

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



PREVALENCIA Y FACTORES ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR
ANAPLASMA SPP. EN BOVINOS DE DOS UNIDADES DE PRODUCCIÓN
EN REFORMA, CHIAPAS, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTAN:

MIGUEL ABAD IZQUIERDO
AGUSTÍN MÉNDEZ MORELOS

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DR. OSWALDO MARGARITO TORRES CHABLÉ

EN CODIRECCIÓN:

DRA. CLAUDIA VIRGINIA ZARAGOZA VERA

VILLAHERMOSA, TABASCO, OCTUBRE DE 2025.

Declaración de Autoría y Originalidad.

En la ciudad de Villahermosa, Tabasco, el día 7 de octubre del año 2025, los que suscriben Miguel Abad Izquierdo y Agustín Méndez Morelos alumnos del Programa Educativo de Medicina Veterinaria y Zootecnia con número de matrícula 191C24043 y 191C24035 adscritos a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autores de la Tesis titulada “Prevalencia y factores asociados a la infección por *Anaplasma* spp. en bovinos de dos unidades de producción en Reforma, Chiapas, México”, la cual fue presentada para la obtención del grado de Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia y realizada bajo la dirección del Dr. Oswaldo Margarito Torres Chablé y la Dra. Claudia Virginia Zaragoza Vera, DECLARAMOS QUE: La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita. Del mismo modo, asumimos frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a 27 de agosto de 2025.

MIGUEL ABAD.

C. Miguel Abad Izquierdo

C. Agustín Méndez Morelos



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División
Académica de
Ciencias
Agropecuarias



2025
AÑO DE LA
Mujer
Indígena

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

Asunto: Autorización de impresión
de Trabajo Recepcional.

Fecha: 29 de septiembre de 2025.

**LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y
TITULACIÓN DE LA UJAT.
P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), le informo que, con base en el artículo 113 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza** al **C. Miguel Abad Izquierdo**, con matrícula **191C24043**, egresado(a) de la Licenciatura de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, **la impresión de su Trabajo Recepcional** bajo la modalidad de **Tesis**, titulado: **PREVALENCIA Y FACTORES ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR ANAPLASMA SPP. EN BOVINOS DE DOS UNIDADES DE PRODUCCIÓN EN REFORMA, CHIAPAS, MÉXICO.**

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**M.V.Z. JORGE ALFREDO THOMAS TELLEZ
DIRECTOR**



U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

C.c.p.- Archivo

Carretera Villahermosa – Teapa Km. 25
R/A La Huasteca 2da Sección
Villahermosa, Tabasco. México. C.P. 86298
Tel. (+52 993) 3581500 ext. 6614
Correo electrónico: terminales.daca@ujat.mx



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División
Académica de
Ciencias
Agropecuarias



2025
AÑO DE LA
Mujer
Indígena

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

Asunto: Autorización de impresión
de Trabajo Recepcional.

Fecha: 29 de septiembre de 2025.

LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y
TITULACIÓN DE LA UJAT.
PRESENTE

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), le informo que, con base en el artículo 113 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza al C. Agustín Méndez Morelos**, con matrícula **191C24035**, egresado(a) de la Licenciatura de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, **la impresión de su Trabajo Recepcional** bajo la modalidad de **Tesis**, titulado: **PREVALENCIA Y FACTORES ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR ANAPLASMA SPP. EN BOVINOS DE DOS UNIDADES DE PRODUCCIÓN EN REFORMA, CHIAPAS, MÉXICO.**

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

M.V.Z. JORGE ALFREDO THOMAS TELLEZ
DIRECTOR

U.J.A.T.



DIVISION ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

C.c.p. - Archivo

Carretera Villahermosa – Teapa Km. 25
R/A La Huasteca 2da Sección
Villahermosa, Tabasco. México. C.P. 86298
Tel. (+52 993) 3581500 ext. 6614
Correo electrónico: terminales.daca@ujat.mx

Carta de Cesión de Derechos.

Villahermosa, Tabasco a 7 de octubre de 2025. Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada Prevalencia y factores asociados a la infección por *Anaplasma* spp. en bovinos de dos unidades de producción en Reforma, Chiapas, México. Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES

Egresado. Miguel Abad Izquierdo.

Egresado. Agustín Méndez Morelos.

Director. Dr. Oswaldo Margarito Torres Chablé.

Codirectora. Dra. Claudia Virginia Zaragoza Vera.

TESTIGOS



Guadalupe Arjona Jiménez



Maritza Zaragoza Vera

Dedicatorias.

A mis padres el Sr. Abelardo Abad Rodríguez y la Sra. Vanessa Izquierdo Alvarado, por su gran esfuerzo y sacrificio, quienes fueron el pilar más importante para mí, pues sin ellos no lo hubiera logrado.

A mí novia Esmeralda Reyes Cortéz, por todo su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera.

C. Miguel Abad Izquierdo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Dedicatorias.

A mis amigos que con sus palabras me motivaban. Osvaldo, Sergio, Suri, Cielo, Ing. Abelardo.

A mis mentoras que con paciencia me apoyaron en mi desarrollo profesional, Médicas Veterinarias; Erica Preciado y Martita.

A mis compañeros de licenciatura, Eduardo Vargas, Miguel Abad y Paula Yanes, les agradezco su apoyo y tiempo compartido.

A mi fiel compañero, tu amor y lealtad me acompañarán siempre. Aunque ya no estés a mi lado, la huella de tus patas vivirá imborrablemente en mi corazón, y en el recuerdo de cada momento compartido. Por ti Jack.

A mis hermanos Luis, América e Ileana gracias por enseñarme a salir adelante, por su paciencia, por preocuparse por su hermano menor, gracias por compartir sus vidas, pero sobre todo, gracias por estar en otro momento tan importante en mi vida. Los amo.

A mi valiente Madre, por ser quien me ha ayudado a crecer, gracias por estar conmigo en todo momento, gracias por el amor que me das, por tus cuidados en el tiempo que hemos vivido juntos, por los regaños que merecía, y que no entendía. Te amo con todo mi corazón, y esta tesis es mi modesta forma de agradecerte por todo lo que has hecho por mí.

En memoria a mi amado Padre, quiero dedicarte y expresarte mi gratitud eterna por tu amor incondicional, tu apoyo constante y darme confianza para alcanzar mis metas. A pesar de tu partida, siempre serás mi inspiración y motivación. Tu recuerdo y sabiduría seguirán guiando mis pasos. Gracias, papá, por creer en mí, este logro es en tu honor, y a todo lo que representas en nuestra familia.

C. Agustín Méndez Morelos.

Agradecimientos.

A Dios por guiarme y darme fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su gran esfuerzo, sacrificio y estímulo constante a lo largo de mis estudios.

Al Dr. Oswaldo y la Dra. Claudia por confiar en mí y por su gran apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

C. Miguel Abad Izquierdo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Agradecimientos.

Agradezco a los productores que nos dieron la oportunidad y confianza para el manejo de su ganado para llevar a cabo esta Tesis y a las personas que en ella laboran, especialmente y dedicado al Sr. Manuel Torres Olán.

Agradezco al Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vector DACA-UJAT por permitirnos los equipos necesarios para la evaluación de las muestras. Por los consejos y experiencia compartida en el Laboratorio le agradezco a la MVZ Martha Carolina.

A mi asesora, la Dra. Claudia Virginia Zaragoza Vera por siempre exigimos ser mejores. Este proceso no habría sido fácil sin su apoyo, con cariño y respeto.

A mi asesor y amigo, el Dr. Oswaldo Margarito Torres Chablé que sin dudarlo me aceptó desde el día uno en SIP, gracias a su profesionalismo y por ser un gran ser humano, me brindó la confianza, enseñanzas, experiencias y me supo guiar en este gremio.

Por último, te agradezco Dios por siempre guiarme con sabiduría, fortaleza y en la superación personal. Mi corazón está lleno de gratitud por tu amor inagotable y por cada bendición, que me ha permitido alcanzar este logro.

C. Agustín Méndez Morelos.

Principios bioéticos.

El presente estudio forma parte de un proyecto de investigación titulado “Identificación molecular de hemoparásitos en ganado bovino criado en el sureste de México”, este proyecto fue registrado en la Secretaría de Investigación Posgrado y Vinculación de esta casa de estudios. Cabe mencionar que durante la fase de registro los proyectos son evaluados en base a su viabilidad, congruencia, metodología empleada y principios bioéticos. No obstante, declaramos que los animales muestreados en este estudio, así como las muestras biológicas y residuos, fueron tratados y manejados de acuerdo con las regulaciones federales en México (NOM-046-ZOO-1995, NOM-087-ECOL-SSA1-2002), y siguiendo las recomendaciones emitidas por los asesores principales y el comité revisor de tesis.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
2.1. Género <i>Anaplasma</i>	19
2.2. Descripción taxonómica.....	19
2.3. Características microbiológicas.....	20
2.4. Especies de <i>Anaplasma</i> que infectan a los bovinos.....	21
2.4.1. <i>Anaplasma marginale</i>	21
2.4.2. <i>Anaplasma centrale</i>	23
2.4.3. <i>Anaplasma bovis</i>	24
2.4.4. <i>Anaplasma phagocytophilum</i>	25
2.4.5. <i>Anaplasma ovis</i>	25
2.5. Técnicas para la identificación de <i>Anaplasma</i> spp.....	26
2.6. Frotis sanguíneo.....	27
2.7. Reacción en Cadena de la Polimerasa.....	28
2.8. Planteamiento del problema.....	29
3. JUSTIFICACIÓN.....	30
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	31
5. HIPÓTESIS.....	32
6. OBJETIVOS.....	33
6.1. Objetivo general.....	33
6.2. Objetivos específicos.....	33

7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
7.1. Área de estudio.....	34
7.2. Tipo de estudio.....	36
7.3. Variables de los animales que serán evaluadas.....	36
7.4. Colección de la muestra de sangre en los bovinos.....	37
7.5. Extracción de ADN genómico a partir de sangre de bovinos.....	37
7.6. Reacción de PCR para identificar ADN de <i>Anaplasma</i> spp.....	38
7.7. Análisis estadístico.....	39
8. RESULTADOS.....	41
9. DISCUSIÓN.....	44
10. CONCLUSIONES.....	48
11. REFERENCIAS CITADAS.....	49

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1.- Cebadores específicos para la identificación de las especies de <i>Anaplasma</i> que infectan al ganado bovino.	40
Cuadro 2. Evaluación de factores asociados a la infección por <i>A. marginale</i> en la UPP San Miguel.	42
Cuadro 3.- Evaluación de factores asociados a la infección por <i>A. marginale</i> en la UPP Cactus.	43

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.- Mapa de Reforma, Chiapas y sus localidades, en donde se aprecia la ubicación de las localidades San Miguel 1 ^{ra} . y 2 ^{da} . sección.	34
---	----

PREVALENCIA Y FACTORES ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR ANAPLASMA SPP. EN BOVINOS DE DOS UNIDADES DE PRODUCCIÓN EN REFORMA, CHIAPAS, MÉXICO.

