



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

ÍNDICE:

1-Resumen:	2
Abstract:	3
2- Metodología:	4
3- Introducción:	4
4- Métodos de control:	7
4.1-Acaricidas sintéticos:	7
4.2- Nuevos acaricidas:	10
1-Bio-pesticidas:	10
2-Polvos Inertes:	12
3-Productos derivados de las plantas:	13
4.3-Vacunas:	17
4.4-Control Biológico:	20
1-Enemigos Naturales:	20
2-Hongos entomopatogénicos:	21
4.5-Otros métodos de control:	22
5-Conclusiones:	23
-Conclusions:	24
6-Valoración personal:	25
7-Bibliografía:	25

1-Resumen:

Dermanyssus gallinae (*D. gallinae*) o mayormente conocido como Ácaro Rojo pertenece al orden Mesostigmata y es un ectoparásito hematófago que se alimenta de distintas especies de animales o incluso del hombre. El ácaro es un parásito obligado porque necesita las ingestas de sangre para desarrollarse en las siguientes etapas de su ciclo evolutivo o en caso de las hembras para el desarrollo de los huevos en la ovoposición. Es el ectoparásito más importante de las gallinas de puesta, es conocido por los problemas que genera, provocando pérdidas económicas y puede actuar como vector de algunos agentes patógenos. En el estudio se realizara una pequeña revisión de la prevalencia del parásito en distintos países y las resistencias a distintos productos.

El objetivo principal del trabajo es una puesta al día de nuevos productos que se están estudiando y los métodos actuales en el control del ectoparásito mediante el uso de métodos alternativos a los acaricidas convencionales (como el amitraz, carbarilo y permetrinas) por las resistencias que están apareciendo frente a éstos en el parásito que en algunas zonas o granjas pueden llegar al 100%. Los métodos alternativos de mayor relevancia que se están estudiando actualmente para el control del ácaro pueden ser los nuevos acaricidas que se componen de bio-pesticidas (Spinosad, toxinas de insectos...), productos derivados de las plantas (aceites extraídos del laurel, canela, cilantro...) y polvos inertes (sobre todo basados en sílice). También se han estudiado las vacunaciones, hongos entomopatogénicos (especies de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*...), depredadores de *Dermanyssus gallinae* (como pueden ser *Cheyletus eruditus*, *Hypoaspis aculeifer*, *Androlaelaps casalis*...), etc. En algunas ocasiones estos productos se utilizaran solos, en otros estudios se ha investigado el uso combinado de métodos alternativos o el uso combinado de un método alternativo de control con acaricidas convencionales.

Abstract:

Title: Control of *Dermanyssus gallinae*, laying poultry plague.

Dermanyssus gallinae or commonly known as red mite belongs to Mesostigmata order, it is a haematophagous ectoparasite which feeds on different animal species or even on humans. The mite is an obligatory parasite because it needs blood meals to develop the next stages of its evolutionary cycle or in the case of female adults for the oviposition and egg development. The red mite is the most important ectoparasite of egg production poultry, it is known for the problems it generates, causing economic losses and it can be a vector for some pathogenic agents. The study carries out a little review of the parasite prevalence in some countries and the resistances to different products.

The main objective of the study is an update on new products that are being studied and current control methods for the mite through alternative methods to conventional acaricides (like amitraz, carbaryl and permethrines) because of the resistances that mite populations are showing up in some areas or farms that can reach 100%. More relevant alternative methods that are being studied for mite control may be the new acaricides that are composed by bio-pesticides (Spinosad, insect toxins...), plant-derived products (extract oils from bay, cinnamon, coriander...), inert dusts (mostly containing silica). Vaccinations have also been studied, as well as entomopathogenic fungi (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*... species), or natural enemies of *Dermanyssus gallinae* (like *Cheyletus eruditus*, *Hypoaspis aculeifer*, *Androlaelaps casalis*...), etc. Occasionally, these products have been used alone, other researches have investigated the use of combined alternative methods or the combined use of an alternative method of control with conventional acaricides.

2-Metodología:

El trabajo que se ha realizado ha sido una revisión bibliográfica, basado en los artículos que se han encontrado en diferentes buscadores científicos como son el Google académico, PubMed o Alcorze. Se han recopilado varios artículos y se ha ordenado la información en grupos dependiendo del método utilizado para el control de *Dermanyssus gallinae*.

3-Introducción:

Dermanyssus gallinae es un problema grande en la industria de la avicultura de puesta en muchos lugares del mundo como pueden ser los Estados Unidos, Europa, Japón y China (George et al., 2015). Uno de los mayores problemas asociados con *Dermanyssus gallinae* es su alta y creciente prevalencia en las granjas de gallinas ponedoras de Europa, un estudio reciente informa de que el 83% de las granjas europeas están infestadas con el parásito, con mayores prevalencias en Holanda, Bélgica y Alemania que llegan hasta el 94% (Figura 1) (Flochlay et al., 2017).

Además con el cambio de las jaulas tradicionales a las jaulas enriquecidas o gallinas en libertad se han incorporado ambientes más complejos que parecen favorecer la proliferación del ácaro. Las jaulas enriquecidas tienen más lugares donde *D. gallinae* se puede refugiar de los tratamientos y por eso se describen infestaciones más bajas en las jaulas tradicionales. Otro factor que favorece la proliferación del parásito es el calentamiento global y la retirada de algunos acaricidas de los mercados europeos (Flochlay et al., 2017).

El ciclo de vida del parásito (Figura 2) es muy corto, el completo desarrollo de huevo a adulto normalmente dura por encima de las dos semanas pero si las condiciones son favorables puede durar menos de la mitad del tiempo antes indicado (menor a una semana). En las granjas de gallinas ponedoras suele haber condiciones adecuadas para el desarrollo de *D. gallinae*, temperaturas entre 10-35 °C y una humedad relativa elevada (>70%), en estos casos se puede incluso duplicar la población del parásito cada semana (George et al., 2015). La mayoría del ciclo del ácaro sucede fuera del hospedador, el ácaro rojo se refugia en zonas apartadas, tales como grietas formadas por juntas de madera y se agrupan juntos en respuesta a señales que los estimulan, como son las feromonas. *D. gallinae* localiza sus huéspedes utilizando una combinación de estímulos de temperatura, señales químicas, respuestas a la

vibración y dióxido de carbono. Una vez en un huésped, los ácaros se alimentan por cortos períodos de tiempo de hasta una hora, haciéndolo cada 2-4 días normalmente (aunque no exclusivamente) durante los períodos de oscuridad. Las larvas no se alimentan de sangre y los machos adultos pueden hacerlo pero se cree que lo hacen sólo intermitentemente (mucho menos que las hembras), mientras que las hembras y ninfas se alimentan muchas veces de la sangre del hospedador. Además, *D. gallinae* puede sobrevivir 8 meses sin alimentarse en casos extremos (Sparagano et al., 2014).

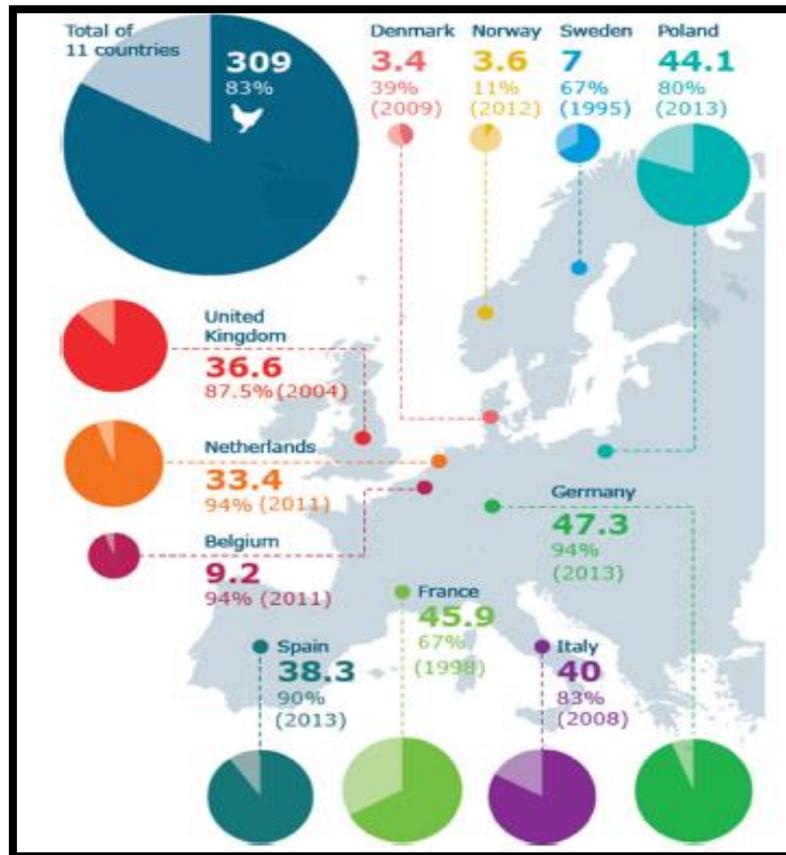


Figura 1: Gallinas ponedoras por país en millones (2012) y el porcentaje de granjas infestadas por *D. gallinae* (George et al., 2015)

