***Chlamydia abortus*, IMPLICACIONES EN LA VETERINARIA EN EL CONTEXTO MEXICANO**

***Chlamydia abortus*, VETERINARY IMPLICATIONS IN MEXICAN CONTEXT**

Roberto Montes de Oca-Jiménez^{1,2§}, María Carla Rodríguez-Domínguez³, Fernando de Jesús Aldama³

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal, CIESA, km 15.5 Carretera Panamericana Toluca-Atlacomulco, Toluca, Estado de México, México, C.P. 50200. ²Centro Universitario UAEM Amecameca, km 2.5 Carretera Amecameca-Ayapango, C.P. 56900, Amecameca, Estado de México, México. ³Estudiante de posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. [§]Autor para correspondencia: (romojimenez@yahoo.com).

RESUMEN

Chlamydia abortus es una especie de relevancia clínica con capacidad de infectar principalmente a rumiantes, porcinos, equinos y al hombre. Ocasiona importantes pérdidas económicas en la ganadería, ya que la infección se manifiesta como abortos en el último tercio de la gestación y el nacimiento de corderos débiles, con incremento de la mortalidad perinatal; además, de la potencia zoonótica. El trabajo tiene como objetivo exponer las evidencias experimentales de la presencia de *Chlamydia abortus* en México. La bacteria ha sido identificada en oveja y/o cabras del altiplano mexicano, en Michoacán, Guanajuato y diferentes municipios del Estado de México. En bovinos, el estudio de vacas lecheras de Puebla, Hidalgo, Estado de México y Tabasco; mostro seropositividad solo en el último estado. La seroprevalencia en equinos se estudió en los municipios de Acambay, Jilotepec, Temascalcingo, Toluca, Villa del Carbón y la delegación Miguel Hidalgo en la ciudad de México; para un valor de 1.32% de 301 animales. Los equinos se encontraban en contacto con rumiantes, que presentaron valores de 48% en bovinos (n=25), 12.5% en cabras (n=8) y 31.29% para ovejas (n=94). La prevalencia de anticuerpos contra *Chlamydia abortus* en grupos de riesgo laboral, en unidades de producción pecuaria de Xalatlaco, fue de 9.62% en Médicos Veterinarios y 4.45% en productores. Las evidencias experimentales indican la presencia de *Chlamydia abortus* en especies de importancia económica y el hombre en México.

Palabras clave: Aborto enzoótico, ganado, México.

ABSTRACT

Chlamydia abortus is a clinical relevant species with the capacity to infect ruminants, pigs, horses and humans. Significant economic losses in livestock are causes by *Chlamydia abortus*, since the infection manifests itself as abortions in the last third of gestation and the birth of weak lambs, with an increase in perinatal mortality. The aim of this study was to expose the experimental evidences of the presence of *Chlamydia abortus* in Mexico. The bacterium has been identified in sheep and goats from the Mexican highlands, Michoacán, Guanajuato and different municipalities of the State of Mexico. In cattle, the study of dairy cows from Puebla, Hidalgo, State of Mexico and Tabasco; showed seropositivity only in the last one. Seroprevalence in equines was studied in the municipalities Acambay, Jilotepec, Temascalcingo, Toluca, Villa del Carbón and Miguel Hidalgo delegation in the Mexico City; for a value of 1.32% for a total of 301 animals. The horses were in contact with ruminants, which presented values of 48% in cattle (n=25), 12.5% in goats (n=8) and 31.29% for sheep (n=94). The prevalence of antibodies against *C. abortus* in humans consider occupational risk groups from Xalatlaco farms, was for veterinary doctors 9.62% and 4.45% for farmers. Experimental evidence indicates the presence of *Chlamydia abortus* in humans and economically important livestock species in Mexico.

Index words: Enzootic abortion, livestock species, México.