RESUMEN

Se realizó un estudio observacional de tipo transversal y analítico para detectar la presencia de *Anaplasma* spp., y determinar los factores asociados a las infecciones causadas por estos microorganismos en bovinos de unidades de producción (UPP) de Reforma, Chiapas. La UPP 1 cuenta con 102 bovinos Brahman, es un terreno inundable y la alimentación es basada en pastoreo. La UPP 2 cuenta con 43 bovinos de raza Brahman, es una zona no inundable con alimentación basada en pastoreo. Se recolectaron datos como la edad, condición corporal y etapa fisiológica de los animales. Se obtuvieron muestras de sangre con anticoagulante y se extrajo ADN mediante la técnica de sales. Posteriormente, se realizó la detección molecular mediante la técnica de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) empleando cebadores para *A. marginale*, *A. centrale* y *A. bovis*. Se determinó la prevalencia general, y las variables colectadas fueron sujetas a un análisis de regresión logística binomial para identificar su posible asociación con la infección de *Anaplasma* spp. El análisis se realizó en el programa estadístico IBM SPSS versión 22, se obtuvieron los Odds Ratio e intervalos de confianza de cada variable, y se consideraron significativos cuando se obtuvo un valor de $P < 0.05$. Se registraron prevalencias de 93% de *A. marginale* en ambas UPP. No se registró evidencia molecular de las especies *centrale* y *bovis*. La detección de factores asociados a las infecciones no pudo ser determinada ya que el porcentaje de infección fue cercano al 100%.

PALABRAS CLAVES

Hemoparásitos, Anaplasmosis, *Anaplasma marginale*, *Anaplasma centrale*.

SUMMARY

A cross-sectional, observational, and analytical study was conducted to detect the presence of *Anaplasma spp.* and determine the factors associated with infections caused by these microorganisms in cattle from farms (UPP) in Reforma, Chiapas. The UPP 1 has 102 Brahman cattle, is located on flood-prone land and feeding is based on grazing. UPP 2 has 43 Brahman cattle, is located on non-flood-prone land, and feeding is also based on grazing. Data on the age, body condition, and physiological stage of the animals were collected. Blood samples were obtained with anticoagulant, and DNA was extracted using the salting-out technique. Molecular detection was then performed using PCR (Polymerase Chain Reaction) using primers for *A. marginale*, *A. centrale*, and *A. bovis*. The overall prevalence was determined, and the collected variables were subjected to binomial logistic regression analysis to identify their possible association with *Anaplasma spp.* infection. The analysis was performed using IBM SPSS version 22. Odds ratios and confidence intervals were obtained for each variable, and P values <0.05 were considered significant. A prevalence of 93% of *A. marginale* was recorded in both farms. No molecular evidence of the *centrale* and *bovis* species was recorded. The detection of factors associated with the infections could not be determined since the infection rate was close to 100%.

KEYWORDS

Hemoparasites, Anaplasmosis, *Anaplasma marginale*, *Anaplasma centrale*.

1. INTRODUCCIÓN.

Existen entre los bovinos domésticos y salvajes enfermedades causadas por bacterias gramnegativas intracelulares transmitidas por garrapatas. Entre estas bacterias se encuentran las del género *Anaplasma* (Ait Hamou *et al.*, 2012). En México, solo se han encontrado en la literatura casos reportados de *Anaplasma marginale* (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2004; Bilgiç *et al.* 2013). Aunque existen otras especies como *A. centrale*, *A. bovis* y *A. phagocytophilum* las cuales han sido reportadas en otras partes del mundo (Ait Hamou *et al.*, 2012).

Las bacterias del género *Anaplasma* generalmente infectan a células sanguíneas, causando lisis de la célula hospedadora. Los signos característicos de anaplasmosis bovina son fiebre, anorexia, anemia, depresión, ictericia y en ocasiones la muerte. Además, son evidentes la disminución de la producción de leche y pérdida de peso (Jabbar *et al.*, 2015; Jaswal *et al.*, 2015). Ocasionalmente, la signología y gravedad de las infecciones de *Anaplasma* spp es variable debido a factores como el estado nutricional, el manejo sanitario del hato, y la presencia de otras posibles infecciones concomitantes o mixtas que puedan coexistir en un mismo animal (por ejemplo, babesiosis, parasitosis gastrointestinales, fasciolosis, etc.) (Hove *et al.*, 2018; Ferreira *et al.*, 2022), lo cual generalmente conduce a agravar el cuadro clínico y diversifica la signología presentada (Adjou-Moumouni *et al.*, 2015).

Las garrapatas, consideradas vectores de anaplasmosis pertenecen a la familia *Ixodidae* y principalmente a los géneros *Dermacentor* y *Rhipicephalus*. De este último, el subgénero *Boophilus* (*B. annulatus*, *B. microplus* y *B. decoloratus*), es el

mayormente identificado como vector del patógeno (Amorim *et al.*, 2014) y, al igual que el vector, se consideran con una distribución mundial (Bilgiç *et al.*, 2013; Jabbar *et al.*, 2015).

En México, la ganadería bovina es una actividad productiva de importancia para el desarrollo económico. Sin embargo, las condiciones geográficas y climatológicas de la mayor parte del territorio del país lo hacen propicio para la proliferación de garrapatas (INEGI, 2017; SIAP, 2019). Lo anterior condujo en el pasado a generar diversas campañas para controlar a las garrapatas y sus infecciones en ganado bovino de México, aunque sus resultados fueron dispersos y la erradicación de los principales géneros que afectan al ganado no fue posible (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014; Iriso-Calle *et al.*, 2017; Showler *et al.*, 2021). Actualmente, muchas enfermedades transmitidas por garrapatas son consideradas reemergentes debido a los daños que ocasionan a los animales, el impacto en la economía y rentabilidad de la producción ganadera, así como el riesgo de producir zoonosis (Lee *et al.*, 2017; Gubler, 2010).

La detección de los agentes etiológicos de *Anaplasma* spp. mediante técnicas moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) ha contribuido significativamente a mejorar el diagnóstico de estas infecciones comparada con técnicas serológicas o hematológicas. Así también, la PCR ha contribuido a la identificación de infecciones subclínicas de *Anaplasma* spp. en diversos hospederos (Mosqueda-Gualito *et al.*, 2012; Amorim *et al.*, 2014; Battilani *et al.*, 2017).

En la zona tropical húmeda de México no existen estudios actuales que indiquen la existencia o prevalencia de infecciones causadas por microorganismos del género *Anaplasma* spp en bovinos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

Las enfermedades causadas por microorganismos del género *Anaplasma* spp. en bovinos están presentes en todas las regiones tropicales y subtropicales en donde se encuentran las garrapatas vectores y causan pérdidas económicas por enfermedad y muerte de animales (Medina-Naranjo *et al.*, 2017).

Los signos clínicos incluyen fiebre, anemia, debilidad, estreñimiento, ictericia, pérdida de apetito, deshidratación, depresión, dificultad para respirar y aborto en animales preñados. Generalmente se observan anemia e ictericia sin hemoglobinemia ni hemoglobinuria ya que, en lugar de hemólisis intravascular, en la enfermedad se produce eritrofagocitosis extravascular. En los animales gravemente afectados, la orina suele adquirir un color marrón oscuro debido a la presencia de pigmentos biliares. Estos signos solo se presentan en el 34% de los casos aproximadamente (Jaswal *et al.*, 2015; Medina-Naranjo *et al.*, 2017).

Vacunas trivalentes que contienen eritrocitos infectados con organismos atenuados de *Anaplasma centrale*, *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* han sido utilizados para inducir inmunidad cruzada en animales con infecciones clínicas (Florin-Christensen, 2014). Las vacunas disponibles en la actualidad no ofrecen resultados satisfactorios, ya que el nivel de protección es variable (Ferrerira y Martínez, 2017).

Los animales que se recuperan naturalmente o mediante tratamiento médico pueden re-infectarse sin mostrar signos clínicos, lo cual ocasiona que estos animales se conviertan en portadores de la bacteria y se convierten en un reservorio dentro del hato (Bilgiç *et al.*, 2013; Fallquist *et al.*, 2019).

2.1. Género *Anaplasma*.

El género bacteriano *Anaplasma* tiene una de distribución mundial, puede causar infecciones en animales de producción, compañía, silvestres y en seres humanos (Silaghi *et al.*, 2017); se ha reportado en coinfección con otros patógenos de los géneros *Babesia*, *Mycoplasma* y *Theileria*, ya que comparten vectores (Ybañez e Inokuma, 2016).

Las especies de *Anaplasma* poseen una amplia distribución geográfica, tropismo por diferentes células de sus hospedadores, gran variedad de vectores y diferentes grados de patogenicidad (Battilani *et al.*, 2017).

2.2. Descripción taxonómica.

Anaplasma es un género de bacteria perteneciente al filo Proteobacteria, a la clase Alphaproteobacteria, al orden Rickettsiales y familia Anaplasmaceae (Silaghi *et al.*, 2017). Se reconocen seis especies de este género: *A. ovis*, *A. marginale*, *A. centrale*, *A. platys*, *A. bovis* y *A. phagocytophilum* (Ybañez e Inokuma, 2016). Recientemente, se han identificado tres nuevas especies que están en proceso de incluirse: *A. odocoilei* relacionada con el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), otra más en Japón, en el ciervo sika (*Cervus nippon*); esta nueva especie posee genes no identificados en ninguna otra especie de *Anaplasma*, y finalmente *A. capra*, detectada en China, infectando cabras (*Capra hircus*) y humanos (Battilani *et al.*, 2017; Silaghi *et al.*, 2017).

2.3. Características microbiológicas.

Los microorganismos del género *Anaplasma* se caracterizan por ser intracelulares obligados (Ybañez e Inokuma, 2016) no móviles, cocoides o elipsoidales. A pesar de ser bacterias gramnegativas se observan mejor con tinciones tipo Romanowsky (Battilani *et al.*, 2017). *Anaplasma* se puede observar en el citoplasma de las células de su hospedador mamífero, en vacuolas hechas de su propia membrana, en cuerpos de inclusión denominados mórulas (Fallquist *et al.*, 2019; Silaghi *et al.*, 2017).

El ciclo biológico de *Anaplasma* empieza cuando entra al torrente circulatorio del hospedador mamífero infectando eritrocitos, forma una vacuola y en ella se multiplica por fisión binaria hasta formar de cuatro a ocho unidades llamadas corpúsculos iniciales. Los cuales salen del eritrocito por exocitosis, sin provocar lisis celular, y así infectar nuevos eritrocitos (Battilani *et al.*, 2017). La bacteria continúa reproduciéndose, causando cambios de estructura y función en la membrana celular del eritrocito lo que resulta en un proceso autoinmune que termina con la eritrofagocitosis mediada por anticuerpos (Medina-Naranjo *et al.*, 2017). Hepatomegalia y esplenomegalia resultan de la invasión de las células reticuloendoteliales en estos órganos. La destrucción masiva de eritrocitos causa anemia hemolítica extravascular (Battilani *et al.*, 2017).

