

La coccidiosis y los conejos (*Oryctolagus cuniculus*)Coccidiosis and rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)

Sthefany Ordoñez-Olivera<sup>a</sup>, Fátima Guadalupe Segura-Moreno<sup>a</sup>, Adán Sánchez-Aguirre<sup>a</sup> María Guadalupe Campos-López<sup>a</sup>, Itzel Carbajal-Alcázar<sup>a</sup>, Andrea Paloma Zepeda-Velázquez<sup>a\*</sup>

**Abstract:**

Coccidiosis is a disease caused by protozoa of the genus *Eimeria*, which can parasitize rabbits. This parasite lacks both cilia and flagella, and its reproduction occurs in two phases, sexual and asexual, within the gastrointestinal system. Young rabbits can become infected with *Eimeria* by consuming oocysts, which adult rabbits excrete. Feces containing oocysts can contaminate water, food, and the soil where rabbits live. The impact of coccidiosis in rabbit farming is evident in reduced productivity, poor meat quality, decreased fertility, and increased treatment costs. Conditions such as poor hygiene, inadequate handling, and overcrowding can favour a systemic presentation of the disease, and in severe cases, it can cause the death of the rabbit. Punctures and vascular damage often characterize macroscopic and microscopic lesions from the disease. Therefore, it is crucial for a veterinary zootechnician to make the correct diagnosis and administer appropriate treatment.

**Keywords:**

Rabbit, *Eimeria* spp., liver, intestine, coccidiosis.

**Resumen:**

La coccidiosis es una enfermedad causada por un protozoo del género *Eimeria* que puede parasitar al conejo. Este parásito no presenta cilios, ni flagelos y su reproducción posee dos tipos de fases, sexual y asexual en sistema gastrointestinal. Los conejos jóvenes pueden infectarse con *Eimeria* a partir del consumo de ooquistes, que son excretados por conejos adultos. Las heces con ooquistes pueden contaminar el agua, alimento y suelo en donde se encuentran conviviendo los conejos. El impacto de la coccidiosis en la cunicultura se ve reflejado en la reducción de la productividad, baja calidad de la carne, disminución de la fertilidad e incremento en los costos de tratamiento. Condiciones como la falta de limpieza, manejo inadecuado y hacinamiento de los conejos, pueden favorecer a la presentación sistémica y en casos graves puede ocasionar la muerte el conejo. Las lesiones macroscópicas y microscópicas de la enfermedad pueden evidenciarse por puntilleos y lesiones vasculares, por lo que es necesario que un médico veterinario zootecnista realice el correcto diagnóstico y tratamiento de la enfermedad.

**Palabras Clave:**

Conejo, *Eimeria*, hígado, intestino, coccidiosis.

**1. Introducción**

La coccidiosis es una enfermedad parasitaria que afecta al tracto gastrointestinal, que tiene la

capacidad de infectar a diferentes especies de animales, entre los que se incluyen los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), siendo frecuente su presentación en la cría de conejos, cuando se son

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Rancho Universitario, Av. Universidad Km. 1 s/n Exhacienda Aquetzalpa, C.P.43600 Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Sthefany Ordoñez-Olivera, <https://orcid.org/0009-0002-5956-0208>, or435080@uaeh.edu.mx; Fátima Guadalupe Segura Moreno, <https://orcid.org/0009-0008-8925-5136>, se440934@uaeh.edu.mx; Adán Sánchez Aguirre, <https://orcid.org/0009-0004-4892-5106>, sa326180@uaeh.edu.mx; María Guadalupe Campos-López, <https://orcid.org/0009-0003-5142-9501>, ca439772@uaeh.edu.mx; Itzel Carbajal Alcázar, <https://orcid.org/0009-0000-5593-9355>, ca439772@uaeh.edu.mx; Andrea Paloma Zepeda Velázquez, <https://orcid.org/0000-0001-9289-9831>, andrea\_zepeda@uaeh.edu.mx.

\* Autor de Correspondencia: andrea\_zepeda@uaeh.edu.mx

mantenidos en condiciones de confinamiento y alta densidad de población [1]. Esta enfermedad es ocasionada por un protozoo del género *Eimeria*, que tiene un ciclo de vida que se compone de fases sexuales y asexuales [2]. Su importancia radica en los porcentajes de morbilidad y mortalidad que ocasiona la presentación clínica de la enfermedad, así como en el crecimiento y desarrollo de los animales jóvenes, que no son capaces de llegar al peso deseado a causa de la enfermedad, lo que repercute en pérdidas económicas significativas [3].

Cuando el parásito es excretado al medio ambiente a través de las heces, en forma de ooquistes esporulados, pueden favorecer a la contaminación del agua, alimento y del medio en donde están los conejos e infectarlos al consumir al parásito [4]. La coccidiosis puede presentarse de forma asintomática en conejos adultos, sin embargo, en animales jóvenes, el curso clínico de la enfermedad puede ser grave, en donde los animales pueden presentar diarrea, pérdida de apetito, ictericia, deshidratación, lesiones hepáticas, retraso en el crecimiento y, en casos severos, la muerte; sin embargo, la presentación de los signos y su gravedad puede variar con base a la especie de *Eimeria* infectante [5]. Por lo que el objetivo del presente trabajo de revisión es transmitir el conocimiento científico de manera accesible al público en general, mediante la divulgación de la ciencia.

## 2. Historia de la enfermedad.

En 1674, el científico Antonie Van Leeuwenhoek hizo público uno de sus descubrimientos, en el cual indicaba la descripción de organismos celulares a los cuales denominó "pequeños animales" o "*little animals*", por su traducción del inglés; y que fueron observados a partir de muestras de bilis en un conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) [6]. Mientras que, en 1922 el investigador Dobell designó como "ooquistes" a los "pequeños animales" [7]. Desde entonces, el avance en el estudio del género *Eimeria* y de sus diferentes especies, ha avanzado considerablemente, denominándose a la enfermedad como "Coccidiosis".

En este aspecto, el término "coccidiosis" puede ser empleado ampliamente en aquellas enfermedades que son causadas por protozoarios del filo Apicomplexa, como en el caso de: *Eimeria*, *Cystoisospora* (previamente nombrado *Isospora*), *Cryptosporidium* y *Sarcocystis* [8, 9,10]. Debido a que estos pertenecen a un grupo de protozoos conocidos como "coccidios", que proviene del griego "*kokkos*" y que significa "grano" o "baya", en referencia a la forma redondeada o esférica de los ooquistes que caracterizan a estos protozoarios [11].