Las gallinas que se encuentran en granjas que hay presencia del parásito tienen altos niveles de estrés, que es inducido por el dolor y la irritación de piel por las continuas picaduras. Se aumentan los comportamientos de picaje y canibalismo y aumentan los consumos de agua y piensos. El ruido de las granjas infestadas suele ser mayor y se aumentan los niveles de corticosteroides y adrenalina y disminuyen las β -globulinas (indicadores de estrés) (Flochlay et al., 2017). En las infestaciones severas del ácaro los efectos son mayores, provocan anemias que en algunos casos pueden provocar incluso la muerte de las gallinas (Pritchard et al., 2015). Además se han realizado estudios donde de forma experimental se ha demostrado que el ácaro rojo tiene la capacidad de transmitir algunos agentes patógenos como el virus de la

viruela aviar, los virus de las encefalitis equinas, *Pasteurella multocida*, *Coxiella burnett* y otros agentes patógenos. En un estudio realizado por Moro et al. (2009) se demostró que también es un vector importante en la transmisión de *Salmonella spp.* (la más relevante *Salmonella enteritidis*). Su papel como vector es significativo sobre todo entre manadas de gallinas porque si no se hace una limpieza extrema cuando se elimina una manada, infectará a la siguiente cuando se alimenten de las nuevas gallinas (Flochlay et al., 2017). *D. gallinae* tiene su importancia en cuanto a la salud humana porque puede transmitir algunas enfermedades zoonóticas (algunas antes mencionadas) y es responsable de la mayoría de casos de gamasoidosis (George et al., 2015).

En base a lo que indica Flochlay et al. (2017), se estima que en Europa la infestación de *D. gallinae* provoca unas pérdidas de 231 millones de € al año, 0.6€ por gallina. Las pérdidas económicas son producidas por menores índices de conversión, caídas en la producción de los huevos, aumento de huevos con menor valor, mayor susceptibilidad de las gallinas a enfermedades avícolas y aumento de las mortalidades en las granjas.

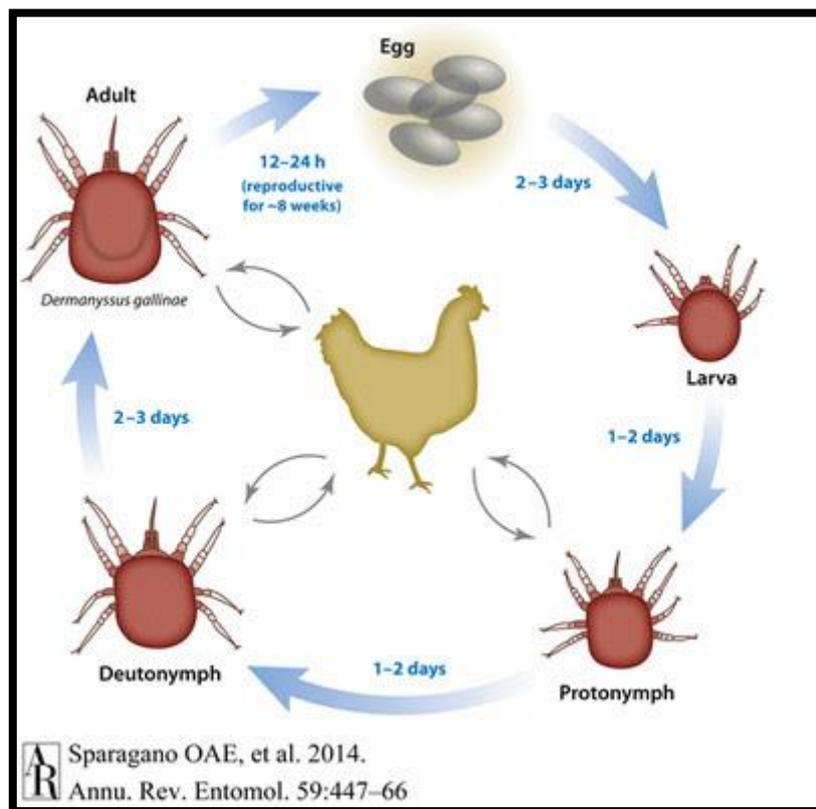


Figura 2: Ciclo de *Dermanyssus gallinae*

(Sparagano 2014)

4- Métodos de control:

En el trabajo realizado por Chauve (1998) se mencionaron más de 35 compuestos químicos para el control de *D. gallinae*, como pueden ser los organoclorados (por ejemplo el dicloro difenil tricloroetano o más conocido como DDT), organofosforados, carbamatos, endectocida y otros productos. Muchos de estos productos están hoy en día prohibidos en la Unión Europea (UE) para su uso en la producción animal para mantener la seguridad de los productos para el consumo humano. Para entonces ya se empezaron también a estudiar alternativas a estos productos, como los depredadores del ácaro rojo, polvos de sílice, reguladores de crecimiento de insectos... Aún se había estudiado muy poco estos métodos alternativos, hoy en día se han ido estudiando cada vez más aunque no se haya encontrado la solución a la plaga.

4.1-Acaricidas sintéticos:

Los acaricidas sintéticos de contacto han sido la base del tratamiento frente a *D. gallinae* durante muchos años, en este grupo se encuentran los carbamatos (carbarilo, metomilo, propoxur...), organofosforados (diclorvos, diazinon, fenitrotión, clorpirifós...) y piretroides (cihalotrina...) (Harrington et al., 2011; Flochlay et al., 2017). Por el continuo uso de estos productos han aparecido resistencias en las poblaciones del ácaro (Harrington et al., 2011) y además pocos de estos acaricidas están permitidos en la UE por el cumplimiento de los límites máximos de residuos en huevos (Roy et al., 2009). Se han encontrado resistencias a los piretroides en el norte de Europa, en países como Reino Unido, Suecia y Francia, en otros países poblaciones resistentes a carbamatos y piretroides como en Alemania. En la antigua Checoslovaquia se encontraron poblaciones que eran resistentes al DDT, organofosforados y piretroides (Marangi et al., 2009). Otro problema de estos acaricidas es que tienen una actividad residual corta, lo que es un problema porque muchos de los ácaros no entraran en contacto con el principio activo después de varios días de su aplicación. Se sospecha del uso común e ilegal de alguno de estos acaricidas en algunas áreas de Europa mientras las gallinas están en el interior de la nave. Algunos de estos productos no tienen un periodo de supresión en el huevo por lo que pueden ser un riesgo para la seguridad alimentaria si se usan con las aves en el interior de la nave (Flochlay et al., 2017), como pueden ser los carbamatos que han sido prohibidos en la UE (Marangi et al., 2009).

Desde 2010 el único producto veterinario registrado en Europa para el tratamiento de infestaciones de *D. gallinae* es el organofosforado Phoxim (Byemite®, Bayer). Sin embargo no está autorizado en países con una producción muy alta de huevos como son Alemania, Polonia, España y Reino Unido, donde las infestaciones por *D. gallinae* superan el 80%. A pesar de que el uso del Byemite® está permitido en presencia de las aves, no se debería pulverizar encima de las aves. Esta precaución indicada puede impedir que el compuesto activo alcance ácaros ocultos en los refugios situados muy cerca de las aves. Además después del tratamiento es necesario mantener un periodo de retirada de huevos de 12 horas, lo que hace al producto inadecuado para su uso en granjas grandes de gallinas ponedoras (Floclay et al., 2017). A pesar de esto el Bye Mite® (50% phoxim) ha demostrado una eficacia del 97-99% ante el ácaro rojo cuando es aplicado a concentraciones de 2000ppm y repitiendo el tratamiento después de 7 días (George et al., 2010).