Las garrapatas son el principal vector de *Anaplasma*, estas al alimentarse de un animal enfermo ingieren a la bacteria ubicada dentro de los eritrocitos. Esta bacteria se reproduce dentro de las garrapatas y mediante un proceso mediado por receptores, invade las células del intestino medio; donde realiza ciclos de

reproducción para posteriormente, migrar vía hemolinfa a las glándulas salivales; en las cuales también se reproduce, para después pasar a un nuevo hospedador mamífero durante su alimentación (Brayton 2012; Battilani *et al.*, 2017).

La transmisión mecánica por otros artrópodos hematófagos o fomites es considerada de importancia, sobre todo en lugares libres de garrapatas (Silaghi *et al.*, 2017). La transmisión vertical también ha sido reconocida en la cadena epidemiológica de las infecciones por *Anaplasma* spp. (Lozina *et al.*, 2018).

2.4. Especies de *Anaplasma* que infectan a los bovinos.

Las especies de *Anaplasma* que tienen importancia a nivel mundial en la ganadería son *A. marginale* y *A. centrale*. Adicionalmente *A. bovis*, *A. phagocytophilum* y *A. ovis* están presentes con una importancia variable y una amplia gama de hospedadores dentro y fuera de la ganadería (OIE, 2015).

2.4.1. *Anaplasma marginale*.

Es la especie que con mayor frecuencia infecta a bovinos ocasionando anemia (desde leve hasta severa) y un cuadro febril (Mamoudou *et al.*, 2017). Tiene una distribución mundial, aunque es más prevalente en las áreas tropicales y subtropicales (Ybañez & Inokuma, 2016).

Se ha demostrado la transmisión de *A. marginale* de forma biológica, mecánica y transplacentaria, pero no transovárica (Battilani *et al.*, 2017). Al infectar los eritrocitos, forma vacuolas con su propia membrana, en las cuales se alojan de cuatro a ocho bacterias. También pueden invadir células endoteliales (Lozina *et al.*, 2018).

El periodo prepatogénico puede durar de siete a 60 días, dependiendo de la dosis infectante y la edad del hospedador. Posteriormente, se manifiestan fiebre, pérdida de peso, ictericia, letargia, abortos y muerte (Battilani *et al.*, 2017).

Esta especie de *Anaplasma* presenta en la membrana externa seis polipéptidos denominados “proteínas principales de superficie” o “MSP” (surface main proteins, por sus siglas en inglés), las cuales están relacionadas con la interacción entre las células del vector y el hospedador (Jaimes-Dueñez *et al.*, 2018). Estas proteínas de superficie han servido para la clasificación de las cepas de esta especie en estudios moleculares y también, son éstas proteínas contra las cuales se dirige la respuesta inmune del hospedador mamífero (Ferrerira & Martínez, 2017). Existe además otra proteína denominada “proteína asociada al apéndice del plasma” o “Aap” (*Anaplasma* appendage associated protein, por sus siglas en inglés), esta sale de la membrana citoplasmática de la vacuola, la cual se cree está relacionada con la patogenicidad (Fallquist *et al.*, 2019).

En países de zonas tropicales se ha reportado la prevalencia de infecciones por *A. marginale*, utilizando diversas pruebas diagnósticas. En Brasil se reportó 63.1% empleando PCR (Amorim *et al.*, 2014), en Camerún Mamoudou *et al.*, (2017) reportaron 62% de prevalencia mediante frotis sanguíneo con tinción de Giemsa, en Ecuador Medina-Naranjo *et al.*, (2017) encontraron 65% de prevalencia utilizando una prueba de ELISA. En México, en los estados de Veracruz y Tabasco se reportó una seroprevalencia de hasta 25.4% en búfalos de agua (Lira-Amaya *et al.*, 2017).

Las garrapatas, consideradas los principales vectores de *A. marginale* para Estados Unidos, pertenecen al género *Dermacentor* spp. mientras que en

Latinoamérica las garrapatas vectores pertenecen al género *Rhipicephalus* spp. (Medina-Naranjo *et al.*, 2017). Se ha postulado la transmisión mecánica por moscas (Medina-Naranjo *et al.*, 2017) y la vía transplacentaria está presente para terneros (Costa *et al.*, 2016).

En Brasil, los factores de riesgo de importancia para la presencia de la infección de *A. marginale* fueron la presencia de garrapatas y la edad del bovino (Amorim *et al.*, 2014). Un estudio llevado a cabo en Yucatán, México reportó como factores de riesgo relacionados a la infección la densidad de los bovinos en la unidad de producción, el tipo de acaricida utilizado, el intervalo entre los tratamientos y el uso de equipos e instrumentos veterinarios (Rodríguez-Vivas, *et al.*, 2004).

La inmunización contra *A. marginale* se ha realizado mediante la vacunación con eritrocitos infectados con *A. centrale* que produce una infección de menor gravedad, obtenidos a partir de becerros esplenectomizados, con lo que se busca inmunidad cruzada (Lozina *et al.*, 2018), o por antígenos de superficie específicos de origen proteico. Sin embargo, se han tenido resultados que van desde protección completa, incompleta o ninguna protección, por lo que se busca en los antígenos subdominantes el desarrollo de nuevas vacunas (Ferrerira & Martínez, 2017).

2.4.2. *Anaplasma centrale*.

Esta especie causa una infección leve que puede ser subclínica, razón por la cual se ha usado como vacuna contra *A. marginale* en algunos países. En los frotis se puede observar que se localiza en cuerpos de inclusión en el centro del eritrocito, lo cual la diferencia de *A. marginale* (Ybañez & Inokuma, 2016). Su principal vector

es *Rhipicephalus simus*, aunque también se ha encontrado en *Haemaphysalis punctata* y *Amblyomma* spp. (Battilani *et al.*, 2017).

Esta especie de *Anaplasma* afecta principalmente a los eritrocitos de bovinos, pero recientemente se ha reportado en ovinos domésticos (*Ovis aries*), ciervo sika (*Cervus nippon*), ñu negro (*Connochaetes gnou*), ñu azul (*Connochaetes taurinus*), antílope acuático (*Kobus ellipsipyrymnus*) y antílope eland (*Taurotragus oryx*) por lo que seguramente afecta a un mayor número de animales ungulados (Battilani *et al.*, 2017). Se ha reportado en Sudáfrica, Sudamérica, Medio oriente y Asia (Silaghi *et al.*, 2017).

2.4.3. *Anaplasma bovis*.

Se encuentra en África, Europa, Asia y América (Ybañez & Inokuma, 2016). Infecta monocitos y macrófagos principalmente de bovinos (*Bos* spp.) y búfalos (*Bubalus* spp.), y otros rumiantes entre los que se encuentran cabras domésticas, ciervo rojo (*Cervus elaphus*), ciervo sika (*Cervus nippon*), venado de agua coreano (*Hydropotes inermis arguopus*), un ciervo brasileño llamado corzuela parda (*Mazama gouazoubira*), ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), perros, leopardos, mapaches y conejos. Provoca signos clínicos que van desde fiebre ondulante, debilidad, anorexia, congestión de membranas mucosas, escurrimiento nasal, diarrea, emaciación hasta signos nerviosos. La infección deriva en anemia, trombocitopenia y eventualmente la muerte (Battilani *et al.*, 2017).

El vector más importante es la garrapata *Haemaphysalis megaspinosa* para el ganado y *Haemaphysalis longicornis* para la fauna silvestre (Ybañez & Inokuma, 2016). Sin embargo, también se reconocen *Hyalomma* spp., *Haemaphysalis*

punctata, *H. concinna*, *H. langragei*, *H. leporispalustris*; en el género *Dermacentor*: *D. andersoni*, *D. occidentalis*, y en el género *Rhipicephalus*: *R. sanguineus*, *R. appendiculatus*, *R. turanicus* y *R. evertsi* (Silaghi *et al.*, 2017).

2.4.4. *Anaplasma phagocytophilum*.

La enfermedad causada por esta especie de *Anaplasma* está presente en las regiones tropicales de todo el mundo. Se distingue por ser adaptativa con respecto a vectores, hospederos y variaciones estacionales. Infecta también a humanos y caballos (Jiang *et al.*, 2020). Es transmitida por garrapatas *Ixodes*, como *I. ricinus*, *I. persulcatus*, *I. pacificus*, *I. scapularis*, *I. ovatus*; *Dermacentor variabilis*, *D. occidentalis*, *D. salivarum*; *Haemaphysalis megaspinosa*, *H. formosensis* y *H. longicornis* (Silaghi *et al.*, 2017). Sin embargo, se estudia su capacidad de transmisión transovárica, lo que podría convertir a *Dermacentor* spp. no solo en vector, sino en reservorio (Battilani *et al.*, 2017).

Es una especie intragranulocítica obligada; en los rumiantes afecta principalmente a los neutrófilos provocando fiebre, debilidad, anorexia y abortos; se desarrolla bacteriemia y leucopenia (neutropenia, linfopenia y trombocitopenia), lo que conduce a inmunosupresión y consecuentemente a infecciones oportunistas (Battilani *et al.*, 2017).

2.4.5. *Anaplasma ovis*.

Esta especie de *Anaplasma* infecta principalmente a cabras y borregos, aunque en menor medida también puede infectar a bovinos domésticos y salvajes como

renos y venados. Además, recientemente se ha reportado la infección en humanos (Yousefi *et al.*, 2017).

La bacteria infecta a los eritrocitos, causando generalmente una infección leve que puede agravarse en presencia de estrés o coinfecciones, causando fiebre, anorexia, depresión, debilidad, abortos y muerte (Battilani *et al.*, 2017).

Los vectores relacionados son *Dermacentor marginatus*, *D. andersoni*, *D. occidentalis*, *D. niveus*, *Haemaphysalis concinna*, *H. punctata*, *Hyalomma* spp. (Silaghi *et al.*, 2017).

2.5. Técnicas para la identificación de *Anaplasma* spp.

La prueba tradicional para la detección de estos hemoparásitos es el frotis sanguíneo (Bolívar, 2013; Bernardo *et al.*, 2016). Las pruebas serológicas como la prueba de ensayo de inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA, por sus siglas en Ingles), fijación del complemento, inmunofluorescencia o inmunocromatografía son útiles, pero necesitan la presencia de anticuerpos en el plasma sanguíneo del animal infectado; los cuales alcanzan un incremento detectable mediante estas pruebas en la segunda semana post infección (Jiang *et al.*, 2020). Además, estas pruebas diagnósticas requieren equipo especializado, son tardadas y corren el riesgo de reportar falsos positivos por reacciones cruzadas (Alvarez *et al.*, 2019; Bilgiç *et al.*, 2013).

