



**Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo A.C.**

**SEROPREVALENCIA, FACTORES DE RIESGO Y
TRANSMISIÓN ZONÓTICA DE *Leptospira* spp. EN
EXPLOTACIONES GANADERAS DE SONORA: ENFOQUE DE
UNA SOLA SALUD**

Por:

Nadia Berenice Castillo Martínez

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE NUTRICIÓN

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Nadia Berenice Castillo Martínez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias



Dra. Maricela Montalvo Corral
Directora de Tesis



Dra. María Guadalupe López Robles
Co-directora de Tesis



Dra. Araceli Pinelli Saavedra
Integrante del comité de tesis



Dr. Julián Esparza Romero
Integrante del comité de tesis

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en la tesis "Seroprevalencia, Factores de Riesgo y Transmisión Zoonótica de *Leptospira* spp. en Explotaciones Ganaderas de Sonora: Enfoque de una Sola Salud" es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial de la autora Nadia Berenice Castillo Martínez, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de quien ocupe la titularidad de la Dirección General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del director(a) de tesis.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.
Coordinación de Programas Académicos

Dra. Graciela Caire Juvera
Directora General

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por el apoyo brindado durante el posgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD) por facilitarme sus instalaciones para la realización de este estudio, así como también a los académicos que enriquecieron mi conocimiento en diversas áreas.

A la Universidad de Sonora por abrirme sus puertas y brindar tantos conocimientos a lo largo de mi formación académica.

A mi directora de tesis, la Dra. Maricela Montalvo Corral, por guiarme en este camino, por la confianza brindada para desarrollar este proyecto, por su tiempo, paciencia y por todas las enseñanzas aprendidas. Así como también, a mi co-directora Dra. María Guadalupe López Robles por compartirme sus conocimientos, por mi formación y ser guía en este proceso.

A mis asesores, el Dr. Julián Esparza Romero, la Dra. Araceli Pinelli Saavedra y el Dr. Humberto González Ríos, por sus valiosas aportaciones y su gran apoyo en la realización de este proyecto, por mi formación académica durante el posgrado, por sus enseñanzas y correcciones para el fortalecimiento del estudio.

Al Laboratorio Estatal de Salud Pública de Hermosillo por permitir el uso de sus instalaciones para el desarrollo de este proyecto. Particularmente a Tere Durán Téllez y Juan Ruíz German por extender sus conocimientos y por la confianza brindada.

A Dios por permitirme la salud y las energías para la realización de este trabajo, a mi mamá por siempre apoyarme en cada paso que doy y estar conmigo.

Al equipo de trabajo y compañeros de proyecto Denisse Fuentes Valle, Melisa Salazar Bujanda, Kenia Olmedo Chávez, Claudia Guarista Aguayo, Julián Acosta Monge, Nilza Córdova Robles, por su amistad y por los momentos tan agradables que pasamos.

A mis amigos que siempre estuvieron al pendiente de mí, por su apoyo incondicional, por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas y nunca dejarme de la mano.

A mis nuevas amistades que hice en CIAD, Fernanda, Iveth, Elsia, Hellen, Damaris, por brindarme su apoyo en todo momento, por todas las experiencias vividas, las risas, las tristezas, el estrés, las preocupaciones y los logros.

A mis mascotas, Inky, Sinco, Félix, Mini, Niña, Linda y Guapo por acompañarme en mis días de desvelos y por brindarme su amor.

¡Infinitamente gracias a todos !

DEDICATORIA

A mi mamá y mis abuelos

Los amo ♥

CONTENIDO

APROBACIÓN	2
DECLARACIÓN INSTITUCIONAL	3
AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	6
CONTENIDO	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE CUADROS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	15
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	17
2.1. Características del Agente Etiológico de la Leptospirosis.....	17
2.1.1. Morfología.....	17
2.1.2. Clasificación.....	17
2.2. Ciclo Biológico y Transmisión de la Leptospirosis.....	18
2.2.1. Reservorios Animales.....	19
2.2.2. Serovares de <i>Leptospira</i> spp.....	20
2.3. Epidemiología de <i>Leptospira</i> spp.....	21
2.3.1. En Bovinos.....	21
2.3.2. En Personas.....	21
2.4. Leptospirosis como Enfermedad.....	22
2.4.1. Patogenia.....	22
2.4.2. Cuadro Clínico en Bovinos.....	23
2.4.3. Cuadro Clínico en Personas.....	23
2.4.4. Diagnóstico y Tratamiento.....	24
2.4.5. Control y Prevención.....	25
2.5. Factores de Riesgo Relacionados a <i>Leptospira</i> spp. en Bovinos.....	26
2.6. Relación entre <i>Leptospira</i> en Bovinos y Riesgo Ocupacional.....	28
2.7. Impacto de la Enfermedad en las Explotaciones Ganaderas.....	28
2.8. Estudio de la Leptospirosis desde el Enfoque de Una Sola Salud.....	29
2.8.1. En Sonora.....	31
3. HIPÓTESIS	33
4. OBJETIVOS	34
4.1. Objetivo General.....	34
4.2. Objetivos Específicos.....	34
5. MÉTODOS	35

CONTENIDO (continuación)

5.1. Análisis de Bases de Datos.....	35
5.1.1. Detección de Anticuerpos Anti- <i>Leptospira</i>	35
5.1.2. Diseño de Estudio, Sujetos y Animales.....	36
5.1.3. Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en Bovinos.....	38
5.2. Factores de Riesgo o Protectores.....	38
5.2.1. Revisión de Base de Datos.....	39
5.2.2. Análisis Estadístico.....	39
5.2.2.1. Análisis Exploratorio.....	40
5.2.2.2. Análisis de Asociación Potencial (Análisis Univariado).....	40
5.2.2.3. Análisis Automatizado (Stepwise Forward).....	42
5.2.2.4. Evaluación de los Modelos Preliminares.....	43
5.2.2.4.1. Modificación del Efecto.....	43
5.2.2.4.2. Colinealidad.....	43
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
6.1. Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en Bovinos de Sonora.....	44
6.2. Titulaciones de Anticuerpos Anti- <i>Leptospira</i> en Bovinos de Sonora.....	48
6.3. Seroprevalencia y Frecuencia de <i>Leptospira</i> spp. en Trabajadores y Caninos de Explotaciones Ganaderas.....	49
6.4. Factores de Riesgo o Protectores Asociados a la Transmisión de <i>Leptospira</i> spp. en Bovinos y Trabajadores de Explotaciones Ganaderas.....	53
6.4.1. Análisis de Asociación Potencial.....	53
6.4.1.1. En Bovinos.....	54
6.4.1.2. En Trabajadores.....	60
6.4.2. Modelos de Regresión Logística Múltiple Obtenidos por el Análisis Automatizado (Stepwise Forward).....	63
6.4.2.1. En Bovinos.....	63
6.4.2.2. En Trabajadores.....	69
7. CONCLUSIONES.....	73
8. REFERENCIAS.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Mapa representativo de las explotaciones ganaderas muestreadas.....	37
2.	Frecuencia de seropositividad a serovares de <i>Leptospira</i> spp. en trabajadores de las explotaciones muestreadas.....	51
3.	Frecuencia de seropositividad a serovares de <i>Leptospira</i> spp. en caninos de las explotaciones ganaderas muestreadas.....	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Reservorios naturales e incidentales de serovares de <i>Leptospira</i> spp. en diferentes especies domésticas y personas.....	20
2. Factores de riesgo biológicos y socio-ambientales relacionados a seropositividad de <i>Leptospira</i> spp.....	27
3. Serovares utilizados en la técnica de microaglutinación microscópica (MAT).....	36
4. Localización geográfica de explotaciones ganaderas incluidas en el estudio.....	37
5. Variables agrupadas en clusters en bovinos y en trabajadores asociadas a <i>Leptospira</i> spp.....	41
6. Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en bovinos por explotación ganadera.....	45
7. Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en bovinos de acuerdo con la zona de Sonora.	45
8. Seroprevalencia de serovares de <i>Leptospira</i> spp. en bovinos según la explotación ganadera.....	47
9. Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en bovinos de acuerdo con el fin zootécnico de explotaciones ganaderas.....	47
10 Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en bovinos según el tipo de producción.....	48
11 Titulaciones de reacciones positivas a anticuerpo anti- <i>Leptospira</i> spp. en bovinos.	49
12 Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en trabajadores según el tipo de producción...	49
13 Seroprevalencia de <i>Leptospira</i> spp. en trabajadores según el fin zootécnico.....	50
14 Comparación de seroprevalencia de serovares en bovinos, trabajadores y caninos de explotaciones ganaderas evaluadas.....	51
15 Número total de variables asociadas potencialmente a seropositividad a <i>Leptospira</i> spp.....	54
16 Variables asociadas potencialmente a la seropositividad a <i>Leptospira</i> spp. en bovinos de explotaciones ganaderas de Sonora (análisis univariado)	55
17 Variables asociadas potencialmente a la seropositividad a <i>Leptospira</i> spp. en trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora (análisis univariado).....	61
18 Modelos de regresión logística múltiple de determinantes asociados a la presencia de seropositividad a <i>Leptospira</i> spp. en bovinos de explotaciones de Sonora.....	68
19 Modelos de regresión logística múltiple de determinantes asociados a la presencia de seropositividad a <i>Leptospira</i> spp. en trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora.....	70

RESUMEN

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica de tipo ocupacional, prevalente a nivel mundial, que también afecta la producción animal, causando pérdidas económicas. Se asocia a factores de riesgo relacionados con la higiene, la interacción con otros animales y ambientales, por ello es una problemática importante para atender desde el enfoque de Una Sola Salud, ya que reconoce la profunda relación entre la salud de los animales, plantas, personas y el ambiente en que coexisten. El objetivo de esta investigación fue determinar la seroprevalencia de *Leptospira* spp., en bovinos, así como los factores de riesgo o protectores asociados a su transmisión entre bovinos y trabajadores en la interfase animal-persona-ambiente en explotaciones ganaderas de Sonora. El presente estudio es de tipo observacional, con análisis secundario de bases de datos de estudios epidemiológicos transversales. A partir de ello, fueron creadas dos bases de datos integradas con la información obtenida, una para bovinos y otra para trabajadores. Posteriormente se realizó un análisis exploratorio y de asociación potencial (univariado), considerando la presencia de anticuerpos anti-*Leptospira* como variable dependiente y las variables de tipo biológicas, epidemiológicas, ambientales y zootécnicas como independientes en bovinos y trabajadores. Por medio de regresión logística múltiple se determinaron factores de riesgo o protectores a la presencia de anticuerpos anti-*Leptospira*.

Se identificó una seroprevalencia general de 25% y 41% de *Leptospira* spp. en bovinos y personas, respectivamente, en explotaciones ganaderas de Sonora. Las explotaciones con mayor seroprevalencia pertenecen a los municipios de Álamos (62.5%) y Carbó (59.4%). Los modelos de regresión logística múltiple generados permitieron identificar determinantes de riesgo en la interfase personas-animales-ambiente, de la seropositividad a *Leptospira* spp. en las explotaciones evaluadas. Se identificaron, factores biológicos como la presencia de animales domésticos y silvestres, epidemiológicos como la convivencia con especies seropositivas y con signos característicos de la enfermedad, ambientales como la presencia de cuerpos de agua y zootécnicos como la utilización del mismo guante para varias vacas al palpar, no cuarentenar al ganado nuevo, haber presentado abortos, convivencia con animales con diarrea, que no todo el ganado sea de la misma explotación y que los trabajadores laboren en varias explotaciones a la vez, entre otros. Así como la circulación de serovares comunes entre especies, siendo las de tipo trabajador-bovino las

más frecuentes. Las contribuciones de este estudio servirán de base para el diseño de estrategias integrales de intervención y control de la enfermedad, bajo el enfoque de Una Sola Salud.