INTRODUCCIÓN

El género *Chlamydia* está compuesto por bacterias Gram negativas, anaerobias, de multiplicación intracelular obligada, de gran importancia para la salud pública y salud y producción animal. Las especies del género se han asociado a diversas enfermedades, con capacidad de infectar un amplio rango de hospederos dentro de los que se encuentran aves y mamíferos incluido el hombre. El género incluye 12 especies: *C. trachomatis*, *C. muridarum*, *C. suis*, *C. psittaci*, *C. abortus*, *C. caviae*, *C. felis*, *C. pneumoniae*, *C. pecorum*, *C. avium*, *C. gallinacea*, *C. poikilothermis* y cuatro candidatos a especie: *C. ibidis*, *C. serpentis*, *C. corallus* y *C. sanzinia* (Longbottom y Coulter, 2003; Sachse *et al.*, 2015). Constituyen uno de los grupos de microorganismos más difundidos y prevalentes causantes de infecciones diversas, particularmente del tracto genital, respiratorio y ocular. Las especies *Chlamydia abortus* (*C. abortus*), *Chlamydia psittaci* (*C. psittaci*) y *Chlamydia pecorum* (*C. pecorum*) han sido unas de las más estudiadas debido a su capacidad de producir aborto en diversas especies animales y el hombre. *C. abortus* es responsable del aborto enzoótico ovino (AEO), una de las enfermedades que más afecta las unidades de producción ovinas y caprinas a nivel mundial. En los países del norte de Europa, el AEO es la causa más común del aborto, siendo en 1990 en el Reino Unido el origen del 45% de todos los abortos diagnosticados (Longbottom y Coulter, 2003).

Otros estudios realizados en 1993 estimaron que el 8.6% de los rebaños eran afectados por esta enfermedad (Leonard *et al.*, 1993), para un estimado de pérdidas anuales de 1.5 millones de ovejas. Los costos para la industria agrícola del Reino Unido, asociados a esta enfermedad, se encuentran entre los 20 millones de libras esterlinas al año (Milne *et al.*, 2009). El aborto enzoótico de las cabras es similar en severidad; sin embargo, su propagación e impacto económico están menos definidos debido a la falta de datos epidemiológicos. *C. abortus* se ha identificado como agente causal de episodios de abortos en bovinos y equinos (Longbottom y Coulter, 2003). En México el AEO, estaba hasta hace algunos años como una enfermedad exótica, actualmente se encuentra en el grupo 3 constituido por aquellas enfermedades y plagas que se consideran endémicas y de notificación mensual obligatoria (SAGARPA, 2016). Existen diversas evidencias de la presencia de esta bacterina en los rebaños, con afectaciones importantes en la producción. El presente trabajo tiene como objetivo exponer los estudios realizados en México que demuestran la presencia de *Chlamydia*s de importancia en la medicina veterinaria.

DESARROLLO

***Chlamydia*: Características generales, diagnóstico y vacunas comerciales**

El género *Chlamydia* incluye un grupo de bacterias anaerobias, Gram negativas, intracelulares obligadas, con un ciclo replicativo bifásico, caracterizado por una fase infecciosa extracelular, denominada cuerpo elemental (CE) y una fase intracelular, identificada como cuerpo reticular (CR). Los CE son estructuras esféricas de unos 0.2–0.3 μm de diámetro, antigénicas, no proliferativas, resistentes, con abundantes puentes de disulfuro entre los residuos de cisteínas y metionina de la proteína principal de la membrana externa (MOMP). El ADN se encuentra condensado y compacto por lo que no ocurre replicación celular (Beeckman *et al.*, 2014; Omsland *et al.*, 2014). Los CE son los responsables de llevar a cabo la adhesión, fusión e infección intracelular.

Los mecanismos descritos mediadores de la entrada de la bacteria a la célula hospedera proponen fagocitosis con participación de adhesinas y lípidos bacterianos en unión a receptores celulares, o la entrada mediada por endocitosis con formación de vesículas de clatrina (Beeckman *et al.*, 2014). Una vez dentro de la célula hospedera, se inhibe la fusión fago-lisosoma, con la formación de vacuolas de inclusión que contienen los CE, quedando protegida la bacteria de la acción de los macrófagos. El CE experimenta

diferenciación producto de un citoplasma menos electro denso, un aumento en la actividad transcripcional y producción de proteínas que participan en la formación del cuerpo reticular (CR). La bacteria emplea el ATP y aminoácidos de la célula hospedera, aumentando su actividad metabólica para adoptar la morfología de CR (Kuo *et al.*, 2011).