La rápida aparición de las resistencias, según lo describen en Marangi et al. (2009), se sospecha que puede ser por el incorrecto uso de los acaricidas a manos de algunos avicultores, como puede ser por incorrectas diluciones del principio activo, uso del acaricida a bajas concentraciones, incorrecta programación de tratamientos... Debido al ciclo de vida del parásito se recomiendan varias aplicaciones de los acaricidas de contacto para asegurarse el tratamiento de las nuevas generaciones que se creen en sitios de difícil acceso y también seguir eliminando ninfas y adultos que hayan podido resistir (George et al., 2010).

En un estudio (Marangi et al., 2009) realizado el 2008 en poblaciones de *D. gallinae* de Italia se hicieron pruebas de resistencias con carbarilo, permetrinas y amitraz a diferentes concentraciones, los controles se trataron solo con agua. Se consiguieron los ácaros de 7 (A-G) granjas que tenían problemas para su control y se estudiaron los 3 principios activos antes mencionados a 6 concentraciones (100%, 50%, 20%, 10%, 5% y 0%). Cada preparado se extendió en papeles de filtros diferentes de manera homogénea y después se distribuyeron en cada papel de filtro 20 ácaros que durante 24 horas estuvieron expuestos al acaricida. Pasado ese tiempo, se hizo el recuento y los ácaros se consideraban que estaban vivos si mostraban algún movimiento con o sin el estímulo con sedas de pincel. El experimento se realizó durante tres días en las mismas condiciones de laboratorio (humedad: 60%, temperatura: 20°C).

Los resultados obtenidos demostraron que el amitraz tenía una eficacia del 100% a excepción de la población de la granja G donde la eficacia del principio activo era significativamente más baja a concentraciones de 5% y 10% ($P < 0.05$). En cuanto al carbarilo (está prohibido su uso en la UE) no tuvo una correcta eficacia en ninguna de las

concentraciones, exceptuando en la granja E que fue eficaz pero solo a la máxima concentración (100%). La eficacia de la permetrina fue buena (95% y 100%) en la granja C pero sólo en las más altas concentraciones (50% y 100% respectivamente) mientras que la eficacia llegó hasta el 95% y 93% a la concentración del 100% en las granjas D y E respectivamente. Esto nos demuestra que en el estudio el 86% y 42% de las poblaciones de *D. gallinae* estudiadas son tolerantes incluso en las concentraciones más altas de carbarilo y permetrinas respectivamente. Además el 86% de las poblaciones eran susceptibles al amitraz a cualquier concentración.

El uso del fluralaner, antiparasitario sistémico, es conocido en animales de compañía y ha resultado ser un producto muy seguro en perros. El estudio realizado por Prohaczik et al. (2017) utilizó el fluralaner en agua de bebida para gallinas ponedoras, para observar su seguridad cuando se usa con las gallinas ya que se ha demostrado que es efectivo frente a *D. gallinae*. Se utilizaron 120 gallinas sanas con 28 semanas de edad que pesaban entre 1.4-2.1 kg en la primera administración, se crearon cuatro grupos de 30 gallinas que recibían distintas concentraciones del tratamiento: 0mg, 0.5mg, 1.5mg, 2mg y 5mg de fluralaner/kg de peso vivo. El producto se les administró por agua de bebida 6 veces en total, como tratamientos de 3 días 2 veces con un intervalo de 4 días entre las administraciones, se trataron los días 1, 2, 3 y 8, 9, 10, siendo 3 veces mayor a las cantidades de administraciones recomendadas. El control fueron gallinas que bebieron agua no tratada.

Durante el estudio todas las gallinas fueron clínicamente observadas, se monitorizó su peso corporal, los consumos de pienso y agua y se les realizó un análisis hematológico y bioquímico. Los huevos puestos durante el estudio se recogieron y se utilizaron para la evaluación de las características principales del huevo (peso, forma, dureza, fineza de la cáscara, color de la yema, altura del albumen...). Todas las características del huevo evaluadas fueron no significativas entre todos los grupos en comparación con el control. Al finalizar el segundo tratamiento las gallinas fueron sacrificadas para un estudio *post-mortem* completo, incluyendo el peso de los órganos y estudios histopatológicos de algunos tejidos. Todos los órganos tuvieron pesos parecidos en comparación con los del grupo control, excepto el timo que su peso fue menor en los grupos tratados con fluralaner, aunque puede estar justificado por la edad de las gallinas. Además, en el estudio histopatológico no se observó ninguna alteración por lo que no se le dio importancia. Además no se experimentó ninguna reducción en el consumo de agua en ninguno de los grupos, lo que sería un problema porque reduciría la producción de huevos y el peso de las gallinas, por lo que hace al fluralaner un principio activo seguro para las gallinas.

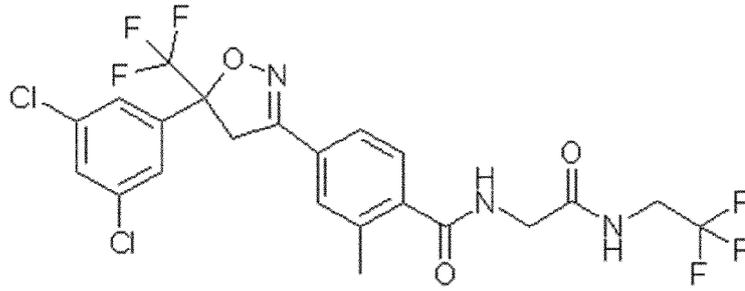


Figura 3: la forma estructural del fluralaner

(Freehauf 2012)

4.2- Nuevos acaricidas:

En este grupo se encuentran varios tipos de productos, como pueden ser los bio-pesticidas, polvos inertes y productos derivados de las plantas.

1-Bio-pesticidas:

Los bio-pesticidas se componen de endotoxinas bacterianas o de las propias bacterias. Hoy en día también se utilizan mucho como pesticidas las toxinas biológicas de insectos (Harrington et al., 2011), un campo que también se podría estudiar para el control del ácaro rojo.

El producto que más se está utilizando para el control de *D. gallinae* perteneciente a este grupo es el Spinosad, es un producto natural derivado de la fermentación del microorganismo *Saccharopolyspora spinosa*, el cual se ha utilizado efectivamente como pesticida. Este principio activo además no se bioacumula, volatiliza o persiste en el medio ambiente y se degrada cuando es expuesto a la luz (George et al., 2000). Un estudio (Thompson et al., 2000) demostró que Spinosad posee una toxicidad relativamente baja para los mamíferos y las aves, donde los valores de la dosis letal media (DL₅₀) fueron >5000mg/kg para los ratones y >2000mg/kg en ánades reales. Además, no dañó al 70-90% de los insectos beneficiosos (Harrington et al., 2011), pero para los ácaros se demostró que la toxicidad variaba o se reducía en comparación con los insectos. El modo de acción del Spinosad es característico por la excitación que produce en el sistema nervioso que al final provoca una parálisis y la muerte del ácaro, por eso la muerte de los animales no es inmediata, necesita unos días (Thompson et al., 2000).

En un estudio (George et al., 2010) realizado para investigar la efectividad del Spinosad y su toxicidad residual, se realizó el estudio in vitro e in vivo. Se utilizó el producto comercial

Elector® que se diluyó en agua destilada para conseguir en el estudio in vitro concentraciones de 0.00, 0.97, 1.94 y 3.88 g/L de Spinosad, la solución se aplicó en las superficies por pulverización, se dejó secar y los ácaros se expusieron a las superficies tratadas en uno de los 8 tiempos post-pulverización indicados: 2.5 horas, 1, 3, 7, 10, 14, 21 y 28 días. Los ácaros moribundos y muertos se agruparon juntos en el mismo grupo de los “fallecidos”. En el experimento in vivo se trataron con dos aplicaciones de diferentes concentraciones de Spinosad, baja = 1.94 g/L y alta = 3.88 g/L, en una granja donde se crearon varios grupos de jaulas para diferenciar la efectividad de cada concentración y también tuvieron un grupo control (sólo se les pulverizo agua). En este caso se quiso estudiar la población de parásitos que tenían en la granja después de pulverizarlo todo con los 3 tratamientos anteriormente indicados, para ello pusieron unos dispositivos especializados que contenían trampas de ácaros removibles. Las trampas eran polipropileno acanalado de 2 mm que se pusieron durante 24 horas los días 3, 7, 14, 21 y 28 y se hicieron recuentos de cuantas hembras adultas, machos adultos y ninfas encontraban en las trampas.

