmunodeprimidos pueden tener efectos letales. En el caso concreto de *Eimeria*, su interés ha radicado fundamentalmente en el estudio de aquellas especies que afectan a animales que el hombre ha utilizado para su beneficio, siendo microorganismos importantes desde el punto de vista epidemiológico, fácilmente transmisibles y cuya prevención se basa principalmente en la implementación de medidas sanitarias y de manejo adecuadas (Rodríguez *et al.*, 2017).

Su aparición está normalmente relacionada con determinados tipos de manejo y determinadas condiciones ambientales, temperatura y humedad fundamentalmente,

favoreciendo la esporulación de los ooquistes. En el caso de especies con un marcado comportamiento gregario entre sus individuos, el riesgo de contraer la enfermedad aumenta considerablemente, extremándose en caso de hacinamiento, como ocurre en las granjas (Macua *et al.*, 2011).

Se desarrollan en las células de las mucosas del intestino, o en el hígado, y para que se produzca la infección se requiere la maduración previa del ooquiste, en las condiciones ambientales adecuadas, afectando con más virulencia en individuos jóvenes y normalmente de forma crónica en adultos. En la infestación, están involucradas varias especies (Tamasaukas *et al.*, 2010).

Al igual que todos los organismos del filo Apicomplexa se caracterizan por presentar una estructura conocida como complejo apical, especializado en la adhesión y entrada en la célula hospedadora, además de proporcionarle orientación al parásito (Katris *et al.*, 2014). También posee elementos estructurales dentro (actina y miosina) que les proporcionan la motilidad para la invasión de la célula hospedadora (Striepen *et al.*, 2007). Estudios recientes, afirman que el conjunto de orgánulos entre la mayoría de los miembros del filo muestran similitudes estructurales, y por tanto comparten funciones (Dubremetz *et al.*, 1998). De hecho el nombre Apicomplexa, está asociado al complejo de orgánulos situado en el extremo apical, en etapas del ciclo de vida del parásito que están involucradas en la penetración de células. Estos orgánulos incluyen las roptrias, los micronemas y complejos microtubulares asociados, situados en el extremo del parásito (Kenneth y Ray, 2013). Orgánulos altamente especializados en la penetración celular, excretando una serie de sustancias que la facilitan, e imprescindible para la supervivencia del parásito. El complejo apical actúa directamente sobre la célula hospedadora a nivel de los microtúbulos, favoreciendo la replicación intracelular del parásito (Morrissette y Sibley, 2002). Por tanto todas estas estructuras características asociadas al complejo apical de los apicomplejos, están fundamentalmente destinadas a desempeñar su función como organismo parásito que requiere de un hospedador al que infectar para poder poner en marcha su ciclo biológico.

En el caso de *Eimeria*, protista entérico, su ciclo de vida es continuo y la mayor parte ocurre en el intestino delgado (figura 1).

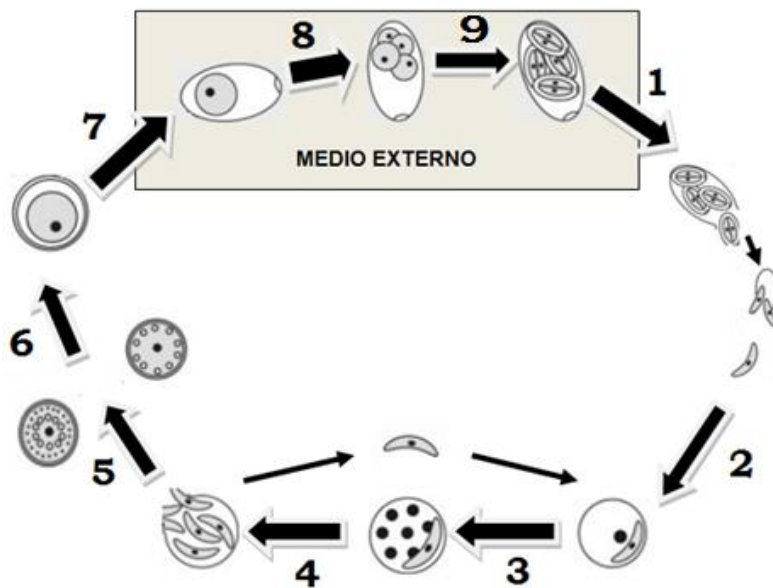


Figura 1: ciclo biológico de *Eimeria* adaptado a partir de Berstch (2019), y Taylor y Bartram (2012): **1.** Una vez ingeridos los ooquistes, bien a través del agua o alimento contaminados por las heces, cada ooquiste libera 4 esporoblastos, y estos a su vez liberan 8 esporozoitos (forma infectante de los apicomplejos), **2.** que penetrarán en las células hospedadoras del intestino delgado (enterocitos), **3.** y se multiplicarán en el interior de las células de este, convirtiéndose el esporozoito en esquizonte (célula madre). **4.** El esquizonte libera merozoitos (células hijas), produciéndose un ciclo de reinfección, volviendo a la fase 3. **5.** Los merozoitos llegan al intestino grueso, multiplicándose y diferenciándose en gametos (gametocitos), comienza la fase sexual del ciclo. **6.** Se produce la fusión de los núcleos y se origina el cigoto, denominado ooquiste no esporulado. **7.** En torno a los 20 días, un gran número de ooquistes son expulsados con las heces. **8.** El ooquiste permanece en el exterior sin esporular durante un tiempo (estado exógeno), y cuando las condiciones son favorables, **9.** se produce la esporulación, comenzando de nuevo el ciclo al ser ingeridos por otros animales.

Por tanto, y a partir de esta figura, podemos decir que *Eimeria* consta de tres fases. Una fase asexual en el exterior o fase de esporogonia, una segunda fase asexual que se produce en el interior del hospedador, cuando los ooquistes resultantes son ingeridos por este, y tiene lugar en el intestino delgado, llamada merogonia o esquizogonia, que finaliza cuando los merozoitos originan los gametocitos masculino y femenino, la gametogonia (fase sexual), que tiene lugar en el intestino grueso y a la que se le considera como la fase "adulta" del ciclo (García y Rivera, 2017). Durante esta fase los coccidios presentan órganos de locomoción, los microgametos rompen la

célula hospedadora, penetran en el macrogametocito y se produce la fusión de los núcleos originándose el cigoto.

En cuanto a su morfología, y como se puede ver en la figura 1, los ooquistes se caracterizan por ser esféricos o con formas similares, ovoides o con una apariencia elipsoidal, presentando tamaños desde las 15 a 50 μm . No obstante, a pesar de tener una serie de rasgos comunes a todos los organismos del filo Apicomplexa, los de la familia Eimeriidae presentan unas características distintivas que los convierten en peculiares, ya que sus ooquistes son esporocistados, es decir, con esporozoitos desarrollados dentro de cubiertas esporoquísticas y no en la cavidad del ooquiste como ocurre en otras familias (Gallego, 2006). Además su parasitismo es claramente intracitoplasmático. Otra peculiaridad, es que sus especies son oioxenas (especificidad estricta) o estenoxenas (estrecha relación con el huésped). Parásitos que han ido evolucionando a lo largo de la historia evolutiva junto a sus hospedadores.

Si nos centramos en la coccidiosis intestinal, la cual afecta generalmente a individuos jóvenes, se manifiesta con una serie de síntomas que incluyen fundamentalmente un cuadro diarreico característico, pérdida del apetito, dolor abdominal, deshidratación, e incluso pérdida de peso. Todo esto deriva de una atrofia de las vellosidades del intestino, con las fatídicas consecuencias que esto acarrea, como dificultades en la absorción de los nutrientes, anemias e incluso aparición de úlceras en el epitelio. En los casos más drásticos, puede causar la muerte del animal, precedida de convulsiones o parálisis (Duszynski y Couch, 2013).

En cuanto a la coccidiosis hepática, causada solo por *E. stiedai* afecta a individuos de todas las edades. La enfermedad se desarrolla en los conductos biliares del hígado, que aumenta de tamaño considerablemente, interfiriendo en su función hepática.

En el caso de los lagomorfos, las especies de *Eimeria* difieren en algunos aspectos en lo que respecta a sintomatología, patogenicidad, virulencia o prevalencia. Otro aspecto a resaltar es la diversidad de especies de este género, en el conejo por ejemplo, se han descrito hasta 25 especies de coccidios, aunque en la actualidad sólo se acepten once. Por otro lado los factores ambientales también juegan un papel primordial en esta enfermedad, la oxigenación, la humedad o la temperatura son determinantes. En un estudio realizado en Francia sobre *Eimeria exigua* en heces de conejos silvestres, se concluyó que “la gravedad de la enfermedad disminuyó de las localidades del norte al sur, y fue mayor en la estación de otoño e invierno que en la primavera” (Grez *et al.*, 2000). En otro estudio en cuatro regiones climáticas del este de Australia se evaluó en conejos silvestres la relación de ooquistes de distintas especies de *Eimeria* con el clima durante un periodo de tiempo, resultando “las infecciones más frecuentes en la región subalpina, menores en

las regiones con clima mediterráneo y subtropical, y escasas en la región semiárida” (Stodart, 1968).

La inmunidad adquirida frente a *Eimeria* se desarrolla después de una infección natural, pero debido a un complejo ciclo de vida y una intrincada respuesta inmune del huésped, el desarrollo de una vacuna no se ha convertido en algo fácil, ya que es necesaria una mejor comprensión de las interacciones entre huésped y parásito, para así poder desarrollar estrategias de control inmunológico efectivas. No obstante en algunos estudios se han obtenido buenos resultados, donde se ha llegado a comprobar la efectividad de una vacuna frente a *E. media* y *E. magna* y donde tras “tres semanas después de la inoculación, no se registró ningún caso de diarrea en los dos grupos de conejos vacunados, en comparación con los conejos no vacunados, que si presentaron cuadros diarreicos” (Akpo *et al.*, 2012). Además de la vacunación, actualmente existe y se han puesto en marcha otros tratamientos alternativos frente a la coccidiosis. La quimioterapia por ejemplo, se usa ampliamente para controlar la enfermedad, aunque la resistencia a los medicamentos en cepas de parásitos con una larga historia detrás, exige el desarrollo de métodos alternativos para controlarla. En este sentido, la aparición de nuevas estrategias de control inmunológico y molecular parecen el futuro para estabilizar este tipo de patologías (Yun *et al.*, 2000).

Todo esto cobra especial importancia, ya que “la coccidiosis es una enfermedad muy importante en el contexto de la producción de proteínas para la alimentación humana” (Gutiérrez, 2003) y supone pérdidas económicas cuantiosas, estimándose en torno a los 3 mil millones de dólares cada año (Dalloul y Lillehoj, 2006). La enfermedad en aves de corral, ganado porcino, ovino o bovino además de la cunicultura, han centrado la mayoría de los estudios. No obstante en las últimas décadas ha aumentado el interés en el estudio de las enfermedades parasitarias de la fauna silvestre, es el caso por ejemplo de las especies de liebre y conejo silvestre, eslabones fundamentales de la cadena y los cuales además pueden acabar suponiendo una amenaza al actuar como portadores, huésped intermediario o reservorio de infecciones de importancia para otras especies (González *et al.*, 2005). La creciente preocupación por la conservación de la naturaleza y el declive de muchas de las especies, han despertado el interés en el estudio de todas aquellas patologías que pueden repercutir en la susceptibilidad de las especies a poder sufrir descensos en sus poblaciones. En el caso de *Eimeria* se sabe que está detrás de la regresión de algunas de las especies, no tanto por su acción directa, sino por su relación o influencia con otras enfermedades. En este aspecto, un punto a tener en cuenta, es el relacionado con las especies amenazadas. Recientes estudios están asociando el consumo de animales infectados por especies amenazadas, con la posible transmisión de enfermedades

parasitarias. “Se probó comparando la prevalencia, riqueza, abundancia e infección mixta de endoparásitos (coccidios y helmintos) en Milano real (*Milvus milvus*, Linnaeus, 1758) que se alimentan de cadáveres de ganado (principalmente de cerdos y aves de corral) en condiciones de hacinamiento y confinamiento, en relación con aquellos que se alimentan solos o en pequeños grupos de presas salvajes, principalmente conejos salvajes” (Blanco *et al.*, 2017). Además de las especies de *Eimeria* específicas del propio Milano, estas zonas de concentración de animales suponen un reservorio de parásitos específicos de otras especies, fundamentalmente de las que se emplean como alimento para esta fauna amenazada, e incluso, pudiendo estar presentes de manera transitoria sin causar efectos patológicos debido al consumo de presas infectadas.

En lo que se refiere a España cualquier patología que afecte a los lagomorfos cobra especial importancia, teniendo en cuenta que el conejo, *Oryctolagus cuniculus* (Linnaeus, 1758) está considerado como una de las especies clave del ecosistema mediterráneo. Su presencia es crucial para el mantenimiento y organización de las comunidades de depredadores. Es el caso de las rapaces, cuya diversidad y abundancia están estrechamente relacionadas con las densidades del lagomorfo (Delibes-Mateos, 2006). Pero desde hace ya unos años en adelante, y debido a la fragmentación y pérdida de sus hábitats, y la aparición de dos enfermedades, fundamentalmente, (Villafuerte *et al.*, 1994) este ha sufrido una disminución de hasta un 30% de sus efectivos en la última década, declive que le ha conducido a estar en la lista de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, en la categoría de vulnerable. La preocupación es máxima si tenemos en cuenta que se trata de una especie clave en la cadena trófica, viéndose afectadas por su declive numerosas y valiosas especies de nuestra fauna (Virgós *et al.*, 2007). Por citar algún ejemplo, la recuperación del Águila imperial ibérica (*Aquila adalberti* Brehm, 1861) o del Lince ibérico (*Lynx pardinus*, Temminck, 1827) sería una quimera sin unas buenas poblaciones de conejo. Si a esto añadimos las enormes pérdidas económicas que sufre la industria de la cunicultura, pone de manifiesto la importancia de investigar acerca de las patologías que afectan a este lagomorfo.

La coccidiosis, tiene importantes efectos negativos en nuestro país, sin embargo, son pocos los estudios que han indagado en el impacto de estos parásitos en las poblaciones de conejos salvajes de la península ibérica (Marques *et al.*, 2015).

En nuestro territorio, se ha registrado coccidiosis en poblaciones de conejos salvajes y domésticos, sin embargo, ningún estudio describió a *Eimeria* más allá del género. “La identificación de coccidios a nivel de especie es relevante debido a la patogenicidad

distinta de cada especie, que puede determinar su potencial para interactuar con otras enfermedades del huésped” (Lello *et al.*, 2005).

Por otra parte las liebres, de las cuales en España contamos con tres especies: *Lepus europaeus*, Pallas, 1778; *Lepus granatensis*, Rosenhauer, 1856; y *Lepus castroviejo*, Palacios, 1977, cada una con sus problemas de conservación, tampoco atraviesan por su mejor momento, muy al contrario como ocurre en la liebre ibérica (*Lepus granatensis*) esta se encuentra en la situación más crítica que ha atravesado la especie en las últimas décadas, como consecuencia de la aparición, en los últimos años, de la Mixomatosis (García-Bocanegra *et al.*, 2019). Estudios recientes alertan de la posible relación, en términos de coinfección, de la Mixomatosis y la Enfermedad Hemorrágica vírica con la coccidiosis producida por *Eimeria* sp. Hasta ahora se había descuidado el papel potencial de la coinfección entre diferentes agentes patógenos, y estudios recientes han demostrado diferentes relaciones de coinfección entre el virus del mixoma e infecciones parasitarias. En España, aprovechando un programa experimental de repoblación, se probaron los efectos de las infecciones por coccidios y nematodos en la probabilidad de tener anticuerpos detectables contra el virus del mixoma y la enfermedad hemorrágica del conejo en conejos salvajes (Pacios, 2018). Está claro que se necesitan más estudios para responder a numerosos interrogantes acerca de este tema, pero lo que sí concluye Pacios es que “aunque se requiere más información, la prevalencia de anticuerpos contra la Mixomatosis claramente dependía en gran medida de la carga de coccidios”. Parece claro que el control de coccidios podría desempeñar un papel clave en la lucha contra las enfermedades del conejo. Estos estudios tienen implicaciones para la epidemiología de las enfermedades virales y para el manejo de enfermedades destinadas a aumentar las poblaciones de conejos, sobre todo en áreas donde son importantes para la conservación del ecosistema (Pacios, 2018).

EIMERIA

Encuadre taxonómico

Su taxonomía siempre ha sido motivo de debate, no llegando nunca a un consenso definitivo. Algunas diferencias morfológicas significativas con respecto a otros protozoos del mismo grupo, y algunos aspectos filogenéticos aún por aclarar, han desencadenado múltiples discrepancias, publicándose diversas propuestas de clasificación para este filo (Matos, 2015), siendo una de las más aceptadas y con la que coinciden un gran número de autores la que se muestra en la figura 2:

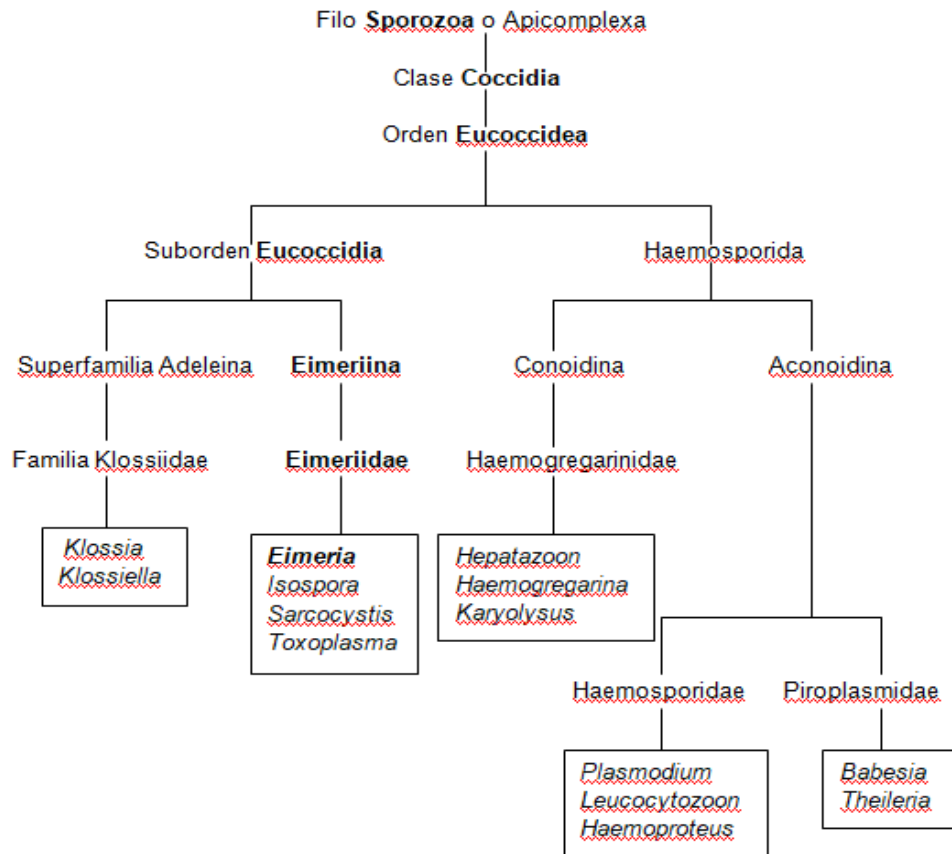


Figura 2: uno de los posibles árboles taxonómicos para encuadrar al género *Eimeria*. Adaptado y ampliado de la clasificación de Levine (1988) y Urquhart *et al.* (1996).