Palabras clave: *Leptospira, bovinos, zoonosis, factores de riesgo, Una Sola Salud*

ABSTRACT

Leptospirosis is a zoonotic occupational disease, prevalent worldwide, which also affects animal production, causing economic losses. It is associated with risk factors related to hygiene, interaction with other animals and the environment, which is why it is an important problem to address from the One Health approach, since it recognizes the deep relationship between the health of animals, plants, people and the environment in which they coexist. The objective of this research was to determine the seroprevalence of *Leptospira* spp. in cattle, as well as the risk or protective factors associated with its transmission between cattle and workers at the animal-person-environment interface in livestock farms in Sonora. The present study was observational, with secondary analysis of databases of cross-sectional epidemiological studies. From this, two databases were created integrated with the information obtained, one for cattle and the other for workers. Subsequently, an exploratory and potential association analysis (univariate) was performed, considering the presence of anti-*Leptospira* antibodies as a dependent variable and the biological, epidemiological, environmental and zootechnical variables as independent in cattle and workers. Multiple logistic regression was used to determine risk or protective factors for the presence of anti-*Leptospira* antibodies.

An overall seroprevalence of 25% and 41% of *Leptospira* spp. was identified in cattle and people, respectively, in cattle farms in Sonora. The farms with the highest seroprevalence belong to the municipalities of Álamos (62.5%) and Carbó (59.4%). The multiple logistic regression models generated allowed the identification of risk determinants at the human-animal-environment interface, from seropositivity to *Leptospira* spp. in the evaluated farms. Biological factors such as the presence of domestic and wild animals, epidemiological factors such as coexistence with seropositive species and with characteristic signs of the disease, environmental factors such as the presence of bodies of water and zootechnical factors such as the use of the same glove for several cows when palpation, not quarantining new livestock, having had abortions, coexistence with animals with diarrhea were identified, that not all livestock are from the same farm and that workers work on several farms at the same time, among others. As well the circulation of common serovars between species, with the worker-bovine type being the most frequent. The contributions of this study will serve as a basis for the design of comprehensive strategies for intervention and control

of the disease, under the One Health approach.

Key Words: *Leptospira, cattle, zoonoses, risk factors, One health*

1. INTRODUCCIÓN

La salud de las personas, los animales, plantas y el ambiente en el que se desarrollan, son interdependientes, este es el concepto holístico de Una Sola Salud. Las enfermedades infecciosas desatendidas, son un importante problema de salud pública, con una alta incidencia en zonas rurales. La leptospirosis es una enfermedad zoonótica desatendida que se presenta mundialmente, y afecta personas y animales. En entornos rurales de producción pecuaria, las explotaciones ganaderas pueden presentar condiciones que facilitan contactos estrechos entre especies domésticas, silvestres y personas, así como condiciones ambientales particulares, que permiten la presencia de la *Leptospira*. La leptospirosis es una enfermedad reemergente también considerada enfermedad profesional o de tipo ocupacional que se transmite directa o indirectamente y se asocia a factores de riesgo relacionados con la higiene y la convivencia con animales (Llanco *et al.*, 2017; Yupiana *et al.*, 2020). La leptospirosis en animales de producción, como el caso de bovinos, puede producir grandes pérdidas económicas, ocasionando en el ganado agalactia (disminución de la leche), infertilidad, abortos, mortinatos y nacimiento de animales débiles (OIE, 2018).

Estudios de *Leptospira* spp. con énfasis en Una Sola Salud en algunas partes del mundo, han identificado que existe un intercambio de la bacteria entre especies y el ambiente. Se demostró la circulación de serovares similares en distintas especies domésticas, silvestres y personas, los cuales compartían medios ambientales como fuentes de agua naturales (Polo *et al.*, 2019; Zamir *et al.*, 2022).

La leptospirosis suele ser confundida con otras afecciones debido a sus signos clínicos comunes, por lo que es necesario su estricto diagnóstico por laboratorio, siendo la técnica serológica de microaglutinación (MAT, por sus siglas en inglés) la prueba diagnóstica más utilizada. Esta técnica detecta anticuerpos anti-*Leptospira* y es reconocida como el estándar de oro debido a su especificidad para identificar seropositividad (Sandoval *et al.*, 2018). En zonas rurales, resulta difícil la ejecución de este tipo de diagnósticos debido a que las posibilidades son menores en comparación con zonas urbanas. Esto provoca que exista poco o nulo control de la enfermedad en una zona determinada y se desconozca su situación epidemiológica.

En México, se ha detectado una seropositividad alta (49.7%) de *Leptospira* spp. en bovinos, en distintas regiones ecológicas (Luna *et al.*, 2005). La información de la situación epidemiológica en

bovinos es escasa en diferentes partes del país. Existe información sobre los serovares circulantes en el estado de Sonora a partir de estudios realizados en diferentes especies, pero sin abordarlo de forma integrada. Por ello, el abordaje de esta problemática desde el enfoque de Una Sola Salud promoverá un equilibrio y bienestar en la interfaz animal-persona-ambiente. El objetivo de esta investigación es determinar la seroprevalencia de *Leptospira* spp., así como los factores de riesgo o protectores asociados a su transmisión en bovinos y trabajadores en explotaciones ganaderas de Sonora.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Características del Agente Etiológico de la Leptospirosis

La leptospirosis es una enfermedad causada por bacterias del género *Leptospira* spp. y se distribuye mundialmente, afectando a más de 160 especies de mamíferos domésticos, silvestres y personas (Torres *et al.*, 2015). Su principal forma de transmisión es por medio del contacto con orina contaminada. La enfermedad suele desarrollarse en áreas tropicales y subtropicales en donde ocurren grandes precipitaciones (INDRE, 2018).

2.1.1. Morfología

La *Leptospira* cuyo nombre proviene del griego *leptos* (delgado) y del latín *spira* (espiral) es una bacteria Gram negativa de vida libre (Carbonell *et al.*, 2016; Quinn *et al.*, 2016). Su forma representa a una espiroqueta (*spiro* = espiral; *chaeta* = sedas), dando una apariencia de “s” o “c”. Es un microorganismo flexible, con 0.1 μM de diámetro y 6-20 μM de longitud, de movimientos característicos de rotación y traslación alrededor del axis o filamento axial, siendo estos sus principales factores de virulencia (Dwight & Yuan, 1999; Stanchi *et al.*, 2007; Koizumi & Picardeau, 2020). Su estructura helicoidal de 18 o más giros, cuenta con una capa de peptidoglicanos (cadenas de N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico) y una membrana externa a base de lipopolisacáridos (antígeno de superficie más importante de las bacterias Gram negativas) (Adler & de la Peña, 2009).

2.1.2. Clasificación

Los lipopolisacáridos de la membrana externa de la *Leptospira* le otorgan los determinantes

antigénicos que permiten la diferenciación en su clasificación taxonómica y virulencia. La *Leptospira* pertenece al orden *Spirochaetales*, a la familia *Leptospiraceae*, género *Leptospira* (Ahmed *et al.*, 2012). Se clasifica en 64 especies de acuerdo con el análisis de secuenciación del genoma completo y reconstrucción filogenética molecular. Las especies de *Leptospira* se dividen en patógenas, capaces de provocar la enfermedad y la muerte, intermedias, que producen algunas complicaciones y saprófitas o no patógenas que son de vida libre (Lehmann *et al.*, 2014; Lujan *et al.*, 2019).

Dentro de las especies patógenas se encuentran *L. interrogans*, *L. kirschneri*, *L. noguchii*, *L. borgpetersenii*, *L. weilii*, *L. santarosai*, *L. alexanderi*, *L. alstonii*, *L. mayottensis*, *L. kmetyi*. Las especies clasificadas como intermedias comprenden *L. wolffii*, *L. licerasiae*, *L. inadai*, *L. fainei*, *L. broomii*. Las saprófitas incluyen *L. biflexa*, *L. idonii*, *L. meyeri*, *L. terpstrae*, *L. vanthielii*, *L. wolbachii*, *L. yanagawae* (López *et al.*, 2021).

Debido a su conformación antigénica, *Leptospira* se clasifica en unidades básicas conocidas como serovares, de los que existen alrededor de 300. Estos se clasifican a su vez en 32 serogrupos según su homología (López *et al.*, 2021).

2.2. Ciclo Biológico y Transmisión de la Leptospirosis

Para que la *Leptospira* pueda mantenerse viable y con capacidad de reproducirse en un mismo medio, deben presentarse diversas características que permitan su desarrollo. Es un organismo aerobio, cuya principal fuente de energía son los ácidos grasos de cadena larga, su temperatura óptima de crecimiento y desarrollo de 28-30 °C en un lapso de 6-20 h (Koizumi & Picardeau, 2020). Sin embargo, en el ambiente acuático ha demostrado su supervivencia hasta 130 días a 4 °C, 263 días a 20 °C y 316 días a 30 °C. También, 344 días en pH < 7 y 129 días en pH ≥ 7 (Andre *et al.*, 2015).

El ciclo de la leptospirosis inicia en los animales enfermos. La principal forma de salida de la bacteria del organismo afectado es por medio de la orina contaminada. Las bacterias se alojan en el sistema urinario, especialmente en las células epiteliales de los túbulos renales, en donde constantemente son excretadas por la orina hacia el medio ambiente (Azócar *et al.*, 2014).

Posteriormente, los animales susceptibles entran en contacto con la bacteria, de forma directa o indirecta (Wafa *et al.*, 2020). La transmisión ocurre gracias a sus características esenciales para invadir tejidos, siendo la movilidad, el diámetro, su forma, flexibilidad y quimiotaxis, lo que les permite pasar a través de filtros de membrana con tamaño de poros de 0.1 μM (Stanchi *et al.*, 2007; Quinn *et al.*, 2016).

La transmisión directa de la leptospirosis ocurre por medio de la orina, sangre u órganos afectados que entran en contacto con animales susceptibles. Las vías de entrada son a través del parto, de forma transplacentaria, lesiones cutáneas y mucosas nasofaríngea, oral, genital y conjuntival. La transmisión indirecta sucede cuando el animal susceptible entra en contacto con el ambiente contaminado, como el agua, suelos o alimentos (Rodríguez, 2016).

Al realizarse la transmisión de la *Leptospira* directa o indirectamente, el ciclo biológico de la enfermedad pasa a su etapa final. Esto es, cuando en el organismo infectado las bacterias viajan por torrente sanguíneo; aproximadamente 10 días después de la infección aparecen los anticuerpos. Sin embargo, cuando las bacterias evaden la respuesta inmune, estas desaparecen de la circulación y pasan a persistir en tejidos como túbulos renales, útero, ojos o meninges (Quinn *et al.*, 2016). De esta forma el organismo afectado, persona o animal, se convierte en portador para seguir infectando, y el ciclo vuelve a comenzar.

2.2.1. Reservorios Animales

La leptospirosis afecta a una gran cantidad de animales y a personas. Entre los animales domésticos susceptibles a infectarse se encuentran los bovinos, caninos, equinos y porcinos (Adler, 2015). Los animales silvestres que se infectan son generalmente pequeños roedores, principalmente los del género *Rattus* y *Mus* (Torres *et al.*, 2015). Estos pueden cumplir un papel de reservorios naturales o incidentales.

Los reservorios naturales son organismos considerados portadores de la infección de una forma endémica y cuentan con capacidad de eliminar *Leptospira* en la orina, a menudo durante toda su vida si no es tratada. Sin embargo, la asociación de los serovares y sus reservorios naturales, no es absoluta. Los reservorios incidentales hospedan a la bacteria sin provocar la enfermedad, también

son conocidos como reservorios de mantenimiento, debido a que causan una mayor supervivencia de la bacteria. Sin embargo, se han documentado infecciones renales crónicas por especies patógenas que duran un año o más (Lehmann *et al.*, 2014; López *et al.*, 2021).

2.2.2. Serovares de *Leptospira* spp.

En distintas especies domésticas, silvestres y personas se han detectado una gran variedad de serovares de *Leptospira* spp. Sin embargo, el hallazgo de estos serovares no es un indicador de que dichos animales presenten la infección latente. A pesar de ello, mantienen su circulación geográfica, como, por ejemplo, en los caninos, felinos y en personas se ha detectado el serovar Hardjo, a pesar de que estas especies no son consideradas su reservorio natural (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reservorios naturales e incidentales de serovares de *Leptospira* spp. en diferentes especies domésticas y personas.