El CR es la forma intracelular, donde la bacteria presenta un metabolismo activo. Son estructuras que miden aproximadamente 1–2 μm de diámetro. No son antigénicas, poseen un menor número de enlaces por puentes de disulfuro entre sus proteínas de membrana, por lo que son lábiles y osmóticamente más permeables, lo que les permite obtener nutrientes del citoplasma de la célula. Realizan la multiplicación mediante fisión binaria, siendo en esta conformación menos denso el ADN de la bacteria lo que permite la replicación (Villegas *et al.*, 2008). Posteriormente ocurre una restructuración del CR, para adoptar la conformación infectiva de la bacteria (CE), la cual será liberada mediante lisis celular con la fusión de la membrana de la vacuola de inclusión clamidial con la membrana del hospedero, con participación de proteasas. Por otra parte, también se ha descrito que la liberación de los CE puede tener lugar a través de un mecanismo de extrusión, el cual consiste en un proceso lento de empaquetamiento de varios cuerpos clamidiales en vesículas provenientes de la inclusión para después ser liberadas envueltas en la membrana celular (Hybiske y Stephens, 2008).

El ciclo de multiplicación de la bacteria se puede detener en la fase de cuerpo reticular, denominándose entonces cuerpos persistentes, en este caso los cuerpos reticulares están más grandes y se dividen lentamente. Uno de los mecanismos que inducen un estado persistente es la presencia del interferón gama (INF- γ). Este estado crítico conlleva a la reducción en la expresión de antígenos, cambios de la morfología y la pérdida de la infectividad. Esta fase puede ser temporal y posteriormente continuarse el ciclo, considerándose a los cuerpos persistentes como una adaptación de la bacteria para evitar el sistema inmunológico, reducir una virulencia innecesaria o mantenerse viable en condiciones adversas (Villegas *et al.*, 2008).

Las principales especies de *Chlamydia* de importancia en producción ovina y caprina son *C. abortus*, *C. psittaci* y *C. pecorum*. Las patologías asociadas a la infección con *C. abortus* refieren daños en la placenta de hembras gestantes, con producción de aborto en el último tercio de gestación y en machos provoca infertilidad transitoria. Además, se ha relacionado a esta bacteria con otros padecimientos como epididimitis, neumonía, artritis y conjuntivitis (Borel *et al.*, 2018). *C. psittaci* tiende a causar aborto, problemas respiratorios, diarrea; así como, se ha aislado a partir de heces de animales asintomáticos; lo cual, sugiere que existe liberación asintomática del patógeno. Por otra parte, *C. pecorum* ha sido asociada con enteritis, mastitis, neumonía, encefalitis e infecciones intestinales inaparentes, problemas reproductivos (abortos, orquitis, vaginitis, endometritis e infertilidad) y en animales jóvenes causa poliartritis y queratoconjuntivitis (Walker *et al.*, 2015). *C. abortus* es la especie de mayor importancia en la producción pecuaria, al generar mayores pérdidas económicas en los rebaños en comparación con *C. psittaci* y *C. pecorum* (Reinhold *et al.*, 2011). También tiene importancia en salud pública por su reconocida potencia zoonótica, al igual que *C. psittaci*.

Las bacterias del género *Chlamydia* son consideradas parásitos intracelulares obligadas, por lo que deben ser aisladas y cultivadas en líneas celulares eucariotas. Para el diagnóstico se emplean pruebas moleculares como el PCR o serológicas como fijación del complemento, cultivos celulares con marcaje por inmunofluorescencia y ensayos de tipo ELISA. Las pruebas de PCR ha permitido la diferenciación entre las especies de Chlamydias con mayor especificidad en comparación con el resto de las técnicas de diagnóstico mencionadas previamente (Sachse *et al.*, 2009). Los sistemas de diagnóstico de tipo ELISA han mostrado reacciones cruzadas entre las especies de Chlamydias y otras bacterias Gram negativas, por lo que las investigaciones recientes se enfocan en la evaluación de diferentes antígenos que mejoren la especificidad de esta técnica, para la obtención de resultados más precisos (Rodolakis y Laroucau, 2015). Actualmente,

existen vacunas comercialmente disponibles para el control y prevención de *C. abortus*, empleadas principalmente en países de Europa. La vacuna Cevac *Chlamydophila abortus* atenuada, cepa 1B termosensible (Ceva Santé Animale, Francia), la vacuna OVILIS ENZOVAX, *Chlamydophila abortus*, viva atenuada, cepa 1B (MSD Animal Health, España) e INMEVA vacuna polivalente compuesta por la cepa A22 de *Chlamydia abortus* inactivada y *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar: *Abortus ovis* inactivada (HIPRA, España). Sin embargo; estas vacunas no confieren una protección completa en los rebaños y en su mayoría están formuladas por cepas vivas atenuadas lo cual implica el riesgo de reversión de la virulencia, que podría llegar a ocasionar daños asociados a manifestaciones de la enfermedad (Longbottom *et al.*, 2018).