En el caso del conejo, el estudio de la coccidiosis comenzó a tomar relevancia después del trabajo del científico Leuckart [1], quien en el año de 1879 describió por primera vez la patología en el hígado y el duodeno del conejo doméstico, aunque en un momento creyó que los ooquistes estaban asociados con un posible caso de carcinoma de hígado [2] y designó a éstos protozoarios como "*Eimeria oviforme*" y que actualmente son conocidos como *Eimeria stiedai* (que infecta específicamente el hígado del conejo) y *E. performans* (infecta el tracto gastrointestinal, específicamente el intestino delgado [1]. En el transcurso del Siglo XX, las investigaciones del género *Eimeria* fueron incrementando exponencialmente [1]. Enfocándose principalmente en la identificación de las especies que infectan al conejo doméstico, así como al entendimiento del ciclo de vida y la patogenia de *E. stiedae* y *E. perforans*, realizado por Pellerdy [13] y, Licois y colaboradores [14], mientras que durante el transcurso del siglo XX, los estudios en el género estuvieron enfocados al desarrollo de vacunas vivas atenuadas contra *Eimeria* en la cunicultura y avicultura [15,16], teniendo un avance más significativo en esta última, en donde la implementación de las vacunas ha reducido considerablemente el uso de coccidiostatos en las casetas avícolas [17]. En el área de la genómica y de la biología molecular, las investigaciones realizadas, han permitido profundizar en el mapeo del genoma, así como en la variabilidad genética del género *Eimeria* en relación con sus distintas especies [16].

## 3. ¿Qué es la coccidiosis?

La coccidiosis es una de las enfermedades parasitarias más comunes que se presentan en el tracto gastrointestinal de los animales domésticos. Las diferentes especies de *Eimeria*, tienen la particularidad

de ser específicas con respecto al hospedero que infectan (Tabla 1) [18,19, 20].

**Tabla 1.** Localización anatómica frecuente de las diferentes especies de *Eimeria* spp. en animales infectados naturalmente [20].

Hospedero	Especie de <i>Eimeria</i>	Localización anatómica
Bovino ( <i>Bos taurus</i> )	<i>E. bovis</i> <i>E. zuernii</i>	Intestino delgado y grueso
Ovinos ( <i>Ovis aries</i> ) y caprinos ( <i>Capra aegagrus hircus</i> )	<i>E. ahsata</i> <i>E. candrallis</i> <i>E. faurei</i>	Intestino delgado
Cerdos ( <i>Sus scrofa domesticus</i> )	<i>E. deblickei</i> <i>E. polita</i> <i>E. romaninae</i> <i>E. scabra</i> <i>E. spinosa</i>	Intestino delgado
Equinos ( <i>Equus caballus</i> )	<i>E. leuckarti</i>	Intestino delgado
Perros ( <i>Canis lupus familiaris</i> ) y gatos ( <i>Felis catus</i> )	<i>E. canis</i> <i>E. rayii</i> <i>E. felina</i>	Heces
	<i>E. cati</i> <i>Isospora rivolta</i>	Intestino
Gallos y gallinas ( <i>Gallus gallus domesticus</i> )	<i>E. acervulina</i> <i>E. hagani</i> <i>E. mivati</i> <i>E. mitis</i> <i>E. praecox</i>	Duodeno
	<i>E. maxima</i> <i>E. necatrix</i>	Yeyuno
	<i>E. brunetti</i>	Íleon
	<i>E. tenella</i>	Ciego

Por ejemplo, en rumiantes como los bovinos (*Bos taurus*), *E. bovis* y *E. zuernii* ocasionan la presentación de diarreas hemorrágicas que pueden ser mortales en animales jóvenes; mientras que en borregos (*Ovis orientalis aries*) y cabras (*Capra aegagrus hircus*) *E. ovioidalis* y *E. ninakohlyakimovae* ocasionan la producción de enteritis, diarrea, retraso del crecimiento y muerte en animales jóvenes [21].

Siendo las aves domésticas (*Gallus gallus domesticus*), las más relevantes en cuanto a la presentación de la enfermedad, debido a la función zootécnica y a la demanda de carne y huevo para plato en la población; en el caso de *E. tenella* ha sido reportada como una de las especies más patógena que infecta el ciego y ocasiona la presentación de hemorragias severas que pueden ocasionar la muerte de las aves [3, 9]. Por otro lado, en el caso de los caballos, *E. leuckarti* es considerada como la especie menos patógena [22], similar a *E. deblickei* y *E. scabra* que infectan a los cerdos [9].

En los conejos domésticos, la enfermedad tiene un impacto considerable en términos de bienestar animal y en la producción comercial de conejos, debido a la facilidad con que los animales pueden infectarse (morbilidad) y la muerte de los animales infectados (mortalidad), así como a las pérdidas económicas relacionadas con el crecimiento deficiente, el tratamiento farmacéutico y el manejo de los brotes [5, 22]. Las especies con más prevalencia en el conejo doméstico son: *E. perforans* (afecta principalmente el intestino delgado y es común que se presente como infecciones subclínicas); *E. stiedae*, que afecta principalmente a al hígado y sus conductos biliares, favoreciendo a la presentación de elevadas tasas de morbilidad; *E. magna* y *E. media*, que ocasionan la pérdida de peso a partir de la presentación de diarrea; y *E. intestinalis* y *E. irresidua*, que tienen la capacidad de afectar diferentes regiones del intestino (Tabla 2) [3, 24; 25,26, 27,29].

**Tabla 2.** Especies de *Eimeria* reportados en conejos y su localización anatómica. [Elaborado por los autores].

Hospedero	Especie de <i>Eimeria</i>	Localización anatómica
Conejo ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> )	<i>E. coecicola</i>	Parte posterior del íleon y ciego
	<i>E. exigua</i>	Heces
	<i>E. flavescens</i>	Ciego
	<i>E. intestinalis</i>	Yeyuno e íleon
	<i>E. irresidua</i>	Intestino delgado
	<i>E. magna</i>	Yeyuno e íleon de especies domésticas y silvestres

	<i>E. media</i>	Intestino delgado y grueso
	<i>E. neoleporis</i>	Parte posterior del intestino delgado y grueso
	<i>E. perforans</i>	Intestino delgado y ciego de especies domésticas y silvestres
	<i>E. piriformis</i>	Intestino delgado y grueso
	<i>E. stiedae</i>	Epitelio de los conductos biliares de especies domésticas y silvestres
	<i>E. vej dovskyi</i>	Íleon

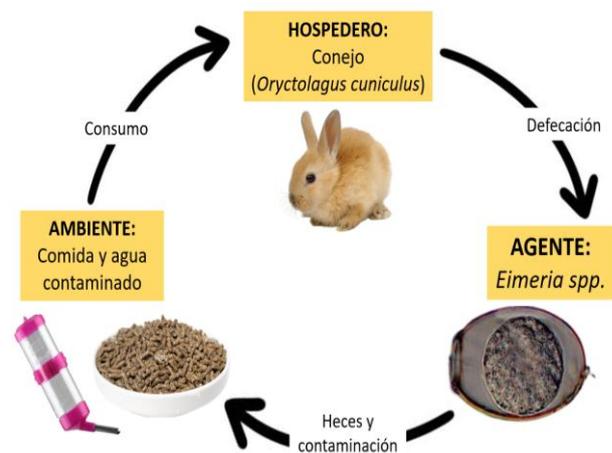
para la realización de un estudio coproparasitológico, para identificar las especies de *Eimeria* presentes y que el médico veterinario zootecnista (MVZ) pueda establecer un esquema de medicina preventiva, con el fin de resguardar la salud y el bienestar del paciente [33].