Reservorios	Serovares en reservorios naturales	Serovares en reservorios incidentales
Bovinos	Hardjo	Grippotyphosa, Pomona, Icterohaemorrhagiae, Hebdomadis, Sejroe, Tarassovi, Wolffii, Bratislava, Canicola, Inifap, Paloalto
Caninos	Canicola Icterohaemorrhagiae	Australis, Grippotyphosa, Icterohaemorrhagiae, Hardjo, Pomona, Pyrogenes, Bratislava, Wolffii, Mankarso
Felinos	Icterohaemorrhagiae Canicola	Canicola, Icterohaemorrhagiae, Cynopteri, Grippotyphosa, Pomona, Andamana, Autumnalis, Bataviae, Australis, Hardjo, Ballum
Porcinos	Pomona	Bratislava y Tarassovi, Canicola, Icterohaemorrhagiae, Grippotyphosa, Ballum, Bataviae, Djasiman, Hebdomadis, Lousiana, Panama, Pyrogenes, Semarang.
Equinos	Pomona	Bratislava, Grippotyphosa y Hardjo.
Personas	Icterohaemorrhagiae	Bratislava, Canicola, Grippotyphosa, Hardjo, Icterohaemorrhagiae, Pomona, Pyrogenes, Pomona, Portland, Tarassovi, Wolff
Roedores	Copenhageni, Icterohaemorrhagiae	Ballum, Grippotyphosa y Pomona

(Greene, 2006; Hartmann *et al.*, 2013; López *et al.*, 2021; Monroy *et al.*, 2020)

2.3. Epidemiología de la *Leptospira* spp.

2.3.1. En Bovinos

Alrededor del mundo en los últimos años se han cuantificado seroprevalencias de *Leptospira* que van del 6.44 al 43.6 %. Esta variación es muy amplia debido a que las condiciones ambientales en cuanto a humedad, precipitaciones y condiciones de vida de los rebaños difieren entre sí (Dreyfus *et al.*, 2018; Dogonyaro *et al.*, 2020; Favero *et al.*, 2017; Guzmán *et al.*, 2022).

En México, en el 2005, se presentó una seropositividad elevada del 49.7% de *Leptospira* spp. en bovinos, en distintas regiones ecológicas. Se observó una mayor prevalencia (63.8%) en zonas tropicales húmedas, en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán. No obstante, en regiones áridas y semiáridas en los estados de Sonora y Nuevo León, se presentó una prevalencia del 37.8%, siendo los serovares Hardjo, Wolffi y Tarassovi los más predominantes, en ambas regiones ecológicas (Luna *et al.*, 2005).

En Tamaulipas, México, se ha detectado una seropositividad del 52% en bovinos de una producción extensiva de 5,000 hectáreas. En esta, también fueron evaluadas otras especies como equinos, caninos y roedores, obteniéndose una alta seropositividad del 71, 100 y 50%, respectivamente (Méndez *et al.*, 2013). En Veracruz fueron identificados los serovares, Inifap, Hardjo, Palo alto, Tarassovi y Wolffi, con una seroprevalencia promedio del 94% (Zarate *et al.*, 2015).

2.3.2. En Personas

En personas, la enfermedad a nivel mundial ocurre en áreas tropicales y se relaciona más a áreas urbanas con niveles escasos de saneamiento. La incidencia anual difiere en cuanto al clima, siendo 0.1-1 por 100,000 personas en climas templados y 10-100 por 100,000 personas en climas húmedos tropicales. En el caso de brotes, la incidencia aumenta a más de 100 por 100,000 (OMS, 2008).

En México, en el 2000, existía una tasa de leptospirosis de 0.65 casos por cada 100,000 habitantes,

y en 2010, disminuyó a 0.45 casos por cada 100,000. Los estados con una mayor incidencia fueron Hidalgo, Sinaloa, Veracruz, Tabasco, Sonora y Yucatán. Los casos donde se presentó una mayor incidencia se asociaron a los meses relacionados con altas precipitaciones y huracanes (SSA, 2012). En Sonora, la información de leptospirosis en personas se encuentra muy limitada. En el 2019, se encontró una seroprevalencia del 41.66% en trabajadores de explotaciones ganaderas, en donde el serovar predominante fue Canicola con un 13%. El 41.67% de los trabajadores seropositivos tenían contacto directo con bovinos diariamente al realizar la ordeña (Córdova, 2019).

2.4. Leptospirosis como Enfermedad

2.4.1. Patogenia

La leptospirosis inicia cuando la bacteria ingresa al organismo hospedero por alguna de las vías de entrada, siendo estas las mucosas, piel, a través del parto o de forma transplacentaria. Una vez en el organismo, se disemina por vía sanguínea y se moviliza gracias a sus endoflagelos, hacia las células del huésped. Además, cuenta con capacidad de evadir el sistema inmune por medio de sus adhesinas, que se unen a los componentes celulares incluyendo la matriz extracelular (Koizumi & Picardeau, 2020; Pheng *et al.*, 2020). Mientras que también pueden llegar a invadir y producir apoptosis en los macrófagos para facilitar su replicación y diseminación (Jin *et al.*, 2009). Por otro lado, interactúa con el sistema fibrinolítico, de modo que interactúa con el fibrinógeno y trombina reduciendo la formación de coágulos, induciendo la presentación de hemorragias (Daroz *et al.*, 2021).

Posteriormente existe una diseminación a órganos diana como riñón, hígado, bazo, sistema nervioso central, ojos y órganos genitales, al mismo tiempo que evita el reconocimiento de la flagelina por el sistema inmune, logrando la infección exitosamente. La fase de bacteremia termina con la aparición de anticuerpos circulantes, que son detectables después de 10 a 14 días (Adler, 2015). La excreción de la bacteria a través de la orina comienza cuando se establece en los riñones (López *et al.*, 2021). El período de incubación es el tiempo que transcurre hasta que inician los

signos clínicos, es de aproximadamente 5-14 días, con un rango de 2-30 días, pero esto puede variar según la cepa infectante y la situación inmunológica del hospedero (Green, 2006).

2.4.2. Cuadro Clínico en Bovinos

Alguno de los signos identificados en bovinos con leptospirosis son fiebre, hematuria, hemoglobinuria, anemia hemolítica, ictericia, meningitis, infertilidad y muerte en los animales jóvenes. En hembras gestantes se pueden producir abortos, mortinatos, nacimiento de animales débiles y decremento en la producción de leche hasta un 80%, además de otros signos como infección en glándula mamaria, mastitis atípica y leche manchada con sangre (Monroy *et al.*, 2020; Quinn *et al.*, 2016).

El serovar Pomona en los bovinos induce el aborto en un estadio agudo de la enfermedad, cuando aún se encuentran títulos altos de anticuerpos anti-*Leptospira*. En cambio, el serovar Hardjo en una etapa crónica produce aborto, y en su etapa aguda provoca disminución de la producción láctea (OIE, 2018). Finalmente se desarrolla el “síndrome de la gota de leche” donde se presentan ubres flácidas (todos los cuartos afectados), con fiebre o no, leche con apariencia similar al calostro, con grumos y células somáticas (Adler, 2015).

En las explotaciones ganaderas, los signos causados por la leptospirosis en los animales de producción son responsables de la mayor parte de las pérdidas económicas. Estas se relacionan directa o indirectamente con fallas reproductivas, agalactia, nacimiento de animales débiles y en su caso más fatal la muerte (Monroy *et al.*, 2020). El número de animales afectados puede variar del 1 al 50% y vuelven a la producción de leche completa a los 10-14 días con o sin tratamiento (Adler, 2015).

2.4.3. Cuadro Clínico en Personas

La leptospirosis en el caso de las personas se da una vez que la bacteria se ha establecido en el

organismo y produce la enfermedad o síndrome de Weil, la cual produce en una fase aguda que dura aproximadamente 7 días. Los síntomas que se presentan son: fiebre, dolor de cabeza, escalofríos, fotofobia, dolores musculares, náuseas, diarrea y vómitos. Esto ocurre en el 90 % de los pacientes, esta etapa clínica se conoce como la fase benigna. En una fase más grave produce insuficiencia renal acompañada de ictericia, hemorragias y daño pulmonar, pudiendo llegar a ocasionar la muerte, sin embargo, esto ocurre en un 5-15% de los casos (Binti *et al.*, 2018; López *et al.*, 2021; Pheng *et al.*, 2020).

2.4.4. Diagnóstico y Tratamiento

El diagnóstico de la leptospirosis es estrictamente por medio de pruebas de laboratorio. Existen distintos tipos de pruebas, que pueden ser directas, como la detección de ácidos nucleicos en tejidos o líquidos corporales, así como también algunas que ponen en evidencia directamente a la bacteria. Las indirectas, como la prueba de microaglutinación (MAT, por sus siglas en inglés), puede detectar anticuerpos anti-*Leptospira* (Cruz, 2013).

Generalmente, el diagnóstico de leptospirosis se adapta a la disponibilidad de las pruebas en la zona y a la muestra biológica a recolectar. La identificación y detección de la bacteria puede ser a partir de órganos internos (hígado, pulmón, cerebro y riñón) o líquidos corporales (sangre, leche, líquidos cefalorraquídeo, torácico y peritoneal) de los animales o de las personas. En el caso de ser detectada en fetos, indica una enfermedad crónica en la madre (OIE, 2018).

La prueba MAT es considerada el estándar de oro, detecta anticuerpos anti-*Leptospira*, en suero sanguíneo. Los anticuerpos pueden ser de tipo IgG o IgM, los cuales pueden ser detectables entre los días 6 y 10 y pueden alcanzar su punto máximo hasta un mes después (Pheng *et al.*, 2020). Su sensibilidad es del 91.4% y especificidad de 86.7%, pero debido a que detecta anticuerpos de aparición tardía, es más adecuada para fines epidemiológicos que para diagnóstico agudo (Eugene, *et al.*, 2015). MAT emplea como punto de corte para positividad, un título de 1/100 (criterio también para el comercio internacional). Sin embargo, dada su alta especificidad, pueden considerarse títulos menores como indicio de exposición previa a *Leptospira*, principalmente en zonas endémicas (OIE, 2018).

Para el tratamiento de la leptospirosis en bovinos se utiliza terapia antibiótica con tetraciclina y

amoxicilina, pero opcionalmente puede emplearse dihidroestreptomicina en el ganado infectado con el serovar Hardjo. La integración de estreptomicina está enfocada en la prevención de la diseminación de la infección en el ambiente donde permanecen estos animales. También se recomienda en ganado lechero que cuenta con gestación tardía, en el período de secado o cercano a él (Adler, 2015; Monroy *et al.*, 2020). Asimismo, recientemente se ha propuesto el uso de Enrofloxacin HCl 2H₂O (Enro-C) en ganado bovino, ya que en ensayos clínicos se ha demostrado su alta efectividad (Mendoza *et al.*, 2022). Ante cualquier tratamiento otorgado en los animales, tanto de producción de carne como de leche, es importante considerar el tiempo de retiro de la terapia antibiótica. Este varía de acuerdo con el tipo de fármaco a administrar y a su vía de eliminación (Adler, 2015).

En el tratamiento de la leptospirosis en personas también son utilizados antibióticos, siendo estos tetraciclinas, amoxicilina, penicilina y ceftriaxona, administrados por vía oral o intravenosa, la amoxicilina y penicilina son los más recomendados. La administración temprana de los mismos reduce el riesgo de la enfermedad grave y la mortalidad, encontrándose benéficos cuando se administran antes del quinto día de infección. De acuerdo con la gravedad de la enfermedad algunos pacientes pueden llegar a requerir terapia de líquidos, hemodiálisis y transfusiones sanguíneas, y ventilación mecánica cuando hay presencia de hemorragias pulmonares graves (Goarant, 2016; Pheng *et al.*, 2020).