Afectación a la producción de pequeños rumiantes en México

El primer reporte en México donde se asoció la producción de abortos en pequeños rumiantes con la infección por *Chlamydia psittaci* serotipo 1, actualmente renombrada como *C. abortus*, data de 1996, donde se recolectaron un total de 267 muestras de ovejas adultas provenientes de cinco zonas geográficas diferentes del altiplano. Las muestras se inocularon en células L-929 cultivadas en medio Iscove suplementado; y se realizó la identificación de las inclusiones intracitoplasmáticas características, mediante tinción de Giemsa e inmunofluorescencia indirecta. En este estudio el aislamiento en cultivos celulares fue exitoso en el 92.88% de los ensayos, siendo una alta incidencia que llevó a considerar seriamente el papel patógeno de *C. abortus* en México (Escalante-Ochoa *et al.*, 1996). Posteriormente en 1997 se aisló *C. abortus* a partir del estudio de 10 fetos obtenidos de cabras que abortaron durante el último tercio de gestación, en un rebaño de 35 animales. La necropsia de los fetos y el examen de las membranas fetales permitieron la observación de lesiones macroscópicas. Todos los sueros reaccionaron positivos en el estudio con anticuerpos anti-*Chlamydia* mediante prueba de inmunofluorescencia indirecta (Escalante-Ochoa *et al.*, 1997). En el 2005 se aisló la bacteria a partir de muestras de heces, fetos abortados y cabritos de cinco días de edad, provenientes del estado de Michoacán (Lazcano *et al.*, 2005; Lazcano, 2006).

En el 2008 se determinó la prevalencia de anticuerpos IgG anti-*Chlamydophila abortus* mediante ensayo ELISA (*C. abortus* ELISA, Institute Pourquier, Montpellier, Francia) y la identificación molecular de *C. abortus* mediante PCR en ovejas con antecedentes clínicos de aborto. El estudio se realizó con muestras aleatoria de ovejas, para un total de 349 sueros e hisopados vaginales. La recolección de las muestras se realizó en 35 rebaños de ovejas de Xalatlaco. La tasa de seropositivos fue del 31.1% (14/45) para las ovejas sanas y del 21.3% (65/304) en ovejas con antecedentes clínicos de aborto. En hisopos vaginales, la PCR mostró 0% (0/45) de prevalencia para animales sanos y 0.65% (2/304) en los animales con historial de aborto. Las muestras de pulmón e hígado del feto de uno de estos animales también fueron positivas para *C. abortus*. Los resultados confirmaron que la infección por *C. abortus* es común y se encuentra afectando los rebaños de ovejas en el altiplano mexicano (Jiménez-Estrada *et al.*, 2008).

En el municipio de Almoloya de Juárez, del estado de México se identificó la presencia de *C. abortus* en un aborto ovino, proveniente de una granja con historial de abortos. La identificación se realizó mediante inmunofluorescencia directa con el producto comercial *Chlamydia Direct Test* (PROGEN Biotechnik, Heidelberg, Alemania) que consta de anticuerpos monoclonales que reconocen lipopolisacáridos de la membrana de la bacteria, cuerpos elementales, cuerpos reticulares y formas intermedias del ciclo de vida de este patógeno. El marcaje con anticuerpos se realizó en improntas de placenta, cotiledones, hígado, bazo, pulmón, corazón y cordón umbilical del feto. La confirmación de *C. abortus* se realizó mediante amplificación de un segmento de 912 pares de bases del gen de la proteína de membrana externa polimórfica, POMP 90-91-B (Soriano-Vargas *et al.*, 2011). Adicionalmente, en 2013 un estudio enfocado a la identificación de anticuerpos contra *C. abortus* en rumiantes silvestres en cautiverio, evidenció la presencia de anticuerpos en diferentes especies (Manjarrez-Pompa, 2013).