Los resultados que obtuvieron en el estudio in vitro confirmaron que el Spinosad es toxico para *D. gallinae* aunque en ningún caso resultó en una mortalidad del 100%. Con las concentraciones más altas (3.88 g/L de Spinosad) se sugiere que mostró toxicidad residual, llegando a matar al 60% de los ácaros estando expuestos durante 48h en los lugares donde se pulverizo 10 días antes la muestra con la concentración más alta. El día 21 también se distinguió alguna toxicidad residual en comparación con el control, aunque para éste tiempo la mortalidad disminuyo por debajo del 30%.

Los resultados in vivo se basan en los *D. gallinae* que se atraparon en las trampas puestas en las granjas, éstas demostraron que las poblaciones del ácaro se estabilizaron para las semanas 3 y 4 después de que hubiera una bajada en el número de ácaros en la semana 2. El experimento in vivo reafirmó los resultados adquiridos en el estudio in vitro de que el Spinosad es tóxico para *D. gallinae*, la máxima reducción del ácaro, que fue del 97%, se encontró en la concentración más alta (3.88g/L, día 14 post-exposición). Otra vez se demostró la toxicidad residual del producto, que redujo el número de ácaros al 92% y 88% en los días 21 y 28 respectivamente. Además se llegó a la conclusión de que Spinosad es más efectivo cuando hay mayor población de *D. gallinae*, las razones de este suceso no están claras pero se sospecha de que en estos casos los ácaros se exponen más al producto debido al mayor movimiento y propagación del producto por los congéneres, como ya se ha dicho anteriormente Spinosad no mata al animal inmediatamente. La reducción de la población del ácaro ha sido un 20% mayor en caso de la concentración más alta. Por esto recomiendan

concentraciones de 3.88 g/L de Spinosad, para asegurarse máximas mortalidades de *D. gallinae* y así minimizar el riesgo de generar resistencias. Durante el estudio también se controló el peso de las gallinas y la producción de los huevos (el porcentaje de puesta y el peso del huevo) y no hubo evidencias de que se vieran afectados, por lo que se sugiere que el Spinosad se puede utilizar mientras la granja esté llena, lo que es una gran ventaja para el control del ácaro rojo.

En el estudio nos indican que observando los ácaros que han fallecido por Spinosad, éste sigue siendo un tratamiento favorable comparado con otros tratamientos alternativos, que además muchos de ellos tendrán falta de toxicidad residual. Debido al ciclo de vida del ácaro, repetidas aplicaciones del producto ayudarán a controlarlo y aumentando su eficacia (George et al., 2010).

2-Polvos Inertes:

En este grupo principalmente están incluidas las tierras diatomeas que contienen sílice. Estos productos absorben los lípidos de la epicutícula del exoesqueleto de los invertebrados provocándoles la muerte por deshidratación. Se ha demostrado que la eficacia del producto está en correlación con la calidad de las materias primas (Harrington et al., 2011). Los productos basados en sílice son extensamente utilizados, su pureza y el tamaño de las partículas varía mucho entre productos. Pueden causar problemas en el usuario y en los animales por la irritación del tracto respiratorio que causa al inhalar partículas de sílice (se ha prohibido su uso en Holanda) (Flochlay et al., 2017). No se espera que los artrópodos puedan generar algún tipo de resistencia genética frente a estas sustancias, sin embargo, puede que generen cambios en su conducta para evitar contacto con los polvos inertes como sucede en los insectos (Maurer et al., 2009).

En un estudio realizado en condiciones de laboratorio con diferentes polvos inertes se observaron algunas diferencias dependiendo del producto utilizado y con las variaciones de la humedad. Los altos niveles de humedad (>85%) demostraron reducir la eficacia de estos productos, estas condiciones de humedad se dan en muchas granjas de ponedoras por lo que se recomienda aumentar la cantidad de aplicaciones del producto (Harrington et al., 2011; Kilpinen y Steenberg, 2009). El producto más eficaz fue un producto sintético con sílice que provocó mortalidades del 50% después de 0.6 días a 75% de humedad relativa y 1.7 días con el 85% de humedad relativa. Estos valores puede que subestimen la eficacia de este producto porque la muerte de los ácaros era tan rápida que el intervalo de observaciones puede que

fuera demasiado larga para determinar con precisión la DL₅₀. Los siguientes más eficaces fueron las tierras diatomeas modificadas (en este caso fue una tierra diatomea modificada por la adición de un aerogel de sílice), después las tierras diatomeas puras y por último la arcilla y otros minerales (Kilpinen y Steenberg, 2009).

En el estudio in vitro llevado a cabo por Maurer et al. (2009) se estudiaron 3 polvos inertes que fueron: producto con sílice sintético, tierras diatomeas y tierras diatomeas con extractos de pelitre. Se observó que las hembras adultas de *D. gallinae* no produjeron huevos en ninguno de los casos pero el producto con sílice sintético no produjo mortalidades significativas en este estudio. Las tierras diatomeas y las tierras diatomeas con extractos de pelitre tuvieron una diferencia en el porcentaje de bajas producidas en comparación con el control, produjeron el 92.6% y el 88.3% más de bajas respectivamente. Otro estudio (Kilpinen y Steenberg, 2016) realizó pruebas con tres tipos de productos: dos polvos inertes naturales, dos polvos inertes modificados con sílice sintético y por último un puro sílice sintético. Se hicieron pruebas a diferentes concentraciones de cada uno y a diferentes humedades relativas. Se llegó a la conclusión de que los 5 polvos inertes tenían actividad repelente frente a *D. gallinae*, también se demostró que la eficacia y la capacidad de repeler al ácaro disminuían cuando aumentaba la humedad. Además, ambas características, la eficacia y la capacidad de repeler están relacionadas, es decir, que los productos más eficaces frente al ácaro tendrán mayor capacidad de repelerlo. En el estudio los ácaros rojos utilizados estaban recién alimentados por lo que el comportamiento de evitar los polvos inertes se podría ver disminuido en caso de que estuvieran sin alimentarse.

3-Productos derivados de las plantas:

Puede que estos productos ofrezcan una alternativa a los acaricidas sintéticos, algunos pesticidas de este tipo ya han sido utilizados para el control de plagas. Los extractos del árbol Nim (*Azadirachta indica*), por ejemplo, son utilizados en el control de las plagas, el aceite de Nim ha demostrado ser tóxico para alrededor de 200 especies de artrópodos, donde se incluye a *Dermanyssus gallinae*. Los aceites de laurel, miera, canela, brotes del clavel, cilantro, rábano de caballo, mostaza, menta poleo, pimienta de Jamaica, hierbabuena y tomillo dieron resultados del 100% de mortalidad en pruebas de toxicidad en contacto a una concentración de 0.07mg de aceite/cm² (Harrington et al., 2011).

El estudio (Abdel-Ghaffar et al., 2008) realizado en Egipto trabajó con el producto Mite-Stop® que contiene extractos de semillas de Nim. Se realizó el estudio en 5 granjas, el

producto se uso con dos diferentes diluciones, 1/40 y 1/50 y se roció los días 0 y 7 al suelo pero las gallinas no se sacaron de la granja por lo que también estuvieron expuestas al producto. Se concluyó que el extracto es eficaz frente al ácaro rojo, una simple aplicación puede tener una eficacia del 80% o mayor y con una segunda aplicación se reduciría drásticamente la población del ácaro. La dilución 1/40 resultó ser un poco más efectiva que la de 1/50, las gallinas también fueron examinadas antes y después de las aplicaciones, se observó una considerable disminución en el número de ácaros encontrados, sobre todo después de la segunda aplicación que casi no se encontraron ácaros vivos. Las gallinas que se expusieron al producto no tuvieron ningún signo clínico o alguna alteración de la piel o plumas.



Figura 4: Árbol de Nim, sus frutos y flores.