De manera experimental, la prueba de ELISA recombinante presentó una sensibilidad de 96% y especificidad de 90% en la detección de *A. marginale* (Medina-Naranjo *et al.*, 2017).

2.6. Frotis sanguíneo.

La observación al microscopio de frotis sanguíneo o impronta de órganos teñidos con Giemsa, es el método más comúnmente utilizado para el diagnóstico de anaplasmosis y babesiosis (Bernardo *et al.*, 2016; Lempereur *et al.*, 2017), esta se realiza tomando una muestra de sangre que se fija en el momento, o es tomada con anticoagulante para transportarla al laboratorio.

El frotis sanguíneo es la técnica más barata que existe, adaptable a cualquier laboratorio y puede ser realizada inclusive durante el trabajo de campo. Un aspecto importante a considerar es que la sensibilidad y especificidad dependen de la experiencia y habilidad de quien realiza la prueba (Lempereur *et al.*, 2017). En la fase aguda de las enfermedades cuando la parasitemia es alta, es más fácil detectar los parásitos. Sin embargo, en fases crónicas esta técnica es poco útil (Amorim *et al.*, 2014; Silaghi *et al.*, 2017).

Para la detección microscópica de estos microorganismos se utiliza preferentemente la tinción de Giemsa en frotis sanguíneos de gota fina tomados de animales vivos. También se pueden tomar muestras de sangre, de hígado, riñón, bazo y pulmón durante la necropsia. En el caso de anaplasmosis se pueden observar en los eritrocitos, cuerpos de inclusión de 0.3 - 1.0 μm , teñidos en azul (Ybañez e Inokuma, 2016).

La preparación de los frotis se debe hacer inmediatamente de la colección de sangre, aunque se pueden tomar muestras con anticoagulante. Se podrán hacer improntas con pulmón, hígado, riñón, bazo, corazón y vasos sanguíneos (Silaghi *et al.*, 2017).

2.7. Reacción en Cadena de la Polimerasa.

La prueba de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), consiste en copiar millones de veces una secuencia de ADN (ácido desoxirribonucleico) por medio de una ADN polimerasa. Para esto se desnaturaliza la cadena de ADN, se hibrida la cadena con los cebadores y finalmente la Taq-polimerasa cataliza la creación de las nuevas cadenas de ADN. Todo lo anterior sucede en ambientes enriquecidos y en condiciones de temperatura controladas. Finalmente, se procede a analizar el producto en gel de agarosa por medio de electroforesis para obtener una imagen del resultado (Costa, 2004; Tamay De Dios *et al.*, 2013).

Esta técnica es altamente eficaz en la detección de enfermedades infecciosas por su alta sensibilidad y especificidad (Jiang *et al.*, 2015), detecta directamente la presencia de los hemoparásitos, inclusive cuando el nivel de parasitemia es muy bajo, lo que demuestra su utilidad inclusive para detectar infecciones en animales que no presentan signología (Amorim *et al.*, 2014). El uso de esta técnica ha alcanzado el incremento de la sensibilidad hasta un 100% y la especificidad hasta un 93.67% en la detección de *B. bovis* y *B. bigemina* en bovinos (Shams *et al.*, 2013).

Otra ventaja de la técnica de PCR más allá de la identificación del agente, es la diferenciación entre especies del mismo género (Bilgiç *et al.*, 2013; Jiang *et al.*, 2015). Estudios recientes de secuenciación genética han descubierto nuevas especies de microorganismos, inclusive entre los que son indistinguibles por microscopía o que parasitan a un mismo hospedador (Lempereur *et al.*, 2017).

2.8. Planteamiento del problema.

Las infecciones ocasionadas por *Anaplasma* spp en bovinos están presentes en el trópico mexicano, aunque su importancia ha sido relegada desde hace dos décadas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). Estas infecciones provocan pérdidas económicas por aplicación de garrapaticidas, costos ocasionados por el tratamiento de las infecciones, disminución de la producción de carne y leche, y por muerte de animales infectados. Sin embargo, en México no existen datos confiables que contribuyan a calcular el daño económico de estas infecciones, debido a la falta de reportes y estudios que identifiquen infecciones clínicas y subclínicas, así como datos epidemiológicos en el ganado bovino (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017).

Por otra parte, la presencia de estos patógenos en garrapatas con capacidad antropofílica genera un riesgo potencial de zoonosis poco dimensionada en México. No obstante, estas infecciones son consideradas un problema de salud pública en Canadá, Estados Unidos y algunos países de Sudamérica (González *et al.*, 2019).

Actualmente, no existen estudios reportados que describan datos epidemiológicos de las infecciones causadas por bacterias del género *Anaplasma* en ganado bovino criado en la región tropical húmeda de México.

3. JUSTIFICACIÓN.

Las infecciones causadas por *Anaplasma* spp en bovinos criados en la zona tropical húmeda de México podrían estar ocasionando pérdidas económicas y poner en riesgo la salud de las personas que laboran en las unidades de producción. Es por esta razón que en continentes como Europa, Asia, África y países cercanos como Canadá, Estados Unidos y algunos de Sudamérica, estas infecciones son consideradas como un problema de salud re-emergente (Li *et al.*, 2018; González *et al.*, 2019). Así también, los reportes de la presencia de diversas especies de *Anaplasma* capaces de infectar al ganado bovino (*A. marginale*, *A. centrale*, *A. bovis*, *A. phagocytophilum* y *A. ovis*) en otras partes del mundo crea la necesidad de identificar mediante técnicas moleculares las especies de *Anaplasma* presentes en bovinos criados en UPP del trópico húmedo de México.

La información generada en estudios de vigilancia epidemiológica como el que se propone, es de vital importancia para la elaboración de planes y programas de control enfocados a evitar las infecciones en el ganado bovino y más aún, para la implementación de medidas de bioseguridad para el personal que labora en las unidades de producción.

Por lo anterior, resulta necesario generar información confiable relacionada a las condiciones epidemiológicas que guardan las infecciones por *Anaplasma* spp. en la región tropical húmeda de México.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

- ¿Qué especies de bacterias del género *Anaplasma* están infectando al ganado bovino en unidades de producción de Reforma, Chiapas?
- ¿Cuál es la prevalencia y las variables asociadas a la infección de microorganismos del género *Anaplasma* en bovinos de unidades de producción de Reforma, Chiapas?

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

5. HIPÓTESIS.

Las especies de *Anaplasma* presentes en las unidades de producción estudiadas serán *A. marginale*, *A. centrale*, *A. bovis* y *A. phagocytophilum*.

La prevalencia general de *Anaplasma* spp. será menor a 50% y las infecciones serán principalmente asociadas a bovinos adultos mayores a dos años, con condición corporal menor a cinco (escala 1-10), y que se encuentren en etapa de lactación.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general.

Identificar la presencia de microorganismos del género *Anaplasma* y determinar factores asociados a las infecciones causadas por estos microorganismos en bovinos de unidades de producción de Reforma, Chiapas.

6.2. Objetivos específicos.

Identificar molecularmente las especies de *Anaplasma* que afectan al ganado bovino de dos unidades de producción de Reforma, Chiapas.

Determinar la prevalencia de *Anaplasma* spp. en bovinos de dos unidades de producción de Reforma, Chiapas.

Identificar la asociación entre la infección por *Anaplasma* spp. y las variables género, edad, condición corporal, raza y etapa fisiológica de los bovinos evaluados.

7. MATERIALES Y MÉTODOS.

7.1. Área de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en dos unidades de producción pecuaria (UPP) de Reforma, Chiapas, México; las cuales se dedican a la crianza de bovinos de carne a pastoreo. La localidad se encuentra ubicada en las coordenadas 17.933611 norte, 93.167222 oeste, con una altura de 10 msnm (Figura 1). El clima es tropical húmedo con abundantes lluvias en verano (af). La temperatura promedio en la zona es de 27 °C, con mínimas de 15 y máximas de 44 °C y una humedad relativa de 80% (INEGI, 2025).

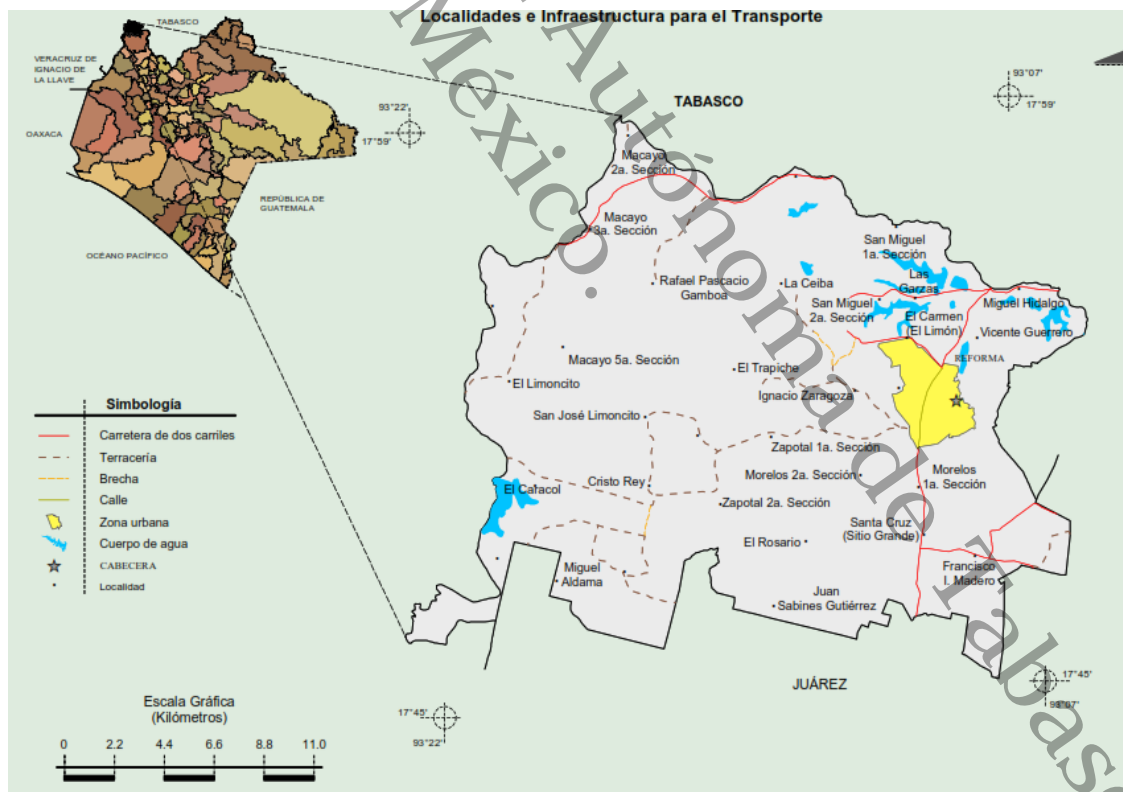


Figura 1.- Mapa de Reforma, Chiapas y sus localidades, en donde se aprecia la ubicación de las localidades San Miguel 1^{ra}. y 2^{da}. sección (INEGI, 2025).