Antecedentes

La primera constancia de la presencia del género *Eimeria*, nos hace remontarnos al 1674, cuando Antonie van Leeuwenhoek descubrió unos "cuerpos" característicos en la bilis de un conejo doméstico, estructuras, que más adelante en 1922, el investigador Dobell asignó a ooquistes de *Eimeria stiedai* (Duszynski *et al.*, 2013). Desde entonces, el avance en el estudio del género *Eimeria* así como de otras especies de coccidios ha avanzado considerablemente. En lo que respecta al caso concreto del conejo podemos decir que el estudio activo de los coccidios comenzó en serio después del trabajo de Hake (1839), quien describió por primera vez la patología en el hígado y el duodeno del conejo doméstico, aunque creía que los ooquistes que vio estaban asociados con un carcinoma de hígado. Tras el trabajo de Hake, gran parte de nuestro conocimiento inicial sobre la biología de los coccidios se realizó utilizando conejos domésticos. Es cierto, que estas primeras investigaciones no diferenciaban entre especies que infectan el hígado de las que lo hacen en el intestino, conduciendo a muchas interpretaciones erróneas. Por otra parte se tardó mucho tiempo en comprender que las etapas endógenas (sexuales y asexuales) y exógenas (ooquistes)

formaban parte del mismo ciclo de vida. Y si además tenemos en cuenta que se dieron varios nombres genéricos diferentes a los coccidios cuando se les confundía con mixosporanos y gregarinas, pone de manifiesto que se tardó un tiempo en alcanzar un consenso sobre el tema. Ya en 1845, Remak fue el primero en encontrar ooquistes en la mucosa intestinal de los conejos, y Kauffmann en el 1847 observó que los ooquistes se segmentaron en cuatro esporoquistes separados cuando se mantuvieron en agua. Dos décadas después, Stieda (1865) verificó la observación de Kauffmann y también notó que dos estructuras alargadas (es decir esporozoitos) se desarrollaron dentro de cada esporoquiste. Ese mismo año Lindemann (1865) reconoció la naturaleza parasitaria de las etapas hepáticas (Jiménez, 2016). Años más tarde Schneider nombró al género *Eimeria* por un coccidium de ratón, y Rivolta al mismo tiempo, sin conocer todavía los estudios de Schneider, lo nombró como coccidium *Psorospermium cuniculi*, Rivolta junto a Leuckart (1879) propusieron el nombre *Coccidium oviforme* para la misma forma que encontró en el intestino del conejo. Por su parte Balbiani (1884) confirmó que cada uno de los esporoquistes descritos por Stieda anteriormente, producía dos esporozoitos junto con un pequeño cuerpo residual. Ya en el siglo XX Wenyon y los hermanos Pfeiffer fueron los primeros en informar que se produjo una multiplicación en el intestino del conejo que resultó en el desarrollo y la producción de ooquistes. A partir de este momento comienzan a despertarse el interés por descubrir la diversidad de especies del género que afectan al conejo. Fueron Perard (1924) y Waworuntu (1924) los primeros, describiendo algunas etapas de desarrollo de *E. perforans* y *E. stiedai*, y *E. magna* (en 1925). Waworuntu además informó de un tercer tipo que, según él, tenía un tamaño intermedio entre *E. magna* y *E. stiedai*, se trataba de *E. media*. Por su parte Kessel y Jankiewicz, en 1931 nombraron otra especie intestinal de conejo, *E. irresidua*. Si bien es verdad que el conejo había acaparado la mayoría de los estudios durante ese tiempo, algunos investigadores habían trabajado con otras especies de lagomorfos. Nieschultz (1923), trabajó con liebres en Holanda, descubriendo que más del 90% de los animales estaban infectados con coccidios. A lo largo de la historia ha quedado reflejado a través de numerosísimos estudios la globalización del género *Eimeria*. Cooper (1927), arrojó que en algunas zonas de la India existían tasas de infección del 83% en las poblaciones estudiadas. Por su parte, Boughton en Canadá (1932), descubrió en liebre (*Lepus americanus*, Erxleben, 1777) algunas especies de *Eimeria* o Duszynski y Marquardt en 1969 en Colorado (EEUU) encontraron en conejos de cola de algodón (*Sylvilagus audubonii*, Baird, 1858) que estaban infectados de cuatro a seis especies de *Eimeria*. En España Moreno-Montañez y colaboradores (1979) encontraron en 27 de 42 liebres (*Lepus granatensis*) de diferentes localidades infectadas al menos con tres especies de *Eimeria*. Y a día de

hoy sigue siendo un tema de interés que afecta a las poblaciones de lagomorfos de todo el mundo, “se identificaron hasta cinco especies diferentes de *Eimeria* (*Eimeria intestinalis*, *E. perforans*, *E. magna*, *E. media* y *E. irresidua*) en conejos mediante análisis de secuencia en China” (Tao-Shan *et al.*, 2020).

EIMERIA EN LAGOMORFOS

Encuadre taxonómico

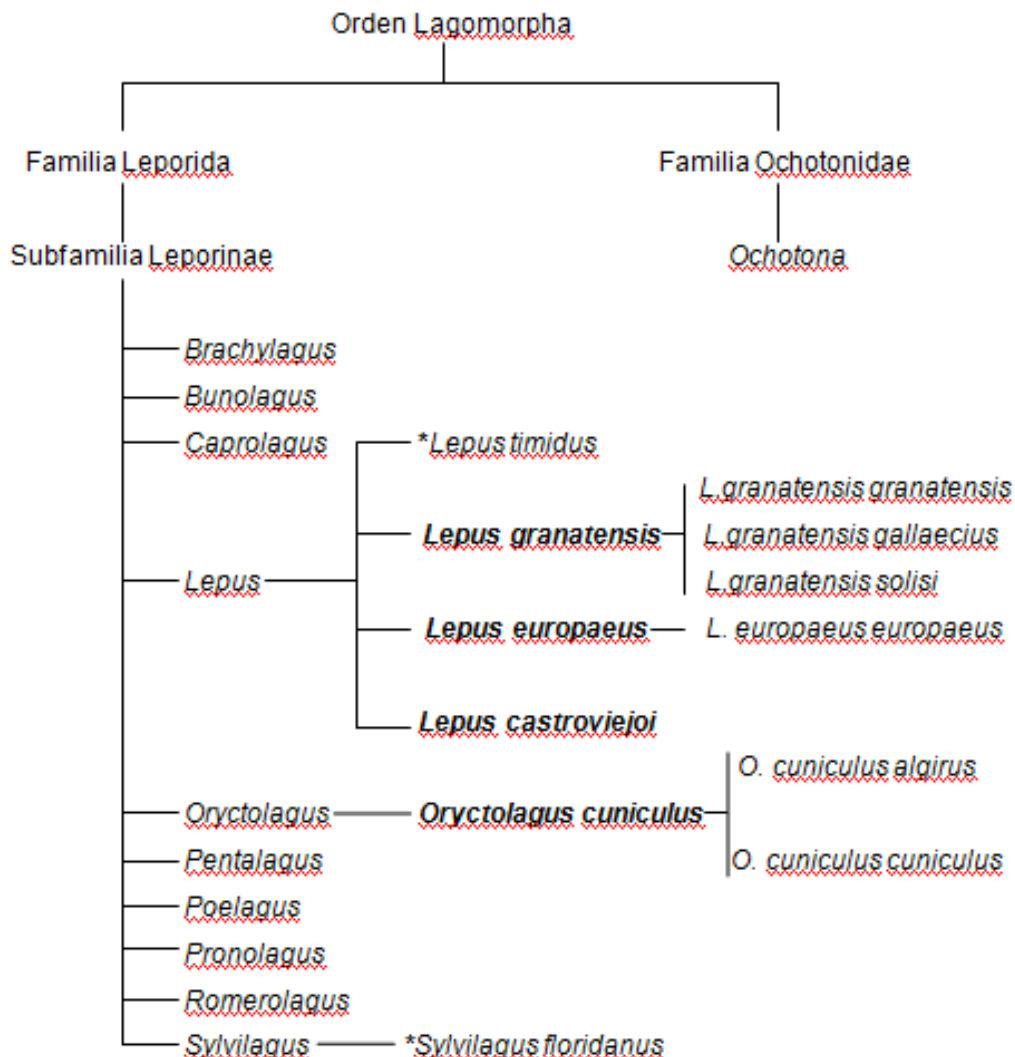


Figura 3: encuadre taxonómico del Orden Lagomorpha, con las cuatro especies representativas de nuestra península. * *L. timidus* es una especie alpina ancestro de *L. granatensis* y *L. europaeus*; **Sylvilagus floridanus*, especie introducida y controlada ha sido citada en alguna ocasión. Adaptado y completado de García-Perea y Gisbert (1997).

Especies de *Eimeria* en lagomorfos ibéricos

Dentro del género *Lepus* y *Oryctolagus* se han descrito 49 especies de *Eimeria* (anexo 1), a continuación vamos a detallar (descripción, hospedador y distribución) solo las especies de *Eimeria* presentes en España, y por tanto que afectan a nuestras 3 especies de lagomorfos (de la liebre de pinnal no se tiene conocimiento de las especies que le afectan ya que no se han hecho estudios al respecto):

Tabla 1: descripciones de las especies y distribución según Aoutiel *et al.*, (2005) y Duszynski *et al.*, (2013).

Especie	Descripción	Hospedador	Distribución
<i>E. europaea</i> Pellérdy, 1956	Forma: ovalado y alargado, la parte anterior más estrecha, parduzca. Pared: lisa, engrosada alrededor del micropilo. Esporoquistes: el volumen disponible está casi lleno por los esporozoitos de $19 \times 9 \mu\text{m}$; los esporozoitos poseen un cuerpo refractivo alargado	Liebre europea Liebre ibérica	Bielorrusia, Lituania, Austria, Bulgaria, República checa, Francia, Alemania, Hungría, Italia, Polonia, Suiza, Turquía y España
<i>E. hungarica</i> Pellérdy, 1956	Forma del ooquiste: esférico a subesférico; número de paredes: 1; características de la pared: delgada, lisa, incolora; Características distintivas del ooquiste: tamaño pequeño. Descripción de esporozoitos: Forma de esporozoitos: corta y "robusta", pero no mensura	Liebre europea Liebre ibérica	India, Bielorrusia, Lituania, Austria, Bulgaria, República Checa, Francia, Alemania, Hungría, Italia, Noruega, Polonia, Portugal, Suecia, Suiza y España
<i>E. robertsoni</i> Madsen, 1938	Forma elipsoide alargado o ligeramente en forma de riñón, de color amarillo o blanco muy pálido. Pared: delgada y lisa con un poste aplanado. Los esporozoitos robustos ocupan 2/3 del ooquiste.	Liebre europea	Estados Unidos, Canadá, India, Lituania, Austria, Alemania, Noruega, Polonia, Portugal, Holanda, Inglaterra, Hungría, Francia y España
<i>E. semisculpta</i> Madsen, 1938	Forma de ooquiste: alargado-fusiforme, en general elipsoidal, ligeramente truncado en un polo número de paredes: 2; características de la pared: ~ 1 de espesor, amarillo parduzco,	Liebre europea	Lituania, República Checa, Finlandia, Alemania, Hungría, Noruega, Polonia y España
<i>E. townsendi</i> Carvalho, 1943	Ooquistes ovoidales	Liebre europea	Estados Unidos, Italia y España

<i>E. leporis</i> Nieschulz, 1923	Forma alargada o ligeramente en forma de riñón, de un amarillo muy pálido. Pared: delgada y lisa con un poste aplanado. Esporoquistes: ocupan la casi totalidad del volumen del ooquiste, y son robustos, que miden $15 \times 8 \mu\text{m}$, y los esporozoitos contienen uno pequeño y uno grande cuerpo refractil alargado.	Liebre europea Liebre ibérica	Canadá, India, Holanda, Rusia, Lituania, Austria, Bulgaria, República Checa, Inglaterra, Finlandia, Alemania, Hungría, Noruega, Polonia, Suiza, Turquía Italia, Francia y España
<i>E. intestinalis</i> Cheissen, 1948	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: ampliamente en forma de pera a ovoidal; número de paredes: 1; características de la pared: lisa, amarilla a marrón claro	Conejo	Egipto, Rusia, Siria, Turquía, India, Australia, Bélgica, Francia, Hungría, Italia, Portugal y España
<i>E. flavescens</i> Marotel y Guilhon, 1941	Descripción de ooquistes esporulados: forma de ooquistes: ovoidal número de paredes: 2; características de la pared: el exterior es liso, amarillo, ~ 1.4 de espesor; interior es una línea oscura, ~ 0.4 de grosor, con la pared ligeramente espesante en el extremo amplio Descripción de esporoquistes y esporozoitos: Forma de quiste espora: alargado-ovoidal	Conejo	Brasil, Australia, Bélgica, Inglaterra, Francia, Polonia, Irán, Arabia Saudí y España
<i>E. magna</i> Pérard, 1925	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: ovoidal a elipsoidal; número de paredes: 2, de que la capa exterior se desprende fácilmente; pared características: amarillo oscuro a naranja a parduzco y aparece truncado al final Descripción de esporoquistes y esporozoitos: Forma de esporoquistes: ovoidal a elipsoidal (dibujo lineal)	Conejo	Benín, Nigeria, Azerbayán, Rusia, India, Japón, Taiwán, Australia, Bélgica, República Checa, Francia, Alemania, Italia, Polonia, Portugal, Irán, Iraq, Arabia Saudí, Siria, Estados Unidos, Brasil y España

<i>E. coecicola</i> Cheissin, 1947	Forma de ooquisto: alargado-elipsoidal o cilíndrico con extremo opuesto M redondeado; número de paredes: 1; pared características: liso, amarillo claro a claro marrón, algo engrosado, formando un pequeño cresta en M Descripción de esporoquistes y esporozoitos: Forma de quiste espora: alargado-ovoidal a elipsoidal a forma de huso. Distintivo características del esporoquiste: en forma de huso con extremo puntiagudo	Conejo	Brasil, Taiwán, Egipto, Irán, Arabia Saudí, Siria, Rusia, Azerbaiyán, Turquía, Australia, Francia, Hungría, Polonia y España
<i>E. exigua</i> Yakimoff, 1934	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: mayormente subesferoidal; número de paredes: no dado, pero aparece como 1 (dibujo lineal) Características del ooquiste: esferoidal a subesferoidal Descripción de esporoquistes y esporozoitos: forma de espora quiste: no se indica, pero parece ser elipsoidal (dibujo lineal)	Conejo	Australia, Nigeria, Arabia Saudí, Siria, India, Taiwán, Rusia, Francia, Hungría, Italia, Polonia y España
<i>E. matsubayashii</i> Tsunoda, 1952	ooquistes elipsoidales a ovoidales	Conejo	India, Japón, Siria y España
<i>E. perforans</i> Sluiter y Schwellengrebed, 1912	Descripción del ooquiste esporulado: Forma altamente polimórfico, siendo descrito como ovoidal, elipsoidal, cilíndrica o subesferoidal por diferentes autores, o elipsoidales, pero no ovoidales, número de paredes: 2; características de la pared: lisa, rosa delicado a un rosa anaranjado moderadamente oscuro, o amarillento a marrón claro;	Conejo	China, Japón, India, Filipinas, Taiwán, Australia, Nigeria, Azerbaiyán, Alemania, Bélgica, República Checa, Inglaterra, Finlandia, Francia, Italia, Polonia, Portugal, Turquía, Irán, Iraq, Arabia Saudí, Siria, Estados Unidos, Brasil y España

<i>E. vej dovskyi</i> Pakandl, 1988	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: elipsoidal, ligeramente asimétrica (dibujo lineal, Pakandl, 1988) con el mayor ancho generalmente detrás de la mitad de la longitud del ooquiste; número de paredes: 2; características de la pared: exterior es liso, amarillento o marrón claro, interrumpido por el M, mientras que el interior está aplanado o ligeramente cóncavo.	Conejo	Nueva Zelanda, Eslovaquia y España
<i>E. media</i> Kessel, 1929	ooquiste esporulado: Forma de ooquistes: ovoidal a elipsoidal; cantidad de paredes: descritas 1, pero Matsubayashi (1934) dijo 2; características de la pared: lisa, rosado a un rosa anaranjado moderadamente oscuro, o amarillento a marrón claro, ligeramente convexo Descripción de esporoquistes y esporozoitos: Forma de esporoquistes: fusiforme o alargado-ovoidal	Conejo Liebre ibérica	Brasil, Estados Unidos, Costa de Marfil, Nigeria, Azerbayán, China, India, Japón, Filipinas, Taiwán, Australia, Bélgica, Finlandia, Italia, Polonia, Portugal, Suecia, Irán Iraq, Arabia Saudí, Siria, Francia, Polonia y España
<i>E. irresidua</i> Kessel y Jankiewicz, 1931	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: elipsoidal a ligeramente ovoidal, romo al final, de modo que aparezcan las paredes laterales paralela; número de paredes: 1; características de la pared: más gruesa, pero se estrecha ligeramente en uno de los extremos, y generalmente amarillo claro u oscuro. Forma de esporoquistes: ovoidal a elipsoidal	Conejo	Estados Unidos, Azervayán, India, Australia, Bélgica, Holanda, República Checa, Francia, Italia, Polonia, Portugal, Irán, Aarbia Saudí, Siria y España

<i>E. piriformis</i> Kotlán y Pospesch, 1934	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: piriforme, a menudo asimétrico; número de paredes: 2; características de la pared: lisa, marrón amarillento claro; la capa externa está engrosada alrededor. Descripción de esporoquistes y esporozoitos: forma de quiste esporo: ovoidal a huso; aparentemente puntiagudo	Conejo	Irán, Arabia Saudí, Siria, Taiwán, Australia, Bélgica, República Checa, Francia, Polonia, Portugal, Azerbayán, Rusia, Hungría y España
<i>E. stiedai</i> Lindemann, 1965	Forma elipsoide y en algunos casos un lado más convexo que el otro, pardusco. Pared externa gruesa, con un engrosamiento más pronunciado y granulación fina en la mitad anterior. Un espacio a veces se puede observar entre lo externo y las paredes internas del ooquiste. Esporoquistes: fornidos, de 18 × 10 µm de tamaño, y ocupan 2/3 del ooquiste	Conejo	Estados Unidos, parte de Sudamérica, Nigeria, China, India, Kazajistán, Azerbayán, Filipinas, Irán, Iraq, Arabia Saudí, Siria Australia, Nueva Zelanda, Bélgica, Holanda, República Checa, Finlandia, Francia, Alemania, Hungría, Italia, Polonia, Portugal, Suecia, Suiza y España
<i>E. magna</i> Pérard, 1925	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: ovoidal a elipsoidal; número de paredes: 2, de que la capa exterior se desprende fácilmente; pared características: amarillo oscuro a naranja aparduzco y aparece truncado al final	Conejo	Benín, Nigeria, Azerbayán, Rusia, India, Japón, Taiwán, Australia, Bélgica, República Checa, Francia, Alemania, Italia, Polonia, Portugal, Irán, Iraq, Arabia Saudí, Siria, Estados Unidos, Brasil y España
<i>E. septentrionalis</i> Yakimoff et al, 1936	Descripción del ooquiste esporulado: Forma del ooquiste: ovoidal a subesferoidal; número de paredes: 2; características de la pared: ~ 1, lisa, con forma de cuerno extensiones a cada lado Descripción de esporoquistes y esporozoitos: forma de esporoquistes: ovoidal, elipsoidal a fusiforme	Liebre ibérica	Rusia, Portugal, Turquía, Estados Unidos, Dinamarca y España

Eimeria en el conejo (*Oryctolagus cuniculus*):

Los estudios en la relación huésped-parásito y sobre los cambios conductuales que puedan ocurrir, deben ser considerados desde un punto de vista evolutivo y filogenético (Kavaliers et al., 2000).

En este aspecto importante del estudio filogenético tanto del parásito como del hospedador, se nos arroja información muy valiosa, ya que la estrecha relación entre los procesos evolutivos de parásitos y hospedadores (coespeciación) tiene mucho que ver con la especificidad del parasitismo, es como si la filogenia de los parásitos nos ayudara a explicar la de sus anfitriones (Rodríguez et al., 2014).

De la historia evolutiva de *Eimeria* en *Oryctolagus cuniculus*, los resultados filogenéticos de Kvičerová et al., (2008) nos describe monofilia en las 11 especies de *Eimeria* de conejos y la diferenciación de 2 linajes hermanos de las especies de *Eimeria*, los cuales corresponden a la presencia y ausencia del residuo del ooquiste. Posteriormente Liu et al., (2015) corrobora la monofilia que presentan las 11 especies y además aporta que las especies de *Eimeria* del conejo difieren en un solo clado independiente de las especies reportadas en otras especies animales como aves. Todo apunta a que la agrupación de especies eimerianas en conejo está influenciada por su especificidad al huésped. Especificidad causada por procesos adaptativos (Kvičerová et al., 2013).

De la historia evolutiva del conejo europeo, *Oryctolagus cuniculus*, decir que se originó en la península ibérica a partir de la especie *O. laynensis*, López Martínez, 1977, aunque el ancestro a partir del cual derivan las 53 especies actuales de la familia Leporidae es *Alilepus*, hace 7 millones de años, coincidiendo con los datos que se tienen del parasitismo de *Eimeria* con los ancestros del orden Lagomorpha, tasados también hace 7 millones de años (Castro, 2011).