2.4.5. Control y Prevención

El control y prevención de la leptospirosis incluye muchos enfoques, que inician desde un previo conocimiento de la enfermedad, hasta la aplicación de diversas prácticas que promuevan un cambio significativo. En primera instancia, la vacunación es considerada como un factor protector ante la *Leptospira* (Montes & Monti, 2021). La inmunización del ganado se realiza con bacterinas comerciales (BOVI-SHIELD® GOLD FP 5 L5/Zoetis; BOVILIS® VISTA 5 L5 SQ/MSD), que en su mayoría contienen una suspensión de bacterias inactivadas. Generalmente, están compuesta con los serovares Grippotyphosa, Canicola, Hardjo, Pomona e Icterohaemorrhagiae. La inmunización debe ser aplicada a animales sanos durante épocas en las que no sea frecuente la *Leptospira* spp. A su vez, las bacterinas ofrecen protección durante un año, pero en casos de brotes, pueden re-

aplicarse a los 6 meses (OIE, 2018; Wafa *et al.*, 2020).

Otro aspecto de importancia para la prevención de la leptospirosis es la educación para el personal. Se le debe informar la relevancia de la enfermedad, riesgos a la salud, transmisión, factores de riesgo, eliminación de reservorios y portadores, así como medidas de prevención. De acuerdo con las prácticas que pueden evitar la enfermedad en las explotaciones ganaderas, se encuentra limitar la convivencia estrecha con los animales domésticos. La limitación de caninos a lugares de pastoreo se ha considerado como factor protector (Montes & Monti, 2021). El control de roedores es otra medida de prevención, especialmente en áreas de almacenamiento de alimento. También se requiere limitar la presencia de fauna nociva, mediante la protección de alimentos y la eliminación correcta de desperdicios y desechos, evitando la acumulación de basuras y estancamiento de agua. Así como también, el aseguramiento de la limpieza, desinfección y aislamiento de lugares destinados para la crianza (SSA, 1999).

Para los trabajadores, se recomienda un lavado de manos antes y después del contacto con los animales, ropa y equipo de protección específica, higiene personal, exámenes médicos y estudios de laboratorio periódicos. Por otro lado, si no es posible controlar la presencia de otras especies domésticas, se deberán inmunizar con bacterinas comerciales. Para una mayor eficacia en el control y prevención de la leptospirosis, es recomendable realizar estudios epidemiológicos en la región, identificando los serovares (SSA, 1999; OIE, 2018).

2.5. Factores de Riesgo Relacionados a *Leptospira* spp. en Bovinos

Según la Organización Mundial de la Salud, un factor de riesgo es cualquier característica, rasgo o exposición de un organismo que aumenta su posibilidad para contraer una enfermedad o lesión. La *Leptospira* spp. puede presentarse en los hatos de producciones ganaderas y algunos estudios demuestran factores relacionados a su aparición. Estos fueron divididos en 2 tipos para una mejor identificación. El primero en factores biológicos, que incluyen otras especies animales, domésticas o silvestres y a personas. El segundo se compone de factores socio-ambientales, como manejo de hato, prácticas pecuarias, aspectos de infraestructura, movilización del ganado, salud e higiene del personal, así como también temperatura, clima, ecosistemas, contaminación y aguas estancadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Factores de riesgo biológicos y socio-ambientales relacionados a seropositividad de *Leptospira* spp.

Factores de riesgo	Referencia
Biológicos	
Convivencia con roedores	Zuluaga, 2009
Mantener equinos en un mismo predio	Zuluaga, 2009
Convivencia con porcinos y caninos	Llanco <i>et al.</i> , 2017
Acceso de perros al pastoreo	Favero <i>et al.</i> , 2017
Acceso de roedores al alimento del ganado	Favero <i>et al.</i> , 2017
Múltiples vacas comparten un toro	Olmo <i>et al.</i> , 2019
Ovejas en la granja	Yupiana <i>et al.</i> , 2020
Utilización de toro de apareamiento	Montes & Monti, 2021
Casos positivos de leptospirosis en personas	Erregger <i>et al.</i> , 2020
Historial de abortos en el ganado	Nthiwa <i>et al.</i> , 2019
Socio-ambientales	
Movilización de animales entre rebaños	Luna <i>et al.</i> , 2019
Bovinos con 6-15 años en servicio	Favero <i>et al.</i> , 2017
Áreas compartidas de pastoreo entre pueblos	Nthiwa <i>et al.</i> , 2019
Pastoreo de rebaños	Nthiwa <i>et al.</i> , 2019
Pastoreo en reservas de vida silvestre	Nthiwa <i>et al.</i> , 2019
Tamaño del rebaño >50	Nthiwa <i>et al.</i> , 2019
No vacunación	Erregger <i>et al.</i> , 2020
Rebaño abierto	Erregger <i>et al.</i> , 2020
Partos continuos durante el año	Montes & Monti, 2021
Cercanía a rellenos sanitarios o basureros	Zuluaga, 2009
Precipitaciones	Llanco <i>et al.</i> , 2017
Suministro de agua abierta en comparación con agua de pozo o grifo	Widiasih <i>et al.</i> , 2021

Los factores de riesgo ofrecen un panorama muy amplio y pueden ser utilizados para tener una visión de aspectos a evaluar. Para cuando se requiere buscar factores de riesgo en una zona determinada es necesario tomar en cuenta desde aspectos básicos, hasta aspectos particulares. Tales como, las consideraciones ecológicas de la región, clima, temperatura, fauna silvestre y vegetación. Para después pasar a lo más particular como higiene, educación y prácticas pecuarias.

2.6. Relación entre *Leptospira* en Bovinos y Riesgo Ocupacional

La leptospirosis es una enfermedad considerada de riesgo ocupacional, debido al contacto directo del trabajador con el animal. Algunos autores han identificado diversos factores de riesgo para los trabajadores de explotaciones ganaderas. Binti *et al.* (2018), demostraron una seroprevalencia en trabajadores del 72.5%, donde el serovar predominante fue Sarawak con una frecuencia del 59.2%.

Este serovar se relaciona a especies silvestres como murciélagos y ardillas. Además, señalaron como factores de riesgo la presencia de basura en las granjas y el avistamiento de ratas (Binti *et al.*, 2018).

En un estudio realizado en Hidalgo, México, se demostró una seroprevalencia de 39.1 % del serovar Hardjo en trabajadores de explotaciones ganaderas, sin embargo, no se identificó ningún factor de riesgo asociado a dicha seropositividad (Galarde, 2017). Por otro lado, Córdova (2019), evidenció una seroprevalencia del 41.66% en trabajadores del estado de Sonora. Los riesgos ocupacionales en dicho estudio fueron trabajar en ejidos, tomar muestras sanguíneas del ganado, pisar charcos en explotaciones sin botas de hule y lavarse las manos en los bebederos del ganado. Los serovares más frecuentes identificados fueron Canicola (21.7%), Bratislava (15%) y Mankarso (15%).

2.7. Impacto de la Enfermedad en las Explotaciones Ganaderas

La leptospirosis en el ganado vacuno provoca pérdidas económicas en las producciones. Cuando se presenta de forma aguda, puede producir agalactia (disminución de la leche) y en los casos crónicos, infertilidad, abortos, mortinatos y nacimiento de animales débiles (OIE, 2018). Los análisis financieros en explotaciones de doble propósito demuestran que los abortos producen una pérdida anual de aproximadamente 300 dólares por las crías (Moscoso *et al.*, 2020). Así como también, en explotaciones de producciones lecheras los abortos en los bovinos pueden llegar a producir pérdidas económicas que van desde los 5,000 hasta los 22,000 pesos mexicanos según el trimestre de gestación en el que se encuentre la hembra (Albuja *et al.*, 2019).

De forma general, los problemas reproductivos que ocurren a causa de la leptospirosis tienen impacto económico especialmente por las pérdidas gestacionales. Una vez que ocurre el aborto, puede presentarse un 23.3% de endometritis en las vacas. También, un aumento en la tasa de concepción, con un retraso en los días abiertos (período entre el último parto hasta la nueva gestación), teniendo un incremento de 14 días al servicio. Estas complicaciones son mayores en hembras que tuvieron abortos en el tercer trimestre aumentando al 45.5%, mientras que en el segundo trimestre es de 14.7% y en el primer trimestre de 7.7% (Díaz, 2021; Guzmán, 2022).

El intervalo a primer servicio (período entre el último parto y la primera inseminación artificial o

monta) fue mayor para las vacas con aborto en el tercer trimestre que para las de segundo o primer trimestre. El intervalo entre partos se extendió 256 días en vacas con pérdida de gestación en comparación con las que no tuvieron estas pérdidas. La probabilidad de pérdida de preñez en hembras con 1 o 2 partos fue menor a las hembras con 3 o más partos (Lee & Kim, 2007). Las hembras que presentaron abortos o produjeron terneros débiles, tuvieron tres veces más probabilidad de tener títulos $\geq 1:200$ del serovar Hardjo en comparación con las hembras que tuvieron parto normal (Díaz, 2021).

2.8. Estudio de la Leptospirosis desde el Enfoque de Una Sola Salud

El enfoque de “una salud” no es un concepto nuevo, ha sido destacado desde 2004 debido a enfermedades emergentes y reemergentes. Es una estrategia mundial en la que se relaciona la salud pública, la salud animal y el medio ambiente. El sustento es la búsqueda de una participación multidisciplinaria entre médicos, veterinarios, científicos ambientales, profesionales de la salud pública, expertos en vida silvestre y muchos otros. Se promueve que el enfoque mejore la investigación y el conocimiento en las amenazas a la salud pública, para que puedan ser monitoreadas de una mejor manera y a su vez controladas con beneficios para la salud humana, veterinaria y ambiental. Los estudios de enfermedades zoonóticas tradicionalmente se centraban en un solo compartimento (la persona, el animal o el ambiente de forma separada). Muchas iniciativas de este concepto se centran en la relación entre las personas y la salud del ganado o la vida silvestre, debido a que varias pandemias han sido causadas por enfermedades zoonóticas y enfermedades infecciosas que se originan a partir de especies animales (Overgaauw *et al.*, 2020). Estudios de salud pública sobre *Leptospira* con enfoque de Una Sola Salud de zonas geográficas determinadas, demuestran un intercambio de serovares entre especies domésticas, animales silvestres y personas. En uno de ellos, los principales serovares detectados en más de 5 especies fue Icterohaemorrhagiae (Polo *et al.*, 2019).

Pulido *et al.* (2017) identificaron una seroprevalencia de *Leptospira* del 29.7% en personas y del 54.2% en bovinos, sin asociación entre el reservorio y el serovar, es decir, que los diferentes serovares se pueden presentar tanto en bovinos como en personas. Además, tanto personas como

bovinos tuvieron 1.3 veces más probabilidad de presentar el serovar Canicola. Sin embargo, las personas y el ganado no son reservorios naturales de este serovar, por lo que están cumpliendo un rol de mantenimiento de la *Leptospira*. De haber evaluado la presencia de la bacteria en caninos, posiblemente se habría marcado una diferencia en la identificación y el establecimiento de medidas más específicas de control (Pulido *et al.*, 2017).

Un estudio realizado en Israel mostró que en 2018, se presentó un aumento gradual de leptospirosis en personas con historia previa de actividades recreativas en aguas naturales. Durante el brote, se detectó que el agua contenía restos de materia fecal de origen animal. A partir de esto, fueron identificados casos positivos en bovinos con una seroprevalencia del 27.6% para el serovar Pomona (Zamir *et al.*, 2022).

En México en 2013, se mostró convivencia de serovares similares en diferentes especies. En el estudio se evaluaron bovinos, equinos, caninos y roedores. En al menos 3 especies, se detectaron los serovares Grippotyphosa, Bratislava y Portland. Asimismo, se identificaron frecuencias elevadas del serovar Hardjo (45%) en bovinos y Canicola (66%) e Icterohaemorrhagiae (66%) en caninos. Dicho estudio mostró indicios para evaluar la participación de las distintas especies animales en el mantenimiento y dispersión de la *Leptospira* en esta zona agroecológica (Méndez *et al.*, 2013). Sin embargo, en este estudio no se evaluó la participación de personas.