### 3. El conejo como hospedero

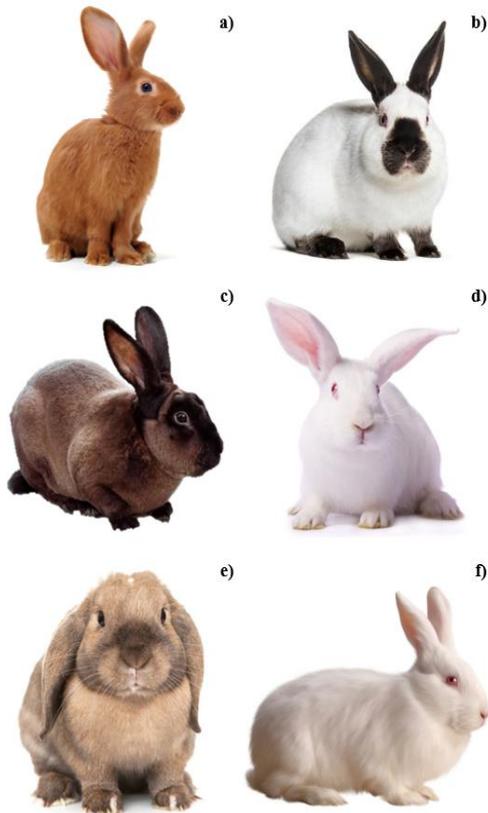
La coccidiosis es considerada como una de las causas más comunes que pueden ocasionar la presentación de enfermedades entéricas en el conejo [11]. Se ha reportado que, conejos de entre 14 a 16 días de vida no presentan la infección con *Eimeria*, sin embargo, a partir de los 19 días de vida los conejos comienzan a presentar una carga parasitaria extremadamente baja, que no ocasiona la presentación de signología o la manifestación de la enfermedad en el conejo [ 3, 4, 5]. Por lo que, se ha establecido que como parámetro común que, los conejos de menos de 20 días de edad están libres de los ooquistes de *Eimeria*, sin embargo, no se sabe a ciencia cierta cuál es el mecanismo responsable de que los conejos jóvenes no sean infectados [7] (Figura 1).

La prevalencia de la coccidiosis en las granjas cunícolas es variable, debido a diferentes factores que pueden influir en la presentación de la enfermedad, entre los que se han considerado: 1) el hacinamiento en los conejos que se encuentran en jaulas o en áreas muy pequeñas, favorece la transmisión entre los individuos; 2) el mantenimiento de condiciones sanitarias y la falta de bioseguridad incrementa el riesgo de contagio a partir de la acumulación de heces; 3) los sistemas de alimentación compartidos y resistencia de los coccidiostatos comunes en el alimento comercial, como en el caso de comederos y bebederos, incrementan el riesgo de trasmisión; 4) el estrés multifactorial (temperatura, aireación, mal manejo, nerviosismo, maltrato, entre otros), afectan al sistema inmune de los conejos, dejándolos propensos a diferentes agentes infecciosos, entre ellos *Eimeria* y 5) co-infecciones, ya que la presentación de coccidia puede complicarse cuando existe la presencia de otros agentes patógenos [5, 31, 32].

En el caso de los conejos que son considerados como animales de compañía, puede pasar desapercibida la presencia de *Eimeria*, debido a que la cantidad de animales no es la misma, en comparación con las granjas de conejos, sin embargo, se considera importante llevar a estos conejos a la clínica veterinaria



**Figura 1.** Elementos que favorecen a la presentación de coccidiosis en el conejo. El ambiente adecuado para la infección del conejo con *Eimeria* incluye: Un conejo portador de la enfermedad, que defeca al parásito infectante que contamine el ambiente (incluyendo bebederos y comederos); y que el parásito, al ser consumido por el conejo sano o infectado, se establezca la enfermedad o continúe en el conejo enfermo. [Elaborado por los autores].



**Figura 2.** Principales razas de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) más propensas a la enfermedad de Coccidiosis. a) Leonado De Borgoña (Fauve De Bourgogne); b) California; c) Rex Siamés; d) Neozelandés (New Zealand); e) Beliery f) Conejo Bouscat Blanco Gigante. [Elaborado por los autores].

La presentación natural de la coccidiosis ha sido reportada en diferentes razas de conejos a nivel mundial, sin embargo, se ha reportado que algunas razas tienden a ser más propensas a la presentación de la enfermedad [35] (figura 2). Incluso para la realización de infecciones experimentales y la evaluación de la eficiencia de diferentes fármacos contra *Eimeria*, la raza la raza neozelandés (figura 2d) es empleada con regularidad [36].

#### 4. Mecanismos de patogenicidad y factores de virulencia

La capacidad invasiva del género *Eimeria* y de sus diferentes especies, se encuentra relacionada con su capacidad infectiva a las células del hospedero [37]. Las estrategias que se han reportado en la infección de las diferentes especies de *Eimeria* incluyen: 1) la capacidad de invasión y destrucción celular, en la que

las células del intestino, (enterocitos) y las células epiteliales de los conductos biliares (la célula dependerá de la especie de *Eimeria* que ha infectado), pueden ser destruidas debido a la multiplicación intracelular del parásito y su consecutiva salida de la célula [3]; 2) atrofia de las vellosidades intestinales y reducción de la superficie de absorción, por lo que el intestino del conejo infectado, no es capaz de realizar de forma eficiente la absorción de nutrientes, ocasionando la pérdida de peso, malnutrición y diarrea [2, 14, 38] debido a la reducción de la superficie; y a su vez 3) la presentación de inflamación; y destrucción celular, observada en infecciones experimentales con líneas celulares [16].

En infecciones parasitarias *in vivo*, factores externos relacionados con el ambiente intestinal, como el pH, enzimas, mucosa-moco, metabolitos intestinales, entre otros, pueden ser factores importantes que favorezcan el establecimiento de la infección, el desarrollo de las lesiones en el intestino y/o su presentación hepática [23, 39].

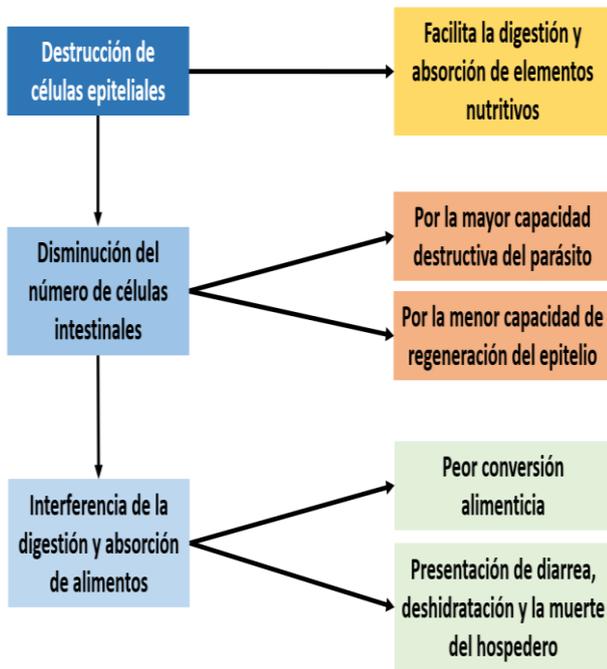
La invasión en el conejo se da a partir el ooquiste esporulado, que contiene en su interior al parásito infectante conocido como esporozoito, que emplea un sistema único, compuesto de orgánulos apicales, que es conocido como complejo apical (Figura 3); que se compone de diferentes estructuras proteínicas llamadas: conoide (cono citoesquelético que ayuda a la perforación y entrada a las célula); roptrias (orgánulo en forma de saco que secreta enzimas); micronemas (vesículas con proteínas adhesivas); gránulos densos (actúan después de la invasión a la célula y facilitan la replicación intracelular); anillo polar (estructura que rodea al conoide y es parte del citoesqueléto); y subpelícula (microtúbulos que brindan estabilidad y soporte al parásito [40, 41, 42].