Durante las glaciaciones del cuaternario, hace 2,58 millones de años, el conejo, se refugió en dos núcleos: uno en el sur peninsular y otro en el noreste de España o en el sudeste de Francia (BijuDuval et al., 1991). Como resultado de esta separación geográfica actualmente se distinguen dos subespecies: *O.cuniculus algirus* (Haeckel, 1874) y *O.cuniculus cuniculus* (Linnaeus, 1758) respectivamente. Durante el período postglacial, las dos subespecies se dispersaron y volvieron a encontrarse en una franja que divide a España en dos mitades desde Galicia a Almería (Angulo, 2003). Está claro que la convivencia entre *Eimeria* y el conejo se ha forjado a lo largo de millones de años, de ahí que gran parte de nuestro conocimiento temprano sobre la biología de los coccidios se haya realizado con conejos, es más, “es difícil encontrar

conejos no infectados, y probablemente ningún conejo permanezca no infectado de por vida” (Duszynski y Couch, 2013).

Normalmente en el conejo se identifican 11 especies, ya citadas en la tabla 2, aunque también se han citado *E. hungarica* y *E. matsubayashii*, también descritas en la tabla 2. La gravedad de la parasitosis en el conejo dependerá de diversos factores endógenos, como el número de ooquistes ingeridos, la edad, así como del estado inmunológico y nutricional del individuo (Fekete y Kellems, 2007). Estas infecciones pueden “causar retraso en el crecimiento, reducción de la tasa de conversión alimenticia, diarrea, deshidratación, pérdida de peso e incluso la muerte en los conejos afectados” (Coudert, 1976). Normalmente afectando a individuos jóvenes, con tasas de morbilidad y mortalidad de hasta el 60%” (Meng et al. 2007). Además las consecuencias de sufrir un ataque por coccidios puede derivar en numerosos trastornos de mayor o menor gravedad, pero que influyen en el normal desarrollo del individuo. Por otra parte, existe evidencia experimental de disminución en la fecundidad del hospedador debido a la parasitosis, repercutiendo en la dinámica de la población (Lello et al., 2005).

De las diferentes especies de coccidias que afectan a los conejos, la *Eimeria stiedae* es el agente causal de la coccidiosis hepática en el conejo. La coccidiosis hepática en el conejo causa daño en las funciones hepáticas, afectando así la digestibilidad de las grasas, dando como resultado problemas digestivos y con ello una disminución en el estado nutricional de los animales infectados. La enfermedad por lo general conduce a un agrandamiento extremo del hígado y los nódulos amarillentos son post-mortem macroscópicamente visible.

En el caso de las especies intestinales normalmente la mayoría de las vellosidades y toda la mucosa están severamente hinchados. Generalmente no hay deshidratación de todo el organismo, pero el metabolismo iónico se ve afectado y las pérdidas fecales de potasio conducen a hipocalcemia en plasma sanguíneo. La enteritis causada por coccidios suele ir acompañada de un marcado aumento del número de *Escherichia coli*, (Escherich, 1885) y rotavirus en el intestino huésped. Los coccidios intestinales causan enfermedades más o menos graves en conejos, dependiendo principalmente de la dosis infecciosa, especies de parásitos, estado inmune y edad de los animales. (Gómez-Bautista et al., 1987). “Cuando existen estados de desnutrición se ve afectada la eficiencia de la respuesta inmune de tipo humoral y celular” (Yvoré y Guillaume, 1976) y se ha observado que en algunas infecciones parasitarias “se modifica además la composición esquelética de los hospederos” (Fekete y Kellems, 2007).

Tabla 2: localización, lesiones, patogenicidad y signos clínicos de las distintas especies intestinales de *Eimeria* en conejo. Adaptado de El-Shahawi *et al.*, (2012), Kvičero *et al.*, (2008) y Ladrón de Guevara *et al.*, (2015).

Especie de Eimeria	Órganos diana	Lesiones	Signos clínicos	Patogenicidad
E. vej dovskyi	Intestino delgado (íleon)	Ligero engrosamiento	Ningún signo de enfermedad o ligera disminución en la conversión alimentaria	No patógeno o poco patógeno
E. exigua				
E. perforans	Intestino delgado (duodeno y yeyuno)			
E. coecicola	Intestino grueso (ciego)			
E. media	Intestino delgado (yeyuno e íleon)	Edema y formación de focos grisáceos	Disminución en la conversión alimenticia. Diarrea constante. Poca o ninguna mortalidad	Patógeno
E. magna		Inflamación, congestión, engrosamiento y atrofia		
E. irresidua				
E. piriformis	Intestino grueso (colon)	Severa enteritis		
E. intestinalis	Intestino delgado (yeyuno e íleon)	Edema, destrucción de criptas, formación de capa purulenta	Fuerte disminución de la conversión alimenticia. Diarrea abundante. Mortalidad elevada	Muy Patógeno
E. flavescens	Intestino grueso (ciego y colon)	Engrosamiento y pérdida de epitelio		

Eimeria en liebres

En la península ibérica hay tres especies del género *Lepus* (*Lepus europaeus*, *Lepus granatensis*, *Lepus castroviejo*).

Tabla 3: biología descriptiva comparada de las tres especies de liebre presentes en la península ibérica. López (2020).

	<i>Lepus europaeus</i>	<i>Lepus castroviejo</i>	<i>Lepus granatensis</i>
Longitud cabeza-cola (cm)	49,4-55,8	49-51,2	44,4-47
Pie (cm)	13,8-14,6	13,5-14,4	11,4-11,8
Peso (kg)	13,8-14,6	2,6-3,45	2-2,54
Longitud oreja (cm)	9,7-11,3	9,1-9,5	9,6-10,1

Filogenéticamente hablando, según un estudio reciente, “los análisis filogenéticos utilizando un reloj molecular mostraron un origen común compartido entre *L. granatensis* y *L. europaeus*, de 4,5 – 2,2 millones de años. Así mismo, la separación de *L. timidus*, Linnaeus, 1758 (ancestro de *L. granatensis* y *L. europaeus*), y el ancestro común de *L. castroviejo*, se valoró en 1.3 - 0.64 millones de años” (Sanz, 2006).

Las liebres han experimentado una especiación alopátrica similar a la del conejo. Todas estas relaciones de filogenia entre las especies del género *Lepus*, podrían estar detrás de muchos de los aspectos relacionados con las coccidiosis que les afectan, como especies de *Eimeria* compartidas.

El conocimiento sobre parásitos en liebres en España es limitado, solo algunos estudios como los de Moreno-Montañez *et al* (1979), Martínez-Gómez *et al* (1987), Molina (1998) o Bordes *et al* (2007) tratan sobre el tema.

En liebres son importantes las coccidiosis por distintas especies del género *Eimeria*. Aunque en raras ocasiones originan mortalidades importantes (por ejemplo, el caso de las mortalidades de liebres que tuvieron lugar en distintos cotos de caza sevillanos en el invierno lluvioso de 1997-1988) (Alzaga, 2010). La coccidiosis en liebre se puede presentar en la forma hepática, con lesiones importantes de hígados muy parasitados y agrandados, y en la forma intestinal, donde la sintomatología, más complicada de localizar, se manifiesta en zonas nodulares de color blanquecino de la mucosa intestinal” (Salamanca, 2018).

“No se han detectado especies parásitas exclusivas de ninguna de las tres especies de liebre de la península ibérica, si bien todas ellas muestran importantes diferencias a nivel tanto de prevalencia como de intensidad de parasitación”, cuyas cargas parasitarias más altas de coccidios *Eimeria* spp. “están relacionadas con una disminución de la capacidad de huída de la liebre Ibérica frente a depredadores” (Alzaga, 2010).

“No se observó en las liebres un equilibrio estable, como se observa generalmente en el caso de la coinfección de muchas especies congenéricas del mismo huésped. Esto se ha atribuido a los hábitos solitarios del huésped y a la probable naturaleza polifilética del género *Eimeria*. Los datos paleontológicos de Leporidae indican que los parásitos de conejo se derivan de los de la liebre” (Aoutiel *et al.*, 2005) El equilibrio de parásitos en *Lepus* es opuesto al de *Oryctolagus* ya que el número de especies congéneras es alto, pero la prevalencia y las cargas de parásitos son muy variables. Lo más importante es el comportamiento gregario de *Oryctolagus* que contrasta con el comportamiento solitario de *Lepus*. En general, cuando los equilibrios son estables, las especies están cercanas entre sí. En un huésped dado, las especies están más

cercanas entre sí que las que se encuentran en una especie huésped relacionada pero diferente. Por lo tanto, se sugirió que la imagen del parásito fue alcanzada por sucesivas especies de una sola especie parásita inicial.

Eimeria en liebre ibérica (*Lepus granatensis*)

Eimeria leporis, *E. europea*, *E. hungarica*, *Eimeria media* (mencionada en conejo), y *Eimeria septentrionalis* (Anexo 1).

Eimeria en la liebre del piornal (*Lepus castroviejo*)

Existen pocas referencias sobre los parásitos y patógenos de liebre de piornal. “Es una gran desconocida ya que existen escasos datos en cuanto a su reproducción, celo, natalidad, patologías...” (López, 2020). Han sido descritos tan solo el trematodo *Dicrocoelium dendriticum* (Rudolphi, 1819), y los nematodos *Mosgovoyia pectinata* (Goeze, 1782) y *Trichuris leporis* (Frölich, 1789).

Es evidente que habrá especies de *Eimeria* en esta especie, pero no hay estudios en los que basarnos para saber con certeza las especies de coccidios exclusivas que puedan afectarle. Esto nos lleva a pensar, que en la liebre de piornal, seguramente “la probabilidad de mantener patógenos sea menor que en poblaciones numerosas de liebre ibérica o de liebre europea, pero también implica una mayor vulnerabilidad ante la aparición de patógenos nuevos” (Acevedo *et al.*, 2009).

Eimeria en la liebre europea (*Lepus europaeus*)

Solo se han realizado unos pocos estudios de los endoparásitos de liebres europeas en el sur de Europa (Bordes *et al.*, 2007; Alzaga, 2009). Los parásitos más frecuentes encontrados fueron *Eimeria* spp. (64,28%). En 23 (28%) casos de muestras positivas, los parásitos fueron particularmente abundantes, es decir, > 100 ooquistes / campo de visión con un aumento de 100 x...identificándose varias especies de *Eimeria* en liebres europeas (tabla 1, anexo1) a menudo relacionadas con enteritis catarral severa, distensión gaseosa del intestino e incluso invaginación intestinal (Diakou *et al.*, 2014). Los parásitos pueden ser uno de los factores reguladores naturales de la población de liebres. La información sobre la prevalencia de endoparásitos de liebres europeas en el sur de Europa es limitada. Los tractos gastrointestinales de 84 *Lepus europaeus*, cazados en Macedonia, fueron examinados para detectar endoparásitos. Sesenta y

dos (73.8%) de los animales fueron parasitados por una o múltiples especies parasitarias. *Eimeria* spp. se encontró en 54 (64,28%) de los tractos gastrointestinales.

Aunque los parásitos encontrados no representan una amenaza para otras especies animales, bajo ciertas condiciones, pueden jugar un papel importante en el estado de salud de las liebres. Su impacto en el estado de salud del huésped está estrechamente relacionado con parámetros ambientales como las condiciones climáticas, el suministro de alimentos, la densidad de población, otros patógenos, etc. “Se ha observado que en liebres europeas, infecciones parasitarias, tanto de los pulmones como de los intestinos, influyeron en el estado de salud y disminuyeron el peso corporal de los animales” (Chroust *et al.*, 2012) y que “las infecciones mixtas a menudo conducen a una mejora de estos efectos adversos de los parásitos” (Lukešová *et al.*, 2012).

Los resultados indicaron igualmente una elevada tasa de exposición de las liebres desde edades tempranas a la mayor parte de los parásitos estudiados, así como una relación variable entre la carga parasitaria y la condición física del hospedador. Otros resultados de este estudio indican un gran peso de los factores individuales asociados al hospedador en la determinación de los niveles y componentes de su parasitación. Se muestran diferencias entre el tipo de factores que más influyen en la intensidad de parasitación (principalmente las características del individuo hospedador) y los que más influyen en la presencia o ausencia del parásito en el individuo (principalmente los factores ambientales del hospedador). Por otro lado, queda evidenciada en este estudio una asociación entre introgresión mitocondrial y parasitación por coccidios del género *Eimeria* en el caso de la liebre Ibérica. Además, la carga parasitaria tanto de *Cysticercus pisiformis*, Bloch, 1780, como de coccidios del género *Eimeria*, parecen “estar relacionados con una menor capacidad de huída de la liebre Ibérica frente a un depredador tipo bajo condiciones estandarizadas (el perro de raza galgo español, *Canis lupus familiaris*)” (Alzaga, 2010).

La infección se da a través de la ingesta de alimentos o bebidas contaminadas con ooquistes infectantes. Durante su ciclo biológico que se lleva a cabo dentro de los enterocitos, se destruyen las vellosidades intestinales y se produce un síndrome diarreico agudo o crónico el cual puede autolimitarse en individuos inmunocompetentes o evolucionar de forma grave en pacientes inmunocomprometidos (García y Rivera, 2017).

OBJETIVOS

- Realizar una revisión bibliográfica actualizada del parasitismo por *Eimeria* en lagomorfos, en especial en la península ibérica.
- Señalar qué especies de *Eimeria* y con qué frecuencias se hallan presentes en las heces de conejo (*Oryctolagus cuniculus*), en tres zonas de muestreo en los términos municipales de Baeza, Vilches y Begíjar (Jaén), valorando la prevalencia e incidencia.
- Establecer la secuencia de aparición de las especies detectadas en las heces a lo largo del periodo invierno-primaveral*.
- Establecer una relación entre edad estimada del hospedador y carga parasitaria.

*Periodo invierno-primaveral: debido a la situación provocada por el COVID-19, nos vimos obligados a suspender nuestros muestreos en el mes de Marzo, impidiéndonos el obtener datos de los meses de primavera, ya que nuestra intención era la de seguir recopilando información de los meses de Marzo, Abril y Mayo.

ÁREA DE ESTUDIO

La recogida de muestras se llevó a cabo en tres zonas de la provincia de Jaén, concretamente en los términos municipales de Baeza, Begíjar y Vílches.

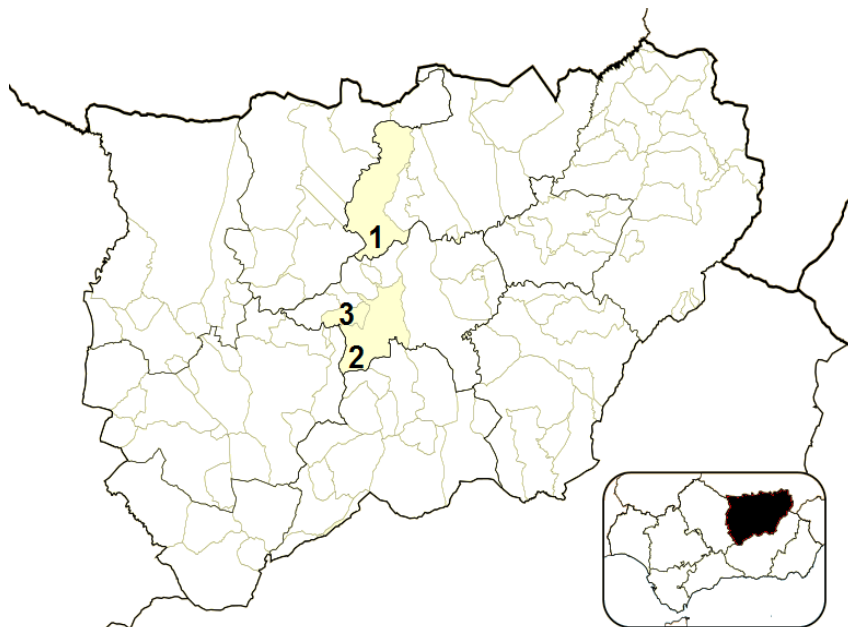


Figura 4: las tres zonas de muestreo en la provincia de Jaén. **1:** “Finca Riego” (Vílches); **2:** “Paraje de Gildolí y Jarafe” (Baeza); **3:** “Camino de Begíjar- Posadas Ricas” (Begíjar). Mapa editado a partir de Miguillen, (2010).

[https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Ja%C3%A9n_\(Espa%C3%B1a\)#/media/Archivo:Ja%C3%A9n-loc.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Ja%C3%A9n_(Espa%C3%B1a)#/media/Archivo:Ja%C3%A9n-loc.svg)

El aumento de infraestructuras en las últimas décadas ha alterado de forma considerable el paisaje, introduciendo nuevos elementos que han favorecido a determinadas especies, como es el caso del conejo, el cual ha encontrado refugio en muchas de estas zonas. Precisamente nuestro estudio se centra en tres zonas de la provincia de Jaén donde las poblaciones de conejo eran considerables, con el fin de asegurarnos la presencia de la especie a lo largo de los meses de muestreo, y que cualquier evento no causara la desaparición de la especie en dichos lugares durante nuestro estudio. Estas zonas en las que las poblaciones del lagomorfo eran buenas estaban asociadas a infraestructuras. Márgenes de carreteras, balsas agrícolas o el arrendamiento de fincas rústicas para la instalación de placas solares fue donde encontramos mayor abundancia de la especie.

En lo que respecta a la vegetación en las zonas de muestreo, era curioso observar la relación entre madrigueras y cardales, la presencia de unos y otros estaba estrechamente ligada. Géneros de la clase *Artemisietea vulgaris*, asociaciones

relacionadas con un alto grado de eutrofización, así como de otras especies con apetencias nitrófilas era característico de encontrar (García-Fuentes *et al.*, 2005). Hay pocos trabajos centrados en la interacción conejo-planta en la península ibérica, pero apuntan a que los conejos debido a su actividad de modificación del suelo con las madrigueras, y su efecto al pastar y abonar, e incluso como dispersor de semillas, ejerce una importante influencia sobre gran variedad de especies herbáceas y leñosas (Pettersson, 2001, Willot *et al.*, 2000).

Zona 1: “Finca Riego” (Vílches): muestras recogidas en los márgenes de una carretera antigua en una zona de matorral mediterráneo y olivar convencional, con y sin cubierta.



Figura 5: ortoimagen de la zona 1 de muestreo con los puntos de las 6 muestras recogidas (Instituto Geográfico nacional).

Zona 2: “Paraje de Gildolí y Jarafe” (Baeza): paisaje agrícola de olivar convencional, con manchas de matorral y donde las madrigueras se encuentran junto a un terreno vallado con placas solares.

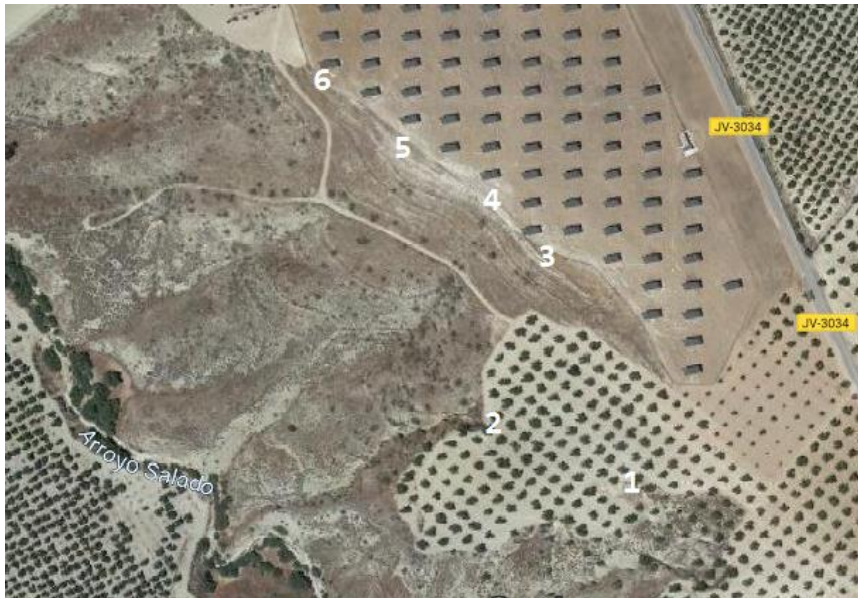


Figura 6: ortoimagen de la zona 2 de muestreo con los puntos de las 6 muestras recogidas (IGN).