Debido a que la leptospirosis afecta a una gran cantidad de mamíferos incluyendo a las personas, y en su ciclo de transmisión intervienen factores biológicos, ambientales y sociales, se debe reconocer y concientizar el enfoque de Una Sola Salud. En este concepto deberán incluirse animales, personas y ambiente (López *et al.*, 2021). Es necesario considerar que los factores predisponentes o de riesgo de la enfermedad para una especie en particular, pueden ser comunes para las demás y con ello identificar mejores estrategias de intervención. Al mantener este enfoque se busca procurar que las medidas de prevención, diagnóstico y control de la enfermedad sean benéficas en toda una comunidad o población (SSA, 1999).

2.8.1. En Sonora

En el grupo de trabajo en donde se desarrolla el presente estudio, se pretende abordar a la

leptospirosis desde el enfoque de Una Sola Salud en diferentes especies. Córdova (2019), detectó una prevalencia de *Leptospira* del 41.7 % en trabajadores de explotaciones ganaderas del Estado de Sonora. Los serovares evaluados fueron Hardjo, Pyrogenes, Canicola, Cynopteri, Autumnalis, Icterohaemorrhagiae, Pomona, Bratislava, Australis, Sejroe, Gryppothyphosa, Wolffii y Mankarso. Se observó seropositividad para todos los serovares, esto demuestra la circulación de estas en explotaciones ganaderas del estado de Sonora.

López (2021) evaluó el impacto de un serovar natural de *Leptospira* spp. (Hardjo Hardjoprajitno) y uno incidental (Bratislava Jez-Bratislava), sobre los parámetros productivos y reproductivos en explotaciones de ganado bovino. Se analizaron datos de 453 hembras y se encontró que las hembras positivas al serovar *L. Bratislava*, presentaron mayor porcentaje de abortos y repitieron más estos que las positivas a *L. Hardjo*. Sin embargo, los parámetros reproductivos bajos encontrados no fueron en su totalidad debidos a la presencia de *Leptospira*.

Guzmán (2022), identificó que las vacas positivas a *Leptospira* spp. con niveles bajos de aspartato aminotransferasa (AST), tuvieron 21.59 veces más riesgo de presentar días abiertos mayores a 90 días, 17.8 veces más riesgo de no estar gestantes y 20 veces más riesgo de presentar una tasa de preñez menor al 50%, con respecto a las negativas. Los niveles bajos de nitrógeno ureico (BUN) en vacas positivas a *Leptospira* spp. fueron un factor protector para que se presentara una tasa de preñez menor al 50% y la hipermagnesemia en vacas positivas a *Leptospira* spp. fue un factor protector para evitar presentar una tasa de preñez menor al 50%. Esto podría indicar que la combinación de enfermedades infecciosas, tales como la leptospirosis, aunado a procesos de malnutrición y deshidratación, perjudica el desempeño productivo y reproductivo del ganado; lo cual tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente.

Castillo (2021), evaluó caninos de explotaciones ganaderas y detectó la presencia de los serovares Mankarso, Pyrogenes, Grippytyphosa, Hardjo y Wolffii. Estos datos concuerdan con lo descrito por Córdova (2019), quien demostró que un 15% de los trabajadores evaluados presentaron anticuerpos anti-*Leptospira* ante el serovar Mankarso y un 10% ante Pyrogenes, lo que da indicios de la posible transmisión de la enfermedad entre especies. Por otro lado, el serovar Hardjo ha sido identificado en bovinos en diversos estudios y se ha mostrado como el más predominante en esta especie, de modo que se reconoce como el hospedero de mantenimiento (Cruz, 2013).

Estos hallazgos en conjunto indican que la presencia de *Leptospira* es común en las explotaciones ganaderas de Sonora, y que puede estar determinada por diferentes factores (biológicos,

epidemiológicos, ambientales y de manejo de hato) que deberán estudiarse. Esto impacta a la salud animal, la productividad y al medio ambiente. Además, es un riesgo zoonótico para los trabajadores.

3. HIPÓTESIS

En explotaciones ganaderas de Sonora existe una seropositividad alta a *Leptospira* spp. en bovinos y trabajadores debido a factores de riesgo como la presencia de especies de fauna doméstica y silvestre, la circulación de distintos serovares de *Leptospira* en la zona, condiciones de agua estancada, prácticas zootécnicas inadecuadas y de bioseguridad. Mientras que la vacunación del ganado, las buenas prácticas zootecnicas y de bioseguridad son factores protectores a *Leptospira* spp. en bovinos y trabajadores.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Determinar la seroprevalencia y factores de riesgo o protectores asociados a la seropositividad de *Leptospira* spp. en bovinos y en trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la seroprevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos de diferentes explotaciones ganaderas de Sonora.
- Identificar los factores de riesgo o protectores biológicos, epidemiológicos, ambientales y zootécnicos asociados a la seropositividad de *Leptospira* spp. en bovinos de explotaciones ganaderas de Sonora.
- Identificar los factores de riesgo o protectores biológicos, epidemiológicos, ambientales y zootécnicos asociados a la seropositividad de *Leptospira* spp. en trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora.

5. MÉTODOS

5.1. Análisis de Bases de Datos

El presente estudio es de tipo observacional, con análisis secundario de la base de datos de los estudios “Leptospirosis y su transmisión zoonótica en trabajadores de explotaciones de ganado bovino del Estado de Sonora” CE/009-1/2018 (Córdova, 2019). “Impacto productivo y reproductivo de *Leptospira interrogans* hardjo hardjoprajitno y bratislava jez-bratislava en explotaciones de ganado bovino en Sonora” (López, 2021). “Factores de riesgo asociados a *Leptospira* en caninos del Estado de Sonora” (Castillo, 2021). Y otros datos del proyecto “Prevalencia, factores de riesgo y potencial zoonótico para la transmisión de *Leptospira* spp. en explotaciones ganaderas del Estado de Sonora”. UNISON-CIAD-LESP. 2019-2021. CLAVE: USO313005723. CIAD 683014. Responsables: Dra. María Guadalupe López Robles y Dra. Maricela Montalvo Corral.

5.1.1. Detección de Anticuerpos Anti-*Leptospira*

De los trabajos mencionados se recopiló la información sobre los casos positivos a *Leptospira* spp. por la técnica MAT en donde se consideró positivo aquellas muestras que mostraran títulos de anticuerpos anti-*Leptospira* $\geq 1:80$. Se analizaron 13 serovares de *Leptospira* spp. en trabajadores, bovinos y caninos de explotaciones ganaderas (Cuadro 3). Además, se obtuvo información a través de cuestionarios aplicados a trabajadores de las explotaciones ganaderas, dueños/responsables de los caninos, entre otros.

Cuadro 3. Serovares utilizados en la técnica de microaglutinación microscópica (MAT).

Clave INDRE	Clave LESP	Género	Especie	Serovar	Cepa
02	1	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Hardjo	Hardjoprajitno
05	2	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Pyrogenes	Salinem
14	3	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Canicola	Hond Utrecht IV
08	4	<i>Leptospira</i>	<i>kirschneri</i>	Cynopteri	3522c
04	5	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Autumnalis	Akiyami A
07	6	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Icterohaemorrhagiae	RGA
09	7	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Pomona	Pomona
20	8	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Bratislava	Jez-Bratislava
01	9	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Australis	Ballico
06	10	<i>Leptospira</i>	<i>borgpetersenii</i>	Sejroe	M84
11	11	<i>Leptospira</i>	<i>kirschneri</i>	Grippotyphosa	Moskva V
12	12	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Wolffi	3705
27	13	<i>Leptospira</i>	<i>interrogans</i>	Mankarso	Mankarso

5.1.2. Diseño de Estudio, Sujetos y Animales

En los trabajos de Córdova (2019), Salazar (datos sin publicar), López (2021) y Castillo (2021), se realizaron estudios epidemiológicos transversales de tipo analítico exploratorio y descriptivos para determinar la frecuencia, seroprevalencia y factores de riesgo de *Leptospira* spp. En los cuales fueron evaluadas 15 explotaciones ganaderas procedentes de 9 municipios de Sonora (Cuadro 4), los cuales están distribuidos en el norte, centro y sur del estado (Figura 1). Los muestreos realizados fueron no probabilísticos por conveniencia, para demostrar la presencia/ausencia de diferentes serovares de *Leptospira*.

El tamaño de muestra determinado para la población de bovinos en el Estado de Sonora, considerando una prevalencia del 30% fue de n=323, sin embargo, se tuvo acceso a muestras de n=458 bovinos, procedentes de las 15 explotaciones ganaderas (Cuadro 4). El tamaño de muestra obtenido por Córdova (2019), fue de 60 trabajadores procedentes de las 15 explotaciones anteriormente mencionadas (Cuadro 4). De los datos recopilados por Castillo (2021) fue obtenida la información de n=19 caninos de explotaciones ganaderas de Sonora. Estos caninos son procedentes de las explotaciones 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, y 14 respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Localización geográfica de explotaciones ganaderas incluidas en el estudio.

Identificación de Explotación	Municipio	Fin zootécnico
01	Hermosillo	Leche
02	Trincheras	Doble Propósito
03	Empalme	Doble Propósito
04	Álamos	Exportación
05	Álamos	Doble Propósito
06	Huatabampo	Carne
07	Tepache	Carne
08	Hermosillo	Leche
09	Ures	Leche
10	Carbó	Leche
11	Fronteras	Doble Propósito
12	Ures	Leche
13	Hermosillo	Doble Propósito
14	Hermosillo	Leche
15	Hermosillo	Doble Propósito

En la Figura 1, se indican con puntos rojos los municipios de las explotaciones ganaderas evaluadas, estos se clasificaron en tres zonas. En la zona 1, en el norte de Sonora se encuentran los municipios de Tepache, Trincheras y Fronteras, en la zona 2, en el centro de Sonora: Hermosillo, Carbó y Ures. Y, por último, al sur de Sonora, la zona 3: Empalme, Álamos y Huatabampo.

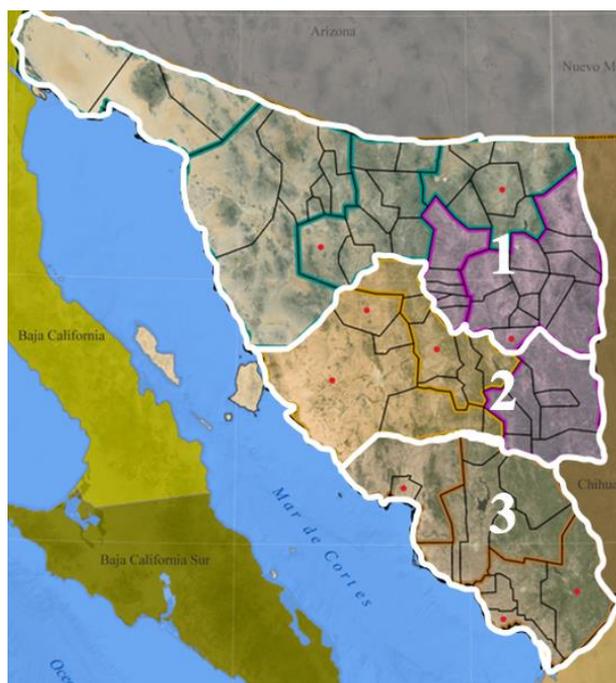


Figura 1. Mapa representativo de las explotaciones ganaderas muestreadas (Imagen recuperada del Sistema Estatal de Información para el ordenamiento territorial, SEIOT, 2022).