*Eimeria* usa el complejo apical para unirse estrechamente con la célula del hospedero, con la finalidad de formar una vacuola con ayuda de roptrias, que liberan enzimas conocidas como cinasas, pseudo cinasas y ropti cinasa [43]. La vacuola protege al parásito e interfiere con las señales que manda la célula, para indicar que se encuentra infectada y evitar una respuesta inmune [3].

La capacidad de infección, penetración y permanencia en la célula del hospedero, favorecen a que *Eimeria* tenga una alta capacidad reproductiva y a su vez una carga parasitaria elevada, que favorece a la transmisión



relacionados con el medio ambiente, la temperatura, la humedad, la tensión de oxígeno, entre otros; factores externos en donde la intervención del hombre radica en la aplicación de sistemas de explotación, hacinamiento, falta de bioseguridad, entre otros; y factores internos o propios del hospedero, en donde el estrés, edad, inmunodepresión y la predisposición genética, pueden ser factores importantes que favorezcan la presentación de la enfermedad [18] (Figura 4).



**Figura 4.** Patogenia de la coccidiosis y sus consecuencias en el hospedero infectado. [Elaborado por los autores].

## 6. Los signos clínicos en el conejo

Al igual que en otras enfermedades que afectan al sistema gastrointestinal, la presentación de diarrea no es considerada como un signo clínico específico que ayude a diagnosticar la coccidiosis [3, 4, 20, 26], debido a que el origen de la diarrea puede ser multifactorial o desconocerse la causa específica que genera su presentación [1], sin embargo, algunos signos que pudieran estar relacionados con la coccidiosis intestinal y hepática, son: pérdida gradual del apetito, inapetencia, pérdida de peso, aumento en el consumo de agua e incremento en la frecuencia de micción, deshidratación, abdomen distendido con líquido, coloración amarillenta de las mucosas, poca ganancia de peso, crecimiento retardado, pérdida de la masa muscular, depresión y pelaje en mal estado [20, 38, 39, 46, 47].

Las infecciones subclínicas están presentes en las infecciones de todas las especies de *Eimeria*, sin embargo, la presentación de los signos y el desarrollo de la enfermedad se ve directamente relacionada con la carga parasitaria, ya que una carga baja puede ser normal, mientras que una carga alta, dependiendo de la especie infectante, puede ocasionar la presentación clínica de la enfermedad e incluso causar la muerte del animal [6, 14].

## 7. Lesiones que pueden observarse en los conejos muertos.

Cuando se realiza la revisión de los órganos y tejidos internos de un conejo que ha muerto a causa de la coccidiosis ocasionada por *E. stidae*, puede observarse en el hígado: agrandamiento del hígado (hepatomegalia), puntilleos delgados a gruesos, con aspecto de nódulos blanquecinos- amarillosos o micro abscesos que en su interior contiene una sustancia de consistencia cremosa (figura 5); éstos micro abscesos pueden estar distribuidos sobre la superficie del órgano o de manera interna, distribuyéndose de forma lineal o serpenteantes [3,48].



**Figura 5.** Representación de un lóbulo hepático de conejo, en donde se observan abscesos localizados sobre la superficie y en el parénquima hepático [49]. También se ha mencionado que el hígado puede tener una consistencia más dura de lo normal, debido a la muerte de los hepatocitos y a la acumulación de fibrina [38, 39] y la presentación de una coloración más rojiza del hígado y con hemorragias sobre su superficie [38]. Sin embargo, estas lesiones no son exclusivas de la presentación de la coccidiosis hepática, ya que la enfermedad parasitaria conocida como capilariasis hepática y ocasionada por *Calodium hepaticum* puede ocasionar lesiones similares en los conejos afectados [50].

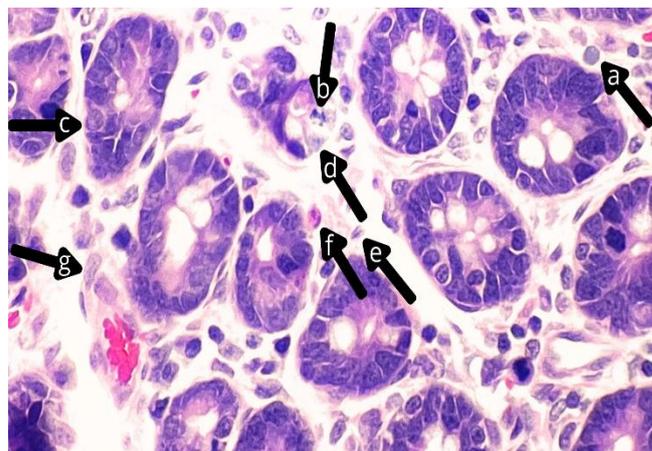
En el caso de las lesiones en el tracto gastrointestinal, que se localizan en el intestino delgado y grueso, pueden desarrollarse con base a la especie de *Eimeria* infectante, la carga parasitaria, la edad del conejo, su estado inmunológico y el estrés [3, 38, 39]. Las lesiones que se pueden observar son: intestino hinchado o tumefacto (edema intestinal), cambios vasculares, con incremento de la irrigación sanguínea (congestión y hemorragia) sobre la superficie serosa y en el epitelio intestinal, en la luz del intestino se acumula un material blanquecino, amarillento que contiene los ooquistes (exudado necrótico), en ocasiones el contenido puede tener una coloración rojo oscuro debido a la presentación de hemorragias [3, 4, 20, 38, 39]. La pérdida severa del epitelio intestinal puede ocasionar que el intestino pierda grosor y se torne transparente, por lo que dependiendo de la especie de *Eimeria* identificada en los conejos, algunas lesiones podrían ser de mayor gravedad que otras [3, 20, 38, 48, 51].

### 8. ¿Qué pasa con las células infectadas?

En el hígado infectado, las lesiones se presentan en los hepatocitos y en las células que conforman los conductos biliares [47, 52]. En los conductos se ha reportado un incremento de estas células, debido a que *Eimeria* las utiliza para la llevar a cabo su ciclo de vida (merogónia y gametogónia) [26, 31]. Mientras que en los hepatocitos ocasiona la muerte y degeneración hepatocelular, favoreciendo a la pérdida de hepatocitos de manera continua y su reemplazo con acúmulos de fibrina para favorecer la reparación del tejido; así como la presencia de hemorragias y la infiltración de eosinófilos [46].