La UPP 1 denominada “La Lupita” cuenta con un total de 102 animales. Fenotípicamente el hato se encuentra formado en su gran mayoría por ganado cebú comercial y ganado Brahman, contando con dos toros de registro de esta raza. La UPP cuenta con potreros de pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) y en las zonas bajas pasto Alicia (*Cynodon nlemfuensis*). Se desparasita una o dos veces al año, se realizan baños de aspersión contra moscas y garrapatas cuando se observan fuertes infestaciones en los animales, y se vacuna una vez al año contra rabia, enfermedades clostridiales y enfermedades del tracto respiratorio. La alimentación se basa en pastoreo, cuenta con diversas fuentes de agua principalmente lagunas y arroyos naturales, jagüeyes y en algunos potreros cuentan con piletas que son llenadas con agua de pozo profundo. Los animales reciben comúnmente sales minerales de diferentes marcas comerciales. Una característica de esta UPP es que aproximadamente el 70% de su superficie es zona inundable durante los meses de septiembre y octubre por lo que los animales reciben en esa época suplementación con ensilado de maíz.

La UPP 2 denominada “Cactus” cuenta con un total de 43 animales Brahman, cuenta con un semental de registro, la alimentación es basada en pastoreo. La UPP cuenta con potreros de pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) y pasto Chontalpo (*Brachiaria decumbens*). Se desparasita una o dos veces al año, se realizan baños de aspersión contra moscas y garrapatas cuando se observan fuertes infestaciones en los animales, y se vacuna una vez al año contra rabia, y cada seis meses contra enfermedades clostridiales y enfermedades del tracto respiratorio. Las fuentes de agua son una laguna natural,

y tres jagüeyes artificiales. Los animales reciben comúnmente sales minerales de diferentes marcas comerciales.

7.2. Tipo de estudio.

El presente estudio fue observacional de tipo transversal, analítico y contempló a toda la población de bovinos mayores a una semana de edad presentes en cada unidad de producción pecuaria (UPP). Las UPP fueron seleccionadas por conveniencia, ya que los dueños ofrecían las facilidades y parte del recurso para llevar a cabo el estudio.

7.3. Variables de los animales que fueron evaluadas.

Previo a la obtención de la muestra de sangre de los animales, se procedió a la colección de datos de las características de los animales como fueron el género, la edad, condición corporal, etapa fisiológica (en lactación, gestación, vacía y crecimiento) y raza de los animales. El género se determinó visualmente y se registró como macho o hembra. La edad fue determinada mediante los registros proporcionados por los dueños de las UPP. La condición corporal fue calculada en una escala de 1 al 10, donde 1 es un animal emaciado y 10 un animal obeso (Nicholson *et al.*, 1986). La etapa fisiológica "en crecimiento" fue determinada de manera visual y la edad fue corroborada en los registros de las UPP. Las etapas vacía o no gestante y en lactación fueron agrupadas en una sola categoría y comparadas contra vacas en gestación; esta variable fue determinada de forma visual y mediante palpación rectal. Finalmente, las razas o cruas fueron determinadas visualmente y en base a los registros de las UPP.

7.4. Colección de la muestra de sangre en los bovinos.

Las muestras de sangre fueron colectadas de la vena coccígea de los animales mediante catéteres Vacutainer® y tubos con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como anticoagulante. Cada muestra fue identificada y colocada en un contenedor de plástico con refrigerantes y transportadas al Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores de la DACA-UJAT, para realizar las determinaciones correspondientes.

7.5. Extracción de ADN genómico a partir de sangre de bovinos.

Para llevar a cabo la extracción del ADN de sangre de los bovinos muestreados se siguió el procedimiento de extracción mediante sales descrito por Miller (1988), modificado por Torres-Chable *et al.* (2018). Brevemente, la técnica implica que para llevar a cabo la extracción 100 µl de sangre anti-coagulada está fue resuspendida en 180 µl de solución de lisis de eritrocitos (Tris-HCl 10 mM pH 8,0, Triton X - 100 al 1% y sacarosa al 11%), la mezcla fue incubada cinco minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, la mezcla fue centrifugada a 18, 000 x g cinco minutos y se decantó el sobrenadante, este paso fue repetido tres veces para lisar por completo células sanguíneas y eliminar la hemoglobina.

Después, 60 µl de solución de lisis de leucocitos (Tris-HCl 10 mM pH 8.0, NaCl 400 mM y EDTA 2 mM), 10 µl de solución de proteinasa K (proteinasa K 1 mg / ml, SDS al 1% y EDTA 2 mM) y 2 µl de SDS al 20 % fueron añadidos a la muestra. La mezcla se incubó a 65°C por una hora. Posteriormente, se le adicionaron 30 µl de acetato de potasio y la muestra fue incubada en hielo húmedo durante 30 minutos.

Terminada la incubación, la mezcla fue centrifugada a 18, 000 x g quince minutos y el sobrenadante se recuperó y fue colocado en un nuevo tubo de serología (Eppendorf® de 1.5 ml). Posteriormente, se agregaron 200 µl de isopropanol absoluto y se dejó precipitar el ADN durante toda la noche.

Al día siguiente, la muestra fue centrifugada a 18, 000 x g durante 15 minutos y se descartó el isopropanol sobrenadante. Después se adicionaron 200 µl de etanol al 70% y posteriormente, la muestra fue centrifugada a 18, 000 x g y el etanol fue desechado. El ADN obtenido se secó durante 30 minutos y posteriormente, fue resuspendido usando 50 µl de solución de TE (10 mM Tris-HCl, EDTA 1 mM, pH 8.0).

7.6. Reacción de PCR para identificar ADN de *Anaplasma* spp.

El ADN obtenido a partir de la sangre de los bovinos muestreados fue diluido empleando agua ultrapura grado molecular para estandarizarlo a 10 ng/µl y realizar la amplificación en igualdad de condiciones. Inicialmente, las muestras fueron evaluadas empleando cebadores generales y específicos para detectar *A. marginale*, *A. centrale* y *A. bovis* mediante PCR convencional (Cuadro 1), y en el caso de *A. marginale* mediante PCR anidada (Ybañez *et al.*, 2013; Adjou Moumouni *et al.*, 2015; Ybañez & Inokuma, 2016). Las reacciones de PCR se realizaron empleando 2.5 µl de ADN genómico, 10 pM de cada cebador y 250 µM de cada dinucleótido en solución buffer de PCR 1X (20 mM Tris-HCl pH 8.4, 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl₂) en un volumen total de 25 µl.

Los productos obtenidos de la PCR (10 µl), se examinaron en geles de agarosa al 1.5% y se compararon con un control positivo de *Anaplasma marginale*

previamente identificado en el Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores de la DACA-UJAT.

7.7. Análisis estadístico.

Considerando el número total de muestras obtenidas y el número de muestras positivas a cada uno de los patógenos estudiados se determinó la prevalencia general de las infecciones de *Anaplasma* spp. empleando la fórmula de prevalencia:

$$P_t = \frac{C_t}{N_t}$$

Donde P_t es la prevalencia estimada en el tiempo justo que se realizó el estudio, C_t es el número total de casos que resultaron positivos durante ese periodo y N_t es el número total de individuos estudiados durante ese periodo de tiempo (Mateu y Casal, 2003). Cada una de las variables obtenidas (variables independientes) fueron evaluadas individualmente, para identificar su posible asociación con la presencia de infecciones por *Anaplasma* spp. (variable dependiente o de respuesta) mediante un modelo de regresión logística binomial en el programa estadístico IBM SPSS versión 22. El programa obtuvo los Odds Ratio e intervalos de confianza de cada variable, los cuales fueron considerados significativos cuando se obtuvo un valor de $P < 0.05$.

Cuadro 1.- Cebadores específicos para la identificación de las especies de *Anaplasma* que infectan al ganado bovino.

Gen	Cebador	Técnica	Secuencia	Origen	Amplicón
Msp5	AM-49F1	PCR	5'GTGTTCTGGGGTACTCCTATGTGAACAAG3'	<i>Anaplasma marginale</i>	547pb
	AM-595R1		5'AAGCATGTGACCGCTGACAACTTAAACAG3'		
	AM-211F2	nPCR	5'AAGCACATGTTGGTAATATTCGGCTTCTCA3'		195pb
	AM-376R2		5'AATTCTCGCATCAAAGACTTGTGGTACTC3'		
16S rRNA	AC1f	PCR	5'-CTGCTTTTAATACTGCAGGACTA-3'	<i>Anaplasma centrale</i>	426pb
	AC1r		5'-ATGCAGCACCTGTGTGAGGT-3'		
16S rRNA	AB1f	PCR	5'-CTCGTAGCTTGCTATGAGAAC-3'	<i>Anaplasma bovis</i>	551pb
	AB1r		5'-TCTCCCGGACTCCAGTCTG-3'		

Pb: Pares de bases. PCR: Reacción en Cadena de la Polimerasa. nPCR: Reacción en Cadena de la Polimerasa anidada.

8. RESULTADOS.

Se realizó la búsqueda de *A. marginale*, *A. centrale* y *A. bovis* en los animales muestreados mediante el uso de cebadores específicos. *A. marginale* se encontró con una prevalencia de 93.06% (94/101) en la UPP San Miguel (en una muestra de sangre no se pudo obtener ADN en cantidad y calidad adecuada para realizar la PCR). Similarmente, en la UPP Cactus se encontró una prevalencia de 93.02% (40/43). No se encontró evidencia molecular de las especies *centrale* y *bovis* en los animales muestreados. Con respecto a los animales que resultaron positivos a la infección con *A. marginale* puede observarse que la infección fue detectada en animales tan jóvenes como de un mes de edad y como puede observarse en el Cuadro 2 y 3 no fue posible observar diferencias en la tasa de infección presentada en animales menores a seis meses de edad, comparados con animales de mayor edad. De hecho, es de resaltar que en la UPP Cactus el 100% de animales menores a seis meses de edad ya presentaban la infección. Aunque se ha sugerido que animales infectados podrían mostrar signología asociada a pérdida de peso o una condición corporal baja, esta característica no fue asociada a la infección en ninguna de las UPP.

Con relación a los factores que fueron evaluados buscando una posible asociación, que contribuya a caracterizar como ocurren las infecciones causadas por *A. marginale* en bovinos; no fue posible detectar asociaciones (Cuadro 2 y 3) mediante modelos de regresión, ya que prevalencias muy elevadas iguales o cercanas al 100% no permiten detectar estos factores.

Cuadro 2.- Evaluación de factores asociados a la infección por *A. marginale* en la UPP San Miguel.