Zona 3: “Camino de Begíjar- Posadas Ricas” (Begíjar): la recogida de muestras fue en los bordes de una balsa de riego agrícola, en medio de una enorme mancha de olivar convencional desprovista de cubierta. La vegetación arvense del lugar estaba asociada a pequeños padrones y los márgenes de la balsa.



Figura 7: ortoimagen de la zona 3 de muestreo con los puntos de las 6 muestras recogidas (IGN).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las jornadas de campo consistían en la recogida, en cada una de las zonas, de los pellets de conejo, con pinzas y en botes estériles se depositaban en torno a un gramo, lo más frescas posibles, de 6 individuos distintos. El procedimiento se repetiría a lo largo de todos los meses de muestreo (Diciembre, Enero y Febrero), anotando las coordenadas de cada uno de los puntos a lo largo del itinerario de muestreo.

El diagnóstico de la coccidiosis se hace con la observación microscópica de un gran número de ooquistes o formas parasitarias intermedias del ciclo del coccidio.

En el laboratorio (procesamiento de las muestras):

- Pesamos en una balanza las muestras en fresco, un gramo aproximadamente de cada individuo.
- Preparamos el dicromato potásico: 1,6 gramos de dicromato para 80 ml (solución al 4%). Y le añadimos 750 microlitros de dicromato potásico que hemos preparado al gramo de pellets.
- Añadimos 5,25 ml de agua destilada para obtener un volumen final de 6 ml.
- Disgregamos y homogenizamos con ayuda de unas pinzas, dejando los botes a temperatura ambiente durante 48 horas.
- Tras 48 horas, filtramos con ayuda de un embudo y una malla de nylon. Una vez filtrada la muestra, en dos tubos eppendorf echamos 1,5 ml de muestra en cada tubo para centrifugar.
- Centrifugamos a 2000 rpm durante 3 minutos. Desechamos el sobrenadante y nos quedamos con el precipitado, al que añadimos 650 microlitros de solución salina saturada de cloruro sódico con sacarosa, y resuspendemos el precipitado. La solución salina la utilizamos para que los ooquistes floten y se peguen al cristal del cubreobjetos de la cámara de recuento McMaster.
- Recuento de las especies de *Eimeria* en la cámara McMaster con la ayuda del microscopio (objetivos 10x y 40x) y una plantilla que nos permita identificarlos (Coudert *et al*, 2000).

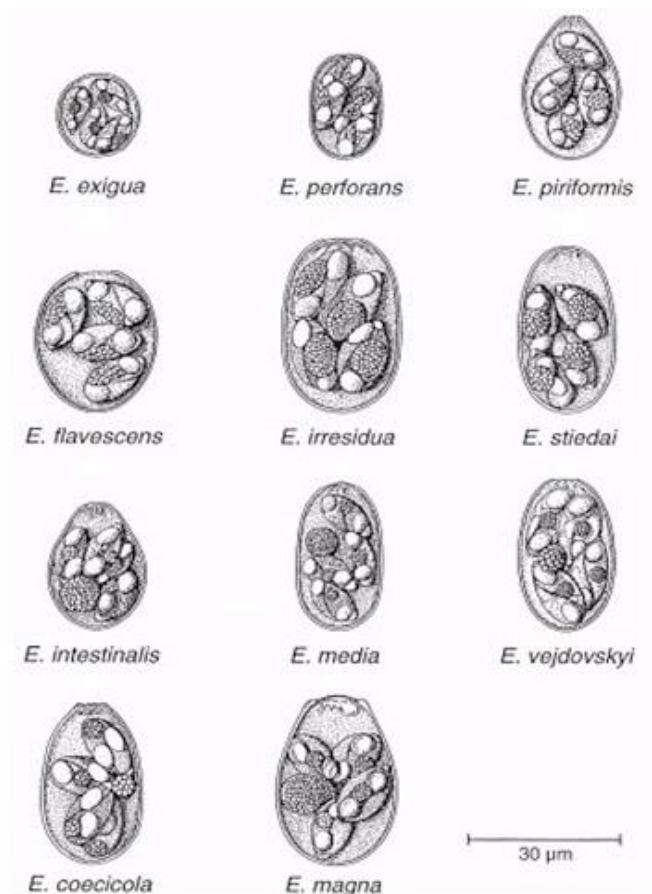


Figura 8: plantilla para identificar las especies de *Eimeria* a partir de la morfología y tamaño de sus ooquistes, Coudert *et al.*, (2000).

Metodología para determinar la edad de los individuos

En la estimación de la edad de los conejos nos apoyamos en el estudio de Rueda *et al.*, (2008), según el cual la edad de los individuos estaba directamente relacionada con el diámetro de los pellets, de manera que pellets con un diámetro $>0,6$ mm correspondía a conejos adultos y pellets $<0,6$ mm se le asignaba a individuos juveniles.

Para nuestro estudio y a partir de los resultados de Rueda *et al.*, medimos el diámetro de los pellets y los pesamos, de forma que un pellet de 0,6 mm estaba en torno a los 0,083 gramos de peso. Por tanto para un gramo de pellets, el número de estos a partir del cual conseguimos establecer una línea de corte entre los individuos adultos y juveniles era el de 11, a partir de aquí las muestras superiores a los 11 pellets se consideraban juveniles.

Datos climáticos

Para conocer datos de temperatura media y precipitación, elementos que no solo influyen, sino que son cruciales para que se produzca la esporulación de los ooquistes de *Eimeria* en el medio externo, recurrimos a los datos históricos (Anexo 3) que nos proporcionan la base de datos del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible) de la Junta de Andalucía de sus Estaciones Agroclimáticas. Para nuestras zonas 2 y 3, en los términos municipales de Baeza y Begíjar, recurrimos a los datos de la estación climática de Úbeda, cuyos términos municipales están próximos, para la zona 1, de Vilches recurrimos a datos de la Estación de Linares, término municipal colindante.
<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/estaciones>

Métodos estadísticos

Estadística descriptiva: donde los datos recopilados, se analizarán y caracterizarán con la finalidad de describir la tendencia de este conjunto de datos mediante tablas y gráficos. Se llevará a cabo análisis de máximos y mínimos con la intención de obtener datos promedio. Todo ello con Microsoft Office Excel.

Análisis de la varianza: para ver si la variable respuesta está relacionada con las variables explicativas, o incluso si existe interacción entre variables explicativas, procedemos a realizar una ANOVA de doble entrada. Análisis que llevamos a cabo con Microsoft Office Excel.

Análisis cluster: con la intención de clasificar a los individuos en grupos homogéneos, procedemos a realizar un análisis Cluster. El análisis cluster o de conglomerados, se basa en el agrupamiento de individuos a partir de una matriz de distancia. La herramienta empleada para llevarlo a cabo será el software Rstudio. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Vegan (Oksanen *et al.*, 2013) en el entorno R (R Core Team, 2016).

Utilizamos el análisis de conglomerados para medir la similitud entre los objetos (modo Q) (Legendre y Legendre, 2012) aplicando el algoritmo de partición K-means en el método de agrupación de varianza mínima de Ward (función hclust y ward.D2 opción del paquete estadístico) (Murtagh y Legendre 2014). La tipología de clúster se comparó con datos externos.

Análisis canónico, un CCA (**análisis de correspondencia canónico**): con el objetivo de encontrar las relaciones que pueda haber entre los diferentes grupos de variables y la validez de las mismas, permitiéndonos predecir múltiples variables dependientes a partir de múltiples independientes.

Nos permite dilucidar las relaciones entre los ensamblajes biológicos de especies y las variables ambientales. CCA permite una interpretación de la estructura de la abundancia de especies o datos de presencia-ausencia (Legendre y Legendre, 2012). Para este propósito, utilizamos la función `cca()` implementada en el paquete `Vegan`. La importancia de los resultados de la función `cca()` se probó por permutación con la función `anova.cca()` (Suzuki & Shimodaira, 2006) que permite realizar el análisis bootstrap de la agrupación. El remuestreo bootstrap multiescala se utiliza para calcular los valores de probabilidad (valores p) y (au) (implementado en el paquete `pvclust R`). El mapa de calor se calculó utilizando una matriz de disimilitud generada utilizando los coeficientes de Jaccard (J) y Sørensen-Dice (S) (Wilkinson y Friendly, 2009). La similitud de Jaccard representa el número de presencia doble en una matriz de presencia / ausencia, excluyendo los ceros dobles. En contraste, los datos de Sørensen dan más peso a las presencias dobles (Gower y Legendre, 1986; Borcard et al., 2011).

RESULTADOS

En el conjunto de muestras analizadas (n=54) hemos encontrado 10 especies de las ya descritas (*Eimeria exigua*, *E. perforans*, *E. piriformis*, *E. flavescens*, *E. irresidua*, *E. intestinalis*, *E. media*, *E. vej dovskyi*, *E. coecicola* y *E. magna*), y 4 formas que no hemos conseguido asignar a nivel de especie. De las 11 normalmente descritas en *Oryctolagus cuniculus* solo *E. stiedai* (especie asociada a la coccidiosis hepática) no se ha encontrado entre nuestras muestras. Existiendo diferencias entre zonas, meses de muestreo e incluso entre la carga parasitaria y el número de pellets.

A continuación mostramos la tabla y gráficas promedio, que nos enseñan valores de las distintas especies encontradas a lo largo de los tres meses de muestreo así como las tres zonas seleccionadas. Se calculó la media de cada especie de *Eimeria*, a partir de la media de cada especie de las 6 muestras de cada zona y en los 3 meses. Los valores fueron corregidos para 1 gramo/heces, ya que no todas las muestras pesaron lo mismo.

Tabla 4: tabla promedio de las distintas especies de *Eimeria* por zonas y meses.

	Z1. DIC	Z2. DIC	Z3. DIC	Z1. EN E	Z2. EN E	Z3. EN E	Z1. FE B	Z2. FE B	Z3. FE B
<i>E. exigua</i>	4	15	0	5	6	0	1	8	0
<i>E. perforans</i>	92	100	6	16	44	16	10	27	4
<i>E. piriformis</i>	10	43	58	6	22	124	5	33	14
<i>E. flavescens</i>	0	0	14	0	0	23	0	3	6
<i>E. irresidua</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>E. stiedai</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. intestinalis</i>	1	15	0	4	4	0	2	13	0
<i>E. media</i>	108	202	3	37	156	5	37	67	2
<i>E. vejnovskyi</i>	0	3	143	0	4	155	0	0	68
<i>E. coecicola</i>	0	4	1	1	1	5	0	1	0
<i>E. magna</i>	0	0	1	0	0	2	0	1	0
<i>Eimeria sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

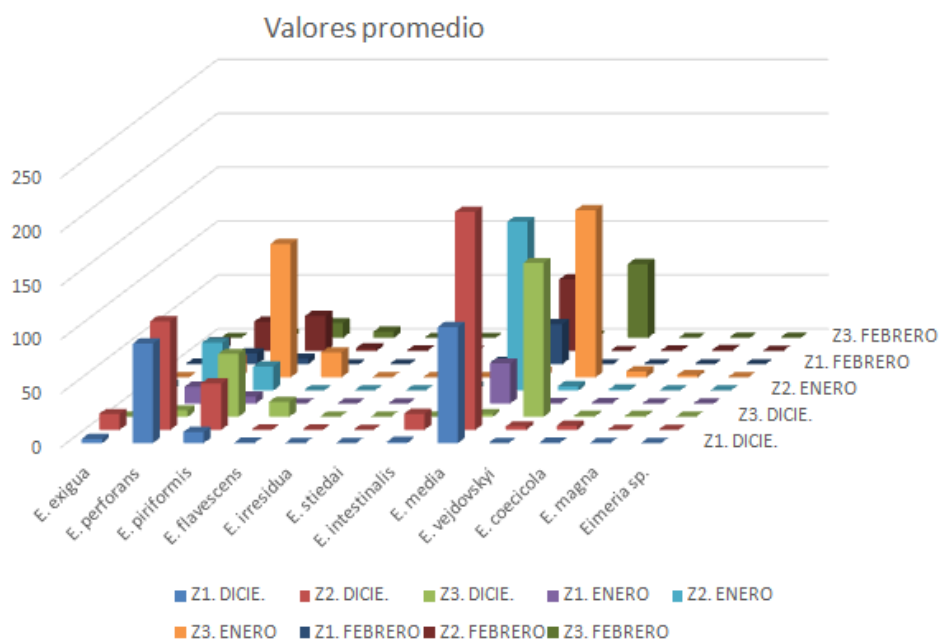


Figura 9: representación gráfica de la tabla promedio

Ya se pueden ver cuales son las especies más frecuentes, *Eimeria media* presente en todos los individuos, zonas y meses, es la especie dominante, seguida de *E. perforans* y *E. piriformis*. Por su parte *E. vej dovskyi* presente en un número importante en la zona 3 de estudio (Begíjar) en las otras zonas de estudio no aparece (zona 1, Vílches), o su presencia en ocasiones es casi testimonial (zona 2, Baeza). Otras especies frecuentes son *E. exigua* y *E. intestinalis* (excepto en la zona 3, donde está ausente). La zona 2 (Baeza) presentó el mayor número de ooquistes, y la zona 3 (Begíjar), la que menos diversidad de espeies tuvo.

A continuación mostramos las prevalencias de las distintas especies (Nº de individuos afectados por cada una de las especies de *Eimeria* / Nº de individuos total de nuestro estudio). Lo que nos permite identificar la frecuencia con la que aparecen las distintas especies en la población de las tres zonas de estudio y a lo largo de los tres meses de muestreo.

Tabla 5: prevalencias (%) de las distintas especies del género *Eimeria* en las tres zonas de estudio. . **Eimeria* sp: especies de *Eimeria* no identificadas.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
<i>E. exigua</i>	77,77%	88,88%	0%
<i>E. perforans</i>	94,44%	100%	77,77%
<i>E. piriformis</i>	88,88%	94,44%	100%
<i>E. flavescens</i>	5,55%	33,32%	88,88%
<i>E. irresidua</i>	0%	27,77%	0%
<i>E. stiedai</i>	0%	0%	0%
<i>E. intestinalis</i>	55,55%	83,33%	0%
<i>E. media</i>	100%	100%	83,33%
<i>E. vej dovskyi</i>	11,11%	55,55%	100%
<i>E. coecicola</i>	16,66%	66,66%	38,88%
<i>E. magna</i>	11,10%	27,77%	27,77%
<i>Eimeria</i> sp.	0%	11,10%	11,10%

Tabla 6: prevalencias (%) de las distintas especies del género *Eimeria* a lo largo del periodo de estudio.**Eimeria* sp: especies de *Eimeria* no identificadas.

	Diciembre	Enero	Febrero
<i>E. exigua</i>	61,11%	61,11%	44,44%
<i>E. perforans</i>	100%	94,44%	77,77%
<i>E. piriformis</i>	100%	94,44%	88,88%
<i>E. flavescens</i>	44,44%	33,33%	49,99%
<i>E. irresidua</i>	11,11%	5,55%	11,11%
<i>E. stiedai</i>	0%	0%	0%
<i>E. intestinalis</i>	44,44%	38,88%	55,55%
<i>E. media</i>	100%	88,88%	94,44%
<i>E. vejnovskyi</i>	55,55%	77,77%	33,33%
<i>E. coecicola</i>	61,10%	44,44%	16,66%
<i>E. magna</i>	16,66%	33,33%	16,66%
* <i>Eimeria</i> sp.	0%	11,10%	11,10%

En lo que se refiere a el tiempo en el que se hizo el muestreo existen diferencias significativas, seguramente derivadas de factores ambientales, ya que el proceso de esporulación se inicia cuando las condiciones de temperatura y humedad son las adecuadas. En nuestro caso, se podría decir que salvo picos, dependiendo de la zona, los niveles de parasitación de *Eimeria* van disminuyendo conforme avanzan los meses de muestreo, presentando valores más altos en el mes de Diciembre y disminuyendo de forma progresiva hasta Febrero, no obstante existen algunas diferencias dependiendo de la zona, como ocurre en la 3.

Para analizarlo, procedemos a representar los datos de número de ooquistes de cada una de las zonas y meses de muestreo, y lo ilustramos mediante un diagrama de cajas y bigotes, donde poder ver los valores medios.

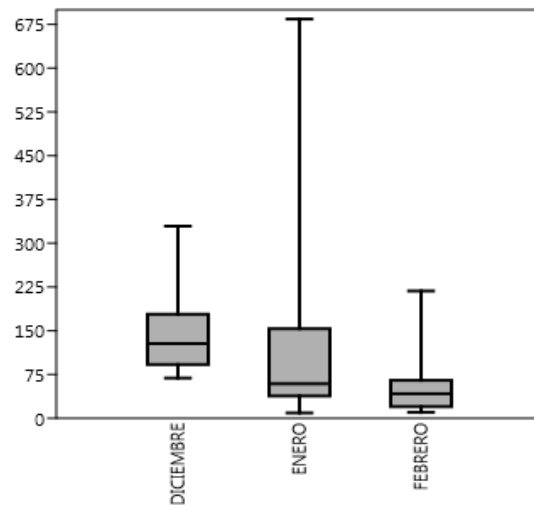


Figura 10: diagramas de cajas y bigotes de los meses de muestreo (eje de abcisas) y número de ooquistes (eje de ordenadas).

Si la mediana se sitúa en el centro de la caja entonces la distribución es simétrica y tanto la media, mediana y moda coinciden, es el caso del mes de Febrero, pero si la mediana corta la caja en dos lados desiguales como ocurre en el mes de Enero y ligeramente en el de Diciembre, existe un sesgo, en este caso hacia la derecha, ya que la parte más larga de la caja es la parte superior.

En cuanto a la variabilidad de cada mes viene determinada por la distancia entre bigotes. El mes de Enero presenta una mayor variabilidad.

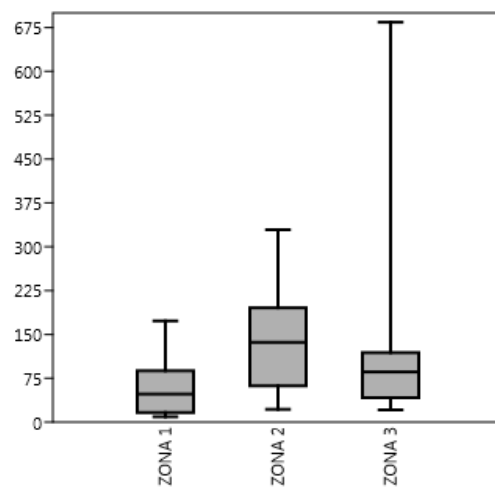


Figura 11: diagramas de cajas y bigotes de las zonas de muestreo (eje de abcisas) y nº de ooquistes (eje de ordenadas).

En este caso la zona uno y dos son simétricas en su forma, mientras que la zona 3 presenta asimetría negativa o sesgada a la izquierda, como consecuencia de un valor desproporcionado en esta zona de estudio.

Estos sesgos tanto en los meses como en las zonas son consecuencia de valores desproporcionados (valores atípicos) en la cantidad de ooquistes de una determinada especie en una muestra.

A continuación, para ver si la variable número de ooquistes (variable respuesta) está relacionada con el mes en que se ha muestreado o de la localidad (variables explicativas), o incluso de la interacción entre ambos, procedemos a realizar una ANOVA de doble entrada.

Tabla 7: resultado del análisis de la varianza. Probabilidad: 0-1; $p < 0,05$ significativo. F: cociente de dos varianzas. Valor crítico para F: se usa para el contraste de hipótesis.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Meses	81958,77	2	40979,38	4,54	0,01*	3,20
Zonas	50086,11	2	25043,05	2,77	0,07	3,20
Interacción	55931,11	4	13982,77	1,54	0,20	2,57
Dentro del grupo	406127,33	45	9025,05			
Total	594103,33	53				

Donde el valor de F es superior al valor crítico para F podemos rechazar la hipótesis nula para un nivel de significación de 0,05. Es el caso de los meses de muestreo ($p=0.01$), por tanto diríamos que el mes y el número de ooquistes está relacionado. Concretamente en el mes de Enero se observan unas diferencias significativas con respecto a la evolución en el número de ooquistes de nuestro estudio, donde la dinámica es que este disminuya conforme avanzaban los meses, salvo para el mes de Enero en la zona 3, que curiosamente es la fecha donde la carga parasitaria se dispara para esta zona, de ahí una mayor variabilidad.