Cuando la coccidiosis se desarrolla a nivel intestinal, puede presentarse un incremento de las células de defensa del organismo, siendo en este caso también los eosinófilos [3, 51, 53]. Debido al daño que ocasiona *Eimeria* en el epitelio intestinal, en el que se encuentran células productoras de moco, tienden a incrementar su número (hiperplasia) y por consiguiente el aumento en la producción de moco, también conocido como enteritis mucoide; así como la presentación de hemorragias (enteritis hemorrágica), sobre todo en animales jóvenes [3, 5, 23, 28]. Otras lesiones descritas en el epitelio intestinal incluyen: necrosis epitelial, cambios vasculares, destrucción de la zona apical y de la basal de las vellosidades intestinales [51].

(Figura 7).



**Figura 7.** Conejo. Histopatología del epitelio intestinal con *Eimeria*: a) Ooquiste no esporulado; b) merozoitos; c) gametogonia; d) microgametos; merozoitos; f) eosinófilo y g) macrófago. [Elaborado por los autores].

Sin embargo, se debe de recordar que los cambios observados en los tejidos y células afectadas por la coccidiosis pueden ser variables por las especies de *Eimeria* presentes, factores externos como el ambiente y manejo de la granja de conejos y los factores propios del hospedero, por lo que la presentación de estos hallazgos es variable [3, 4, 23, 39].

### 9. Las consecuencias en la cunicultura durante los brotes la coccidiosis

Las consecuencias que se presentan en las granjas de conejos, en donde la presentación de la enfermedad se hace evidente, son principalmente de tipo económico [1, 12, 25], que impacta principalmente en: a) pérdida de la producción, debido a la pérdida de apetito que pueden sufrir los conejos y que repercute en el crecimiento de los conejos debido a la incapacidad del intestino para absorber los nutrientes; así como el estrés e inmunodepresión; b) incremento de morbilidad y mortalidad, ya que como se ha mencionado previamente, la severidad de la infección por la carga parasitaria, la especie de *Eimeria* y la presentación de la enfermedad (subclínica, clínica o crónica), lo que pueden agravar la presentación de los brotes de coccidiosis; c) Costos del tratamiento y prevención, que se enfocan principalmente en el control del parásito, con base a la administración de coccidiostatos que pueden ser administrados en alimento o agua de bebida, algunos coccidiostatos que ya se encuentran adicionados en alimentos comerciales, pueden generar resistencia, por lo que se debe de rotar a uno nuevo; d) pérdidas en relación a la calidad de los productos cárnicos producidos, debido a la baja ganancia de peso

y decremento de los kilos de carne producidos, mientras en la presentación de la coccidiosis hepática, el hígado es descartado para su venta y por lo tanto para su consumo; e) costos enfocados en la infraestructura y bioseguridad, ya que para; prevenir y en medida de lo posible evitar la presentación de un nuevo brote, es necesario mejorar la infraestructura (jaulas, piso, ventilación, bebederos, comederos u otro elemento que necesite ser reemplazado) y la desinfección (aplicación de desinfectantes químicos en la infraestructura, implementación de vados sanitarios a la entrada de la granja y en cada área, desinfección del persona, entre otros); e f) impacto en la reproducción [3, 38, 39; 46; 48].

### 10. ¿Cómo se diagnóstica y trata la coccidiosis en los conejos?

Uno de los pasos importantes para poder realizar el diagnóstico de la coccidiosis consiste en contactarse con su MVZ de cabecera, con el fin de que ingrese a la granja cunícola, o en caso contrario, sea el tutor quien lleve al animal de compañía a la clínica veterinaria. Ya que, en la mayoría de los casos, la atención médica inmediata, puede ser primordial para reducir y en el mejor de los casos evitar la mortalidad [ 38]. El conocimiento, la preparación y la correcta realización de las pruebas de laboratorio, son puntos fundamentales para llevar a cabo el correcto diagnóstico de la enfermedad, dentro de las pruebas de laboratorio más comunes que permiten la identificación de los ooquistes en muestras de excretas, es el análisis fecal o también llamado estudio coproparasitoscópico [54]. De la cual se ayuda el MVZ para poder identificar la forma y tamaño de los ooquistes observados, así como la forma (redondeada u ovalada), el grosor de la pared del ooquiste y el color en caso de usar colorantes para contraste [55]. Sin embargo, se debe de recordar que la presencia de los ooquistes es normal en los conejos juveniles y adultos, por lo que la concentración de ooquistes en la muestra de heces es muy importante para poder detectar que realmente el padecimiento del que se sospeche tiene que ver con *Eimeria* (Tabla 4).

**Tabla 4.** Conteos totales de ooquistes de *Eimeria*, que son de importancia ante cuadros clínicos hepáticos y gastrointestinales [20, 39, 55].

Hospedero	Especie de <i>Eimeria</i>	No. de ooquistes infectantes
Conejo ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> )	<i>E. coecicola</i>	500
	<i>E. exigua</i>	1,000
	<i>E. flavescens</i>	100
	<i>E. intestinalis</i>	10,000
	<i>E. irresidua</i>	100
	<i>E. magna</i>	80
	<i>E. media</i>	200
	<i>E. neoleporis</i>	100
	<i>E. perforans</i>	200
	<i>E. piriformis</i>	10,000
	<i>E. stiedae</i>	10,000
<i>E. vej dovskyi</i>	50,000 a 100,000	

Pruebas que son empleadas para la detección de anticuerpos son: el Ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (por sus siglas en inglés ELISA, *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) que ayuda a la detección de anticuerpos específicos contra una especie de *Eimeria* específica; la Inmunofluorescencia Indirecta, que ayuda a identificar al parásito mediante su unión con anticuerpos que tienen una coloración fluorescente; y el estudio histopatológico que ayuda a la detección y determinación de la gravedad del daño que han sufrido los tejidos por la presencia del parásito [3, 20, 36, 38, 52, 53, 54].

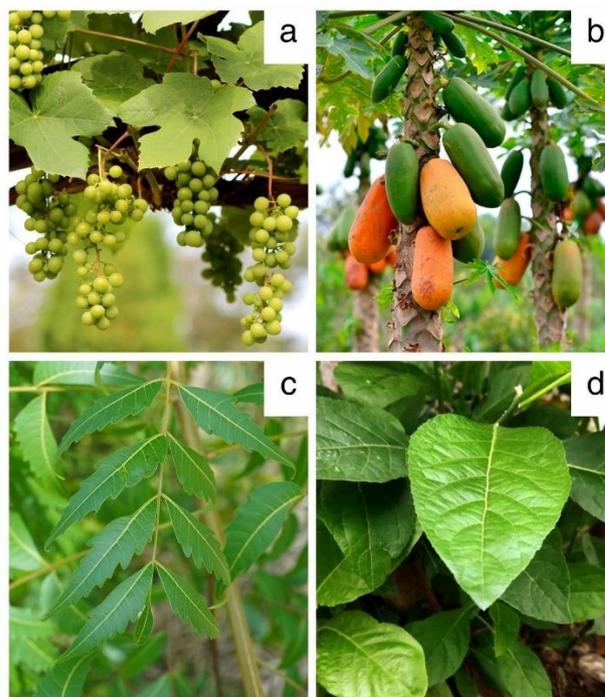
Otras pruebas diagnósticas más exactas, precisas y complejas en comparación con la coproparasitoscópica, incluyen: a) la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que se emplea para la detectar la presencia *Eimeria*; b) la reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa (por sus siglas en inglés qPCR, *quantitative Polymerase Chain Reaction*), que es usada para cuantificar la cantidad de ácido

desoxirribonucleico en la muestra; y c) la secuenciación genética, que ayuda a identificar y caracterizar diferentes especies de *Eimeria* [54, 56].