Variable	Categoría	Positivos	Negativos	Total	Prevalencia	OR	IC 95%	Valor de P
Edad	>6 meses	80	5	85	94.11%	2.28	0.40-12.96	0.35
	<6 meses	14	2	16	87.5%	0.43	0.07-2.48	-
Etapa	Beceros	22	3	25	88%	0.40	0.08-1.96	0.26
	Adultos	72	4	76	94.73%	2.45	0.51-11.81	-
CC	>5	54	4	58	93.1%	1.01	0.21-4.77	0.98
	≤5	40	3	43	93%	-	-	-
ER	No gestante	68	5	73	93.2%	1.04	0.19-5.73	0.95
	Gestante	26	2	28	92.9%	0.95	0.17-5.23	-
Género	Macho	12	0	12	100%	-	0.00	0.99
	Hembra	82	7	89	92.1%	-	-	-

Beceros= Animales lactantes (hembras o machos) y destetados menores a dos años. Adultos: Machos o hembras mayores a dos años. OR= Odds Ratio o Razón de probabilidades. IC: Intervalo de confianza. CC= Condición corporal. ER= Etapa reproductiva (vacía, gestante).

Cuadro 3.- Evaluación de factores asociados a la infección por *A. marginale* en la UPP Cactus.

Variable	Categoría	Positivos	Negativos	Total	Prevalencia	OR	IC 95%	Valor de P
Edad	>6 meses	30	3	33	90.9%	-	-	-
	<6 meses	10	0	10	100%	-	-	-
Etapa	Beceros	22	0	22	100%	-	-	-
	Adultos	18	3	21	85.7%	-	-	-
CC	>5	28	0	28	100%	-	-	-
	≤5	12	3	15	80.8%	-	-	-
ER	No gestante	35	2	37	94.6%	3.45	0.26-46.04	0.34
	Gestante	5	1	6	83.3%	0.28	0.02-3.75	-
Género	Macho	6	0	6	100%	-	-	-
	Hembra	34	3	37	91.89%	-	-	-

Beceros= Animales lactantes (hembras o machos) y destetados menores a dos años. Adultos: Machos o hembras mayores a dos años. OR= Odds Ratio o Razón de probabilidades. IC: Intervalo de confianza. CC= Condición corporal. ER= Etapa reproductiva (vacía, gestante).

9. DISCUSIÓN.

El presente estudio muestra una elevada prevalencia molecular de *A. marginale* en bovinos de dos unidades de producción ubicadas en Reforma, Chiapas, México. Esta rickettsia ha sido considerada la infección transmitida por vector al ganado bovino con mayor prevalencia.

En otros países cercanos a México se han reportado diferentes prevalencias moleculares lo cual depende de diversos factores relacionados a la ubicación geográfica, presencia de vectores y diversos factores de manejo. Así, en Colombia se reportó 54.8% (Jaimes-Dueñez *et al.*, 2018), la cual es menor que la detectada en el presente estudio. En el estado de Ohio en Estados Unidos de Norteamérica se reportó una prevalencia molecular de 38.53% (rangos de 19 a 57%) de *A. marginale*. Además, una baja frecuencia de *Anaplasma phagocytophilum* fue detectada infectando a los bovinos de este estudio (Eleftheriou *et al.*, 2022). En Ecuador la rickettsia fue detectada en ganado lechero de 15 unidades de producción con una prevalencia de 86.1% (Tana-Hernández *et al.*, 2017) y en Costa Rica se reportó una prevalencia de 57% (Shebish *et al.*, 2012).

En México escasos estudios de la prevalencia molecular de *A. marginale* han sido reportados. En el norte del estado de Veracruz se reportó una prevalencia molecular de 69.2% (Cossío-Bayúgar *et al.*, 1997), la cual es más baja que la reportada en el presente estudio. Así también, una prevalencia similar (65.50%) fue reportada en ganado bovino del estado de Nuevo León (Ortiz-Ramírez *et al.*, 2023).

y similarmente, la seroprevalencia reportada en Yucatán en 2004 fue de 70% (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2004).

A pesar de la importancia de esta rickettsiosis en la ganadería poca información científica se reporta sobre la epidemiología de esta infección que afecta la salud y producción del ganado bovino en México. Dentro de los pocos datos epidemiológicos que se han reportado en relación con la epidemiología de las infecciones causadas por *A. marginale* en bovinos se destaca la presencia de la garrapata *Rhipicephalus microplus* como el principal vector de la rickettsia. No obstante, otras especies de garrapatas tales como *Amblyomma mixtum* han sido encontradas infectadas con la rickettsia, y se ha considerado como vector de importancia en estados del sur de México como Chiapas en donde la frecuencia de infección fue de 24%, seguido de Tabasco y Veracruz con 20% (Cárdenas-Amaya *et al.*, 2025). Lo anterior resalta la importancia de esta especie de garrapata como posible vector de *A. marginale* en México, colocando a esta especie como la segunda en importancia económica para la ganadería, después de *Rhipicephalus microplus*.

La transmisión de la rickettsia a través de la picadura de moscas y tábanos también ha sido considerada una fuente importante de diseminación de la infección dentro del hato (Kocan *et al.*, 2010). Sin embargo, los estudios de transmisión vectorial no sustentan que moscas y tábanos sean capaces de transmitir eficientemente la infección como lo hacen las garrapatas (Scoles *et al.*, 2005; Scoles *et al.*, 2008; Heller *et al.*, 2025). Por otra parte, se ha reportado que el uso

iatrogénico de agujas en repetidas ocasiones en un hato de animales si conduce a infecciones mecánicas (Reinbold *et al.*, 2010).

Otros factores asociados que se han reportado como importantes en la epidemiología de esta infección son la raza de bovinos, el propietario del hato, el sistema de manejo, la presencia de garrapatas y la frecuencia de tratamientos garrapaticidas (Ola-Fadunsin *et al.*, 2018). El presente estudio muestra una elevada prevalencia de *A. marginale* en las dos UPP estudiadas. Aunque, la elevada prevalencia no permite detectar factores asociados a las infecciones deberán tomarse medidas de intervención que favorezcan la disminución de la prevalencia como son un mejor manejo de acaricidas, uso apropiado de jeringas y agujas, y selección de animales resilientes o resistentes a la infección. Además, para comprender mejor la epidemiología de las infecciones de *A. marginale* en bovinos de la región deberá extenderse la zona de estudio y el número de animales muestreados.

El uso de técnicas moleculares en el presente estudio permitió una detección más precisa de infecciones activas, en contraste con estudios que se basan exclusivamente en métodos serológicos, los cuales no discriminan entre infecciones actuales y exposiciones pasadas (Bisen *et al.*, 2021).

Desde una perspectiva epidemiológica, los hallazgos de este estudio subrayan la necesidad de establecer programas integrales de vigilancia y control de anaplasmosis bovina, que incluyan diagnóstico temprano, control de vectores, manejo adecuado del hato y capacitación a productores. La identificación de zonas

con mayor carga infecciosa como se reporta en el presente estudio puede ser clave para priorizar intervenciones y reducir la diseminación de infección.

Finalmente, se recomienda continuar con investigaciones longitudinales que permitan caracterizar la dinámica de transmisión, así como estudios genéticos del agente para evaluar posibles variantes regionales de *A. marginale* que podrían influir en la patogenicidad o la respuesta inmunológica del hospedador. Además, sería relevante evaluar la eficacia de vacunas comerciales o autóctonas como estrategia preventiva en regiones endémicas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

10. CONCLUSIONES.

Anaplasma marginale fue la única especie encontrada en los bovinos de las dos unidades de producción muestreadas. La prevalencia de infección fue de 93% en ambas unidades de producción. Debido a la elevada prevalencia no fue posible determinar factores asociados a la infección.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

11. REFERENCIAS CITADAS.

- Adjou Moumouni, P. F., Aboge, G. O., Terkawi, M. A., Masatani, T., Cao, S., Kamyngkird, K., Jirapattharasate, C., Zhou, M., Wang, G., Liu, M., Iguchi, A., Vudriko, P., Ybanez, A. P., Inokuma, H., Shirafuji-Umemiya, R., Suzuki, H., & Xuan, X. (2015). Molecular detection and characterization of *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, *Theileria* species and *Anaplasma marginale* isolated from cattle in Kenya. *Parasites and Vectors*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1106-9>
- Ait Hamou, S., Rahali, T., Sahibi, H., Belghyti, D., Losson, B., Goff, W., & Rhalem, A. (2012). Molecular and serological prevalence of *Anaplasma marginale* in cattle of North Central Morocco. *Research in Veterinary Science*, 93(3), 1318–1323. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.02.016>
- Alvarez, J. A., Rojas, C., & Figueroa, J. V. (2019). Diagnostic tools for the identification of *Babesia* sp. In persistently infected cattle. *Pathogens*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/pathogens8030143>
- Amorim, L. S., Wenceslau, A. A., Carvalho, F. S., Carneiro, P. L. S., & Albuquerque, G. R. (2014). Bovine babesiosis and anaplasmosis complex: diagnosis and evaluation of the risk factors from Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 23(3), 328–336. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014064>
- Battilani, M., De Arcangeli, S., Balboni, A., & Dondi, F. (2017). Genetic diversity and molecular epidemiology of *Anaplasma*. *Infection, Genetics and Evolution*, 49,

195–211. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2017.01.021>

Bernardo, F. D., Freitas, F. L. da C., Silva-Neto, A. F. da, & Franciscato, C. (2016).

Importance of blood smear in the distinction of hemoparasites: A case report of anaplasmosis. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 10, 290–296.

<https://doi.org/10.5935/1981-2965.20160024>

Bilgiç, H. B., Karagenc, T., Simuunza, M., Shiels, B., Tait, A., Eren, H., & Weir, W.

(2013). Development of a multiplex PCR assay for simultaneous detection of *Theileria annulata*, *Babesia bovis* and *Anaplasma marginale* in cattle.

Experimental Parasitology, 133(2), 222–229.

<https://doi.org/10.1016/j.exppara.2012.11.005>

Bisen, S., Aftab, A., Jeeva, K., Silamparasan, M., Yadav, S., Chandra, D., Sankar,

M., Garg, R., & Raina, O. K. (2021). Molecular and serological detection of *Anaplasma* infection in carrier cattle in north India. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*,

24, 100550.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100550>

Bolívar., A. M. (2013). Metodología diagnóstica para hemoparásitos dentro de la

ganadería bovina con énfasis en la reacción en cadena de la polimerasa y su variante múltiple. *Revista de Salud Animal*, 35(1), 1–9.

Brayton, K. A. (2012). Transmisión de *Anaplasma marginale* por garrapatas. *Revista*

Mexicana de Ciencias Pecuarias, 3, 41–50.