La seroprevalencia y presencia de *C. abortus* se evaluó en granjas comerciales de cabras lecheras en producción intensiva en Guanajuato, México. Las muestras de sueros recolectadas se emplearon para la determinación de anticuerpos IgG anti-*C. abortus* utilizando un ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas recombinantes (rELISA) y cultivo celular. En este estudio también se empleó la técnica de PCR para demostrar la presencia del patógeno en muestras de hisopos recolectadas de la vagina y el recto de animales seleccionados. Además, se recolectaron muestras de tejido fetal de un aborto repentino, donde *C. abortus* se detectó en tejido de bazo mediante PCR. La seroprevalencia de *C. abortus* en cabras hembras de granjas lecheras fue de 4.87% (12/246) en el total de muestras evaluadas. Aunque el porcentaje no fue elevado, es importante resaltar que se encontraron animales seropositivos en seis de nueve granjas de cabras lecheras muestreadas, para un 66.6%, y la prevalencia entre los animales en granjas individuales osciló entre 3.44% y 13.51% (Campos-Hernández *et al.*, 2014).

No se aisló la bacteria en cultivos celulares, así como tampoco se detectó mediante PCR, resultados que los autores sugieren pudieron deberse a que los animales evaluados se encontraban en etapa media de la gestión, siendo la final la más favorable para el aislamiento de la bacteria. Sin embargo, el estudio serológico mostró en más del 50 % de las granjas evaluadas, animales con anticuerpos contra *C. abortus*, lo que brinda información acerca de la circulación de la bacteria en rebaños de cabras. Estos resultados son relevantes ya que *C. abortus* es un patógeno que afecta la eficiencia en la producción de lácteos en granjas de cabras y puede tener un impacto en la reducción de la producción de leche y obtención de animales por año. En 2015 se continuó con los estudios de la región de Guanajuato, con el muestreo de rebaños de cabras lecheras con problemas de aborto. Se tomaron muestras de suero e hisopos vaginales de seis rebaños caprinos, para la detección de *C. abortus* mediante aislamiento en cultivos celulares, pruebas serológicas de tipo ELISA y prueba molecular de tipo PCR. En cultivo celular se aisló *Chlamydia* spp. en 34 de 126 animales muestreados, para un 26.98%, mientras que la identificación por PCR a partir del ADN aislado de muestras vaginales dio como resultado un 23.8%, correspondiente a 30 animales positivos de 126 evaluados. Por su parte el serodiagnóstico mediante ensayo de tipo ELISA mostró que el 9.60% de los animales presentaron anticuerpos contra *C. abortus*. Los tres métodos diagnósticos probados resultaron complementarios y de gran valor para su aplicación en la evaluación de muestras provenientes de zonas donde se sospecha que *Chlamydia* está causando abortos. En el trabajo se demostró que este patógeno está presente en unidades de producción de leche en México, por lo que las autoridades sanitarias veterinarias deben establecer los procedimientos sanitarios apropiados para evitar la propagación de la enfermedad y el contagio a humanos (Mora-Díaz *et al.*, 2015).

Estudios recientes evaluaron la presencia de *C. abortus* en rebaños ovinos del Estado de México utilizando pruebas de aislamiento bacteriológico y reacción en cadena de la polimerasa. Se muestrearon 16 unidades de producción ovina con historial de aborto, en 8 municipios del Estado de México, con la recolección de 263 muestras de hisopos vaginales y 18 de órganos provenientes de abortos. Se obtuvo un 68.44% (180/263) de muestras positivas a *Chlamydia* spp. mediante aislamiento en cultivo celular. De estas el 9.44% (17/180) fueron identificadas como *C. abortus* a través de la prueba de PCR específica. La prevalencia de *C. abortus* fue de un 6.46% (17/263) del total de muestras obtenidas. El trabajo logró evidenciar la presencia de *Chlamydia* spp. en el 68.44% de las muestras obtenidas en animales de rebaños con historial de abortos; sin embargo, el bajo porcentaje de muestras positivas a *C. abortus* (9.44%) muestra que probablemente otras especies de *Chlamydia* spp. podrían estar relacionadas con abortos en rebaños ovinos en el Estado de México (De Jesús-Aldama, 2018).