### 11. Tratamiento en casos de coccidiosis

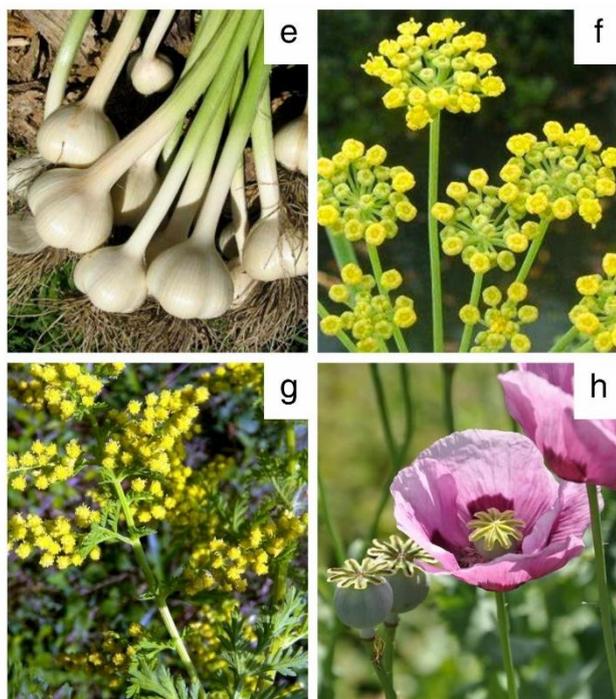
En el mercado existen diferentes tipos de fármacos para tratar la coccidiosis en conejos. Sin embargo, el uso y el modo de empleo de estos productos, debe de ser evaluado, valorado, dosificado y aplicado por parte del MVZ, ya que en algunos casos las empresas farmacéuticas pueden dar ciertas indicaciones importantes antes de la aplicación del fármaco, mismas que el MVZ debe atender, con la finalidad de salvaguardar la salud de los animales tratados.

Los productos comerciales que se usan contra *Eimeria* están divididos en coccidiostáticos (que se encargan de prevenir la proliferación de las *Eimerias*) y coccidicidas (que se encargan de eliminar a los protozoarios) [3]. En el mercado existen diferentes marcas comerciales que pueden usarse para el tratamiento de la coccidiosis como: Biomont (Sulfaquinoxalina), Miracrusoles (Sulfametazina sodica), Vetsitez (Ampro soluble), Kepro (Diclazuril), Toltrazol (Toltrazuril), Scope (Robenidina) entre otros [55, 57, 58]. Así mismo, existen tratamientos alternativos, que usan extractos a base plantas que tienen propiedades anticoccidiales y que han ganado terreno por ser menos tóxicas, sostenibles y presentar una muy baja resistencia ante el parásito [59, 60]. Algunas de ellas son: a) extractos de vid o parra (*Vitis vinífera*) que es capaz de reducir la esporulación en estudios *in vitro* e *in vivo*, gracias a los compuestos fenólicos y antioxidantes en las hojas de vid, que interfieren con la morfología y el ciclo de vida del parásito [59]; b) extractos de plantas tradicionales de Togo (plantas tradicionales africanas, como la papaya (*Carica papaya*), hojas de neem (*Azadirachta indica*) y la veronia amargada (*Vernonia amigdalina*) (figura 8). En donde su forma de acción es a través de los flavonoides, saponinas y alcaloides, que actúan dañando la estructura del parásito e inhiben su capacidad de infectar [60].



**Figura 8.** Plantas utilizadas para el tratamiento de *Eimeria*, que ocasionan alteraciones estructurales e inhibición de la capacidad infectiva. a) Vid o parra (*Vitis vinífera*); b) Papaya (*Carica papaya*); c) Neem (*Azadirachta indica*); y d) Veronia amargada (*Vernonia amigdalina*) [Elaborado por los autores].

Otros elementos vegetales que han sido evaluados son: e) el extracto de ajo (*Allium sativum*) que usa la alicina como compuesto bioactivo para afectar la pared del parásito e incrementar la permeabilidad y limitando su capacidad de infección [61, 62]; f) hinojo (*Anethum foeniculum*), que con ayuda de sus flavonoides, taninos y anetol, que tienen propiedades antioxidantes, ayudan a inhibir la esporulación de los ooquistes de *Eimeria* [63]; g) ajeno dulce (*Artemisa annua*) que contiene un compuesto químico conocido como artemisinina, que ayuda a generar reacciones reactivas al oxígeno que dañan las estructuras celulares del parásito [64]; y h) la amapola (*Papaver somniferum*) que contiene alcaloides que ayudan a controlar las infecciones parasitarias, independientemente de su conocida capacidad analgésica (figura 9) [65, 66].



**Figura 9.** Plantas utilizadas para el tratamiento de Eimeria, que alteran la permeabilidad y células del parásito y limitar su infección. e) Ajo (*Allium sativum*); f) Hinojo (*Anethum foeniculum*); g) Ajenjo dulce (*Artemisa annua*); y h) Amapola (*Papaver somniferum*) [Elaborado por los autores].

Algunos métodos sanitarios que pueden implementarse para tratar de controlar la coccidiosis, en la realización de limpieza frecuente y desinfección de las áreas; controlar la humedad y la ventilación dentro de la granja cunícola; y realizar prácticas de cuarentena, que consisten en separar aquellos animales que se encuentren enfermos de los que estén sanos; así como el mantenimiento y observación de conejos nuevos, para tratar a los animales enfermos, antes de ser anexados a la granja [3, 67, 68].

## 12. Conclusión

La coccidiosis en los conejos, puede ocasionar bajas en la producción, así como la pérdida de peso extremo e incluso la muerte. Sin embargo, la variación de la severidad de la enfermedad puede ser de origen multifactorial, por lo que cada caso clínico deberá de ser atendido y diagnosticado, con la finalidad de administrar el tratamiento de elección para cada caso, según lo considere el MVZ. La presentación de diarrea, cambios de comportamiento, baja en el consumo de alimento, mortalidad y baja en la ganancia de peso

pueden ser una llamada de atención para que el propietario consulte a su MVZ de cabecera.

## Agradecimientos

A el Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

## Conflicto de intereses

Los autores manifiestan no tener conflictos de interés.