Cárdenas-Amaya, C., Romero-Salas, D., Rafael, M., Chaparro-Gutiérrez, J. J.,

López-Osorio, S., Aguilar-Domínguez, M., Alonso-Díaz, M. Á., Pérez de León,

- A. Á., & de la Fuente, J. (2025). Molecular Detection of *Anaplasma marginale* in *Amblyomma mixtum* Infesting Cattle in the Major Livestock-Producing States of Mexico. In *Pathogens* (Vol. 14, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/pathogens14030214>
- Cossío-Bayúgar, R., Rodríguez, S., García-Ortiz, M. A., García-Tapia, D., & Aboytes-Torres, R. (1997). Bovine anaplasmosis prevalence in northern Veracruz state, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine*, 32, 165–170. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(97\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(97)00016-0)
- Costa, J. (2004). Reacción en cadena de la polimerasa (PCR) a tiempo real. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 22(5), 299–305. [https://doi.org/10.1016/s0213-005x\(04\)73092-x](https://doi.org/10.1016/s0213-005x(04)73092-x)
- Vanessa Carvalho Sampaio de Magalhães, Uillians Volkart de Oliveira, Fábio Santos Carvalho, Clebso
- Costa, S., Magalhães, Volkart de Oliveira, U., Carvalho, FS., Pereira de Almeida C., Zacarias M. R., Dias M. A. (2016). Transplacental transmission of bovine tick-borne pathogens: Frequency, co-infections and fatal neonatal anaplasmosis in a region of enzootic stability in the northeast of Brazil. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.11.001>
- Eleftheriou, A., Cole, D., Kieffer, J., & Pesapane, R. (2022). Molecular prevalence of *Anaplasma marginale* and associated risk factors in beef cattle herds from Ohio: a cross-sectional study. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260(14), 1839–1843. <https://doi.org/10.2460/javma.22.05.0204>

- Fallquist, H., Tao, J., Cheng, X., Pierlé, S. A., Broschat, S. L., & Brayton, K. A. (2019). Dynamics of repeat associated plasticity in the aaap gene in *Anaplasma marginale*. *Gene X*, 2.
- Ferreira, G. C. M., Canozzi, M. E. A., Peripolli, V., Moura, G. de P., Sánchez, J., & Martins, C. E. N. (2022). Prevalence of bovine Babesia spp., Anaplasma marginale, and their co-infections in Latin America: Systematic review-meta-analysis. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 13(4), 101967. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2022.101967>
- Ferrerira, J; & Martínez, J. (2017). Antigenos subdominantes de Anaplasma marginale, nuevos candidatos vacunales. 58(1), 34–44.
- Florin-Christensen, M., Suarez, C. E., Rodriguez, A. E., Flores, D. A., & Schnittger, L. (2014). Vaccines against bovine babesiosis: where we are now and possible roads ahead. *Parasitology*, 28, 1–30.
- González, L. M., Estrada, K., Grande, R., Jiménez-Jacinto, V., Vega-Alvarado, L., Sevilla, E., De La Barrera, J., Cuesta, I., Zaballos, Á., Bautista, J. M., Lobo, C. A., Sánchez-Flores, A., & Montero, E. (2019). Comparative and functional genomics of the protozoan parasite *Babesia divergens* highlighting the invasion and egress processes. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(8), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007680>
- Gubler, D. J. (2010). *The Global Threat of Emergent/Re-emergent Vector-Borne Diseases BT - Vector Biology, Ecology and Control* (P. W. Atkinson (ed.); pp. 39–62). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2458-9_4

- Heller, L. M., Zapa, D. M. B., de Moraes, I. M. L., Salvador, V. F., Leal, L. L. L., Couto, L. F. M., de Aquino, L. M., Neves, L. C., da Silva, B. B. F., Ferreira, L. L., de Barros, A. T. M., Cançado, P. H. D., Krawczak, F. da S., Monteiro, C. M. de O., & Lopes, W. D. Z. (2025). Evaluation of mechanical transmission of *Anaplasma marginale* by *Stomoxys calcitrans*. *Research in Veterinary Science*, 190, 105655. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2025.105655>
- Hove, P., Chaisi, M. E., Brayton, K. A., Ganesan, H., Catanese, H. N., Mtshali, M. S., Mutshembele, A. M., Oosthuizen, M. C., & Collins, N. E. (2018). Co-infections with multiple genotypes of *Anaplasma marginale* in cattle indicate pathogen diversity. *Parasites & Vectors*, 11(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2595-5>
- INEGI. (2025). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI, Mexico*. <http://www.inegi.org.mx>
- Iriso Calle, A., Bueno Marí, R., De las Heras, E., Lucientes, J., & Molina, R. (2017). Cambio climático en España y su influencia en las enfermedades de transmisión vectorial. *Revista de Salud Ambiental*, 17(1), 70–86.
- Jabbar, A., Abbas, T., Sandhu, Z. U. D., Saddiqi, H. A., Qamar, M. F., & Gasser, R. B. (2015). Tick-borne diseases of bovines in Pakistan: Major scope for future research and improved control. *Parasites and Vectors*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0894-2>
- Jaimes-Dueñez, J., Triana-Chávez, O., & Mejía-Jaramillo, A. M. (2018). Genetic, host and environmental factors associated with a high prevalence of *Anaplasma marginale*. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 9(5), 1286–1295.

<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.05.009>

- Jaswal, H., Bal, M. S., Singla, L. D., Gupta, K., & Brar, A. P. S. (2015). Pathological observations on clinical *Anaplasma marginale* infection in cattle. *Journal of Parasitic Diseases*, 39(3), 495–498. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0384-4>
- Jiang, J., Zheng, Y., Jiang, R., Li, H., Huo, Q., Jiang, B., Sun, Y., Jia, N., Wang, Y., Ma, L., & Liu, H. (2015). Epidemiological, clinical, and laboratory characteristics of 48 cases of *Babesia venatorum* infection in China. *The Lancet Infectious Diseases*, 15(2), 196–203. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)71046-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)71046-1)
- Jiang, L., Ching, P., Chao, C., Dumler, J. S., Ching, W., Directorate, I. D., Medical, N., Spring, S., & Potomac, N. (2020). *Development of a sensitive and rapid recombinase polymerase. March*. <https://doi.org/10.1128/JCM.01777-19>
- Kocan, K. M., de la Fuente, J., Blouin, E. F., Coetzee, J. F., & Ewing, S. A. (2010). The natural history of *Anaplasma marginale*. *Veterinary Parasitology*, 167(2), 95–107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.012>
- Lee, S.-H., Kim, N., & Kwak, D. (2017). First clinical case of canine granulocytic anaplasmosis in Korea and genotypic analyses of *Anaplasma phagocytophilum*. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 8(4), 462–465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.02.003>
- Lempereur, L., Beck, R., Fonseca, I., Marques, C., Duarte, A., Santos, M., Zúquete, S., Gomes, J., Walder, G., Domingos, A., Antunes, S., Baneth, G., Silaghi, C., Holman, P., & Zintl, A. (2017). Guidelines for the detection of *Babesia* and

Theileria parasites. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 17(1), 51–65.
<https://doi.org/10.1089/vbz.2016.1955>

Li, S., Juhász-Horváth, L., Trájer, A., Pintér, L., Rounsevell, M. D. A., & Harrison, P. A. (2018). Lifestyle, habitat and farmers' risk of exposure to tick bites in an endemic area of tick-borne diseases in Hungary. *Zoonoses and Public Health*, 65(1), e248–e253. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/zph.12413>

Lira-Amaya, J. J., Polanco-martínez, D. J., Castañeda-arriola, R. O., Ramos-aragón, A., Lara-hernández, E. D. J., Francisco, J., Torre, P., Rojas-martínez, C., Álvarez-martínez, J. A., Ramón, C., & Julio, B. (2017). *Prevalencia serológica y molecular de Babesia bovis , Babesia bigemina y Anaplasma marginale en búfalos de agua en zonas de alta incidencia garrapatas*. 627–632.

Lopo-Costa, S. C. L., de Magalhães, Carvalho, V., de Oliveira, U. V., Carvalho, F. S., de Almeida, C. P., Machado, R. Z., & Munhoz, A. D. (2016). Transplacental transmission of bovine tick-borne pathogens: Frequency, co-infections and fatal neonatal anaplasmosis in a region of enzootic stability in the northeast of Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 7(2), 270–275.
<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.11.001>

Lozina, L., Ríos, E., Barbieri, A., Río, F. Del, Bogado, E., & Teibler, G. (2018). Estandarización del modelo de infección experimental en bovinos con *Anaplasma centrale* para la producción de inmunógenos. *Veterinaria (Montevideo)*, 54(210), 37–42. <https://doi.org/10.29155/vet.54.210.6>

Mamoudou, A., Cyril, N., Lendzele, S., Kingsley, M., Njongui, J., & Pagnah, Z. (2017). Bovine Babesiosis and Anaplasmosis in some cattle farms in the Vina

- division. *International Journal of Livestock Research*, January, 1.
<https://doi.org/10.5455/ijlr.20170423025510>
- Mateu, E y Casal, J. (2003). Tamaño de la muestra. *Rev Epidemiol Med Prev*, 1, 8–14.
- Medina-Naranjo, V. L., Reyna-Bello, A., Tavares-Marques, L. M., Campos, A. M., Ron-Román, J. W., Moyano, J. C., Jarrín-Porras, E. C., Sandoval-Morejón, E. D., & Chávez-Larrea, M. A. (2017). Diagnosis of hemotropics *Anaplasma marginale*, *Trypanosoma spp.* and *Babesia spp.* by elisai and PCR techniques in three livestock farms of Pastaza Province, Ecuador. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 27(3), 162–171.
- Miller, S. A., Dykes, D. D., & Polesky, H. F. (1988). A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Research*, 16 (3), 1215. <https://doi.org/10.1093/nar/16.3.1215>
- Mosqueda Gualito, J. J., Falcón Neri, A., Alberto Ramos Aragón, J., Jorge Canto Alarcón, G., & Camacho-Nuez, M. (2012). Genome and molecular strategies for bovine babesiosis control. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 3(SUPPL. 1), 51–59.
- Nicholson, M. J., Butterworth, M. H., & Africa, I. L. C. for. (1986). *A Guide to Condition Scoring of Zebu Cattle*. International Livestock Centre for Africa. https://books.google.com.mx/books?id=2Gg_AAAAYAAJ
- OIE. (2015). *Anaplasmosis bovina*. Version Adopted by the World Assembly of Delegates of the OIE in May 2010.