***Chlamydia abortus* en bovinos y equinos en México**

Existen reportes que demuestran la capacidad de *Chlamydia abortus* de afectar al ganado bovino y equino, con la producción de abortos (Longbottom y Coulter, 2003). En bovinos se ha comprobado que *C. abortus*

causa diversas enfermedades como epididimitis, orquitis, vesiculitis, neumonía, conjuntivitis, enteritis, poliartritis y encefalitis. También ocasiona problemas reproductivos asociados a endometritis, cambios en la duración del período abierto, vaginitis y mastitis. Es considerada el agente etiológico del aborto epizootico bovino en vacas lecheras. Los animales pueden infectarse en cualquier época del año, especialmente a través de la ingestión de cuerpos elementales de feto abortados, placentas y secreción uterina de animales infectados que contaminan el agua o alimento. Las vacas infectadas son portadoras latentes hasta el próximo período de gestación donde los riesgos de aborto son altos, y permanecen siendo portadores el resto de su vida productiva. La prevalencia de *C. abortus* en vacas lecheras de México, se analizó a partir de un total de 217 sueros provenientes de cuatro estados mexicanos: 50 de Puebla, 65 de Hidalgo, 102 del Estado de México y 45 de Tabasco.

La presencia de anticuerpos anti *C. abortus* se realizó mediante el empleo del kit comercial ELISA ID Screen® *Chlamydomphila abortus* Indirect MS MultiSpecies (Montpellier, France) que utiliza un péptido sintético de la proteína MOMP, y permite la diferenciación con *C. pecorum*. Solo dos sueros del Estado de México mostraron valores por encima del valor de corte (90.21 y 63.21) y se consideraron positivos a *C. abortus*. La seroprevalencia total fue del 0.73%, y de manera particular los estados de Puebla, Hidalgo y Tabasco presentaron un 0%, mientras que el Estado de México un 1.9%. El estudio demostró que en el ganado lechero bovino del Estado de México ha existido la presencia del microorganismo, aunque con una prevalencia baja (Praga-Ayala *et al.*, 2014). Los resultados sugieren la necesidad de establecer un monitoreo en estas poblaciones ganaderas y alertar al personal que trabaja directamente en estas instalaciones.

En equinos el aborto provocado por infección con *Chlamydia* es considerado poco común; sin embargo, existen reportes que evidencia la presencia de la bacteria en casos de abortos, conjuntivitis y enfermedades respiratorias. En México un estudio realizado en 301 equinos provenientes de los municipios de Acambay, Jilotepec, Temascalcingo, Toluca, Villa del Carbón y la delegación Miguel Hidalgo en el Distrito Federal (hoy Ciudad de México), detectó una prevalencia de anticuerpos en un 1.32% del total de animales evaluados. Los equinos se encontraban en contacto con diferentes tipos de rumiantes, los cuales fueron evaluados, presentando valores de seropositividad de 48% en bovinos (n=25), 12.5% en cabras (n=8) y 31.29% para ovejas (n=94). El 75% de los equinos seropositivos se encontraron en granjas con ovinos positivos a *C. abortus* (Rubio-Navarrete *et al.*, 2017). Estos resultados indican que existe la presencia de *C. abortus* en caballos de México y que puede estar relacionada con la infección por *C. abortus* de otros hospederos, que se encuentren en unidades de producción con animales de diversas especies; particularmente pequeños rumiantes, hospederos naturales de *C. abortus*.

Importancia zoonótica

La importancia zoonótica de *C. abortus* tiene mayor implicación en el personal dedicado al manejo de animales susceptibles a la infección. Un estudio de la prevalencia de anticuerpos contra *C. abortus* fue realizado en personas consideradas grupos de riesgo laboral, asociadas a unidades de producción de Xalatlaco, México. El trabajo incluyó dos grupos de personas expuestas, el grupo A compuesto por 86 propietarios de rebaños y trabajadores; y el grupo B constituido por 52 profesionales de medicina veterinaria. Los títulos de anticuerpos se determinaron mediante rELISA y se aplicó un cuestionario a los participantes para establecer los factores de riesgo (género, actividad profesional u ocupacional, y nivel educativo). La prevalencia de anticuerpos contra *C. abortus* en productores y profesionistas fue de 6.52% (IC95% 3.02-12.01%). Por grupo de riesgo la prevalencia en productores fue de 4.45% (IC95% 1.28-11.48) y en profesionistas 9.62% (IC95% 3.19-21.02), en mujeres 5.07% (IC95% 1.99-11.29) y 1.44% en hombres; sin mostrar diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$).