(Reyes 2015)

George et al. (2009) se enfocaron en estudiar los efectos de los aceites esenciales logrados a partir de 4 plantas de eucaliptos: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus radiata*, *Eucalyptus citriodora* y *Eucalyptus staigeriana*. Los aceites esenciales se usaron para impregnar papeles de filtro en una concentración de 0.21 mg/cm². En el estudio aparecieron diferencias significativas entre los 4 aceites esenciales, se observaron mortalidades significativamente mayores cuando los ácaros fueron tratados con el aceite esencial obtenido del *E. citriodora*.

Las mortalidades con el aceite esencial obtenido del *E. staigeriana* fueron mayores que las obtenidas por *E. globulus* y *E. radiata*, pero la diferencia no fue significativa. Los aceites de *E. citriodora* y *E. staigeriana* demostraron ser efectivos llegando a mortalidades mayores que el 65%, sin embargo los aceites de *E. globulus* y *E. radiata* tuvieron mucho menor efecto, llegando tan solo a efectos acaricidas del 11% y 19% respectivamente. Aunque en otro estudio (Kim et al., 2004) el aceite conseguido a partir de *E. globulus* fue más tóxico (100% de mortalidad) que el conseguido a partir de *E. citriodora* a concentraciones de 0.35 mg/cm². Las variaciones de toxicidad entre las mismas especies hace pensar que factores como las condiciones de crecimiento o los métodos de cosechado o almacenamiento pueden cambiar la toxicidad de las plantas (George et al., 2009).

El estudio de Kim et al. (2015) investigó de modo in vitro la actividad acaricida que pueden tener las raíces de *Asarum heterotropoides*. Se estudió la toxicidad de distintos componentes de la planta, que fueron 28 componentes orgánicos, exponiendo al ácaro a ellos. Los componentes principales de esta planta son el metil eugenol en primer lugar y en segundo lugar el safrol, también demostraron ser los componentes más tóxicos para *D. gallinae* en 24 horas con CL₅₀ 0.57 µg/cm² y 8.54 µg/cm² respectivamente. La toxicidad del metil eugenol fue 16.7 y 11.01 veces más tóxico que el benzoato de bencilo y el N,N-dietil-3-metilbenzamida (DEET) y la toxicidad del safrol fue 1.12 veces mayor que el benzoato de bencilo pero menor al DEET.



Figura 5: planta de *Asarum heterotropoides*

(Trädgård 2015)

En el siguiente experimento (Tabari et al., 2015) se estudió la eficacia de 3 componentes derivados de las plantas, el carvacrol, el timol y el farnesol en diferentes concentraciones frente a *D. gallinae* y se comparó su eficacia con la permetrina. Se experimentó su toxicidad de contacto o en fumigación en bioensayos para comprobar cómo son más efectivos. El bioensayo de contacto concluyó que el carvacrol fue el compuesto más tóxico para el ácaro con la DL₅₀ más baja de todas (1.00 µg/cm³), el carvacrol y el timol tuvieron dosis letales menores que la permetrina por lo que fueron más tóxicos. Por otro lado, el farnesol no sólo no tuvo ningún efecto acaricida frente *D. gallinae* en su forma pura si no que hacía a los ácaros más activos que a los del grupo control. En cuanto al efecto de las sustancias al ser fumigadas, otra vez el carvacrol fue el más efectivo, mientras que la permetrina no dio ningún resultado significativo. El timol dio resultados mejores que las permetrinas pero sólo fue significativa la mortalidad provocada en métodos cerrados (recipientes de PVC que se sellaron con un trozo de parafina y tapón), no en métodos abiertos (se dejaron los recipientes de PVC sin sellar). El farnesol tampoco provocó ninguna mortalidad en fumigación, pero el carvacrol y el timol podrían ser buenos acaricidas usándolos en fumigación (sobre todo en entornos cerrados).

Un estudio (Barimani et al., 2016) experimentó con el carvacrol para observar su toxicidad y su actividad repelente in vitro y después demostrar su eficacia in vivo mediante unas trampas que contenían el compuesto. En el estudio in vitro se utilizaron etanol (ET) y aceite de ricino etoxilado (ARE) para solubilizar el carvacrol (CA) a 3 diferentes concentraciones: 0.5, 1 y 2%. Se crearon 8 grupos experimentales: ET-CA 0.5%, ET-CA 1%, ET-CA 2%, ARE-CA 0.5%, ARE-CA 1%, ARE-CA 2%, ET 5% (control) y ARE 5% (control). Los resultados demostraron que el carvacrol al 2% y con el diluyente de ARE fue el más eficaz contra *D. gallinae*, aunque el carvacrol a las menores concentraciones consiguió mortalidades significativas comparados con los controles. Entre los diluyentes los grupos que contenían ARE tuvieron mejores mortalidades que los que tenían el ET o los controles. En cuanto a la actividad repelente descubrieron que entre las 8 trampas la que contenía ARE-CA 1% fue la que atrapó a mayor cantidad de ácaros, por lo que se usó esta formulación de ARE-CA 1% para el estudio in vivo. El experimento in vivo se realizó en una granja de gallinas donde se pusieron trampas que en el interior contenían el ARE-CA 1% y otras donde no contenían nada para ver la evolución de la población. El estudio se realizó durante varias semanas, en la semana 0 se estudió la población inicial y en las semanas 1-2 se pusieron las trampas con el acaricida, en las dos siguientes semanas (3 y 4) se continuó el estudio de la población. Se observó una importante reducción de la población en las 2 semanas que se pusieron las trampas con el

acaricida, en la semana 1 la población disminuyó en un 64.45%, mientras que en la semana 2 llegó hasta el 92.86% de reducción. En las semanas 3 y 4 no se observó ninguna diferencia significativa en comparación con la semana 2.

Masoumi et al. (2016) experimentó con la acción acaricida del carvacrol y el timol para ver si tenían alguna acción sinérgica frente al ácaro. Para ello se tuvieron 7 grupos experimentales: con ratios de carvacrol-timol de 5:0 (carvacrol 1.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), 4:1 (carvacrol 0.8 + timol 0.7 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), 3:2 (carvacrol 0.6 + timol 1.4 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), 2:3 (carvacrol 0.4 + timol 2.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), 1:4 (carvacrol 0.2 + timol 2.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), 0:5 (timol 3.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$) y el control. La combinación que mayores mortalidades provocó fue el ratio 4:1 carvacrol-timol, el ratio 3:2 también tuvo mayor eficacia que el que sólo contenía carvacrol por lo que se supone que el carvacrol y el timol tienen una acción sinérgica. Las terapias combinadas además tienen muchas ventajas como pueden ser periodos de tratamientos menores, menores riesgos de generar resistencias y menores efectos secundarios. También se demostró que el grupo que solo contenía carvacrol tenía mayor acción repelente, los otros grupos no demostraron efectos repelentes significativos. La combinación de carvacrol-timol particularmente al 2% de concentración fue efectivo 14 días post-rocío, lo que reveló una toxicidad residual correcta y prolongada.

4.3-Vacunas:

Las vacunas podrían ser una alternativa a los insecticidas ya que tienen muchas características favorables como falta de residuos en el alimento, no tienen periodos de supresión, no producen contaminación ambiental, no generan resistencias en las poblaciones diana y son fáciles de administrar. Las poblaciones observadas en manadas infectadas por *D. gallinae* sugieren que las aves no generan ningún tipo de resistencia al ácaro, ya que los niveles de IgY no están relacionados con las poblaciones del ácaro. Es una posibilidad que los ácaros parásito tengan una capacidad inmunomoduladora en el huésped, en el caso del ácaro rojo se piensa que tiene esa capacidad que modifica la respuesta inflamatoria inicial del hospedador, *D. gallinae* modifica su comportamiento reproductivo al hospedador que parasita (Harrington et al. 2011).