## Referencias

- [1] Solans L, Arnal JL, Sanz C, Benito A, Chacón G, Alzuguren O, Fernández AB. Rabbit Enteropathies on Commercial Farms in the Iberian Peninsula: Etiological Agents Identified in 2018–2019. *Animals* 2019; 9(12):1142.
- [2] Coudert P, Licois D, Drouet-Viard F, Boivin M. Eimeria species and strains of rabbits. En Eckert P, Braun R, Shirley M (Eds.). *Biology of the Coccidia*. USA: Elsevier; 1995: 69-88.
- [3] Pakandl M. Coccidia of rabbits: a review. *Folia Parasitol* 2009; 56(3): 153-166.
- [4] Bhat TK, Jithendran KP, Kurade NP. Rabbit coccidiosis and its control: A review. *World Rabbit Sci* 1996;4(1): 37-41.
- [5] Papeschi C, Paci G, Marotta G, Poli G. Study on the prevalence of coccidiosis in a rabbit farm. *J Anim Vet Adv* 2013; 12(15): 1310-1314.
- [6] Dobell, C. Antony van Leeuwenhoek and his "little animals". New York: Harcourt, Brace and Company; 1932: 217-255.
- [7] Levine, N. D. *Veterinary Protozoology*. Iowa State: University Press, 1985.
- [8] Taylor MA, Coo RL, Wall RL. *Veterinary Parasitology* (3rd ed.). New York: Blackwell Publishing, 2007.
- [9] Lindsay DS, Blagburn BL, Sundermann CA. Biology of *Isospora* spp. from humans, nonhuman primates, and domestic animals. *Clin Microbiol Rev* 1997; 10(1): 19-34.
- [10] Fayer R, Morgan U, Upton SJ. Epidemiology of *Cryptosporidium*: Transmission, detection, and identification. *Inter J Parasitol* 2000; 30(12-13):1305-1322.
- [11] Joyner LP. Coccidiosis: Present status and future perspectives. *I J Parasitol* 1995; 25(9): 1195-1210.
- [12] Beltrán JP. Estudio de las especies del género *Eimeria* parásitas de lagomorfos [internet]. 2020. Available from: <https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/12192/1/TFMJPO~1.PDF>
- [13] Pellerdy LP. *Coccidia and Coccidiosis*. Budapest: Akademiai Kiado; 1974.
- [14] Licois D, Coudert P, Boivin M. et al. Selection and characterization of a precocious line of *Eimeria intestinalis*, an intestinal rabbit coccidium. *Parasitol Res* 1990; 76: 192-198.

- [15] McDonald V, Shirley MW. Past and future: vaccination against *Eimeria*. *Parasitol* 2009; 136: 1477-1489.
- [16] Blake DP, Marugan-Hernandez V, Tomley FM, Smith AL. The biology of avian *Eimeria* with an emphasis on their control by vaccination. *Adv Parasitol* 2020; 109: 345-387.
- [17] Johnson J, Reid WM. Anticoccidial drugs: lesions scoring techniques in battery and floor-pen experiments with chickens. *Exp Parasitol* 1970; 28: 30-36.
- [18] Reduker DW, Hertel L, Duszynski DW. *Eimeria* species (Apicomplexa: Eimeriidae) infecting *Peromyscus* rodents in the southwestern United States and northern Mexico with description of a new species. *J Parasitol* 1985; 71(5): 604-13.
- [19] Hillman AE, Yang R, Lymbery AJ, Thompson RCA. *Eimeria* spp. infecting quenda (*Isodon obesulus*) in the greater Perth region, Western Australia. *Exp Parasitol* 2016; 170: 148-155.
- [20] Quiroz HR. Enfermedades causadas por Coccidios. En *Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos*. México: Limusa; 2005: 120-176.
- [21] Koudela B, Boková A. Coccidiosis in goats in the Czech Republic. *Vet Parasitol* 1998; 76(3): 261-267.
- [22] Platzer B, Prosl H, Baumgartner W. Clinical coccidiosis in horses. *Wien Tierärztl Monat* 2005; 92: 55-59.
- [23] Licois D. Rabbit coccidiosis: a review. *World Rabbit Sci* 2015; 23(3): 189-200.
- [24] Pakandl M. Coccidiosis in rabbits: A review with a focus on dietary modulation of its occurrence. *Vet Parasitol* 2016; 217: 1-11.
- [25] Balicka-Ramisz A, Wróbel M, Adadyńska K. Epidemiology and economic benefit of treating rabbit coccidiosis. *Ann Parasitol* 2014; 60(3): 247-251.
- [26] Okewole PA. Epidemics of coccidiosis in domestic rabbits. *Rev Élev Méd Vét Pays Trop* 1990; 43(3): 343-344.
- [27] Bowman DD. *Georgis' parasitology for veterinarians*. New York: Saunders Elsevier. 2009.
- [28] Pakandl M, Hlášková L. The reproduction of *Eimeria flavescens* and *Eimeria intestinalis* in suckling rabbits. *Parasitol Res* 2007; 101(5): 1435-7.
- [29] Varga I. Large-scale management systems and parasite populations: Coccidia in rabbits. *Vet Parasitol* 1982; 11(1): 69-84.
- [30] Hassan K M, Arafa WM, Mousa WM, Shokier KAM, Shany SA, Aboelhadid SM. Molecular diagnosis of *Eimeria stiedae* in hepatic tissue of experimentally infected rabbits. *Experim Parasitol* 2016; 169, 1-5.
- [31] Pakandl M, Coudert P. Life cycle of *Eimeria vej dovskyi* Pakandl, 1988: electron microscopy study. *Parasitol Res* 1999; 85(10): 850-854.
- [32] Sánchez-Rodríguez H, Avendaño, Vázquez G, Romero L. Coccidiosis in cattle. *Rev Mex Cienc Pec* 2017; 8(1): 33-43.
- [33] Lim JJ, Kim DH, Lee JJ, Kim DG, Kim SH, Min W, Chang HH, Rhee MH, Kim S. Prevalence of *Lawsonia intracellularis*, *Salmonella* spp. and *Eimeria* spp. in healthy and diarrheic pet rabbits. *J Vet Med Sci* 2012; 74(2): 263-265.
- [34] Mäkitaipale J, Karvinen I, Virtala AMK, Näreaho A. Prevalence of intestinal parasites and risk factor analysis for *Eimeria* infections in Finnish pet rabbits. *Vet Parasitol Reg Stud Reports* 2017; 9: 34-40
- [35] Gurri AL. La coccidiosis. *Patología*. Universidad Autónoma de Barcelona [Internet]. 2020. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/33160843.pdf>
- [36] Ladrón-de-Guevara OS, Perez-Rivero JJ, Perez-Martinez M, Flores-Perez FI, Romero-Callejas E. *Eimeria* spp. in broiler rabbit: seasonal prevalence in the backyard farms of the State of Mexico. *Vet Ital* 2019; 30; 55(2): 183-187.
- [37] Doran D, Augustine P. Comparative development of *Eimeria tenella* from sporozoites to oocysts. in primary kidney cell cultures from gallinaceous birds. *J Protozool* 1973; 20: 658-661.
- [38] Abd El-Ghany WA. Coccidiosis: A Parasitic Disease of Significant Importance in Rabbits. *World Vet J* 2021; 10(4): 499-507.
- [39] Coudert P, Licois D, Drouet-Viard F. Epizootiology and control of rabbit coccidiosis: A review. *World Rabbit Sci* 1995; 3(2): 37-41.
- [40] Morrissette NS, Sibley L. D. Cytoskeleton of Apicomplexan Parasites. *Microbiology Mol Biol Rev* 2002; 66(1): 21-38.
- [41] Siddique Z. Apicomplexa and Host Cell Invasion. In: Kumar D, Tatu U. (Eds.), *Protozoan Parasitism: Biology and Strategies of Intracellular Survival*. New York: Springer. 2019.
- [42] Tomley FM, Soldati DS. Mix and match modules: Structure and function of microneme proteins in apicomplexan parasites. *Trends Parasitol* 2001; 17(2): 81-88.
- [43] Talevich E, Kannan N. Structural and evolutionary adaptation of rhoptry kinases and pseudokinases, a family of coccidian virulence factors. *BMC Evol Biol* 2013; 13: 117.
- [44] RAE, 2024. Real Academia Española. (n.d.). Patogenia. En *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed.). Recuperado el 9 de octubre de 2024, de <https://dle.rae.es/patogenia>
- [45] Lebas F, Ingeniero agrónomo, Coudert P, Veterinario, Rochambeau H, et al. *El conejo. Cría y patología (nueva versión revisada)*. Roma: FAO; 1996
- [46] Augustine PC. Cell: sporozoite interactions and invasion by apicomplexan parasites of the genus *Eimeria*. *Int J Parasitol*. 2001; 31(1):1-8.
- [47] Pérez-Martínez M, Betancourt A, Miguel A. Coccidiosis hepática en el conejo: aspectos ambientales y clínico-patológicos. *Ciencia Ergo Sum* 2010; 17(3): 269-276.
- [48] Taylor MA, Coop RL, Wall RL. *Veterinary Parasitology* (4th ed.). USA: Wiley-Blackwell. 2016.
- [49] Zepeda-Velázquez AP (2024). Hígado de conejo, en su superficie se observan en diferentes lugares nódulos de color blanquecino a amarillento; en la superficie también se observan hemorragias en forma de puntillados y otras en forma de brochazos; el hígado se observa de un color más oscuro [Imagen generada por IA]. Freepik. <https://www.freepik.com/pikaso/ai-image-generator?log-in=google&prompt=h%C3%ADgado+de+conejo%2C+en+su+superficie+se+observa++en+diferentes+lugares+nodos+de+color+blanquesinos+a+amarillentos.+en+la+superficie+tambien+se+observan+hemorragias+en+forma+de+puntilleos+y+otras+en+forma+de+brochazos.+el+h%C3%ADgado+se+observa+de+un+color+m%C3%A1s+oscuro&style=photo>