Las personas incluidas en el estudio mostraron patrones similares en cuanto a los niveles de exposición de acuerdo con las actividades en la cría y explotación de ovinos. La estimación de los posibles factores de

riesgo derivados de las actividades de la ovinocultura en el Municipio de Xalatlaco, Estado de México y su asociación con la reacción positiva a anticuerpos contra *C. abortus*, solo se pudo establecer con la actividad ocupacional o profesional y el género de los participantes. Sin embargo, ninguno mostró diferencias estadísticas significativa ($p>0.05$). La frecuencia cruda estimada fue de 6.52%; observándose mayor proporción de afectados en el grupo de médicos veterinarios para un 9.62%, respecto al grupo de productores con un 4.45%; siendo las mujeres más afectadas. Los resultados obtenidos muestran una baja prevalencia de anticuerpos; sin embargo, fue importante reconocer la frecuencia de personas seropositivas, lo que sugiere que la bacteria está presente en los ovinos y en algún momento los humanos estuvieron en contacto con el agente infeccioso (Barbosa–Mireles *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

Las evidencias indican la presencia de *Chlamydia* en diferentes especies de ganado de interés económico en México, incluso la detección de anticuerpos anti-*C. abortus* en el personal asociado a la actividad pecuaria. Por lo tanto, es de suma importancia establecer medidas de control y manejo adecuado en las unidades de producción, sobre todo si existen antecedentes de abortos. En hatos y rebaños donde la tasa de aborto es alta, debe considerarse a *C. abortus* como agente primario, especialmente donde *Brucella abortus* ha sido erradicada.

LITERATURA CITADA

- Barbosa-Mireles, M., F. Salazar-García, P. Fernández-Rosas y R. Montes de Oca. 2013. Detección de anticuerpos serológicos contra *Chlamydomphila abortus* en dos grupos de personas expuestas a riesgo en explotaciones ovinas en Xalatlaco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 16:483-486.
- Beeckman, D.S., L. De Puyseleir, K. De Puyseleir y D. Vanrompay. 2014. Chlamydial biology and its associated virulence blockers. *Critical Reviews in Microbiology* 40(4): 313–328.
- Borel, N., A. Polkinghorne y A. Pospischil. 2018. A Review on Chlamydial Diseases in Animals: Still a Challenge for Pathologists?. *Veterinary Pathology* 55: 374–390.
- Campos-Hernández, E., J.C. Vázquez-Chagoyán, A.Z.M. Salem, J.A. Saltijeral-Oaxaca, C. Escalante-Ochoa, S.M. López-Heydeck y R. Montes de Oca-Jiménez. 2014. Prevalence and molecular identification of *Chlamydia abortus* in commercial dairy goat farms in a hot region in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 46(6): 919–924.
- De Jesús Aldama, F. 2019. Aislamiento e identificación molecular de *Chlamydia abortus* en ovinos del Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. México.
- Escalante-Ochoa, C., A. Rivera-Flores, F. Trigo-Tavera y J. Romero-Martínez. 1996. Detection of *Chlamydia psittaci* in enteric subclinical infections in adult sheep, through cell culture isolation. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 38(1):17–23.
- Escalante-Ochoa, C., E. Diaz-Aparicio, C. Segundo-Zaragoza y F. Suarez-Guemes. 1997. Isolation of *Chlamydia psittaci* involved in abortion of goats in Mexico: first report. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 39(3-4):117-121.
- Hybiske K. y R.S. Stephens. 2008. Mechanisms of host cell exit by the intracellular bacterium *Chlamydia*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(27): 11430–11435.
- Jiménez-Estrada, J.M., M.R. Escobedo-Guerra, G. Arteaga-Troncoso, M. López-Hurtado, M.D.J. De Haro-Cruz, R. Montes de Oca Jiménez y F.M. Guerra-Infante. 2008. Detection of *Chlamydomphila abortus* in sheep (Ovisaries) in Mexico. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* 3(4): 91–95.
- Kuo, C.C., R.S. Stephens, P.M. Bavoil y B. Kaltenboeck. 2011. Genus I. *Chlamydia* Jones. Bergey's manual of systematic bacteriology. 2nd. Ed. 846–865p.