En cuanto a las zonas o la interacción entre ambas variables (meses y zonas), F es inferior al valor crítico para F, y por tanto no podemos decir que sean valores significativos ($p= 0,07$ y $p=0,20$).

Por otro lado, la edad del individuo puede ser un factor a tener en cuenta en la coccidiosis . Esta está relacionada con el número de pellets, ya que el diámetro del

gránulo fecal de conejo se correlaciona positivamente con el tamaño y la edad de los animales que los producen (Rueda *et al.*, 2008), siendo el diámetro del pellet de los conejos adultos mayor de 6 mm, mientras que los juveniles y gazapos estaba por debajo de los 6 mm (Simonetti y Fuentes, 1982). Por tanto nosotros, midiendo el diámetro de los pellets y pesando, podemos decir que un pellet de 6 mm $\approx$ 0,083 gramos. A partir de aquí podemos establecer una línea de corte entre los individuos adultos y los juveniles partiendo del número de pellets y el peso. Hasta los 11 pellets diríamos que estamos ante un individuo adulto.

En definitiva, con pellets de mayor diámetro, requeriremos menor cantidad de estos para obtener nuestro gramo de muestra, presentando los individuos jóvenes mayor número de pellets que los adultos. Para determinar si las dos variables están relacionadas llevamos a cabo un análisis de correlación:

Tabla 8: análisis de correlación

Covarianza	103,55967
Coeficiente de correlacion	0,3291495

Como la covarianza tiene un valor positivo, podemos decir que nuestras variables (nº pellets y nº ooquistes), están relacionadas de forma directa. Cuánto mayor es el número de pellets, por regla general es también mayor el número de ooquistes.

Al igual pasa con el coeficiente de correlación, al tratarse de un valor positivo, decimos que la dependencia entre las dos variables es directamente proporcional, aunque si es verdad que al tratarse de un valor más próximo al 0 que al 1, decimos que la dependencia es débil. A continuación dicha relación queda representada graficamente en la figura 12 mediante una línea de tendencia o de regresión.

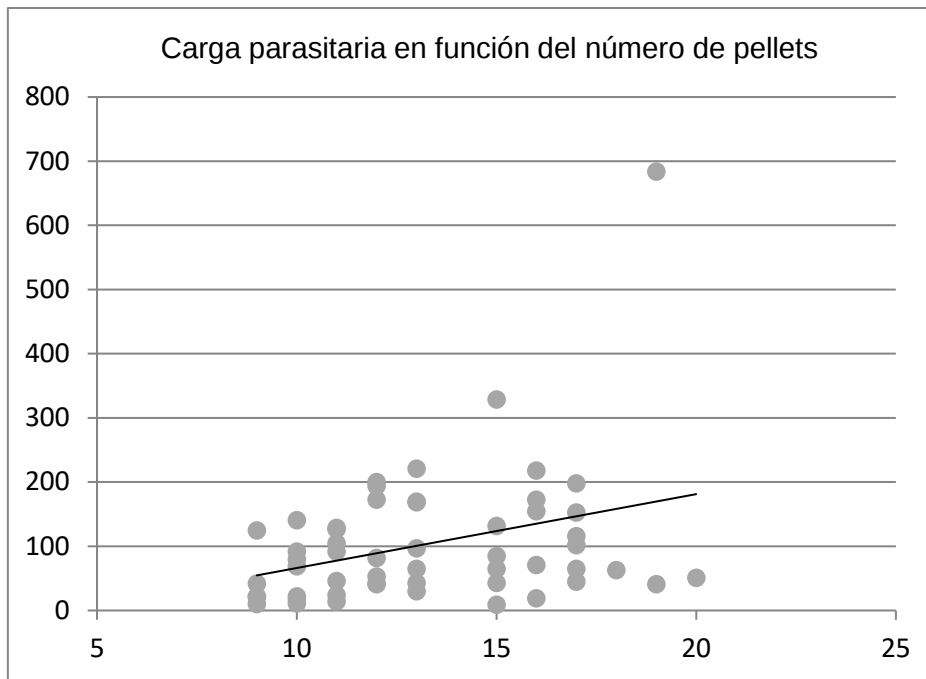


Figura 12: nube de puntos, donde cada punto es un individuo (n=54).

Eje x: nº pellets; eje y: número de ooquistes. De forma que queda representada la carga parasitaria que porta cada muestra en función del nº de pellets. A mayor número de pellets en la muestra, mayor nº de ooquistes de *Eimeria* se observan.

Ahora con la intención de clasificar a los individuos, n=54 (Anexo 2, Cod) en grupos homogéneos, procedemos a realizar un análisis Cluster o de conglomerados. Análisis que llevamos a cabo con la herramienta Rstudio a partir de los datos que cada individuo tiene del nº de ooquistes de cada especie en relación a las variables: zona de muestreo (Anexo 2, Loc) y fecha (Anexo 2, Date). Para su mejor comprensión se ilustrará mediante un gráfico de siluetas, un dendograma y el mapa de calor. El análisis de conglomerados muestra la existencia de seis grupos bien definidos (Fig. 13 y 14). Para estudiar su significación con determinados valores de p-valor, vamos a utilizar el valor de significación AU, que trabaja con pseudo-réplicas, de manera que Clusters con un valor de AU igual o por encima del 95% ($p > 0,95$) tienen fiabilidad muy alta.

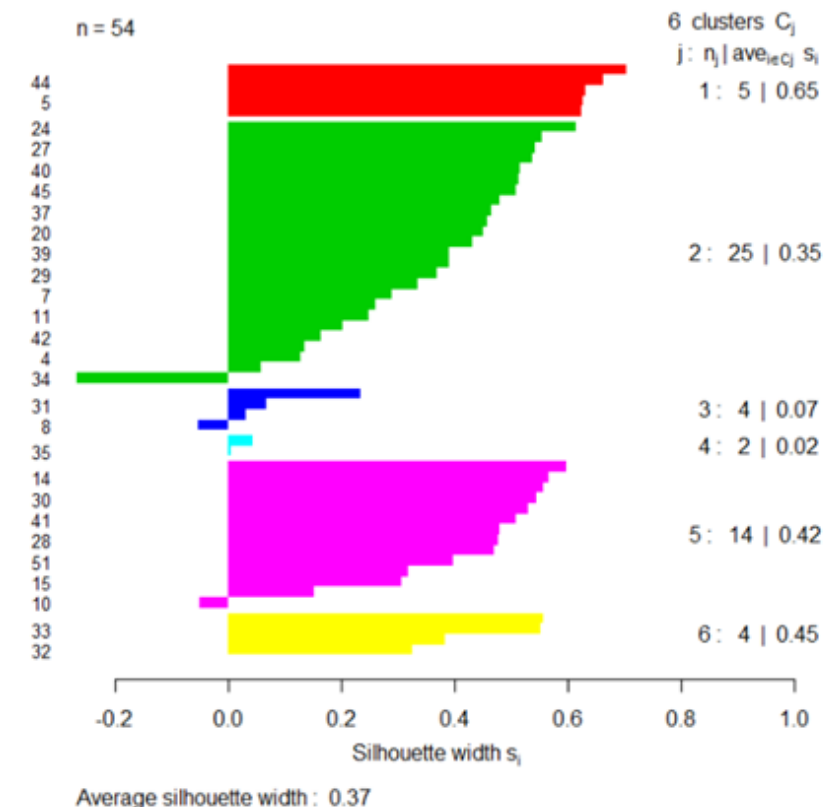


Figura 13: gráfico de siluetas donde podemos ver los 6 agrupamientos. Cada barra horizontal representa una observación i , para la cual se ha calculado $s(i)$ (ancho de silueta) que se muestra en el eje horizontal, abajo de todo aparece el ancho de silueta promedio (0,37). j : identificador del cluster o grupo; n_j : observaciones; $\text{ave } C_j S_i$: ancho promedio de la silueta del cluster.

Esta figura nos señala que nuestro conjunto de datos quedaría agrupado en seis conjuntos (representados en seis colores) bien definidos por su similitud. La figura 13 es una representación concisa de como de bien se ha clasificado nuestro conjunto de datos, es decir una manera de validar nuestro cluster (Rousseeuw, 1987). Las siluetas van desde -1 a +1, de manera que un valor próximo a 1 indica que la observación se ha asignado al cluster correcto. Si por el contrario el valor está próximo a cero, significa que la observación se encuentra en un punto intermedio entre dos clusters, y si fuese negativo, se dice que la asignación a ese grupo puede ser incorrecta, o dicho de otra manera, esas muestras podrían estar mal clasificadas (Amat, 2017). En nuestro caso, la silueta identifica las muestras 8, 10 y 34 como valores atípicos dentro de los grupos 3 (azul), 5 (rosa) y 2 (verde) respectivamente. A partir de aquí podemos decir que el grupo 1 (rojo) es el que presenta mayor

homogeneidad, es decir todas las muestras de este grupo (5) tienen todos sus valores cercanos al 1, destacando las muestras 3 y 44 con un ancho de silueta cercano al 0,8.

A continuación pasamos a representar el dendrograma:

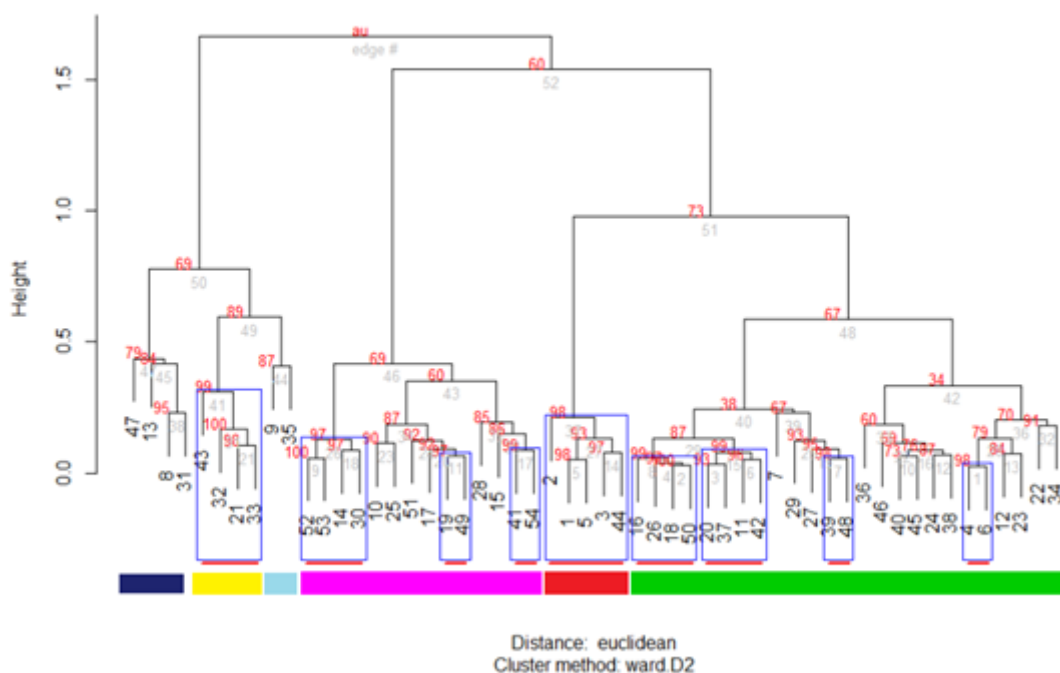


Figura 14: dendrograma que nos permite ver como se agrupan los datos por localidades y/o fechas en función de la presencia de especies y número de ooquistes. Líneas horizontales: agrupamientos; líneas verticales distancias que los separan. AU: nivel de significación. Los grupos que están dentro de un rectángulo azul son los de un mayor grado de significación.

En el primer cluster representado por el color azul oscuro, los conejos 47, 13, 8 y 31 se agrupan más que por el número de ooquistes total que tienen, lo hacen por las especies de *Eimeria* que comparten, siendo muestras de las tres zonas y recogidas en los meses de Enero y Febrero.

En el cluster amarillo, el número 6, con valores de AU significativos, AU=98 para los conejos 33 y 21, de AU=100 para el agrupamiento del individuo 32 con la pareja 33 y 21, y de AU= 99 para el agrupamiento del conejo 43 con los otros tres. Observamos que tres de los cuatro individuos son de la zona perteneciente al término municipal de Baeza, el otro de Begijar, dos zonas de muestreo no muy alejadas.

En el de cluster 4, formado por los conejos 9 y 35, de Vilches y Baeza se vuelven a agrupar el mes de Enero y Febrero.

En el cluster 5, diríamos que el prototipo de este grupo sería el de un conejo juvenil cuya muestra fue recolectada en la zona 3 (Begíjar) durante el mes de Febrero. El cluster rojo con 4 de los 5 AU por encima de 95, estaríamos como prototipo del cluster ante un individuo adulto, de la zona de Vílches, cuya muestra se recogió en el mes de Diciembre. Tan solo una muestra, la 44, es de otro mes (Enero) y otra zona (Begíjar). Finalmente, en el grupo más numeroso, el verde, cluster 2, conformado por 25 muestras, nos encontraríamos con un individuo de Baeza o Begíjar, cuyas muestras fueron recolectadas en el mes de Diciembre

Observando el dendrograma y el conjunto de individuos que agrupa, observamos que el agrupamiento en lo que respecta a las fechas, lo establece por norma general agrupando muestras de los meses de Enero y Febrero independientemente de la zona, y las muestras de Diciembre por norma general también las agrupa independientemente de la zona, como ocurre en el cluster verde y rojo, donde la inmensa mayoría de las muestras fueron recogidas durante este mes. Por otra parte en lo que respecta a las zonas, parece agrupar Baeza y Begíjar, dos zonas muy próximas, mientras que las muestras de Vilches suelen agruparse en cluster independientes, como es el caso del cluster de color rojo, con un nivel de significación por encima de 95. Esto podría estar dándonos alguna pista sobre las condiciones ambientales (temperatura y humedad, fundamentalmente), cruciales en la esporulación de ooquistes, ya que las dos zonas más próximas compartirán condiciones ambientales similares, y en cuanto a los meses, los de Enero y Febrero, fueron especialmente secos si los comparamos con Diciembre.

Ahora, el análisis jerárquico de conglomerados lo mostramos utilizando un mapa de calor (Fig. 11), donde en lugar de números, se muestra un gradiente de color proporcional al valor de cada variable en cada posición. De manera que aparece más información que en un simple dendrograma y se facilita la identificación de posibles patrones característicos de nuestros clusters (Amat, 2017).

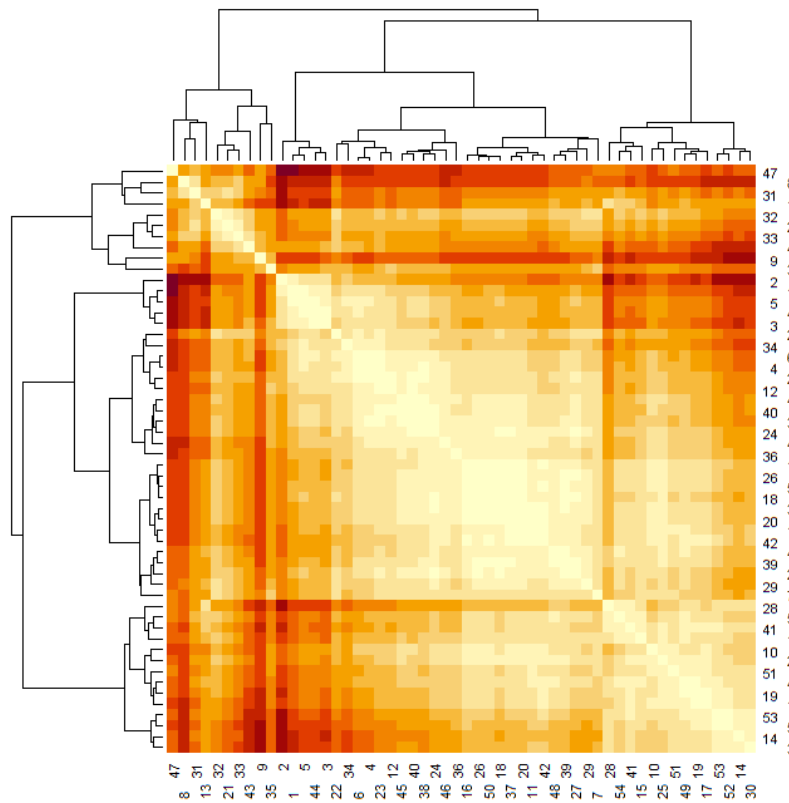


Figura 15: mapa de calor con el agrupamiento mediante dendrograma que se ubica en los márgenes izquierdo y superior de la figura. En el margen derecho e inferior todas las muestras. Colores claros: mayor similitud.

En la figura 15 podemos observar en las zonas con colores más claros, aquellos individuos más parecidos, es decir que presentan mayor similitud, y por tanto quedan agrupados, con tonalidades más intensas los más distantes.

Para terminar nuestro análisis, realizamos un Análisis de Correspondencia Canónico (CCA), representándolo mediante un biplot, que nos permita detectar a simple vista las relaciones entre las variables, entre las especies de *Eimeria* o entre ambas. Pero antes procedemos a realizar una ANOVA para las tres variables, cuyo resultado da significativo:

Df	Chicadrado	F	Pr (>F)
3	0,03	2,18	0,005

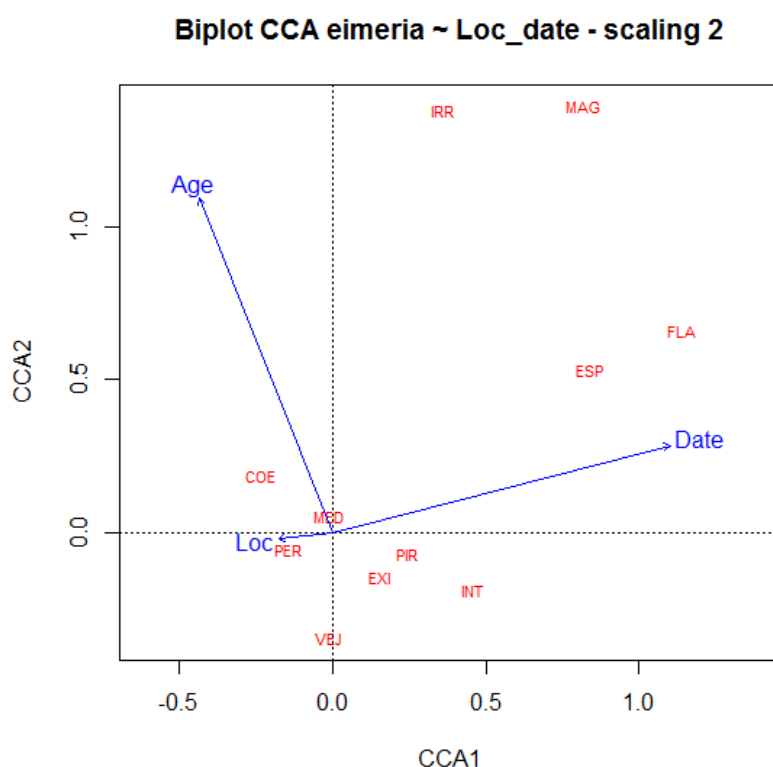


Figura 16: mapa del análisis de correspondencias que hemos presentado como un biplot. Los vectores representan las tres variables (fecha, localidad y edad), y en rojo las especies de *Eimeria*.

La interpretación de la dispersión de las especies en el plano es sencilla, las especies con perfiles similares aparecerán próximas en la representación. Dicho de otra forma, cuanto más cerca están las especies, más se parecen, las que están muy alejadas no tienen similitud entre ellas. Así sí por ejemplo, las especies *E. perforans* y *E. media* que aparecen próximos, nos indica que los valores en ambas especies son similares, ya que si revisamos nuestra tabla (Anexo 2) son las especies que junto a *E. priformis* también próxima, son las únicas que están presentes en todas las zonas y fechas de muestreo.

E. irresidua y *E. Magna*, si analizamos los datos, nos damos cuenta que comparten similitud en cuanto a su aparición en el mes de Febrero y su presencia en la zona 2, semejanzas que les hacen aparecer próximos en la representación. Por su parte *E. exigua* y *E. intestinalis*, son idénticas, en la peculiaridad, de que son las dos únicas especies que no están presentes en la zona 3 durante ningún momento.