La inmunización de las aves con antígenos somáticos de *D. gallinae* ha tenido diferentes resultados. Arkle et al. (2008) no encontraron diferencias significativas en la mortalidad del ácaro cuando fueron alimentados in vitro de sangre de gallinas inmunizadas

con proteínas del ácaro. Sin embargo Wright et al. (2009) informó de un aumento significativo de la mortalidad del ácaro in vitro de 7.5% cuando fueron alimentados con sangre que contenía anticuerpos extraídos de huevos provenientes de gallinas inmunizadas frente al ácaro. La extracción de proteínas con el que tuvo resultados significativos fueron proteínas extraídas con PBS. Un problema que se podría tener con las vacunas frente a *D. gallinae* es que los antígenos del ácaro no se suelen poner en contacto con el sistema inmune de las aves por lo que no se estimula el sistema inmune del hospedador, por lo que se piensa que habrá que vacunar repetidamente a los animales para que estos métodos sean efectivos (Harrington et al., 2011). Se demostró un aumento significativo, del 35%, en la mortalidad de *D. gallinae* con gallinas inmunizadas con subolesina (proteínas recombinantes derivados de mosquitos) en un ensayo in vitro, mientras que la inmunización con proteínas recombinantes derivadas de garrapatas (Bm86) no demostró ser significativo, aumento en un 23% la mortalidad (Harrington et al., 2009).

Se han realizado varios estudios para encontrar proteínas de *D. gallinae* con poder antigénico para producir vacunas con suficiente eficacia para las aves. En uno de estos estudios (Makert et al., 2016) el extracto de ácaro rojo (con proteínas solubles e insolubles) conseguido fue administrado con dos adyuvantes, uno el adyuvante completo e incompleto de Freund y el otro con el Montaine ISA 70 VG. Las gallinas fueron vacunadas subcutáneamente tres días, los días 0, 28 y 56, los resultados demostraron que los niveles de anticuerpos fueron mayores con las vacunas que utilizaron el adyuvante Montaine ISA 70 VG. Este resultado es muy positivo ya que el adyuvante de Freund demostró tener más efectos perjudiciales que el otro en gallinas ponedoras. En el experimento in vitro la sangre que se uso fue de gallinas sin anticuerpos frente al parásito que después se mezcló con anticuerpos extraídos de los huevos de las gallinas inmunizadas con las vacunas del estudio, esta mezcla se uso para alimentar a los ácaros y se observó la mortalidad provocada en los diferentes grupos. Los resultados demostraron que los ácaros que se alimentaron con las IgY de las gallinas inmunizadas con el extracto del ácaro rojo + el Montaine ISA 70 VG de adyuvante fueron los que tuvieron mayores mortalidades (58.3%), 35.8% mayor que los del control. Los ácaros del grupo Freund tuvieron tan solo un marginal aumento en la mortalidad en comparación con el control. Se realizó un estudio de las proteínas que componían el extracto del ácaro rojo y 8 de esas proteínas fueron identificadas como secuencias de proteínas únicas y potenciales candidatos para crear una vacuna.

Otro estudio parecido realizado por Bartley et al. (2015) experimentó con las proteínas solubles de *D. gallinae* para poder encontrar una vacuna. Realizaron un intercambio iónico del

extracto soluble del ácaro (ESA) donde se crearon 5 grupos basados en sus perfiles inmunogénicos, que se utilizaron para la inmunización de las gallinas. Las gallinas inmunizadas con estos grupos tuvieron el pico de IgY antígeno específicas 2 semanas después de la vacunación y no disminuyeron estos niveles durante las 4 semanas siguientes. Los ácaros se alimentaron con las sangres de las gallinas inmunizadas de cada grupo y se observó que tuvieron mayores mortalidades en los grupos 1 y 4 en las 96 horas post-vacunación. Estos dos grupos fueron sometidos a varios métodos que al final consiguieron una identificación de las proteínas inmunoreactivas que las componen, donde se seleccionaron 10 candidatos para la creación de vacunas. Estos 10 candidatos se utilizaron para la inmunización de las gallinas (vacunas intramusculares) y se usó la sangre de estas gallinas para alimentar los ácaros y ver las mortalidades que provocaba cada grupo. Antes y durante el experimento también se recogieron los huevos de las gallinas para estudiar los niveles de IgY de las yemas de los huevos. Se identificaron algunas moléculas que podían ser los candidatos para crear una vacuna, las serpinas dieron resultados variables, un tipo de serpina (Deg-SRP-1) dio resultados significativos en la mortalidad de los ácaros pero en caso de las gallinas inmunizadas con otro tipo de serpina (Deg-SRP-2) no produjeron mortalidades significativas en los ácaros. Los compuestos como las vitelogeninas y hemelipoglicoproteínas son accesibles para los anticuerpos frente a ellas, por eso las poblaciones de ácaros que se alimentaron con sangre de gallinas inmunizadas con estas proteínas (Deg-VIT-1 y Deg-HGP-1) sufrieron mortalidades significativas. Además, puede que al inmunizar a las gallinas con las vitelogeninas de *D. gallinae* se reduzca la producción o viabilidad de los huevos del ácaro rojo, dificultando aún más la expansión del parásito. Una molécula más, la Deg-PUF-1 produjo mortalidades relevantes pero no se sabe la función que ejerce en el ácaro esta proteína.

Un experimento (Wright et al., 2016) se dedicó a estudiar como candidatos a vacunas la tropomiosina y la paramiosina, se inmunizó a unas gallinas y posteriormente se alimentó a los ácaros con 2 mg/L de IgY generados frente a la tropomiosina, paramiosina o de sangre de gallinas no inmunizadas (grupo control). La mayoría de las muertes del ácaro rojo sucedieron en los 2 primeros días después de la ingestión de sangre, la mortalidad del ácaro en las primeras 24 horas fue del 20% para la paramiosina o de un 19% en el caso de la tropomiosina, en el grupo control la mortalidad fue del 6%. En las siguientes 24 horas (48 horas desde el principio del estudio), la mortalidad aumentó un 10% en el grupo de la paramiosina, en un 7% para la tropomiosina y en el grupo control fue menor al 3%. Pasadas las 48 horas hubo poca mortalidad en las poblaciones, aunque la mortalidad acumulativa del ácaro pasadas las 96 horas fue significativa en ambos casos.

4.4-Control Biológico:

Dentro de este apartado se encuentran como métodos de control los enemigos naturales del ácaro y hongos entomopatógenos.

1-Enemigos Naturales:

Los depredadores y parasitoides pueden ser un medio perfecto para el control de las plagas, las poblaciones naturales suelen ser insuficientes para ello pero se pueden soltar gran cantidad de enemigos naturales que se hayan criado para la reducción de las poblaciones de las plagas. Estas liberaciones en masa pueden ser especialmente efectivas en sistemas cerrados ya que los depredadores se ven obligados a alimentarse o parasitar a las poblaciones de las plagas para poder sobrevivir. Este campo está poco estudiado en el caso de *D. gallinae* pero puede que este método sea viable en los sistemas de gallinas de puesta ya que normalmente son sistemas cerrados o parcialmente cerrados (Harrington et al., 2011).

Uno de los depredadores candidatos podría ser el ácaro *Cheyletus eruditus*, se ha observado en algunas ocasiones a éste alimentándose de juveniles de *D. gallinae* pero en publicaciones realizadas hasta ahora no se ha conseguido el control de las poblaciones del ácaro. Otras dos especies de ácaros que también podrían usarse como control por ser depredadores del ácaro rojo son *Hypoaspis aculeifer* y *Androlaelaps casalis*. Aparte de los ácaros también se podrían utilizar escarabajos depredadores o parasitoides, aunque serían difíciles de conseguir y además muchas de las especies parasitoides (como por ejemplo *Hymenoptera*) requerirían recursos adicionales para sobrevivir como polen o néctar, recursos que no se encuentran en granjas de gallinas ponedoras (Harrington et al., 2011).



Figura 6: un ejemplar de *Hypoaspis acualeifer*

(Holopainen 2008)

2-Hongos entomopatogénicos:

Los hongos entomopatogénicos son utilizados para controlar algunas plagas de artrópodos, en caso de *D. gallinae* se ha demostrado que es susceptible a las infecciones por parte de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus* cuando los ácaros son inoculados con altas dosis de conidios. El problema según parece es que el tiempo que necesitan los hongos para matar al ácaro es suficientemente largo que permite a las hembras hacer la ovoposición, lo que conlleva a unas pequeñas reducciones de las poblaciones del ácaro. El uso de los hongos tendría que ir unido al mantenimiento de los niveles de humedad adecuados para asegurarse la transmisión del hongo, aún está por ver si este método será utilizable in vivo (Harrington et al., 2011).