5.1.3. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en Bovinos

Para la estimar la seroprevalencia de bovinos en las diferentes explotaciones ganaderas de Sonora, fue utilizada la información de la base de datos del proyecto referido anteriormente, donde se recopiló el número de casos positivos a *Leptospira* spp. de los bovinos. Los datos de seroprevalencia general, seroprevalencia por explotación ganadera y seroprevalencia por serovar fue calculada de la siguiente manera:

$$\text{Seroprevalencia} = \frac{a}{n} (100)$$

Donde a es el número de casos y n el número total de la población estudiada

5.2. Factores de Riesgo o Protectores

Para determinar los factores de riesgo o protectores involucrados en la seropositividad de *Leptospira* en bovinos y trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora, se tomó como base la información de Córdova (2019) en trabajadores y de Castillo (2021) en caninos. En los cuales se desarrollaron instrumentos de evaluación (cuestionarios) aplicados a los propietarios/responsables de las explotaciones, con el fin de recopilar datos clínicos de los animales (bovinos y caninos), así como aquellos relacionados con el manejo de los animales y su entorno como presencia de agua estancada, repesos o lagos, convivencia con otros animales, alimentación y hábitos e interacción con trabajadores. Además, se consideraron cuestionarios aplicados a trabajadores de explotaciones en donde se identificó su sexo, edad, estado de salud, signos clínicos característicos, si ha presentado abortos en su familia, condiciones de higiene y seguridad personal.

5.2.1. Revisión de Base de Datos

A partir de la información de los cuestionarios aplicados en la base de datos general del proyecto, se realizó una verificación de la información y depuración de esta. Creándose así dos bases de datos integradas con la información obtenida, una para bovinos y otra para trabajadores. Las variables de interés fueron evaluadas para verificar si son potenciales factores de riesgo o protectores de *Leptospira* en explotaciones ganaderas de Sonora. De acuerdo al tipo de información recopilada y la cantidad de variables creadas, las variables se clasificaron en 4 categorías para una mejor identificación; 1) biológicas: incluyendo la convivencia con otras especies, personas, animales domésticos y silvestres; 2) epidemiológicas: la presencia y prevalencia de serovares en la zona (Sonora) en animales y personas, así como la presencia de signos clínicos característicos de la enfermedad; 3) ambientales: presencia de repesos, ríos, agua estancada, precipitaciones, higiene de las instalaciones, y 4) zootécnicas: manejo del animal, fin zootécnico, tipo de animal y medidas de bioseguridad.

5.2.2. Análisis Estadístico

Antes de realizar los análisis se realizó una limpieza de las dos bases de datos integradas, con el propósito de identificar errores en la captura de datos, valores perdidos y atípicos y realizar las correcciones correspondientes para mantener una buena calidad de los datos. En la base de datos de trabajadores, se presentaron variables con datos incompletos, por lo que se realizaron los análisis con muestra de 54. Para el caso de bovinos se trabajó con una muestra de 458.

Por medio de la regresión logística múltiple (RLM) se buscó crear el o los modelos que explicaran la seropositividad de *Leptospira* spp. en bovinos y trabajadores, determinando así cuáles factores biológicos, epidemiológicos, ambientales y zootécnicos cumplían como un factor de riesgo o protector. Se determinaron razones de momios (RM). Siendo considerados como factores de riesgo las variables con un $RM \geq 1$ y < 1 como factores protectores. La estimación puntual de RM es poco informativa, por lo que también se tomó en cuenta su intervalo de confianza (IC). Los IC del

95% en donde no se incluya el 1 (hipótesis nula de no asociación) indica una asociación estadísticamente significativa entre el factor de estudio y la variable de respuesta (Domínguez, 2018). La información se procesó en el paquete de análisis estadístico STATA 14.

5.2.2.1 Análisis exploratorio. De la base de datos de bovinos y de trabajadores se realizó un análisis exploratorio de cada una de las variables, para la evaluación del tipo de variables, siendo estas cualitativas categóricas en su totalidad y de tipo dicotómicas y policotómicas. Además, se utilizó estadística descriptiva para evaluar las frecuencias y porcentajes de los datos de cada una de las variables. Se realizó un diccionario identificando cada una de las variables de acuerdo con su naturaleza, tipo de respuesta, tamaño de muestra, clasificación correspondiente en variables biológicas, epidemiológicas, ambientales y zootécnicas.

5.2.2.2 Análisis de asociación potencial (Análisis univariado). Se evaluó la asociación potencial entre la variable de respuesta o dependiente: presencia de anticuerpos anti-*Leptospira* con cada una de las variables independientes que pertenecen a factores biológicos, epidemiológicos, ambientales y zootécnicos en bovinos y trabajadores. Las variables que cumplieron con los criterios plausibilidad biológica en su medidor de asociación (RM, razón de momios) y valor de $p \leq 0.2$ fueron tomadas en cuenta para el análisis automatizado Stepwise.

Dentro de las clasificaciones de factores biológicos, epidemiológicos, ambientales y zootécnicos, se identificaron variables similares entre sí, por lo que se agruparon en clusters o agrupamientos de la misma categoría. Esto fue realizado para evitar problemas de colinealidad entre variables dentro de los modelos (análisis automatizado Stepwise), por lo que, cuando dos variables o más correspondientes de un mismo cluster cumplieron con los criterios plausibilidad biológica en su medidor de asociación (RM, razón de momios) y valor de p , estas no se analizaron en la misma corrida, a esta técnica se le llama análisis de sensibilidad (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variables agrupadas en clusters en bovinos y en trabajadores asociadas a *Leptospira* spp.

Clusters en trabajadores	Clusters en bovinos
Biológicas	
<p>Animales</p> <ul style="list-style-type: none"> -Convivencia con gatos -Convivencia con caballo o burro -Convivencia con tlacuache -Convivencia con venados -Convivencia con animales silvestres <p>Raza</p> <ul style="list-style-type: none"> -Convive con ganado raza Holstein -Convive con ganado raza Charolais -Convive con ganado raza Pardo Suizo 	<p>Animales</p> <ul style="list-style-type: none"> -Convivencia con caballo o burro -Convivencia con perro -Convivencia con cerdo -Convivencia con gallina -Convivencia con gato -Convivencia con coyote -Convivencia con tlacuache -Convivencia con ratas -Convivencia con cabras o borregos -Convivencia con venados -Convivencia con animales silvestres <p>Raza</p> <ul style="list-style-type: none"> -Es ganado raza Holstein -Es ganado raza Simmental -Es ganado raza Charolais -Es ganado raza Simbrah -Es ganado raza Pardo Suizo -Es ganado de otra raza o cruza (Cebú, Angus, Beef Master, Gelviah, Brahman, Jersey, no especificado) <p>Convivencia con bovinos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Convive con >100 cabezas de ganado -Convive con <100 cabezas de ganado
Epidemiológicas	
<p>Leptospira</p> <ul style="list-style-type: none"> -Convive con bovinos positivos a <i>Leptospira</i> spp. -Convive con bovinos positivos a <i>Leptospira</i> Canicola -Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Hardjoprajitno -Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Wolffi 	<p>Personas positivas a <i>Leptospira</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> spp. -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Hardjo -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Pyrogenes -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Canicola -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Cynopteri -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Autumnalis -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Icterohaemorrhagiae -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Bratislava -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Australis -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Grippotyphosa -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Wolffi -Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Mankarso <p>Caninos positivos a <i>Leptospira</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Hardjoprajitno -Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Wolffi 3705 <p>Síntomas en trabajadores</p> <ul style="list-style-type: none"> -Convive con personas que en los últimos 12 meses han presentado hemorragia ojos -Convive con personas que ellas o sus parejas que han abortado
Ambientales	
<p>Tipo de explotación</p> <ul style="list-style-type: none"> -Trabaja con ganado de producción extensiva 	<p>Tipo de explotación</p> <ul style="list-style-type: none"> -Es ganado de producción intensiva

-Trabaja con ganado de producción comunal	-Es ganado de producción comunal
Zona de Sonora -Pertenece a la zona 1 (Norte de Sonora) -Pertenece a la zona 2 (Centro de Sonora) -Pertenece a la zona 3 (Sur de Sonora)	Zona de Sonora -Pertenece a la zona 1 (Norte de Sonora) -Pertenece a la zona 3 (Sur de Sonora)
Zootécnicas	
Fin zootécnico -Trabaja con ganado que produce leche -Trabaja con ganado doble propósito -Trabaja con ganado de exportación	Tipo de animal -Es vaquilla -Es vaca de segundo parto -Es vaca de tres a cinco partos
	Fin zootécnico -Es ganado que produce carne -Es ganado doble propósito -Es ganado de exportación
	Reproducción -Las vacas se cargan por inseminación artificial -El semen utilizado para la inseminación proviene del extranjero -Las vacas se cargan por monta natural -Las vacas se cargan por inseminación y/o por monta natural
	Enfermedad -Enfermedades en los últimos 2 años -¿Con cuales animales tuvo problemas de enfermedades? -En los últimos 2 años, ¿con que tipo de animales tuvo problemas de enfermedades?
	Muerte -Se ha muerto ganado en los últimos dos años -¿De cuáles animales tuvo mortalidad? -De enero del 2016 a la fecha, ¿en qué tipo de animales tuvo mortalidad?
	Abortos -Abortos en los últimos dos años -¿Cuántas vaquillas o vacas le han abortado de enero de 2016 a la fecha?
	Placenta -Las vacas se comen la placenta después partos o abortos -Tira a la basura la placenta después partos o abortos

5.2.2.3 Análisis automatizado (Stepwise forward). Todas las variables asociadas potencialmente a la presencia de anticuerpos anti-*Leptospira* en bovinos y trabajadores fueron incluidas en el análisis automatizado stepwise, donde se tomó como criterio de entrada un valor de $p \leq 0.05$ y como criterio de salida $p \geq 0.051$, con el objetivo de obtener uno o varios modelos de regresión logística múltiple preliminares significativos. Se realizó un análisis de sensibilidad que consistió en evaluar cuando

una variable de algún cluster fue añadida a un modelo preliminar, fueron evaluadas las demás variables del mismo cluster en el mismo modelo para ver si este modelo preliminar cumplía con el valor de $p < 0.05$, de ser así, este modelo también fue seleccionado.

5.2.2.4 Evaluación de los modelos preliminares. Debido a que los datos manejados en ambas bases de datos son de tipo cualitativo o categórico, la evaluación de los modelos preliminares solo consistió en la evaluación de la presencia de modificación del efecto y de colinealidad.

5.2.2.4.1 Modificación del efecto. El propósito de esta evaluación es verificar si existe alguna modificación a causa del efecto de una variable del modelo preliminar a evaluar en la asociación entre la variable de respuesta de anticuerpos anti-*Leptospira* y las variables de hipótesis. Para realizar este procedimiento se generó una variable de interacción multiplicando una variable de hipótesis y la posible variable modificadora del efecto. Posteriormente la variable de interacción creada se evaluó junto con el modelo preliminar completo en donde se incluyeron 3 variables: la variable de respuesta (anticuerpos anti-*Leptospira*), la variable de hipótesis y la posible variable modificadora. El criterio para determinar si una variable es modificadora del efecto es $p \leq 0.1$.

5.2.2.4.2 Colinealidad. Tiene como objetivos identificar si existe relación lineal entre las variables independientes del modelo o modelos preliminares. Cuando existe colinealidad hay una reducción en el poder explicativo de una variable individual en medida que esta se relaciona con las demás variables presentes en el o los modelo(s), ya que los errores estándares aumentan. El criterio utilizado para la evaluación de colinealidad es $r \geq 0.85$ e indica que existe colinealidad entre las variables independientes evaluadas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en Bovinos de Sonora

Se identificaron 144/458 casos positivos de anticuerpos anti-*Leptospira* spp. en bovinos de explotaciones ganaderas de Sonora, obteniéndose una seroprevalencia general de 24.89%. Esta seroprevalencia es menor a la reportada por Rodríguez (2010) del 43.13 % en Veracruz y a la de Salinas (2007) en Nuevo León (46%). También, en México existen antecedentes de una seroprevalencia más elevada (49%) en donde son incluidos estados de todo el país, sin embargo, según las regiones ecológicas los números varían. En la región árida y semiárida se observa un 37.8% y la región tropical húmeda 63.8% (Luna *et al.*, 2005). La bacteria se dice ser endémica en regiones tropicales, se atribuye generalmente a climas húmedos y a temperaturas 28-30 °C, las cuales son características óptimas de crecimiento y desarrollo de *Leptospira*. Sonora por su parte puede mostrar una seroprevalencia en bovinos menor, debido a que presenta temperaturas más elevadas que superan los 30 °C (Adler, 2015).