Por su parte *Eimeria sp.*, con una presencia casi testimonial, a la que más se asemeja es *E. flavescens*, estando presentes en los meses de Enero y Febrero en las zonas 2 y 3, siendo la característica que les une su ausencia de la zona 1 de estudio (Vílches).

Las zonas donde aparecen las especies agrupadas, son las zonas donde están correlacionadas positivamente, de forma que *E. flavescens*, *E. magna*, *E. irresidua* y *Eimeria* sp., situadas en el segundo cuadrante, presentaron correlaciones positivas. Otro grupo sería el conformado por las especies *E. piriformis*, *E. exigua* y *E. intestinalis*.

En cuanto a la relación individuos-variables la estudiaremos a través de la proyección de las especies sobre los vectores que representan a las variables, siendo las especies más lejanas al origen las que tienen más peso en esa componente, es el caso por ejemplo de *E. magna* y *E. flavescens* para la fecha o *E. coecicola* para la variable edad.

La dirección de los vectores, indican la influencia de estos sobre las especies, de manera que *E. perforans* se ve influenciada por la localidad o zona de muestreo, mientras que *E. coecicola* por la edad, y finalmente la fecha en *E. flavescens* y *Eimeria* sp es la variable que más influencia ejerce sobre ellas.

DISCUSIÓN

Al hacer una revisión bibliográfica sobre *Eimeria* en Lagomorpha, la información de la que disponemos es amplia en muchos de los aspectos a tratar, ahora bien, hemos comprobado que existen algunas lagunas en algunos otros, y que la información de la que disponíamos era escasa o insuficiente. Es el caso por ejemplo del estudio relacionado con especies de nuestra península, en lo que respecta a *Eimeria*, salvo para la industria cunícula, con variedades y razas de conejo destinadas a carne, las que afectan a las cuatro especies de lagomorfos de nuestra fauna silvestre no es tanta. De hecho de la liebre de pinnal, seguramente motivado por su escasez, no se conoce estudio alguno sobre parasitismo en ella, desconociendo si esta presenta especies de *Eimeria* específicas para ella. Además para especies del género *Lepus*, ya con un rango de distribución más amplio que la liebre de pinnal, es el caso de la liebre ibérica, el tema se trata muy de pasada, siendo creemos algo que deberá cambiar muy pronto motivado por la cada vez más preocupante situación por la que atraviesa esta especie con la reciente merma de sus poblaciones.

En lo que respecta al diagnóstico de esta patología, normalmente se hace en base a los signos y lesiones intestinales macroscópicas características de cada especie, que se correlacionan con la observación microscópica e identificación de los ooquistes o formas intermedias del ciclo del coccidio (Elanco, 2019) , procedimiento que por lo general se lleva a cabo en animales de granja, pero que en nuestro caso al trabajar con animales silvestres nos condiciona el poder observar los signos y lesiones

presentes en los órganos afectados, como son intestinos e hígado. En realidad, se podría hacer un análisis de este tipo contando con la colaboración de cazadores tras sus jornadas cinegéticas, obteniendo las muestras que nos interesan de los animales abatidos. En nuestro caso, al no contar con muestras de los órganos que se ven implicados y afectados por el ciclo de este parásito, procedimos a su identificación mediante la observación, conteo y caracterización de los ooquistes de *Eimeria* a partir de muestras de heces recogidas en el campo, sistema considerado bastante fiable para validar en que situación se encuentra una granja o zona de coccidiosis. (Elanco, 2019).

En cuanto a la metodología empleada, el uso de la cámara McMaster para el conteo de los ooquistes, existen varios estudios sobre la fiabilidad de la técnica, avalando a esta como una técnica de conteo con medidas precisas de la infección coccidial presente (Hodgson, 1970). Algo que nosotros mismos pudimos comprobar al hacer réplicas de cada muestra con resultados muy parecidos.

En lo que concierne a nuestros resultados para la provincia de Jaén, estos, nos arrojan información interesante, como que ninguna de las muestras analizadas de las tres zonas y en todos los meses de muestreo dio negativo por coccidios, algo no muy sorprendente si tenemos en cuenta que la coccidiosis probablemente sea la enfermedad parasitaria en lagomorfos más habitual, “es difícil encontrar conejos no infectados, y probablemente ningún conejo permanezca no infectado de por vida” (Duszynski y Couch, 2013). Los exámenes coprológicos por el método McMaster demuestran que la coccidiosis es superior a otras enfermedades (Respaldiza *et al.*, 1986). Aunque si podríamos decir que es llamativo el hecho de que todas las muestras analizadas dieran positivo por coccidios de *Eimeria*, ya que si revisamos otros trabajos, averiguamos que en gran parte de ellos se dieron casos de muestras negativas, por muy pocos que fueran, pero se dieron.

En cuanto a las especies más frecuentes en nuestro trabajo, en general suelen coincidir con las de otros estudios, “las especies dominantes fueron *E. perforans*, *E. flavescens* y *E. media*” (Aoutiel *et al.*, 2005), en nuestro caso fueron *E. media*, *E. perforans* y *E. piriformis*. En Irán por ejemplo tras estudios coprológicos a conejos salvajes la especie más habitual fue *E. perforans* con un porcentaje muy alto con respecto a otras especies (Razavi *et al.*, 2010). Por su parte, Toula, F., & Ramadan, H. (1998), hallaron hasta cinco especies diferentes en cada individuo, donde *Eimeria perforans* (65%) e *Eimeria magna* (45%) fueron las predominantes. También trabajaron con conejos silvestres en Sicilia, donde el 83,7% de los individuos resultaron positivos para las especies de *Eimeria*. Siendo *E. perforans* (56.9%) y *E. irresidua* (22.9%) las más frecuentes (Virga *et al.*, 1997).

En España, el estudio de Respaldiza *et al* en 1985 nos arrojaba los siguientes resultados: 85,5% *E. perforans*, 70 % *E. magna* y 44,5 % *E. media* de aparición en las muestras analizadas. Otro estudio para la península ibérica, en este caso en Portugal, se identificaron seis especies de *Eimeria* (*E. coecicola*, *E. perforans*, *E. media*, *E. magna*, *E. irresidua* y *E. flavescens*), siendo *E. media* y *E. perforans* las de mayor abundancia, (Silva *et al.*, 2017), al igual que ocurre en nuestro estudio.

Si analizamos los datos por zonas, la zona 2 (Baeza) presentó los valores más altos en cuanto al número de ooquistes se refiere, en lo que respecta a la diversidad de especies, la zona 3 (Begíjar) fue la que menor diversidad presentó, con ausencia de especies como *E. exigua* y *E. intestinalis*, como podemos ver en el biplot de nuestro análisis de correspondencia canónico, agrupándonos ambas especies.

En cuanto a los factores a tener en cuenta en el mayor o menor grado de parasitación, nosotros hemos detectado que detrás de este puede estar tanto la edad, como la fecha en la que se haga el muestreo, debido a las condiciones ambientales más o menos favorables para que se produzca la esporulación e infección. “La carga del parásito variaba según la estación y la edad de los animales, y podrían alcanzar niveles muy altos como 167,000 ooquistes por gramo de heces” (Aoutiel *et al.*, 2005). En nuestro caso se observan ciertas diferencias dependiendo del mes, produciéndose en términos generales un descenso en el número de ooquistes conforme se iba desarrollando el estudio (Diciembre-Febrero). Determinadas condiciones ambientales provocarían la inhibición de la esporogonia, como consecuencia, por ejemplo, de la exposición de los ooquistes a bajas temperaturas o por bajos niveles en la humedad ambiental, permitiendo la esporulación posteriormente cuando la temperatura sube de los 12°C. De hecho se ha comprobado, que la exposición prolongada a bajas temperaturas destruye la viabilidad de los ooquistes (Ferre & Gómez-Bautista, 2019). En nuestro caso hay que destacar el mes de Enero, que a pesar de que la tendencia es la de disminuir conforme avanzaba el periodo de estudio, para la zona 3 (Begíjar) resultó ser el mes con mayores cargas parasitarias, algo que queda reflejado en nuestro análisis, con un sesgo bastante pronunciado.

Si tenemos en cuenta datos de temperatura y humedad recogidos de las estaciones Agroclimáticas (Anexo 3) más próximas a nuestras zonas de estudio, los cuales nos proporciona la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, para los muestreos del mes de Diciembre, por ejemplo, obtuvimos datos de temperatura de 11,24 grados centígrados de media para Diciembre, valores cercanos a los 12 grados centígrados a los que se produce la esporulación, y si tenemos en cuenta que fue un mes con varios días con la temperatura sobrepasando dicho umbral de los 12 °C y además añadimos un 83,5 % de humedad media, en un mes de

precipitaciones entorno o por encima de la media de los últimos 5 años (Anexo 3), sabiendo que una humedad relativa del 65% estimula la esporulación de los ooquistes (los *Eimeria* no se desarrollan en ambientes carentes o de baja humedad) (Dubey, 2010), por ello no es de extrañar que nuestros niveles de ooquistes en las muestras durante este periodo sea superior a los meses de Enero (a excepción de la zona 3) y Febrero, meses especialmente secos y con valores de humedad en algunos casos inferiores a los necesarios para la esporulación, hecho que queda además reflejado en nuestro cluster, al agruparnos los individuos por meses, Enero-Febrero, y Diciembre por separado. De hecho se ha demostrado, que la mayoría de ooquistes muere en épocas de sequía o inviernos excesivamente fríos, pudiendo sobrevivir durante varios días cuando la humedad es considerable y las temperaturas favorables (Quiroz, 2002). Mencionar en este aspecto, que por las circunstancias excepcionales provocadas por el COVID-19, nuestro estudio no pudo seguir con los demás muestreos planificados para los meses de primavera, circunstancia que nos impidió poder analizar y comparar datos invierno-primaverales, algo que hubiera sido interesante debido al cambio y contraste considerable en las condiciones ambientales durante estas fechas con respecto al periodo invernal.

En cuanto a la edad, los gazapos no infectados hasta el destete, repentinamente contraen la parasitosis (Martínez, 2012). En este aspecto, para evaluar la edad de los conejos, hemos aplicado el método empleado por varios autores en relación al diámetro de los pellets (Rueda *et al.*, 2008; Simonetti y Fuentes, 1982). El cual, creemos es un buen indicador de la edad del individuo, donde a menor diámetro del pellet (<0,6 mm) individuos juveniles. Partiendo de esta información, establecemos una línea de separación entre individuos adultos y juveniles, de tal forma que un pellet de 0,6 mm de diámetro está en torno a los 0,083 gramos. A partir del peso por gramo de heces, tras pesar gramos de 0,6 mm de diámetro, podemos decir que 11 pellets de 0,6 mm pesan 1 gramo. En este aspecto nuestros resultados muestran como a mayor número de pellets, es decir muestras correspondientes a individuos jóvenes, mayor carga de ooquistes de *Eimeria*. Esta altas cargas parasitarias en individuos ya destetados pueden deberse a diversos factores, “los conejos adultos, portadores asintomáticos, sirven como fuente potencial de infestaciones severas para los más jóvenes, especialmente después del destete” (González *et al.*, 2008). El contacto temprano entre gazapos y eiméridos, el suministro de anticuerpos maternos y las especies de *Eimeria* presentes podría ser la responsable del incremento en la aparición de Eimeriosis sub-clínica entre gazapos en edad de destete (Barrymoore *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

- *Eimeria* está muy extendida en todas las especies de lagomorfos del mundo, echando en falta más información en este aspecto para la península ibérica, en especial para las especies del género *Lepus*.
- En algunas zonas de la provincia de Jaén, las prevalencias por coccidiosis de *Eimeria* sp. en conejo (*Oryctolagus cuniculus*) son elevadas. La zona que presentó mayores prevalencias fue la zona 2 (Baeza).
- Hemos detectado 10 especies de *Eimeria*, una diversidad elevada, ya que son 11 las especies descritas en conejo en la península ibérica, además de alguna otra que no fuimos capaces de describir, bien por ser ooquistes en fases intermedias de esporulación que nos impiden su correcta identificación o la aparición de una nueva especie. La zona con menor diversidad de especies fue la zona 3 (Begíjar).
- Las especie más frecuentes fue *Eimeria media*, presente en todas las zonas de muestreo y durante todo el periodo de estudio, seguida de *E. perforans* y *E. piriformis*.
- Según ANOVA, la variable fecha fue significativa para el número de ooquistes, disminuyendo éstos conforme avanzaba el periodo de estudio, con la única excepción del mes de Enero para la zona 3, que fue el mes de mayor carga parasitaria para esta zona. Los conejos quedaron agrupados en los meses de Enero-Febrero y Diciembre, como consecuencia de las condiciones ambientales que influyeron en la emisión de los ooquistes.
- Por último, la edad de los conejos influye en la carga parasitaria, de tal modo que los individuos juveniles son más propenso a presentar cargas parasitarias superiores.

REFERENCIAS

Acevedo, P., Alonso, G., Alves, P.C., Alzaga, V., Ballesteros, F., Ceballos, I., Gortázar, C., Lucio, A.J., Melo-Ferreira, J., Palacios, B., Palacios, J., Perea, R., Rodríguez, M., Sáenz de Buruaga, M., San Miguel, A., & Serdio, A. (2009). Situación y conservación de la liebre de pisorio *Lepus castroviejo* en la Cordillera Cantábrica. España: edita Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino).

Amat, J. (2017). Clustering y heatmaps: aprendizaje no supervisado.
https://rpubs.com/Joaquin_AR/310338

Angulo, E. (2003). Factores que afectan a la distribución y abundancia del conejo en Andalucía (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Akpo, Y., Kpodékon, M.T., Djago, Y., Licois, D., & Youssao, I.A.K. (2012). Vaccination of rabbits against coccidiosis using precocious lines of *Eimeria magna* and *Eimeria media* in Benin. *Veterinary Parasitology*, 184 (1), 73-76.

Alzaga, V. (2010). Ecología de la parasitación de las liebres (*Lepus* spp) de la Península ibérica (tesis doctoral). Instituto de Investigación de Recursos Cinegéticos, Castilla la Mancha, España.

Aoutiel, N., Bertani, S., Bordes, F., Snounou, G., Chabaud, A., & Landau, I. (2005). *Eimeria* (Coccidia: Eimeridae) of hares in France: description of new taxa. *Parasite*, 12, 131-144.

Barrymoore, E., Ruiz, E., Coronado, J., & Castillo, E. (2010). Incidencia de *Eimeria* spp en gazapos sanos al destete en una granja cunícula del estado de Trujillo (Venezuela). *Academia*, 9 (17), 20-29.

Bertolino, S., Hofmannova, L., Girardello, M., & Modry, D. (2010). Richness, origin and structure of an *Eimeria* community in a population of Eastern cottontail (*Sylvilagus floridanus*) introduced into Italy. *Parasitology*, 137 (8), 1179-1186.

Bertsch, G. (2019). *Coccidiosis aviar: situación en el Sudeste Asiático y métodos de control naturales* (Veterinaria Digital).

<https://www.veterinariadigital.com/articulos/coccidiosis-aviar-situacion-sudeste-asiatico-y-metodos-control-naturales/>

Blanco, G., Cardells, J., & Garijo-Toledo, M.M. (2017). Supplementary feeding and endoparasites in threatened avian scavengers: Coprologic evidence from red kites in their wintering stronghold. *Environmental Research*, 155, 22-30.

Biju-Duval, C., Ennafaa, H., Dennebouy, N., Monnerot, M., Mignotte, F., Soriguer, R.C., El Gaaïed, A., El Hili, A., & Mounolou, J.C. (1991). Mitochondrial DNA Evolution in lagomorphs: origin of systematic heteroplasmy and organization of diversity in European rabbits. *Journal of Molecular Evolution*, 33, 92-102.

Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P. (2011). *Numerical ecology with R*, 1st. Ed.; Springer, Nueva York, Estados Unidos.

Boughton, R.V.(1932). The influence of helminth parasitism on the abundance of the snowshoe rabbit (*Lepus americanus*) in western Canada. *Canadian Journal of Research*, 7, 524-527.

Castro., U. (2011). *Eimeria* spp. of domestic rabbit and fowl: development of molecular assays and phylogenetic characterization (tesis doctoral). Instituto de Ciencias Biomédicas, São Paulo, Brasil.

Coudert, P. (1976). Intestinal coccidiosis of the rabbit: comparison of the pathogenic power of *Eimeria intestinalis* with 3 other *Eimeria*. *Sciences Naturelles*, 282, 2219-2222.

Dalloul R., & Lillehoj H.(2006). Poultry coccidiosis : Recent advancements in control measures and vaccine development. *Expert Review of Vaccines*, 1, 143-163.

Delibes-Mateos, M. (2006). Relaciones entre los cambios poblacionales de conejo, la gestión cinegética, el hábitat y los depredadores. Implicaciones para la conservación (tesis doctoral). Universidad de Castilla la Mancha, Castilla la Mancha, España.

Diakou, A., Sokos, C., & Papadopoulos, E.(2014). Endoparasites found in European brown hares (*Lepus europaeus*) hunted in Macedonia, Greece. *Helminthologia*, 51, 354-351.

Dubey, J.P. (2010). Toxoplasmosis of animals and humans. *Parasites & Vectors*, 3 (1), 112.

Dubremetz, J.F., García-Réguet, N., Conseil, V., & Fourmaux, M. (1998). Invited review Apical organelles and host-cell invasion by Apicomplexa. *International Journal for Parasitology*, 28 (7), 1007-1013.

Duszynski, D.W., & Couch, L. (2013). The biology and identification of the Coccidia (Apicomplexa) of rabbits of the world. *Science Direct*, 1-15.

Duszynski, D.W., & Marquardt, W.C. (1969). *Eimeria* (Protozoa: Eimeriidae) of the cottontail rabbit *Sylvilagus audubonii* in northeastern Colorado, with descriptions of three new species. *Journal of Protozoology* 16, 128-137.

Duszynski, D.W., Upton, S.J., & Couch, L. (2008). *The Coccidia of the World*. <http://eimeria.unl.edu/table.html>.

Elanco, E. (2019). Diagnóstico de la coccidiosis : identificación, valoración y recuento. *AviNews*, 40, 36-52.

El-Shahawi, G.A., El-Fayomi, H.M., & Abdel-Haleem, H.M. (2012). coccidiosis of domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Egypt: light micro- scopic study. *Parasitology Research*, 110, 251-258.

Ferre, I., & Gómez-Bautista, M. (2019). Etiología y Patogenia de la coccidiosis aviar. *Avinews*, 37, 116-117.

Fugassa, M.H., & Guichón, R.A.(2006). Nuevos aportes a la paleoparasitología del sitio arqueológico “Nombre de Jesús” (S. XVI), Cabo Vírgenes, Argentina. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 8 (1), 73-83.

Gallego, J.(2006). *Manual de parasitología: morfología y biología de los parásitos de interés sanitario*. Barcelona, España: Publicaciones y Ediciones universidad de Barcelona.

García-Bocanegra, I., Camacho-Sillero, L., Rialde, M.A., Dalton, K.P., Caballero-Gómez, J., Agüero, M., Zorrilla, I., & Gómez-Guillamón, F. (2019). First outbreak of

mixomatosis in Iberian hares (*Lepus granatensis*). *Transboundary and Emerging Diseases*, 1-5.

García-Fuentes, A., Salazar-Mendías, C., & Lendínez, M.L. (2005). Pérdida de diversidad vegetal en los olivares del Alto Valle del Guadalquivir: Alternativas agroecológicas. En Anta, J. L.; Palacios, J.; Guerrero, F. Edit: La cultura del olivo. Ecología, economía, sociedad. Jaén, Universidad de Jaén, 399-430.

García-Perea, R., & Gisbert, J. (1997). Lista patrón de los mamíferos de la Península ibérica, islas Baleares y Canarias. *Galemys*, 9, 1-38.

García, P., & Rivera, N. (2017). El ciclo biológico de los coccidios intestinales y su aplicación clínica. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 60 (6), 40-46.

González-Acuña, D., Rebolledo, P., Skewes, O., Moreno, L., & Castro, D. (2005). Hare parasites (*Lepus europaeus*) in two geographical zone of Chile. *Parasitol Latinoam*, 60, 174-177.

González-Redondo, P., Finzi, A., Negretti, P., & Micci, M. (2008). Incidence of coccidiosis in different rabbit keeping systems. *Belo Horizonte*, 60 (5), 1678-4162.

Gower, J. C., & Legendre, P. (1986). Metric and Euclidean properties of dissimilarity coefficients. *Journal of classification*, 3 (1), 5-48.