- [50] Fuehrer HP, Igel P, Auer H. Capillaria hepatica in man—an overview of hepatic capillariosis and spurious infections. *Parasitol Res*. 2011;109(4):969-979.
- [51] Bochyńska D, Lloyd S, Restif O, Hughes K. Eimeria stiedae causes most of the white-spotted liver lesions in wild European rabbits in Cambridgeshire, United Kingdom. *J Vet Diagn Invest* 2022; 34(2): 199-205.
- [52] Yuan X, Liu J, Hu X, Yang S, Zhong S, Yang T, Zhou Y, Zhao G, Jiang Y, Li Y. Alterations in the jejunal microbiota and fecal metabolite profiles of rabbits infected with Eimeria intestinalis. *Parasit Vectors* 2022; 15(1): 231.
- [53] Barta JR. Molecular approaches to studying coccidia of domestic animals. *Parasitology Research* 2021; 120(1), 69-84.
- [54] Belli SI, Smith NC, Ferguson DJP. The coccidian oocyst: A tough nut to crack! *Inter J Parasitol* 2014; 36(12): 1279-1290.
- [55] Kumar S, Garg R, Banerjee PS. Advances in molecular diagnostic tools for coccidiosis in poultry. *JParasit Dis* 2018; 42(3): 338-346.
- [56] Arafa MA, Wanas MQ. The efficacy of ivermectin in treating rabbits experimentally infected with Eimeria as indicated parasitologically and histologically. *J Egypt Soc Parasitol*, 1996; 26(3): 773-780.
- [57] Clinician's Brief. Eimeria in rabbits: Diagnostic & treatment tips. Recuperado de Clinician's Brief. 2008.
- [58] Pan BL, Zhang YF, Suo X. Effect of subcutaneously administered diclazuril on the output of Eimeria species oocysts by experimentally infected rabbits. *Vet Rec* 2008; 162(5): 153-155.
- [59] Murshed M, Al-Quraishy S, Alghamdi J, Aljawdah HMA, Mares MM. The Anticoccidial Effect of Alcoholic Vitis vinifera Leaf Extracts on Eimeria papillate Oocysts Isolated in Mice In Vitro and In Vivo. *Vet Sci* 2023; 10(2):97.
- [60] Tchodo FG, Dakpogan HB, Sanvee S, Adjei-Mensah B, Kpomasse CC, Karou S, Pitala W, Tona K, Bakoma B. The Anticoccidial In Vitro Effects and Antioxidant Properties of Several Plants Traditionally Used for Coccidiosis in Togo. *Veterinary Sciences*. 2024; 11(8):345.
- [61] Adak T, Ghosh R, Das A. Role of medicinal plants in control of Eimeria infection. *Inter J Parasitol* 2014; 44(2), 91-96.
- [62] Rahman MS, Khan I, Uddin MJ. Garlic as an alternative treatment against Eimeria infections in rabbits. *Vet Parasitol* 2021; 286: 109261.
- [63] Tanha T, Delaram A, Delaram M. The anti-coccidial effects of fennel extracts in rabbits. *BMC Vet Res* 2020; 16: 405.
- [64] Ghazanfari S, Ebrahimi A, Sadeghi M. Evaluation of the anticoccidial effects of Artemisia annua extract. *Parasit Immunol* 2015; 37(6): 319-324.
- [65] Sidiropoulou E, Skoufos I, Marugan-Hernandez V, Giannenas I, Bonos E, Aguiar-Martins K, Lazari D, Blake DP, Tzora A. In vitro Anticoccidial Study of Oregano and Garlic Essential Oils and Effects on Growth Performance, Fecal Oocyst Output, and Intestinal Microbiota in vivo. *Front Vet Sci* 2020; 7:420.
- [66] Yadav P, Singh R, Singh SK. Medicinal properties of Papaver somniferum in veterinary practice. *Anim Pharma Res* 2014; 45(3): 142-148.
- [67] Grès V, Voza T, Chabaud A. Coccidiosis of the wild rabbit (Oryctolagus cuniculus) in France. *Parasite* 2003; 10(1): 51-57.
- [68] Benhamou S, Cherifi M, Khouja ML. Antimicrobial and antioxidant properties of Salix species. *J Ethnopharmacol* 2019; 238: 111861.