- Ola-Fadunsin, S. D., Gimba, F. I., Abdullah, D. A., Sharma, R. S. K., Abdullah, F. J. F., & Sani, R. A. (2018). Epidemiology and risk factors associated with *Anaplasma marginale* infection of cattle in Peninsular Malaysia. *Parasitology International*, 67(6), 659–665. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.parint.2018.06.013>
- Ortiz-Ramírez, J. A., Rodríguez-Rojas, J. J., Hernández-Escareño, J. J., Galan-Huerta, K.-A., Rebollar-Téllez, E. A., Moreno-Degollado, G., Medina-De la Garza, C. E., Sánchez-Casas, R. M., & Fernández-Salas, I. (2023). Molecular and Serological Identification of *Anaplasma marginale* and *Borrelia burgdorferi* in Cattle and Ticks from Nuevo Leon, Northern Mexico. In *Pathogens* (Vol. 12, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/pathogens12060784>
- Reinbold, J. B., Coetzee, J. F., Hollis, L. C., Nickell, J. S., Riegel, C. M., Christopher, J. A., & Ganta, R. R. (2010). Comparison of iatrogenic transmission of *Anaplasma marginale* in Holstein steers via needle and needle-free injection techniques. *American Journal of Veterinary Research*, 71(10), 1178–1188. <https://doi.org/10.2460/ajvr.71.10.1178>
- Rodríguez-Vivas, I., Grisi, L., Pérez De León, A. A., Silva Villela, H., Torres-Acosta, J. F. D. J., Fragoso Sánchez, H., Romero Salas, D., Rosario Cruz, R., Saldierna, F., & García Carrasco, D. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review Evaluación del impacto económico potencial de los parásitos del ganado bovino en México. Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu*, 8(1), 61–74. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305>
- Rodríguez-Vivas, R. I., Pérez-Cogollo, L. C., Rosado-Aguilar, J. A., Ojeda-Chi, M.

- M., Trinidad-Martinez, I., Miller, R. J., Li, A. Y., de León, A. P., Guerrero, F., & Klafke, G. (2014). *Rhipicephalus(Boophilus) microplus* resistant to acaricides and ivermectin in cattle farms of Mexico. In *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* (Vol. 23). scielo .
- Rodríguez-Vivas, R., Mata-Mendez, Y., Pérez-Gutierrez, E., & Wagner, G. (2004). The Effect of Management Factors on the Seroprevalence of *Anaplasma marginale* in *Bos indicus* cattle in the Mexican Tropics. *Tropical Animal Health and Production*, 36(2), 135–143.
<https://doi.org/10.1023/B:TROP.0000012105.19518.80>
- Scoles, G. A., Broce, A. B., Lysyk, T. J., & Palmer, G. H. (2005). Relative Efficiency of Biological Transmission of *Anaplasma marginale* (Rickettsiales: Anaplasmataceae) by *Dermacentor andersoni* (Acari: Ixodidae) Compared with Mechanical Transmission by *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) . *Journal of Medical Entomology*, 42(4), 668–675.
<https://doi.org/10.1093/jmedent/42.4.668>
- Scoles, G. A., Miller, J. A., & Foil, L. D. (2008). Comparison of the Efficiency of Biological Transmission of *Anaplasma marginale* (Rickettsiales: Anaplasmataceae) by *Dermacentor andersoni* Stiles (Acari: Ixodidae) with Mechanical Transmission by the Horse Fly, *Tabanus fuscicostatus* Hine (Diptera: Muscidae). *Journal of Medical Entomology*, 45(1), 109–114.
<https://doi.org/10.1093/jmedent/45.1.109>
- Shams, S., Ayaz, S., Ali, I., Khan, S., Gul, I., Gul, N., & Khan, S. N. (2013). Sensitivity and specificity of PCR & microscopy in detection of Babesiosis in domesticated

- cattle of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 2(5), 37–41.
- Shebish, E., Vemulapalli, R., & Oseto, C. (2012). Prevalence and molecular detection of *Anaplasma marginale*, *Babesia bovis* and *Babesia bigemina* in cattle from Puntarenas Province, Costa Rica. *Veterinary Parasitology*, 188(1), 164–167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.009>
- Showler, A. T., Pérez de León, A., & Saelao, P. (2021). Biosurveillance and Research Needs Involving Area-Wide Systematic Active Sampling to Enhance Integrated Cattle Fever Tick (Ixodida: Ixodidae) Eradication. *Journal of Medical Entomology*, 58(4), 1601–1609. <https://doi.org/10.1093/jme/tjab051>
- SIAP. (2019). *Infografía Agroalimentaria 2018*. <https://doi.org/https://osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/Tabasco-Infografia-Agroalimentaria-2019.pdf>
- Silaghi, C., Santos, A. S., Gomes, J., Christova, I., Matei, I. A., Walder, G., Domingos, A., Bell-Sakyi, L., Sprong, H., Von Loewenich, F. D., Oteo, J. A., De La Fuente, J., & Dumler, J. S. (2017). Guidelines for the direct detection of *Anaplasma spp.* in diagnosis and epidemiological studies. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 17(1), 12–22. <https://doi.org/10.1089/vbz.2016.1960>
- Tamay de Dios, L.; Ibarra, C.; Velasquillo, C. (2013). Fundamentos de la reaccion en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real. *Investigacion En Discapacidad*, 2, 70–78.
- Tana-Hernández, L., Navarrete-Arroyo, K., Ron-Román, J., Reyna-Bello, A., &

- Chávez-Larrea, M. A. (2017). PCR-diagnosis of *Anaplasma marginale* in cattle populations of Ecuador and its molecular identification through sequencing of ribosomal 16S fragments. *BMC Veterinary Research*, 13(1), 392. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1311-1>
- Torres-Chable, O. M., Baak-Baak, C. M., Cigarroa-Toledo, N., Blitvich, B. J., Brito-Argaez, L. G., Alvarado-Kantun, Y. N., & Machain-Williams, C. I. (2018). Molecular detection of *Dirofilaria immitis* in dogs and mosquitoes in Tabasco, Mexico. *Journal of Vector Borne Diseases*, 55(2), 151.
- Verde, J. P. (2019). *Leucosis bovina: actualización sobre los mecanismos de transmisión y estrategias de control y erradicación.*
- Ybañez, & A. P., & Inokuma, H. (2016). *Anaplasma* species of veterinary importance in Japan. *Veterinary World*, 9(11), 1190–1196. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.1190-1196> duplicado
- Ybañez, A. P., & Inokuma, H. (2016). *Anaplasma* species of veterinary importance in Japan. In *Veterinary World* (2016/11/04, Vol. 9, Issue 11, pp. 1190–1196). *Veterinary World*. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.1190-1196>
- Ybañez, A. P., Sivakumar, T., Battsetseg, B., Battur, B., Altangerel, K., Matsumoto, K., Yokoyama, N., & Inokuma, H. (2013). Specific Molecular Detection and Characterization of *Anaplasma marginale* in Mongolian Cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*, 75(4), 399–406. <https://doi.org/10.1292/jvms.12-0361>
- Yousefi, A., Rahbari, S., Shayan, P., Sadeghi-dehkordi, Z., & Bahonar, A. (2017).

Molecular detection of *Anaplasma marginale* and *Anaplasma ovis* in sheep and goat in west highland pasture of Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(5), 455–459. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.017>

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

MIGUEL ABAD IZQUIERDO

PREVALENCIA Y FACTORES ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR ANAPLASMA SPP. EN BOVINOS DE DOS UNIDADES DE P...

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:505212944

58 páginas

Fecha de entrega

29 sep 2025, 12:25 p.m. GMT-6

10.610 palabras

Fecha de descarga

29 sep 2025, 12:31 p.m. GMT-6

60.408 caracteres

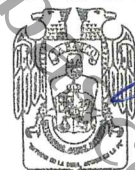
Nombre del archivo

Tesis de agustin y abad 26 septiembre 2025.docx

Tamaño del archivo

361.0 KB

U.J.A.T.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE ESTUDIOS TERMINALES

1% Similitud general

El total combina 1% de todas las similitudes, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

Título de tesis:	Prevalencia y factores asociados a la infección por <i>Anaplasma</i> spp. en bovinos de dos unidades de producción en Reforma, Chiapas, México
Autor de tesis:	Miguel Abad Izquierdo. Agustín Méndez Morelos. Oswaldo Margarito Torres Chablé. Claudia Virginia Zaragoza Vera.
ORCID:	https://orcid.org/0009-0007-2869-0743 https://orcid.org/0009-0000-7516-4032 https://orcid.org/0000-0001-7482-6663 https://orcid.org/0000-0002-8629-7401
Resumen de tesis:	Se realizó un estudio observacional de tipo transversal y analítico para detectar la presencia de <i>Anaplasma</i> spp., y determinar los factores asociados a las infecciones causadas por estos microorganismos en bovinos de unidades de producción (UPP) de Reforma, Chiapas. La UPP 1 cuenta con 102 bovinos Brahman, es un terreno inundable y la alimentación es basada en pastoreo. La UPP 2 cuenta con 43 bovinos de raza Brahman, es una zona no inundable con alimentación basada en pastoreo. Se recolectaron datos como la edad, condición corporal y etapa fisiológica de los animales. Se obtuvieron muestras de sangre con anticoagulante y se extrajo ADN mediante la técnica de sales. Posteriormente, se realizó la detección molecular

	<p>mediante la técnica de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) empleando cebadores para <i>A. marginale</i>, <i>A. centrale</i> y <i>A. bovis</i>. Se determinó la prevalencia general, y las variables colectadas fueron sujetas a un análisis de regresión logística binomial para identificar su posible asociación con la infección de <i>Anaplasma spp.</i> El análisis se realizó en el programa estadístico IBM SPSS versión 22, se obtuvieron los Odds Ratio e intervalos de confianza de cada variable, y se consideraron significativos cuando se obtuvo un valor de $P < 0.05$. Se registraron prevalencias de 93% de <i>A. marginale</i> en ambas UPP. No se registró evidencia molecular de las especies <i>centrale</i> y <i>bovis</i>. La detección de factores asociados a las infecciones no pudo ser determinada ya que el porcentaje de infección fue cercano al 100%.</p>
<p>Palabras claves de la Tesis:</p>	<p>Hemoparásitos, Anaplasmosis, <i>Anaplasma marginale</i>, <i>Centrale</i>.</p>

Referencias citadas:

Adjou Moumouni, P. F., Aboge, G. O., Terkawi, M. A., Masatani, T., Cao, S., Kamyngkird, K., Jirapattharasate, C., Zhou, M., Wang, G., Liu, M., Iguchi, A., Vudriko, P., Ybanez, A. P., Inokuma, H., Shirafuji-Umemiya, R., Suzuki, H., & Xuan, X. (2015). Molecular detection and characterization of *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, *Theileria* species and *Anaplasma marginale* isolated from cattle in Kenya. *Parasites and Vectors*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1106-9>

Ait Hamou, S., Rahali, T., Sahibi, H., Belghyti, D., Losson, B., Goff, W., & Rhalem, A. (2012). Molecular and serological prevalence of *Anaplasma marginale* in cattle of North Central Morocco. *Research in Veterinary Science*, 93(3), 1318–1323. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.02.016>

Alvarez, J. A., Rojas, C., & Figueroa, J. V. (2019). Diagnostic tools for the identification of *Babesia* sp. In persistently infected cattle. *Pathogens*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/pathogens8030143>