Kilpinen y Steenberg (2016) trabajaron con *Beauveria bassiana* para demostrar su mortalidad y su actividad repelente. Para ello se trató un papel de filtro (9 cm de diámetro) con conidios del hongo exceptuando un área central (3 cm de diámetro), el papel tratado se puso encima de otro papel (12 cm de diámetro) que se trató con pegamento para que los ácaros se quedaran pegados en él. Los ácaros que fueron expuestos al tratamiento fúngico demostraron un comportamiento de evitación, varió del 8 al 18% con humedades relativas del 75 y 85% respectivamente. Con la humedad del 75% la actividad repelente del hongo y del polvo inerte Diamol no tuvieron diferencias significativas pero cuando la humedad relativa fue del 85%, la actividad repelente fue significativamente mayor en caso de *Beauveria bassiana*. La mortalidad también fue mayor cuando la humedad relativa fue del 75% (menor), la dosis que

se uso fue de 0.17g conidios/m², el 10-20% de los ácaros no cruzaron la superficie tratada y de los que lo hicieron un 60-80% de los ácaros sucumbieron a la infección fúngica.

4.5-Otros métodos de control:

Las granjas de hoy en día son lugares perfectos para los ácaros ya que tienen muchos recovecos donde esconderse, estos últimos años se está intentando crear granjas que no sean tan “favorables” para los ácaros, aunque será imposible eliminar todos los lugares donde se puedan refugiar (Harrington et al., 2011). Un estudio realizado por Mul y Koenraadt (2009) también indicó que usar el Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) podría ser beneficioso para la prevención del establecimiento de *D. gallinae* en todo tipo de granjas de puesta. Otro método de control también podría ser la manipulación de temperatura cuando la nave está vacía, subir la temperatura por encima de los 45 °C o por debajo de -20 °C causa una mortalidad del 100% (Harrington et al., 2011). Pero los métodos que trabajan con las temperaturas son caros y las subidas de temperatura no son adecuadas en granjas que tengan algunos materiales con componentes de plástico (Flochlay et al., 2017).

Otro estudio (Sylejmani et al., 2016) demostró que el nivel de bioseguridad de las granjas estaba relacionado con las infestaciones de *D. gallinae*, estudiaron distintos componentes que podían controlarse con medidas correctas de bioseguridad. Un punto que fue significativamente importante para la transmisión del ácaro de una granja a otra fue el personal que trabajaba en diferentes granjas, otro punto importante que estuvo asociado a la aparición del ácaro rojo fue la falta de desinfección de los vehículos o de la ropa. La bioseguridad además es un punto muy importante en las granjas para impedir la entrada no sólo del ácaro, también de agentes patógenos como bacterias, parásitos y virus.

El estudio realizado por Maurer et al. (2009) también experimentó con aerosoles de petróleo y diesel que demostraron reducir la capacidad reproductiva y aumentar las mortalidades del ácaro rojo. El diesel en 4 horas tuvo una mortalidad del 50%, pero al cabo de 7 días casi llegó al 100% de mortalidad, sin embargo por el olor y el riesgo de contaminación de los huevos no se recomienda su utilización. Se consiguieron resultados ligeramente mayores de mortalidad a los 7 días con el aerosol de petróleo, que además es inodoro.

Es posible el control de las poblaciones de *D. gallinae* manipulando los regímenes de luz. Los ciclos cortos de luz pueden reducir significativamente los números de ácaros comparados con regímenes normales de luz, las alteraciones de la intensidad de la luz también pueden afectar a las poblaciones del ácaro. Esto es causado por la interrupción del comportamiento de alimentación nocturna del ácaro, pero la legislación europea en cuanto al bienestar de las gallinas obliga a tenerlas cada día con 8 horas de oscuridad, 6 de ellas tienen que ser continuas lo que dificulta o imposibilita el uso de este método (Harrington et al., 2011).

5-Conclusiones:

Parece que *Dermanyssus gallinae* seguirá siendo un problema importante en los años venideros en las granjas de gallinas ponedoras de Europa y del mundo. Las tendencias que se están tomando en la industria del huevo en Europa, cada vez mayor cantidad de gallinas en sistemas alternativos, agravará el problema del ácaro si no se encuentra alguna solución. Algunos productos sin licencia o prohibidos son muy usados aún en Europa, la presencia de productos prohibidos por la UE como el carbarilo o productos que no tienen licencia como las permetrinas han sido encontrados en los tejidos de las gallinas sacrificadas para el consumo humano. Otro caso muy sonado y reciente ha sido el de los huevos contaminados con fipronil, un insecticida de amplio espectro que en la UE está prohibido su uso en la cadena alimentaria, la alarma comenzó en Alemania pero al final afectó a más países como Francia, Suiza y Reino Unido. Estos huevos eran provenientes de granjas de Holanda y Bélgica, parece ser que se utilizó el fipronil para el control de *D. gallinae*, esto provocó que más de 10 millones de huevos contaminados y desechados, generando pérdidas económicas importantes.

Son necesarios más estudios para el control del ácaro rojo, encontrar nuevos principios activos o métodos que sean más efectivos y seguros para el ser humano (para los operadores de las granjas y para la seguridad alimentaria), las gallinas y más respetuosos con el medio ambiente. También son necesarios estudios que combinen diferentes métodos de control para encontrar productos que produzcan sinergias entre ellos, como ya se ha mencionado anteriormente, los tratamientos de combinación tienen muchos aspectos positivos. Aunque algunas de las combinaciones serían imposibles, como sería el caso de la combinación de los polvos inertes con depredadores invertebrados, ya que los polvos también matarían a los

depredadores. El control del ácaro es de vital importancia, no sólo porque sea un parásito que provoca gran estrés a las gallinas (pérdida del bienestar animal), también cabe destacar su impacto en la salud humana por su papel como vector de agentes que provocan zoonosis y porque provoca la mayoría de casos de gamasoidosis humana.

-Conclusions:

It seems that *Dermanyssus gallinae* will remain a serious problem in the years to come in laying hen farms of Europe and the world. The trends that are being taken in egg industry in Europe, by increasing the number of chicken in alternative systems, will aggravate the mite problem if no solution is found. Some banned or unlicensed products are still very much used in Europe, the presence of products banned by EU (European Union) like carbaryl or unlicensed for use on layers like permethrines have been found in the tissues of laying hens slaughtered for human consumption.

Further studies are needed for the control of the red mite, to find new active ingredients or more effective and safer methods for the humans (for the farmers and for food safety), the hens and more environmentally friendly. It is also necessary to carry out studies that combine different control methods in order to find products that produce synergies between them since, as already mentioned above, the combination treatments have many positive aspects. However, some of the combinations would be impossible, as would be the case of the combination of inert dusts with invertebrate predators since the dusts would also kill the predators. The control of the mite is of vital importance, not only because it is a parasite that causes great stress to the hens (loss of animal welfare), its impact on human health is also of vital importance because of its role as a vector of agents that cause zoonoses and because it causes the majority of cases of human gamasoidosis.

6-Valoración personal:

El trabajo de fin de grado me ha aportado mayores conocimientos sobre *Dermanyssus gallinae* y sus métodos de control, me ha aportado mayor capacidad de búsqueda de información y saber usar las herramientas que nos aporta internet. Ha incrementado mis conocimientos de avicultura, producción animal, los problemas que pueden llegar a generar los agentes patógenos en la producción animal y las pérdidas económicas tan inmensas que se generan por las peste. Me ha informado sobre algunos métodos de experimentación y laboratorio que se utilizan y sobre algunos riesgos que se dan en la cadena alimentaria. También ha mejorado mi capacidad de leer y entender en inglés, lo que me ayudará a adquirir mayores competencias para mi futuro profesional.

7-Bibliografía:

Abdel-Ghaffar, F., Sobhy, H.M., Al-Quraishy, S., Semmler, M. (2008) Field study on the efficacy of an extract of neem seed (Mite-Stop®) against the red mite *Dermanyssus gallinae* naturally infecting poultry in Egypt. Parasitol Res 103: 481-485. DOI: 10.1007/s00436-008-0965-9

Arkle, S., Harrington, D., De Luna, C., George, D., Guy, J., Sparagano, O.A.E. (2008) Immunological control of poultry red mite: the use of whole mite antigens as a candidate vaccine. Annals of the New-York Academy of Sciences 1149: 36-40.