La estimación de seroprevalencias específicas por explotación ganadera demostró la mayor seroprevalencia en el municipio de Álamos (62.5%) en la explotación No. 4 y la explotación No.10, con 59.4% ubicada en Carbó (Cuadro 6). En un estudio sobre *Leptospira* en bovinos realizado previamente en Sonora por Solórzano & Lugo (1982), se identificó una seroprevalencia mayor en Ures (74%) y una menor en Carbó (45.45%). Esta información generada hace más de 40 años indica la actual escasez de información sobre *Leptospira* en bovinos. Con el paso de los años, las explotaciones ganaderas han evolucionado y se generan prácticas pecuarias distintas, pudiendo ser estas benéficas o perjudiciales para las mismas, sin embargo, con este estudio se confirma la exposición de los bovinos a la bacteria en Sonora, atribuyéndose las mayores seroprevalencias a municipios del centro y sur del Estado. En estados como Veracruz se atribuyen seroprevalencias más elevadas al norte y centro (Cruz, 2013).

Cuadro 6. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos por explotación ganadera

No. de Explotación ganadera	Municipio	Seroprevalencia % (casos*/n)	Seroprevalencia total % (casos*/n)
1	Hermosillo	0 (0/31)	0 (0/458)
2	Trincheras	22.22 (4/18)	0.87(4/458)
3	Empalme	2.5 (1/39)	0.21 (1/458)
4	Álamos	62.5 (25/40)	5.45 (25/458)
5	Álamos	37.5 (9/24)	1.96 (9/458)
6	Huatabampo	17.9 (7/39)	1.52 (7/458)
7	Tepache	15.6 (5/32)	1.09 (5/458)
8	Hermosillo	37.5 (15/40)	3.27 (15/458)
9	Ures	16.6 (5/30)	1.05 (5/458)
10	Carbó	59.4 (22/37)	4.8 (22/458)
11	Fronteras	10 (4/40)	0.87(4/458)
12	Ures	12.5 (5/40)	1.09 (5/458)
13	Hermosillo	30 (6/20)	1.31 (6/458)
14	Hermosillo	25 (5/20)	1.09 (5/458)
15	Hermosillo	12.5 (1/8)	0.21 (1/458)
		-	25 % (114/458)

*casos positivos por prueba de microaglutinación (MAT).

De las explotaciones evaluadas en 14/15 los bovinos fueron positivos a anticuerpos anti-*Leptospira* spp., representado el 93.33% de las explotaciones. En las cuales, la zona 3 perteneciente al sur de Sonora presentó la seroprevalencia más elevada (29.57%), seguida de la zona 2, correspondiente al centro de Sonora (26.1%) y por último la zona 1 del norte de Sonora (14.44%). Se presentaron diferencias significativas de acuerdo con las zonas evaluadas ($p < 0.05$) por medio de la prueba de χ^2 (Cuadro 7). Los municipios con mayor seroprevalencia que fueron Álamos y Carbó, que tienen una climatología de tipo semicálido, semiseco y tienen una temperatura media anual en un intervalo de 18 a 24 °C (INEGI 2023), lo que puede dar pie a la presentación de la bacteria. Sin embargo, la zona no determina en su totalidad la presencia de *Leptospira* spp., en ella se implican más factores, como lo son biológicos, epidemiológicos, ambientales y de carácter zootécnico.

Cuadro 7. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos de acuerdo con la zona de Sonora

Zona	Positivos*	Negativos	Total (%)	Seroprevalencia %	Chi ²	Valor p
1	13	77	90	14.44%		
2	59	167	226	26.10%	7.100	0.028
3	42	100	142	29.57%		
Total	114	344	358 (100)			

*casos positivos por prueba de microaglutinación (MAT).

Los serovares Wolffi (13.75%) y Hardjo (10.48%) presentaron más reacciones positivas, con las seroprevalencias más altas (Cuadro 8). Solórzano & Lugo (1982) en Sonora, por su parte encontraron que los serovares más frecuentes fueron Grippotyphosa (49%) y Canicola (39%); también, identificaron el serovar Hardjo, sin embargo, este fue menos frecuente con un 18.9%. Estudios en México demuestran seroprevalencias del serovar Wolffi, que oscilan entre el 9.5-11% (Moles *et al.*, 2002; Vado *et al.*, 2002), sin embargo, otro estudio donde están implicadas varias regiones del país demuestra la presencia de Wolffi en un 77.7% (Luna *et al.*, 2005). Por otro lado, el bovino es reservorio natural del serovar Hardjo y se han observado seroprevalencias desde 16.7 al 82.2% (Luna *et al.*, 2005; Moles *et al.*, 2002; OIE, 2018; Vado *et al.*, 2002). Cabe mencionar que en la mayoría de los estudios donde son estudiados ambos serovares en su mayoría se encuentra la mayor seroprevalencia en Hardjo y en segundo lugar Wolffi, en la presente investigación no se encontró este comportamiento.

El tercer serovar más seropositivo encontrado fue Canicola (4.3%), esto puede ser debido a la presencia de caninos en las explotaciones. Se demostró que en esta investigación el 83.41% de bovinos evaluados tenía contacto con caninos dentro de las explotaciones. El canino es reservorio natural del serovar Canicola (Adler, 2015), Cruz (2013), por su parte encontró una seroprevalencia más alta en bovinos que tenían interacción con caninos (4.7%). Además, identificó datos similares, indicando que los serovares más frecuentes en bovinos de explotaciones ganaderas de diferentes zonas de Veracruz, México fueron Hardjo y Canicola respectivamente.

Se identificó seropositividad a 11/13 serovares en todos los bovinos evaluados, no se encontraron animales positivos a Cynopteri y Australis. Así mismo la explotación No. 10 en Carbó mostró una seropositividad a 8/13 serovares diferentes, seguido de la explotación No.5 y No.6 pertenecientes a los municipios de Álamos y Huatabampo respectivamente, las cuales mostraron ser positivos a 5/13 serovares (Cuadro 8).

Cuadro 8. Seroprevalencia de serovares de *Leptospira* spp. en bovinos según la explotación ganadera

Serovar	Explotación ganadera															Seroprevalencia % (casos*/n)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Hardjo prajitno	-	2	-	15	2	3	-	8	1	4	1	3	4	4	1	10.48 (48/458)
Pyrogenes Salinem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0.65 (3/458)
Canicola	-	-	1	1	7	-	1	-	-	8	-	-	1	1	-	4.3 (20/458)
Cynopteri 3522c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 (0/458)
Autumnalis Akiyami	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4 (2/458)
Icterohaemorrhagiae RGA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	2.1 (10/458)
Pomona pomona	-	-	-	-	-	-	2	7	-	10	-	-	-	-	-	4.14 (19/458)
Bratislava Jez-Bratislava	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1 (5/458)
Australis Ballico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 (0/458)
Sejroe M84	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	0.4 (2/458)
Grippotyphosa Moskva	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	-	-	-	-	-	1 (5/458)
Wolffi 3705	-	1	-	25	4	4	-	9	3	4	3	4	2	3	1	13.75 (63/458)
Mankarso Mankarso	-	1	-	-	1	1	-	-	1	10	-	-	1	1	-	3.4 (16/458)
Total de reacciones	-	5	2	41	15	10	5	26	6	51	5	8	8	9	2	
Total de serovares positivos	-	4	2	3	5	5	4	4	4	8	3	3	4	4	2	

*casos positivos por prueba MAT

Se mostró la seroprevalencia más elevada en ganado con fin zootécnico de becerros de exportación (62.5%), seguido del ganado lechero (26.26%) (Cuadro 9). Rodríguez (2010), identificó mayores seroprevalencias en ganado lechero (74.35%), seguido del ganado productor de carne (54.54%). El fin zootécnico no es un factor que podría influir directamente en la presentación de *Leptospira* en las explotaciones, una seropositividad alta generalmente se dirige a las prácticas pecuarias de cada una, así como su higiene, el ambiente que las rodea y al control de fauna externa.

Cuadro 9. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos de acuerdo con el fin zootécnico de explotaciones ganaderas

Fin zootécnico	Negativo	Positivo	Total (%)	Seroprevalencia % (casos*/n)	Chi ²	Valor p
Leche	146	52	198 (43.2)	26.2%	38.13	0.000
Doble propósito	124	25	149 (32.5)	16.7%		
Carne	59	12	71 (15.5)	16.9%		
Becerras de exportación	15	25	40 (8.7)	62.5%		
Total general	344	114	458 (100)			

*Casos positivos por prueba de microaglutinación (MAT).

Valor p < 0.05: Hay diferencias significativas entre fines zootécnicos

Los bovinos pertenecientes al tipo de producción intensivo demostraron ser más positivos a *Leptospira* spp. (29.31%), pudiéndose atribuir a que el ganado está estabulado todo el tiempo y existe un contacto más estrecho entre animales. En comparación con el ganado de producción comunal en el que tienen mayor acceso al exterior, sin embargo, este tipo de producción tiene más probabilidades de contraer la bacteria debido a que está en contacto con más fauna, tanto doméstica como silvestre y condiciones ambientales externas (Cuadro 10). Como es el caso del estudio de Nthiwa *et al.* (2019), que demostraron que factores de riesgo a nivel de rebaño son mantener áreas compartidas de pastoreo entre pueblos (RM:1.5, p=0.011), el pastoreo de ganado (RM:1.4, p=0.025), así como el pastoreo en reservas de vida silvestre (RM:1.3, p=0.056) y utilizar áreas de pastoreo comunal (RM:1.8, p <0.001).

Cuadro 10. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos según el tipo de producción

Tipo de producción	Negativo	Positivo	Total (%)	Seroprevalencia % (casos*/n)	Chi ²	Valor p
Comunal	149	41	190 (41.4)	21.5%	2.37	0.305
Extensivo	113	39	152 (33.1)	25.6%		
Intensivo	82	34	116 (25.3)	29.3%		
Total general	344	114	458 (100)			

*casos positivos por prueba de microaglutinación (MAT).

Valor p > 0.05: No hay diferencias significativas entre tipos de producción

6.2. Titulaciones de Anticuerpos Anti-*Leptospira* en Bovinos

Para considerarse casos positivos a *Leptospira* spp. fueron tomados en cuenta títulos $\geq 1:80$, este título es considerado como indicador de una previa exposición a la bacteria, sin embargo, no indica una presentación latente de la enfermedad. Los títulos considerados como indicador de una infección reciente y con capacidad de diseminación son $\geq 1:1280$ (SSA,1999). La mayor parte de reacciones que presentaron los bovinos evaluados mostró titulaciones $<1:1280$ indicando que los bovinos en algún momento de su vida presentaron un contacto con *Leptospira*. Solo el 1.5% de las reacciones mostró indicadores de una infección latente y con capacidad de reproducirse (Cuadro 11).