Grez, V., Marchandeau, S., & Landau, I. (2003). coccidiosis of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in France. *Parasite*, 10, 5-7.

Gutiérrez, J.F. (2003). Tratamientos y profilaxis de la coccidiosis en el conejo. *Profilaxis*, 97-105.

Hodgson, J.N. (1970). coccidiosis : oocyst counting technique for coccidiostat evaluation. *Experimental Parasitology*, 28 (1), 99-102.

Jelínková, A., Licois, D., & Pakandl, M. (2008). The endogenous development of the rabbit coccidium *Eimeria exigua* Yakimoff, 1934. *Veterinary Parasitology*, 156 (3-4), 168-172.

Jiménez, A. (2016). Análisis de la diversidad genética de las especies de *Eimeria* que afectan la producción cunícola en la región sur oriente del Estado de México (tesis doctoral). Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, México.

Katris, N.J., Van Dooren, G.G., McMillan, P.J., Hanssen, E., Tilley, L., & Waller, R.F. (2014). The apical complex provides a regulated gateway for secretion of invasion factors in *Toxoplasma*. *PLoS Pathogens*, 10 (4), 2-16.

Kavaliers, M., Colwell, D.D., & Choleris, E. (2000). Parasites and Behaviour: an Ethopharmacological Perspective. *Parasitology Today*, 16 (11), 464-468.

Kenneth, J.R., & Ray, C.G. (2013). Microbiología médica. Tucson (Arizona), Estados Unidos: Editorial MCGRAW-HILL.

Klesius, P.H., Kramer, T.T., & Frandsen, J. (1976). *Eimeria stiedai*: Delayed hypersensitivity response in rabbit coccidiosis. *Experimental Parasitology*, 39 (1), 59-68.

Kvičerová, J., & Hypša, V. (2013). Host-Parasite Incongruences in Rodent *Eimeria* Suggest Significant Role of Adaptation Rather than Cophylogeny in Maintenance of Host Specificity. *PLoS ONE*, 8(7), e63601.

Kvičerová, J., Pakandl, M., & Hypša V. (2008). Phylogenetic relationships among *Eimeria* spp. (Apicomplexa Eimeriidae) infecting rabbits: evolutionary significance of biological and morphological features. *Parasitology*, 135, 443-452.

Ladrón de Guevara, O.S., Pérez-Rivero, J.J., Pérez, M., Flores, F.I., & Iraís, C. (2015). coccidiosis en conejos de engorde, un enfoque biológico y epidemiológico. *ContactoS*, 97, 28-34.

Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology*, 3rd English. Ed: Elsevier. Estados Unidos.

Leguía, P.G., Casas, E., & Wheeler, J. (1999). Parasitismo en camélidos prehistóricos. *Parasitología al Día*, 19, 35.

Lello, J., Boag, B., & Hudson, P.J.(2005).The effect of single and concomitant pathogen infections on condition and fecundity of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *International Journal for Parasitology*, 35, 1509-1515.

Levine, N.D. (1988). The protozoan phylum Apicomplexa. Florida, Estados Unidos. Chemical Rubber Company Press.

Licois, D., Coudert, P., Drouet-Viard, F., & Boivin, M. (1994). *Eimeria media*: Selection and characterization of a precocious line. *Parasitology Research*, 80 (1), 48-52.

López, N. (2020). Liebre de piornal: el endemismo desconocido de la cordillera cantábrica. *Trofeo*, 602, 42-47.

Macua, M., Zenobi, M., & Chiaraviglio, J.A. (2011). Determinación de especies de *Eimeria* en cabras (tesis doctoral). Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe , Argentina.

Marhoon, I.A., Mattar, K.T., & Mohammad, F.I. (2018). Parasitic infection in wild rabbits *Oryctolagus cuniculus*. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*, 13.

Martínez, E.O.(2012). Determinación de la presencia de *Eimeria* spp en gazapos (*Oryctolagus cuniculus domesticus*) post destete de 5 a 7 semanas, de dos explotaciones cunícolas en la ciudad de Tunja (Boyacá) (Tesis doctoral). Universidad Juan de Castellanos, Boyacá, Colombia.

Marques, S., Ferreira, C., Paupério, J., Silva, R.M., Célio, P., & Lemos, A.(2015). coccidiosis in European rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) populations in the Iberian Peninsula. *Acta Parasitológica* , 60, 350-355.

Matos, L. (2015). Estudio biopatológico y respuesta inmune en la coccidiosis caprina producida por *Eimeria ninakohlyakimovae*: implicaciones en el control de la enfermedad (tesis doctoral). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Gran Canaria, España.

Meng, Q.L., Tian, G.F., Yan, H.B., & Zhang, D.F.(2007). Investigation on coccidial species of rabbits in Xinjiang. *Progress Vet Med*, 28, 44-47.

Moreno-Montañez, T., Becerra, C., Navarrete, I. (1979). Contribución al conocimiento de los parásitos de la liebre *Lepus capensis*. *Revista de Ibérica de Parasitología*, 39, 383-393.

Morrisette, N., & Sibley, L.D. (2002). Disruption of microtubules uncouples budding and nuclear division in *Toxoplasma gondii*. *Journal of Cell Science*, 115 (5), 17-25.

Murtagh, F., & Legendre, P. (2014). Ward's hierarchical agglomerative clustering method: which algorithms implement Ward's criterion?. *Journal of Classification*, 31, 274-295.

Mykutowycz, R. (1962). Epidemiology of coccidiosis (*Eimeria* spp.) in an experimental population of the Australian wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.). *Parasitology*, 52, 375-395.

Norton, C.C., Catchpole, J., & Joyner, L.P. (1979). Redescriptions of *Eimeria irresidua* Kessel and Jankiewicz, 1931 and *E. flavescens* Marotel and Guilhon, 1941 from the domestic rabbit. *Parasitology*, 79 (2), 231-248.

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'hara, R. B., & Oksanen, M. J. (2013). Package 'Vegan'. *Community ecology package*, version, 2(9), 1-295.

Oliveira, C.O., Fraga, J.S., Licois, D., Pakandl, M., & Gruber, A.(2011). Development of molecular assays for the identification of the 11 *Eimeria* species of the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Veterinary Parasitology*, 176, 275-280.

Oncel, T., Gullegen, E., Senlik, B., & Bakirci, S.(2011). Intestinal coccidiosis in Angora Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) caused by *Eimeria intestinalis*, *Eimeria perforans* and *Eimeria coecicola*. *Veteriner Fakultesi Dergisi*, 22 (1), 27-29.

Pacios, I. (2018).Coccidian and nematode infections influence prevalence of antibody to myxoma and rabbit haemorrhagic disease viruses in European rabbits. *Wildlife Diseases*, 49, 10-17.

Pakandl, M.(2009). Coccidia of rabbit: a review. *Folia Parasitologica*, 56 (3), 153-166.

Pakandl, M., & Coudert, P.(1999). Life cycle of *Eimeria vej dovskyi* Pakandl, 1988: electron microscopy study. *Parasitology Research*, 85 (10), 850-854.

Pakandl, M., & Jelínková, A. (2006). The rabbit coccidium *Eimeria piriformis*: Selection of a precocious line and life-cycle study. *Veterinary Parasitology*, 137 (3-4), 351-354.

Pellérdy, L., Hönich, M., & Sugár, L. (1974). Studies on the development of *Eimeria leporis* (Protozoa: Sporozoa) and on its pathogenicity for the hare (*Lepus europaeus* Pall.). *Acta Vet Acad Sci Hung*, 24 (1), 163-175.

Pérez, M., & Betancourt, M. (2010). coccidiosis hepática en el conejo: aspectos ambientales y clínico-patológicos. *Ciencia ergo*, 17 (3), 269-276.

Petterson, D.A. (2001). The effects of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) on soils and vegetation in semiarid, south-eastern Spain (tesis doctoral). University of Leeds, Leeds, Inglaterra.

Quiroz, H. (2002). *Parasitología y Enfermedades Parasitarias de Animales Domésticos*. Editorial Limusa S.A.

Razavi, S.M., Oryan, A., Rakhshandehroo, E., Moshiri, A., & Mootabi, A. (2010). *Eimeria* species in wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Fars province, Irán. *Trop Biomed*, 27 (3), 470-475.

R Core Team (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Found. Stat. Comput. Viena, Austria.

Respaldiza, E., González, E., Jiménez, A., & Fuentes, O. (1986). Estudio comparativo de la coccidiosis del conejo en relación a otras afecciones patógenas. *ResearchGate*, 98, 221-231.

Respaldiza, E., González, E., Pérez, J.M. (1985). Aportación al estudio de la coccidiosis intestinal en conejos. *ResearchGate* , 135-144.

Robles, C.A., & Bonino, N. (1985). coccidiosis hepática en conejos silvetsres (*Oryctolagus cuniculus*) de Tierra del Fuego. *Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria*, 429, 51-54.

Rodríguez, J.G., Pedroso, M., Olivares, J.L., Sánchez-Castilleja, Y., & Arece, J. (2014). La interacción hospedero-parásito. Una visión evolutiva. *Revista de Salud Animal*, 36 (1), 53-57.

Rodríguez, C.A., Quintana, M.C., Rigual, A.Y., & Romero, M.F. (2017). Pathogenic mechanisms and clinical manifestations of coccidia. *Medigraphic*, 96 (6), 1183-1193.

Rousseeuw, P.J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53–65.

Rueda, M., Rebollo, S., & Bravo, L. G. (2008). Age and season determine European rabbit habitat use in Mediterranean ecosystems. *Acta Oecologica*, 34 (3), 266–273.

Salamanca, F. (2018). ¿Por qué hay menos liebres en nuestros campos?. *Trofeo*, 577.

Sanz, M.J. (2006). Filogenia molecular de las liebres ibéricas (*Lepus castroviejo*, *Lepus europaeus*, *Lepus granatensis*), a partir del ADN mitocondrial (tesis doctoral). Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España.

Silva, S.M., Ferreira, C., Paupérico, J., Silva, R., Alves, P.C., & Lemos, A. (2017). coccidiosis in European rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) populations in the Iberian Peninsula. *Acta Parasitológica*, 62 (1). 229.

Simonetti, J. A., & Fuentes, E. R. (1982). Microhabitat use by European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in central Chile: Are adult and juvenile patterns the same? *Oecologia*, 54 (1), 55–57.

Stodart, E.A. (1968). coccidiosis in wild rabbits, *Oryctolagus cuniculus* (L.), at four sites in different climatic regions in eastern Australia. *Australian Journal of Zoology*, 16, 69-85.

Striepen, B., Jordan, C.N., Reiff, S., & Van Dooren, G.G. (2007). Building the perfect parasite: cell division in Apicomplexa. *PLoS Pathogens*, 3 (6), 78.

Sufang, F., Xiaolong, G., Saeed, E.A., Xiwang, L., Xiaojie, Y., Bing, G., Huifeng, L., Nanxing, L., Ping, C., & Xun, S. (2019). Immune protection provided by precocious line trivalent vaccine against rabbit *Eimeria*. *Veterinary Parasitology*, 275.

Suzuki, R., Shimodaira, H. (2006). Pvcust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering, *Bioinformatics*, 22, 1540–1542.
<https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btl117>

Szkucik, K., Pyz-Lukasik, R., Szczepaniak, R.O., & Paszkiewicz, W. (2014). Occurrence of gastrointestinal parasites in slaughter rabbits. *Parasitol Res*, 113, 59-64.

Tamasaukas, R., Agudo, L., & Vintimilla, M. (2010). Bovine coccidiosis pathology in Venezuela: a review. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11 (7), 1-39.

Tao-Shan, L., Yang, Z., Ye-Ting, M., Yuan-Yuan, M., Hong, C., Xia-Xia, L., Wei, C., Xiao-Lin, S., & Xing-Quan, Z. (2020). Molecular characterization of *Eimeria* spp. and *Blastocystis* in rabbits in Shandong Province, China. *Parasitology Research*, 119, 1547-1551.

Taylor, M.A., & Bartram, D.J. (2012). The history of decoquinate in the control of coccidial infections in ruminants. *Journal of Veterinary Pharmacology and Teherapeutics*, 35 (5), 17-27.

Toula, F., & Ramadan, H. (1998). Studies on coccidian species of genus *Eimeria* from domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus domesticus*) in Jeddah Saudi Arabia. *Egypt soc Parasitol*, 28 (3), 691-698.

Traviezo, L., Báez, G., Rojas, E., Iglesias, F., Barragán, A., Zubillaga, V., & Zavarce, F. (2019). *Entamoeba gingivalis*, *Trichomonas tenax* y *Eimeria* sp. en cavidad bucal de indígenas de Isla Ratón, estado Amazonas, Venezuela. *Revista Venezolana de Salud Pública*, 7 (2), 35-39.

Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, A.M., & Jennings, F.W. (1996) *Veterinary parasitology*, 2, 224-232.

Villafuerte, R. (1994). Riesgo de predación y estrategias defensivas del conejo, *Oryctolagus cuniculus*, en el Parque Nacional de Doñana (tesis Doctoral). Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

Virga, A., Giannetto, S., Baccarani, E.M., & Canestri Trotti, G. (1997). The species of *Eimeria* in wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Sicily. *Agris*, 51, 343-344.

Virgós, E., Cabezas-Díaz, S., & Lozano, J. (2007). Is the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) a threatened species in Spain? Sociological constraints in the conservation of species. *Biodiversity and Conservation*, 16, 3489-3504.

Wilkinson, L., Friendly, M. (2009). The history of the cluster heat map. *The American Statistician*, 63(2), 179-184.

Willot, S.J., Miller, A.J., Incoll, L.D. & Compton, S.G. (2000). The contribution of rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.) to soil fertility in semi-arid Spain. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 379-384.

Yun, C.H., Lillehoj, H.S., & Lillehoj, E.P. (2000). Intestinal immune responses to coccidiosis . *Developmental and Comparative Immunology*, 24, 303-324.

ANEXO 1 (especies de *Eimeria* en lagomorfos)

Familias de lagomorfos	Géneros	Especies de <i>Eimeria</i> que les parasitan
Leporidae	<i>Oryctolagus</i>	<i>Eimeria coecicola</i> , Cheissin, 1947 <i>Eimeria exigua</i> , Yakimoff, 1934 <i>Eimeria flavescens</i> , Marotel & Guilhon, 1941 <i>Eimeria intestinalis</i> , Cheissin, 1948 <i>Eimeria irresidua</i> , Kessel & Jankiewicz, 1931 <i>Eimeria leporis</i> , Nieschulz, 1923 <i>Eimeria magna</i> , Pérard, 1925 <i>Eimeria matsubayashii</i> , Tsunoda, 1925 <i>Eimeria media</i> , Kessel, 1929 <i>Eimeria nagpurensis</i> , Gill & Ray, 1960 <i>Eimeria neoleporis</i> , Cravalho, 1942 <i>Eimeria oryctolagi</i> , Ray & Banik, 1965 <i>Eimeria perforans</i> , Sluiter & Schwellengrebed, 1912 <i>Eimeria piriformis</i> , Kotlán & Pospesch, 1934 <i>Eimeria roobroucki</i> , Grés <i>et al.</i> , 2002 <i>Eimeria stiedai</i> , (Lindemann, 1865) <i>Eimeria vej dovskyi</i> , Pakandl & Coudert, 1999
	<i>Brachylagus</i>	<i>Eimeria brachylagia</i> , Duszynski <i>et al.</i> , 2005 <i>Eimeria audubonii</i> , Duszynski & Marquardt, 1969 <i>Eimeria azul</i> , Wiggins & Rothenbacher, 1979 <i>Eimeria environ</i> , Honess, 1939 <i>Eimeria exigua</i> , Yakimoff, 1934 <i>Eimeria honessi</i> , Levine & Ivens, 1972 <i>Eimeria irresidua</i> , Kessel & Jankiewicz, 1931 <i>Eimeria leporis</i> , Nieschulz, 1923 <i>Eimeria magna</i> , Pérard, 1925
	<i>Sylvilagus</i>	<i>Eimeria maior</i> , Honess, 1939 <i>Eimeria media</i> , Kessel, 1929 <i>Eimeria minima</i> , Carvalho, 1943 <i>Eimeria neoirresidua</i> , Duszynski & Marquardt, 1969 <i>Eimeria neoleporis</i> , Cravalho, 1942 <i>Eimeria paulistana</i> , Fonseca, 1933 <i>Eimeria perforans</i> , Sluiter & Schwellengrebed, 1912 <i>Eimeria pintoensis</i> , Fonseca, 1932 <i>Eimeria poudrei</i> , Duszynski & Marquardt, 1969 <i>Eimeria stiedai</i> , (Lindemann, 1865) <i>Eimeria sylvilagi</i> , Carini, 1940

		<i>Eimeria americana</i>, Carvalho, 1943 <i>Eimeria athabascensis</i>, Samoil & Samuel, 1977 <i>Eimeria audubonii</i>, Duszynski & Marquardt, 1969 <i>Eimeria baina</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria cabareti</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria campania</i>, Levine & Ivens, 1972 <i>Eimeria coquelinae</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria europea</i>, Pellérdy, 1956 <i>Eimeria exigua</i>, Yakimoff, 1934 <i>Eimeria gantieri</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria gobiensis</i>, Gardner et al., 2009 <i>Eimeria groenlandica</i>, Madsen, 1938 <i>Eimeria holmesi</i>, Samoil & Samuel, 1977 <i>Eimeria hungarica</i>, Pellérdy, 1956 <i>Eimeria intestinalis</i>, Cheissin, 1948 <i>Eimeria irresidua</i>, Kessel & Jankiewicz, 1931 <i>Eimeria keithi</i>, Samoil & Samuel, 1977 <i>Eimeria lapierrei</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria leporis</i>, Nieschulz, 1923 <i>Eimeria macrosculpta</i>, Sugár, 1979 <i>Eimeria magna</i>, Pérard, 1925 <i>Eimeria matssubayashii</i>, Tsunoda, 1925 <i>Eimeria media</i>, Kessel, 1929 <i>Eimeria minima</i>, Carvalho, 1943 <i>Eimeria neoleporis</i>, Cravalho, 1942 <i>Eimeria nicolegerae</i>, Aoutil, 2005 <i>Eimeria perforans</i>, Sluiter & Schwellengrebed, 1912 <i>Eimeria pierrecouderti</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria piriformis</i>, Kotlán & Pospesch, 1934 <i>Eimeria punjabensis</i>, Gill & Ray, 1960 <i>Eimeria reniai</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria robertsoni</i>, Carvalho, 1943 <i>Eimeria rochesterensis</i>, Samoil & Samuel, 1977 <i>Eimeria rowani</i>, Samoil & Samuel, 1977 <i>Eimeria ruficaudati</i>, Gill & Ray, 1960 <i>Eimeria sculpta</i>, Madsen, 1938 <i>Eimeria semisculpta</i>, Pellérd, 1956 <i>Eimeria septentrionalis</i>, Yakimoff et al., 1936 <i>Eimeria stefanskii</i>, Pastuszko, 1961 <i>Eimeria stiedai</i>, (Lindemann, 1865) <i>Eimeria sylvilagi</i>, Carini, 1940 <i>Eimeria tailliezi</i>, Aoutil et al., 2005 <i>Eimeria townsendi</i>, Pellérdy 1956
	Lepus	

Familias de lagomorfos	Géneros	Especies de <i>Eimeria</i> que les parasitan
Ochotonidae	<i>Ochotona</i>	<i>Eimeria balchanica</i> , Glebezdin, 1978 <i>Eimeria banffensis</i> , Lepp et al., 1973 <i>Eimeria barretti</i> , Lepp et al., 1972 <i>Eimeria calentinei</i> , Duszynski & Brunson, 1973 <i>Eimeria circumborealis</i> , Hobbs & Samuel, 1974 <i>Eimeria cryptobarretti</i> , Duszynski & Brunson, 1973 <i>Eimeria daurica</i> , Matschoulsky, 1947 <i>Eimeria erschovi</i> , Matschoulsky, 1949 <i>Eimeria haibeiensis</i> , Yi-Fan et al., 2009 <i>Eimeria klondikensis</i> , Hobbs & Samuel, 1974 <i>Eimeria metelkini</i> , Matschoulsky, 1949 <i>Eimeria ochotona</i> , Matschoulsky, 1949 <i>Eimeria princepsis</i> , Duszynski & Brunson, 1973 <i>Eimeria qinghaiensis</i> , Yi-Fan et al., 2009 <i>Eimeria worleyi</i> , Lepp et al., 1972 <i>Eimeria marquardtii</i> , Duszynski & Brunson, 1973 <i>Eimeria yukonensis</i> , Hobbs & Samuel, 1974