Barimani, A., Youssefi, M.R., Tabari, M.A. (2016) Traps containing carvacrol, a biological approach for the control of *Dermanyssus gallinae*. Parasito Res 115: 3493-3498. DOI: 10.1007/s00436-016-5113-3

Bartley, K., Wright, H.W., Huntley, J.F., Manson, E.D.T., Inglis, N.F., Mclean, K., Nath, M., Bartley, Y., Nisbet, A.J. (2015) Identification and evaluation of vaccine candidate antigens from the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*). International Journal for Parasitology 45: 819-830. DOI: 10.1016/j.ijpara.2015.07.004

Chauve, C. (1998) The poultry red mite *Dermanyssus gallina* (De Geer, 1778): current situation and future prospects for control. *Veterinary Parasitology* 79: 239-245

Flochlay, A.S., Thomas, E., Sparagano, O. (2017) Poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) infestation: a broad impact parasitological disease that still remains a significant challenge for the egg-laying industry in Europe. *Parasites & vectors* 10:357. DOI: 10.1186/s13071-017-2292-4

Freehauf, K., Waldron, N., Lutz, J., Guerino, F. (2012) Solid oral pharmaceutical compositions for isoxazoline compounds. Intervet International B.V. WO 2013150055 A1

George, D.R., Masic, D., Sparagano, O.A.E., Guy, J.H. (2009) Variation in chemical composition and acaricidal activity against *Dermanyssus gallinae* of four eucalyptus essential oils. *Exp Appl Acarol* 48: 43-50. DOI: 10.1007/s10493-008-9225-z

George, D.R., Shiel, R.S., Appleby, W.G.C., Knox, A., Guy, J.H. (2010) *In vitro* and *in vivo* acaricidal activity and residual toxicity of spinosad to the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology* 173: 307-3016. DOI: 10.1016/j.vetpar.2010.06.035

George, D.R., Finn, R.D., Graham, K.M., Mul, M.F., Maurer, V., Moro, C.V., Sparagano, O. (2015) Should the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* be of wider concern for veterinary and medical science?. *Parasites & vectors* 8:178. DOI: 10.1186/s13071-015-0768-7

Harrington, D., Canales, M., De la Fuente, J., De Luna, C., Robinson, K., Guy, J., Sparagano, O.A.E. (2009) Immunisation with recombinant proteins subolesin and Bm 86 for the control of *Dermanyssus gallinae* in poultry. *Vaccine* 27: 4056-4063.

Harrington, D.W.J., George, D.R., Guy, J.H., Sparagano, O.A.E. (2011) Opportunities for integrated pest management to control the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *World's Poultry Science Association* 67: 83:93. DOI: 10.1017/s0043933911000079

Holopainen, J. (2008) Soil-dwelling generalist predatory mite of springtails, thrips and dark-winged fungus gnats (sciaridae), Pbase photos, consultado el 5 de septiembre de 2017, <<http://www.pbase.com/image/104350647>>

Kilpinen, O., Steenberg, T. (2009) Inert dusts and their effects on the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*). *Exp Appl Acarol* 48: 51-62. DOI: 10.1007/s10493-008-9232-0

Kilpinen, O., Steenberg, T. (2016) Repellent activity of desiccant dusts and conidia of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* when tested against poultry red mites

(*Dermanyssus gallinae*) in laboratory experiments. Exp Appl Acarol 70: 329-341. DOI: 10.1007/s10493-016-0085-7

Kim, J., Perumalsamy, H., Lee, J., Ahn, Y., Lee, Y., Lee, S. (2015) Acaricidal activity of *Asarum heterotropoides* root-derived compounds and hydrodistillate constitutes toward *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata: Dermanyssidae). Exp Appl Acarol DOI: 10.1007/s10493-015-0005-2

Kim, S., Yi, J., Tak, J., Ahn, Y. (2004) Acaricidal activity of plant essential oils against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). Vet Parasitol 120: 297-304. DOI: 10.1016/j.vetpar.2003.12.016

Makert, G.R., Vorbrüggen, S., Krautwald-Junghanns, M., Voss, M., Sohn, K., Buschmann, T., Ulbert, S. (2016) A method to identify protein antigens of *Dermanyssus gallinae* for the protection of birds from poultry mites. Parasitol Res 115: 2705-2713. DOI: 10.1007/s00436-016-5017-2

Marangi, M., Cafiero, M.A., Capelli, G., Camarda, A., Sparagano, O.A.E., Giangaspero, A. (2009) Evaluation of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) susceptibility to some acaricides in field populations from Italy. Exp Appl Acarol 48: 11-18. DOI: 10.1007/s10493-008-9224-0

Masoumi, F., Youssefi, M.R., Tabari, M.A. (2016) Combination of carvacrol and thymol against the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*). Parasitol Res 115: 4239-4243. DOI: 10.1007/s00436-016-5201-4

Maurer, V., Perler, E., Heckendorn, F. (2009) In vitro efficacies of oils, silicas and plant preparations against the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. Exp Appl Acarol 48: 31-41. DOI: 10.1007/s10493-009-9254-2

Moro, C.V., De Luna, C.J., Tod, A., Guy, J.H., Sparagano, O.A.E., Zenner, L. (2009) The poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*): a potential vector of pathogenic agents. Exp Appl Acarol 48:93-104. DOI: 10.1007/s10493-009-9248-0

Mul, M.F. y Koenraadt, C.J.M. (2009) Preventing introduction and spread of *Dermanyssus gallinae* in poultry facilities using the HACCP method. Experimental and Applied Acarology 48: 167-181.

Pritchard, J., Kuster, T., Sparagano, O., Tomley, F. (2015) Understanding the biology and control of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*: a review. Avian Pathology 44:3, 143-153. DOI: 10.1080/03079457.2015.1030589

Prohaczik, A., Menge, M., Huyghe, B., Flochlay-Sigognault, A., Le Traon, G. (2017) Safety of furalaner oral solution, a novel systemic antiparasitic treatment for chickens, in laying hens after oral administration via drinking water. Parasites & Vectors 10:363. DOI: 10.1186/s13071-017-2291-5

Reyes, J.J. (2015) Neem – un árbol maravilloso, Tema fantástico, consultado el 3 de septiembre, < <http://plantameen.blogspot.com.es/>>

Roy, L., Chauve, C., Delaporte, J., Inizian, G., Buronfosse, T. (2009) Exploration of the susceptibility of AChE from the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (Acari:Mesostigmata) to organophosphates in field isolates from France. Exp Appl Acarol 48: 19-30. DOI: 10.1007/s10493-009-9249-z

Sparagano, O.A.E., George, D.R., Harrington, D.W.J., Giangaspero, A. (2014) Significance and Control of the Poultry Red Mite, *Dermanyssus gallinae*. Annu. Rev. Entomol. 59: 447-66. DOI: 10.1146/annurev-ento-011613-162101

Sylejmani, D., Musliu, A., Ramadani, N., Sparagano, O.A.E., Hamidi, A. (2016) Associations between the level of biosecurity and occurrence of *Dermanyssus gallinae* and *Salmonella spp.* in layer farms. Avian Diseases 60: 454-459. DOI: 10.1637/11327-111415-Reg

Tabari, M.A., Youssefi, M.R., Barimani, A., Araghi, A. (2015) Carvacrol as a potent natural acaricide against *Dermanyssus gallinae*. Parasitol Res 114: 3801-3806. DOI: 10.1007/s00436-015-4610-0

Thompson, G.D., Dutton, R., Sparks, T.C. (2000) Spinosad: an example from a natural products discovery programme. Pest Manage. Sci. 56: 696–702. DOI: 10.1002/1526-4998(200008)56:8<696::AID-PS182>3.0.CO;2-5

Trädgård, H. (2015) Hasselört-Asarum heterotropoides v. mandschuricum, consultado el 5 de septiembre de 2017, <https://web.library.uq.edu.au/files/26535/harvard-2002-style-guide.pdf>

Wright, H.W., Bartley, K., Nisbet, A.J., Mcdevitt, R.M., Sparks, N.H.C., Brocklehurst, S., Huntley, J.F. (2009) The testing of antibodies raised against poultry red mite antigens in an

vitro feeding assay; preliminary screen for vaccine candidates. *Experimental and Applied Acarology* 48: 81-91

Wright, H.W., Bartley, K., Huntley, J.F., Nisbet, A.J. (2016) Characterisation of tropomyosin and paramyosin as vaccine candidate molecules for the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Parasites & Vectors* 9:544. DOI: 10.1186/s13071-016-1831-8