- Lazcano, A.C., O.C. Escalante, W.A. Ducöing y A. Trejo. 2005. Inmunodetección de *Chlamydophila abortus* en caprinos de Ecuandureo, Michoacán, México, mediante prueba de ELISA. XLI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Cuernavaca, Morelos, México. INIFAP, SAGARPA.
- Lazcano, A.C. 2006. Detección de *Chlamydophila* spp. en rebaños caprinos del estado de Michoacán mediante técnica inmunodiagnóstica ELISA y aislamiento bacteriológico. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, DF, México.
- Leonard, C., G.L. Caldow y G.J. Gunn. 1993. An estimate of the prevalence of enzootic abortion of ewes in Scotland. *Vet Record* 133(8): 180–183.
- Longbottom, D. y L.J. Coulter. 2003. Animal chlamydioses and zoonotic implications. *Journal of Comparative Pathology* 3(128): 217–244.
- Longbottom, D., M. Sait y M. Livingstone. 2018. Genomic evidence that the live *Chlamydia abortus* vaccine strain 1B is not attenuated and has the potential to cause disease. *Vaccine* 36: 3593–3598.
- Manjarrez-Pompa, J. 2013. Presencia de anticuerpos frente a *Chlamydophila abortus* en rumiantes silvestres en cautiverio, en unidades de manejo, conservación e investigación del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. México.
- Milne, C.E., G.J., Gunn, G. Entrican y D. Longbottom. 2009. Epidemiological modelling of chlamydial abortion in sheep flocks. *Veterinary Microbiology* 135(1–2):128–133.
- Mora-Díaz, J.C., E. Díaz-Aparicio, E. Herrera-López, F. Suarez-Güemes, C. Escalante-Ochoa, S. Jaimes-Villareal y B. Arellano-Reynoso. 2015. Aislamiento de *Chlamydia abortus* en rebaños caprinos lecheros y su relación con casos de aborto en Guanajuato, México. *Veterinaria México* 2(1): 11.
- Omsland, A., B.S. Sixt, M. Horn y T. Hackstadt. 2014. Chlamydial metabolism revisited: Interspecies metabolic variability and developmental stage-specific physiologic activities. *FEMS Microbiology Reviews* 38(4): 779–801.
- Praga-Ayala, A.R., R. Montes de Oca-Jiménez, C. Ortega-Santana, A. Z. M. Salem, V. Cubillos-Godoy, P. Fernández-Rosas y H.G. Monroy-Salazar. 2014. Low seroprevalence of *Chlamydia abortus* in dairy cows of hot environment in southern of. *Life Science Journal*, 1045.
- Reinhold, P., K. Sachse y B. Kaltenboeck. 2011. Chlamydiaceae in cattle: Commensals, trigger organisms, or pathogens? *Veterinary Journal* 189: 257–267.
- Rodolakis, A. y K. Laroucau, 2015. Chlamydiaceae and chlamydial infections in sheep or goats. *Veterinary Microbiology* 181: 107-118.
- Rubio-Navarrete, I., R. Montes-de-Oca-Jiménez, P. Acosta-Dibarrat, H.G. Monroy-Salazar, V. Morales-Erasto, P. Fernández-Rosas, M.M.M.Y. Elghandour y E.N. Odongo. 2017. Prevalence of *Chlamydia abortus* Antibodies in Horses from the Northern State of Mexico and its Relationship with Domestic Animals, *Journal of Equine Veterinary Science* 56: 110-113.
- Sachse, K., P.M. Bavoil, B. Kaltenboeck, R.S. Stephens, C.C. Kuo, R. Rosselló-Móra y M. Horn. 2015. Emendation of the family Chlamydiaceae: Proposal of a single genus, *Chlamydia*, to include all currently recognized species. *Systematic and Applied Microbiology* 38: 99–103.
- Sachse, K., E. Vretou, M. Livingstone, N. Borel, A. Pospischil y D. Longbottom. 2009. Recent developments in the laboratory diagnosis of chlamydial infections. *Veterinary Microbiology* 135(1–2): 2–21.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Acuerdo mediante el cual se dan a conocer en los Estados Unidos Mexicanos las enfermedades y plagas exóticas y endémicas de notificación obligatoria de los animales terrestres y acuáticos. 13.
- Soriano-Vargas, E., J.M. Jiménez-Estrada, S. Salgado-Miranda, M. López-Hurtado, M.R. Escobedo-Guerra y F.M. Guerra-Infante. 2011. Identificación de *Chlamydophila abortus* en un aborto ovino en Almoloya de Juárez, México. *Revista Electrónica de Veterinaria* 12(11): 1–6.
- Villegas, E., A. Sorlózano, A. Camacho y J. Gutiérrez. 2008. *Chlamydophila pneumoniae*: From proteomics to arteriosclerosis. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* 26(10): 627–635.

Walker, E., E.J. Lee y P. Timms. 2015. *Chlamydia pecorum* infections in sheep and cattle: A common and under-recognised infectious disease with significant impact on animal health. *Veterinary Journal* 206: 252–260.