ANEXO 2 (valores de presencia de las distintas especies de *Eimeria*, fechas y zonas)

Cod	Loc	Date	Age	EXI	PER	PIR	FLA	IR	STI	IN	MED	VE	CO	MA	E SP
1	Vílche	Dic	Adulto	0	96	9	0	0	0	0	95	0	0	0	0
2	Vílche	Dic	Adulto	4	71	3	0	0	0	0	53	0	0	1	0
3	Vílche	Dic	Juvenil	11	62	5	0	0	0	2	63	0	2	0	0
4	Vílche	Dic	Juvenil	4	105	15	2	0	0	0	155	0	0	0	0
5	Vílche	Dic	Adulto	1	103	11	0	0	0	0	113	0	0	0	0
6	Vílche	Dic	Juvenil	3	116	18	0	0	0	4	167	0	0	0	0
7	Vílche	Ene	Juvenil	4	9	3	0	0	0	3	22	1	0	0	0
8	Vílche	Ene	Juvenil	5	11	25	0	0	0	12	27	0	2	0	0
9	Vílche	Ene	Juvenil	5	5	5	0	0	0	3	7	1	1	1	0
10	Vílche	Ene	Juvenil	5	18	0	0	0	0	5	57	0	0	0	0
11	Vílche	Ene	Juvenil	6	24	3	0	0	0	0	67	0	0	0	0
12	Vílche	Ene	Juvenil	7	28	4	0	0	0	0	44	0	0	0	0
13	Vílche	Feb	Adulto	0	2	11	0	0	0	0	22	0	0	0	0
14	Vílche	Feb	Adulto	1	0	1	0	0	0	1	18	0	0	0	0
15	Vílche	Feb	Juvenil	0	15	10	0	0	0	9	67	0	0	0	0
16	Vílche	Feb	Adulto	0	7	1	0	0	0	1	18	0	0	0	0
17	Vílche	Feb	Adulto	1	4	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0
18	Vílche	Feb	Juvenil	1	33	7	0	0	0	2	75	0	0	0	0
19	Baeza	Dic	Adulto	9	29	9	2	1	0	1	164	2	6	0	0
20	Baeza	Dic	Adulto	9	60	10	0	1	0	1	149	0	4	0	0
21	Baeza	Dic	Juvenil	22	139	139	0	0	0	52	274	10	3	0	0
22	Baeza	Dic	Juvenil	17	136	48	0	0	0	28	197	5	4	0	0
23	Baeza	Dic	Juvenil	19	133	30	0	0	0	3	210	0	1	0	0
24	Baeza	Dic	Juvenil	11	108	22	0	0	0	6	220	2	5	0	0
25	Baeza	Ene	Juvenil	9	46	15	0	1	0	8	165	8	2	0	0
26	Baeza	Ene	Juvenil	1	81	19	1	0	0	9	202	3	0	0	0
27	Baeza	Ene	Juvenil	4	81	29	0	0	0	5	177	4	1	0	1
28	Baeza	Ene	Juvenil	0	10	44	0	0	0	0	196	3	3	1	0
29	Baeza	Ene	Juvenil	10	47	26	0	0	0	0	112	5	0	0	0
30	Baeza	Ene	Juvenil	9	2	1	0	0	0	0	87	1	0	0	0
31	Baeza	Feb	Juvenil	19	48	124	4	0	0	44	194	0	1	0	0
32	Baeza	Feb	Juvenil	7	31	27	6	0	0	13	70	0	0	0	0
33	Baeza	Feb	Juvenil	10	35	36	2	1	0	15	61	0	2	0	0
34	Baeza	Feb	Adulto	3	28	6	4	2	0	1	35	0	0	3	1
35	Baeza	Feb	Adulto	10	12	3	0	0	0	2	19	0	1	2	0
36	Baeza	Feb	Adulto	0	10	0	0	0	0	3	21	0	0	0	0
37	Begíja	Dic	Adulto	5	48	10	0	0	0	1	120	0	0	0	0
38	Begíja	Dic	Juvenil	4	71	13	0	0	0	3	124	1	0	0	0
39	Begíja	Dic	Adulto	1	55	21	0	0	0	5	142	1	2	0	0
40	Begíja	Dic	Juvenil	19	101	13	0	0	0	3	181	1	0	0	0
41	Begíja	Dic	Adulto	1	21	19	0	0	0	1	128	2	2	0	0
42	Begíja	Dic	Juvenil	6	54	7	0	0	0	2	160	0	0	0	0
43	Begíja	Ene	Juvenil	24	115	83	0	0	0	21	128	7	10	0	0
44	Begíja	Ene	Juvenil	47	511	32	0	0	0	0	550	21	2	0	0
45	Begíja	Ene	Juvenil	5	33	5	0	0	0	3	59	4	0	0	0
46	Begíja	Ene	Juvenil	10	74	0	0	0	0	3	149	0	0	0	0
47	Begíja	Ene	Juvenil	11	1	14	0	0	0	4	22	0	0	1	1
48	Begíja	Ene	Adulto	0	8	4	0	0	0	0	23	0	0	0	0
49	Begíja	Feb	Juvenil	4	12	6	0	0	0	0	59	0	0	0	0
50	Begíja	Feb	Adulto	0	25	5	0	0	0	1	61	0	0	0	0
51	Begíja	Feb	Juvenil	18	25	9	0	0	0	5	121	0	0	1	1
52	Begíja	Feb	Juvenil	0	4	0	0	0	0	4	74	0	0	0	0
53	Begíja	Feb	Adulto	1	3	1	0	0	0	1	34	0	0	0	0
54	Begíja	Feb	Adulto	0	13	14	0	0	0	1	62	0	2	0	0

ANEXO 3 (datos climáticos)

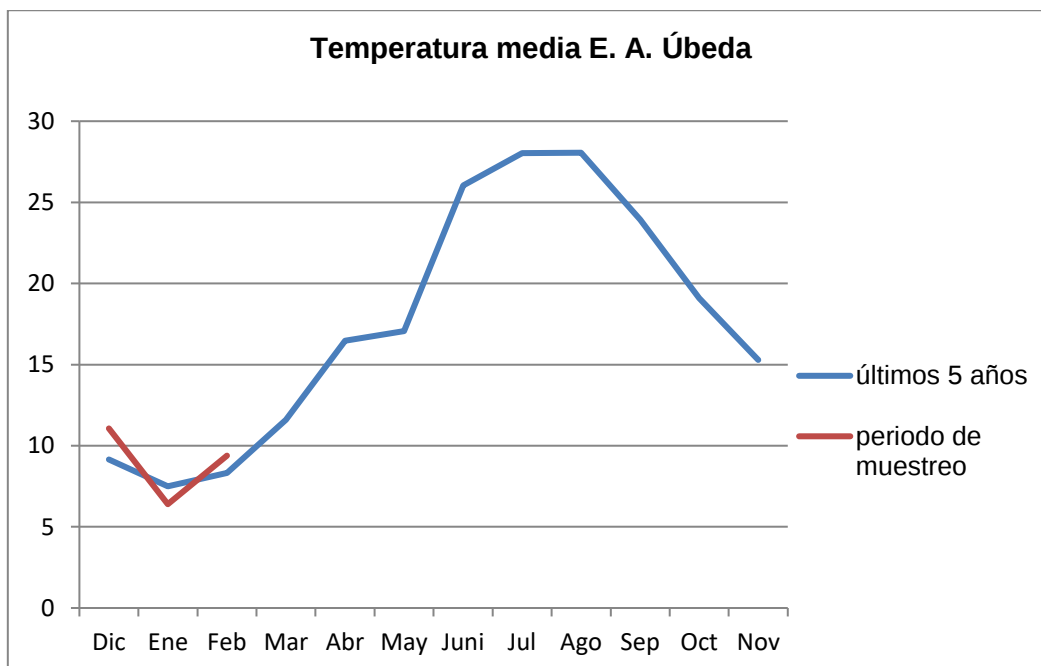


Figura 17: temperatura media de los últimos 5 años (azul) y de nuestro periodo de muestreo (rojo) obtenida de la Estación Agroclimática más próxima a las zonas 2 y 3 de muestreo (Estación Agroclimática de Úbeda)

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/estacion/23/8>

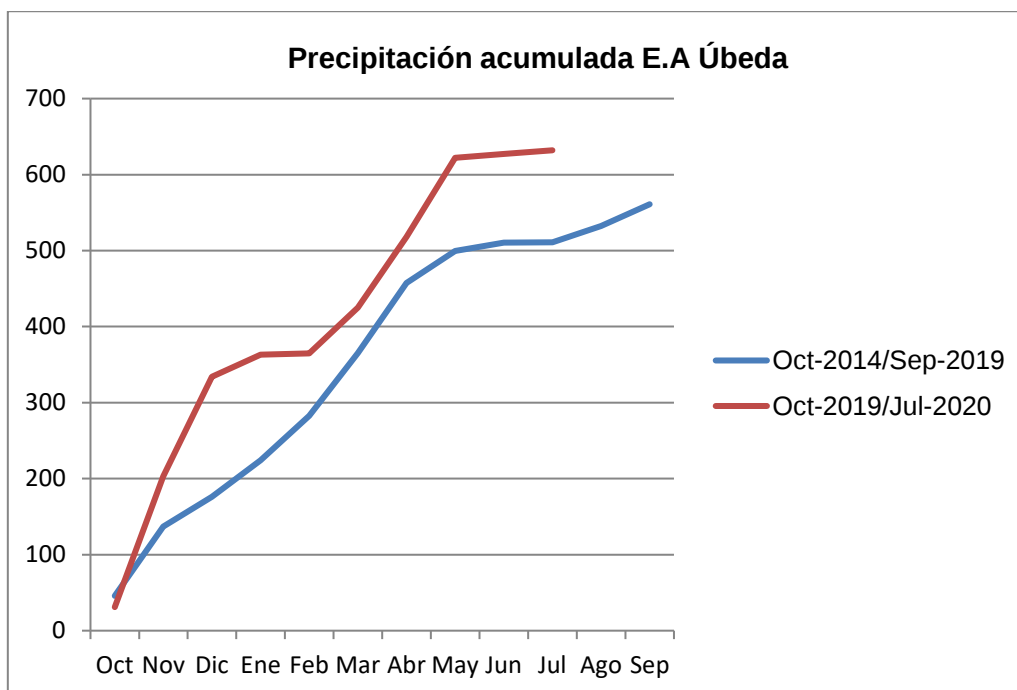


Figura 18: precipitación media acumulada de los últimos 5 años (azul) y precipitación acumulada durante nuestro periodo de estudio (rojo) de la Estación Agroclimática de Úbeda.

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/estacion/23/8>

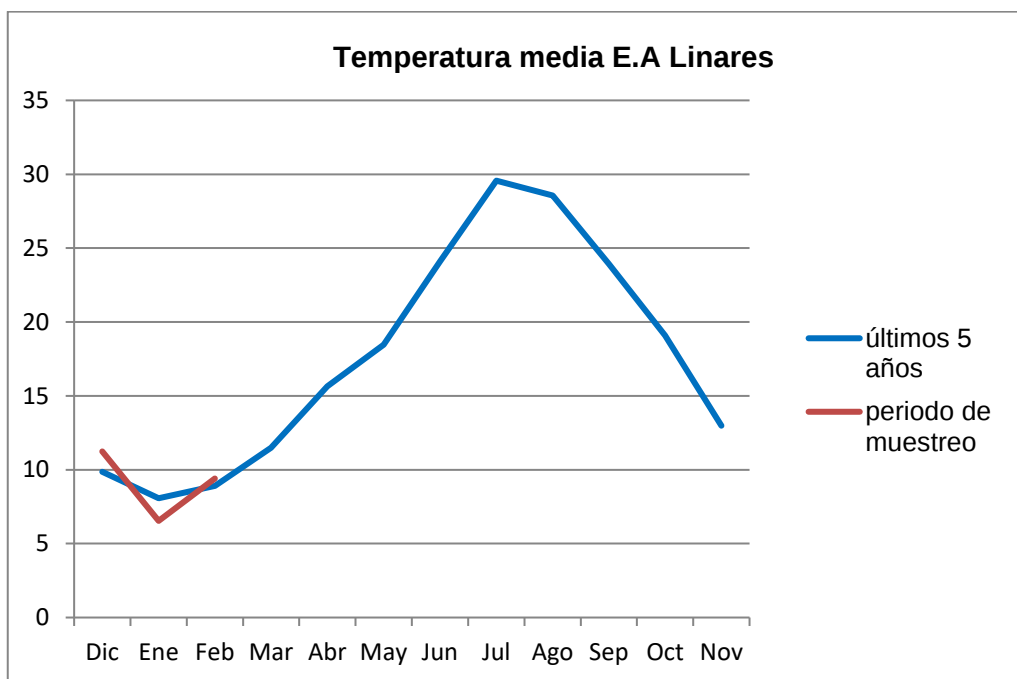


Figura 19: temperatura media de los últimos 5 años y de nuestro periodo de muestreo obtenida de la Estación Agroclimática más próxima a las zona 1 de estudio.

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/estacion/23/9>

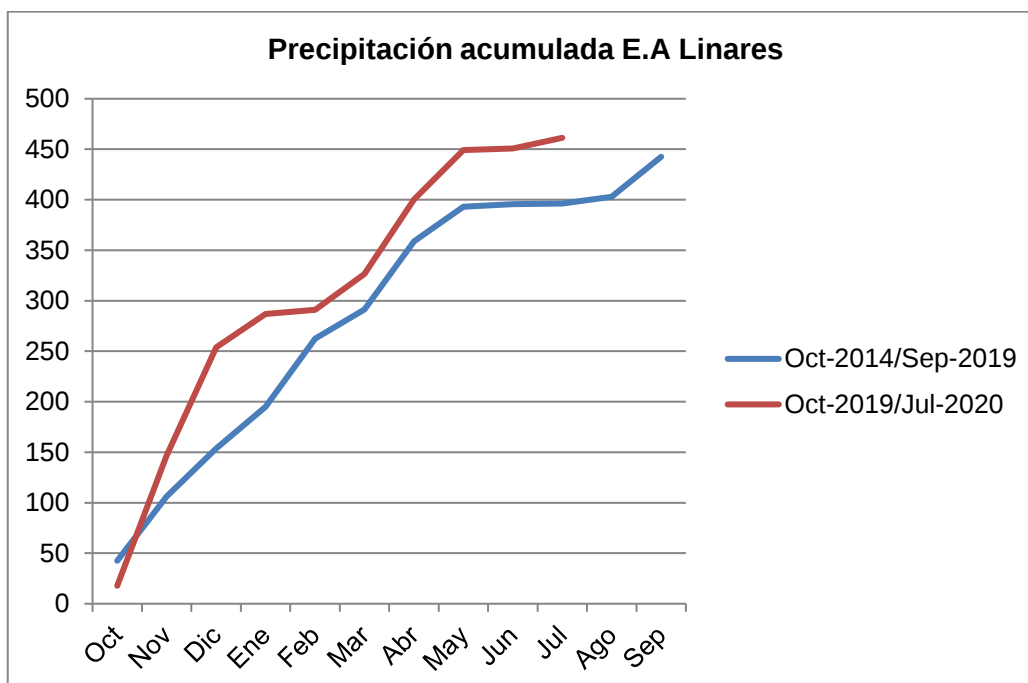


Figura 20: precipitación media acumulada de los últimos 5 años y precipitación acumulada del periodo de estudio obtenida de la Estación Agroclimática más próxima a la zona 1 de estudio.

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/estacion/23/9>

BREVE RESUMEN DE LAS ASIGNATURAS DEL MÁSTER REALIZADAS

-Técnicas geomáticas aplicadas al medio natural: la asignatura te acerca al conocimiento de los sistemas de información geográfica, aplicados al medio natural. Obtención de información, tratamiento y análisis de dicha información e interpretación de los resultados que nos arrojan.

-Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos: nos acerca al conocimiento de los acuíferos, así como de otros ecosistemas acuáticos. La dinámica, estructura, gestión, problemática y sostenibilidad de los recursos hídricos y ecosistemas acuáticos son los puntos a tratar.

-Métodos avanzados de análisis de datos: se abordan aspectos fundamentales para desarrollar un buen diseño experimental., además de una introducción a la estadística multivariante. También se estudia aspectos de geoestadística y el tratamiento de grandes volúmenes de datos mediante la minería de datos.

-Caracterización de los componentes físicos del hábitat: las técnicas para el análisis geoquímico de muestra total, técnicas espectroscópicas, métodos de caracterización de la materia orgánica, así como las técnicas microanalíticas basadas en la microscopía electrónica y métodos de estudio geofísico de la superficie terrestre.

-Conservación y restauración de sistemas terrestres: el uso sostenible de los recursos terrestres, y las consecuencias de los posibles impactos que sobre estos sistemas existen, como la erosión y desertificación son los aspectos que se tratan en esta asignatura. La restauración de ecosistemas terrestres, conociendo su funcionamiento y los componentes que los constituyen son fundamentales para la conservación y restauración de estos ecosistemas.

-Caracterización de elementos bióticos del hábitat: el estudio de las poblaciones animales, los elementos bióticos de los sistemas acuáticos o el conocimiento de figuras de protección como la Red Natura 2000 es crucial para el manejo y la conservación de los hábitats.

-Modelización de la distribución potencial de especies y hábitats: se muestran las técnicas necesarias para desarrollar modelos de distribución para especies y hábitats. Se hace un repaso de los conceptos fundamentales de estas técnicas y las etapas metodológicas involucradas en estos modelos. Finalmente la elaboración de un modelo de distribución de especies o hábitats para abordar problemáticas asociadas a la distribución geográfica de una especie.

-Explotación sostenible de suelos y agroecosistemas: los cada vez más deteriorados agrosistemas, como consecuencia de la explotación de los mismos, suponen un problema para la conservación. El conocimiento de los sistemas

agrosilvopastoriles, el estudio de las plagas y patógenos que atacan a los cultivos y el conocimiento del suelo, sus procesos y la degradación del mismo, se estudian en esta materia para aportar los conocimientos base para la explotación sostenible de estos ecosistemas que abarcan una superficie importantísima del planeta.

-Técnicas de conservación de flora amenazada: las principales amenazas de la flora, así como sus principales medidas de conservación, tanto in situ como ex situ, para finalmente conocer que figuras de protección son las que las amparan. Por otro lado también se trata la dispersión y polinización, como aspectos claves para la conservación. Y en una tercera parte se hace referencia a los estudios demográficos y genéticos, como herramientas esenciales en cualquier plan de conservación de flora amenazada.

-Enfermedades de la fauna silvestre: se abordan las enfermedades de la fauna como un problema socioeconómico y sanitario. La epidemiología y ecología de los patógenos y enfermedades, así como sus reservorios. Zoonosis bacterianas y víricas, protistas, helmintos y artrópodos. Finalmente la gestión, vigilancia y control de enfermedades de especial relevancia.

-Técnicas de conservación de fauna amenazada: las causas del declive de las poblaciones animales, las estrategias de conservación y las figuras de protección se abordan en una primera parte, para luego pasar a conocer las principales amenazas y medidas de conservación de la fauna en España.

-Invasiones biológicas: se estudia a las especies exóticas invasoras, uno de las principales amenazas de la biodiversidad. Se ven todas las especies de fauna invasoras que recoge el Catálogo Nacional de Especies Invasoras, situación actual, problemática y medidas de control y erradicación. En el apartado de flora, se hace hincapié en conceptos básicos, así como en las causas, control y el catálogo de

- Prácticas externas: en el proyecto Life Olivares Vivos, donde desempeñé diferentes funciones, manejo de sistemas de información geográfica, adquisición de diversos conocimientos en materia de conservación, y aprendizaje en relación a metodologías relacionadas con el análisis y la restauración de agrosistemas.

CURRICULUM VITAE

Grado en Biología (Universidad de Jaén, 2019).

Cursando Máster en Análisis, Conservación y Restauración de los Componentes Físicos y Bióticos de los Hábitats. (2019-actualmente).

Nivel B1 de Inglés.

Prácticas externas en el proyecto Life "Olivares vivos" coordinado por SEO BirdLife. (18/06/20-18/07/20).