Cuadro 11. Titulaciones de reacciones positivas a anticuerpo anti-*Leptospira* spp. en bovinos

Titulo	Hardjo	Pyrogenes	Canicola	Cynopteri	Autumnalis	Icterohaemorrhagiae	Pomona	Bratislava	Australis	Sejroe M84	Grippotyphosa	Wolffi	Mankarso	Total (%)
1:80	19	2	14	-	2	7	10	4	-	1	4	16	9	88 (45.5)
1:160	19	1	4	-	-	2	7	1	-	1	1	23	7	66 (34.1)
1:320	6	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	15	-	25 (12.9)
1:640	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	7	-	11 (5.6)
1:1280	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.5)
1:2560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2 (1)
Total	48	3	20	-	2	10	19	5	-	2	5	63	16	193 (100)

6.3. Seroprevalencia y Frecuencia de *Leptospira* spp. en Trabajadores y Caninos de Explotaciones Ganaderas

La seroprevalencia de *Leptospira* spp. en trabajadores fue más elevada en comparación con los bovinos. Córdova (2019), estimó una seroprevalencia general del 41.66% (25/60) en trabajadores de las explotaciones donde fueron evaluados los bovinos. Estos datos son similares a los publicados por Galarde (2021) en trabajadores de granjas de Hidalgo, en donde se encontró una seroprevalencia 47%, sin embargo, no se evaluó la seropositividad bovinos.

Los trabajadores de producciones comunales mostraron la seroprevalencia más alta (54.5%) y los de producciones extensivas la más baja (29.4%), sin embargo, al compararse los grupos de cada tipo de producción por medio de Chi² no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en trabajadores según el tipo de producción

Tipo de producción	Negativo	Positivo	Total (%)	Seroprevalencia % (casos*/n)	Chi ²	Valor p
Intensiva	10	5	15 (27.7)	33.3%	2.98	0.225
Extensiva	12	5	17 (31.4)	29.4%		
Comunal	10	12	22 (40.7)	54.5%		
Total	32	22	54 (100)			

*casos positivos por prueba de microaglutinación (MAT).

Valor p > 0.05: No hay diferencias significativas entre tipos de producción

Los trabajadores que convivían con bovinos con fin zootécnico de becerros de exportación mostraron la seroprevalencia más elevada (80%), sin embargo, estos trabajadores fueron el 9.2% de los evaluados. Seguido de ellos se encuentran los trabajadores que trabajan en fin zootécnico de doble propósito con una seroprevalencia de 64%, en los bovinos, este fin zootécnico mostró la seroprevalencia más baja (16.7%), pudiéndose entender que en estos trabajadores la presencia de *Leptospira* spp. está ligada a otros factores biológicos, epidemiológicos, ambientales y zootécnicos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en trabajadores según el fin zootécnico

Fin zootécnico	Negativo	Positivo	Total (%)	Seroprevalencia % (casos*/n)	Chi ²	Valor p
Leche	20	7	27 (50)	25.9%	9.68	0.021
Carne	6	2	8 (14.8)	25%		
Doble propósito	5	9	14 (25.9)	64.2%		
Becerras de exportación	1	4	5 (9.2)	80%		
Total	32	22	54 (100)			

*Casos positivos por prueba de microglutinación (MAT).

Valor p < 0.05: Hay diferencias significativas entre fines zootécnicos

En el caso de los trabajadores los serovares más predominantes fueron Canicola (21.67%), Bratislava (15%) y Mankarso (15%) (Córdova, 2019) (Cuadro 14), el serovar Canicola se atribuye a caninos generalmente (Cruz, 2013). Sin embargo, de los caninos evaluados en explotaciones ganaderas ninguno mostró seropositividad a *Leptospira* Canicola, pudiendo atribuirse a que los trabajadores adquirieron la bacteria de alguna otra especie o fuera de la explotación. No obstante, la cantidad de caninos evaluada fue de n=19, por lo que no se descarta en su totalidad que estos sean los transmisores de este serovar. En segundo lugar, se encuentran los serovares Bratislava y Mankarso, Bratislava ya ha sido identificada previamente en personas y en otras especies como, bovinos, cerdos, cabras, borregos, caninos y caballos (López *et al.*, 2021). Cabe destacar que el serovar Mankarso no había sido detectado previamente en México, la presencia de este serovar en trabajadores en este caso pudiera ser atribuida a la convivencia con otras especies de forma que algunos autores lo atribuyen a otras especies como pequeños rumiantes, bovinos, roedores, cerdos y caninos (López *et al.*, 2021; Pratt & Rajeev, 2018). En un estudio por Shiokawa *et al.* (2019), el serovar Mankarso mostró la prevalencia más elevada en bovinos del Caribe, así como también se identificó en cerdos, cabras y borregos con seroprevalencias $\leq 20\%$.

En el 46.66% (7/15) de las explotaciones ganaderas se encontró la presencia del serovar Mankarso en trabajadores, así como en el 40 % (6/15) de las explotaciones se presentó en serovar Canicola. Asimismo, de los 13 serovares evaluados en trabajadores todos fueron positivos en alguna explotación (Figura 2). En Sonora, previamente se había demostrado una seroprevalencia menor (11.8%) de *Leptospira* spp. en personas de una comunidad rural que forma parte del municipio de Navojoa, en donde el 62% de los casos reaccionó al serovar Canicola, el 18.75% a Pyrogenes y en menor medida Hardjo (6.25%) (Lagarda, 2015).

Cuadro 14. Comparación de seroprevalencia de serovares en bovinos, trabajadores y caninos de explotaciones ganaderas evaluadas

Serovar	Seroprevalencia % (casos positivos)		
	Bovinos (n=458)	Trabajadores (n=60)	Caninos (n=19)
Hardjo prajitno	10.48% (48)	8.34% (5)	5.26% (1)
Pyrogenes Salinem	0.65% (3)	10% (6)	15.78% (3)
Canicola	4.3% (20)	21.67% (13)	0% (0)
Cynopteri 3522c	0% (0)	10% (6)	0% (0)
Autumnalis Akiyami	0.4% (2)	8.34% (5)	5.26% (1)
Icterohaemorrhagiae RGA	2.1% (10)	8.34% (5)	0% (0)
Pomona pomona	4.14% (19)	5% (3)	5.26% (1)
Bratislava Jez-Bratislava	1% (5)	15% (9)	5.26% (1)
Australis Ballico	0% (0)	8.34% (5)	0% (0)
Sejroe M84	0.4% (2)	8.34% (5)	0% (0)
Grippotyphosa Moskva	1% (5)	6.67% (4)	10.52% (2)
Wolffi 3705	13.75% (63)	10% (6)	5.26% (1)
Mankarso Mankarso	3.4% (16)	15% (9)	26.31% (5)

(Córdova, 2019; Castillo, 2021)

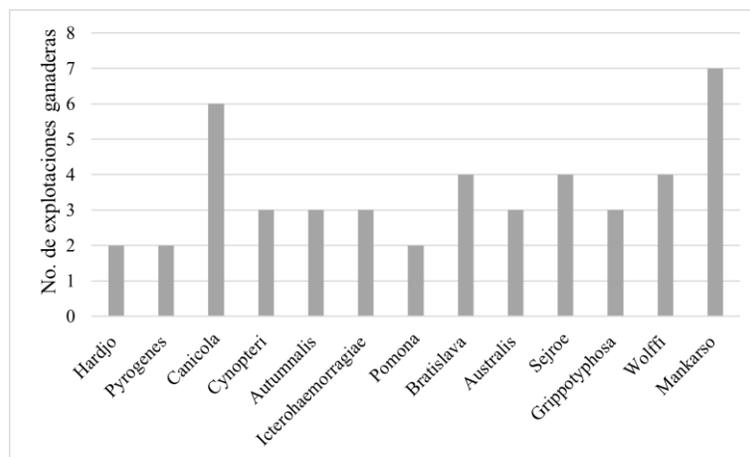


Figura 2. Frecuencia de seropositividad a serovares de *Leptospira* spp. en trabajadores de las explotaciones muestreadas.

En caninos, Castillo (2021) identificó una seroprevalencia de 42.10% (8/19) en las explotaciones donde fueron evaluados los bovinos de este estudio. Los serovares con una mayor seroprevalencia en caninos, fueron Mankarso (26.31%), Pyrogenes (15.78%) y Grippytyphosa (10.52%) (Cuadro 10). Galarde (2017) por su parte, determinó una seroprevalencia mayor (52%), en donde se evaluó *Leptospira* en caninos y trabajadores de un complejo agropecuario de bovinos lecheros en Tizayuca, Hidalgo. El serovar más frecuente en caninos fue Palo Alto (39.5%), seguido de Canicola (27.1%). En trabajadores el 46.8% fueron positivos, siendo el serovar Hardjo el más predominante (39.1%), pudiéndose atribuir estos valores al contacto directo con bovinos, sin embargo, en ese estudio no se evaluó la bacteria en bovinos por lo que no se identificó si entre especies trabajador-bovino compartían los mismos serovares. Por otro lado, trabajadores y caninos sí demostraron presentar los mismos serovares en común.

En caninos, los serovares Mankarso, Pyrogenes y Grippytyphosa fueron identificados en al menos 2/15 explotaciones muestreadas representando un 13.33%. Asimismo, se mostró positividad a 8/13 serovares (Figura 3). No se encontró la presencia del serovar Canicola en caninos, siendo estos considerados como reservorio natural de este serovar, sin embargo, este serovar sí se presentó en bovinos y trabajadores pudiendo existir una transmisión entre ellos o por otra especie animal doméstica o silvestre, la cual se encuentra cumpliendo un rol de reservorio incidental (Green, 2006). Así como, el serovar Grippytyphosa se asocia a reservorios como el ganado, caninos y cerdos (Quinn *et al.*, 2016). Por último, el serovar Mankarso al igual que en trabajadores, no había sido detectado previamente en caninos de México, solo había sido detectado en el Caribe, por Adesiyun *et al.* (2006). En un estudio realizado en Trinidad y Tobago, identificaron que el serovar Mankarso mostró más seroprevalencia entre todos los animales estudiados (47.5%), en donde fueron incluidos caninos de domicilios, de granjas y caninos de caza.

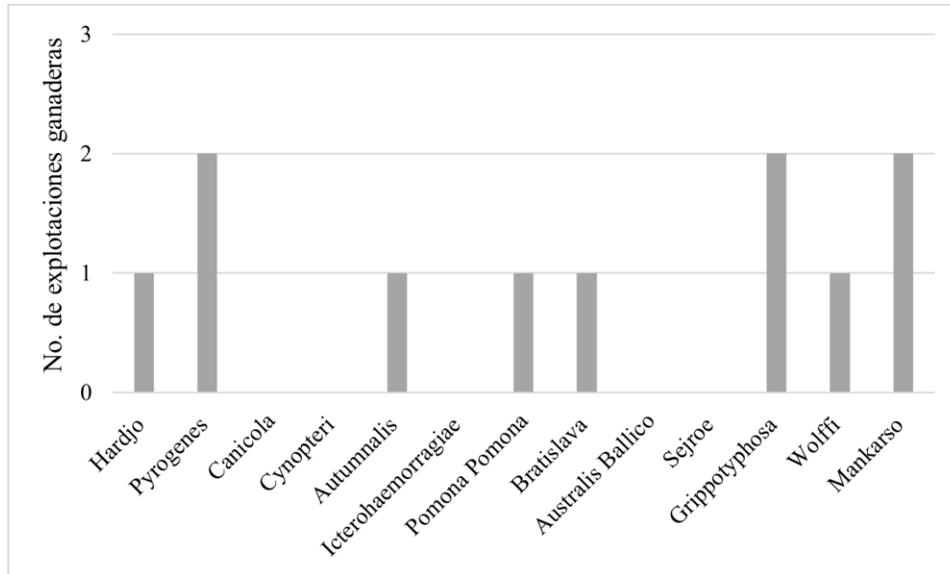


Figura 3. Frecuencia de seropositividad a serovares de *Leptospira* spp. en caninos de las explotaciones ganaderas muestreadas.

6.4. Factores de Riesgo o Protectores Asociados a la Transmisión de *Leptospira* spp. en Bovinos y Trabajadores de Explotaciones Ganaderas

6.4.1. Análisis de Asociación Potencial

Con las variables que continuaron del análisis exploratorio se procedió al análisis de asociación potencial en donde se utilizaron como criterios, la razón de momios (RM) como el medidor de asociación, plausibilidad biológica y un criterio estadístico de $p \leq 0.2$. Aquellas variables que mostraron $RM > 1$ se consideraron como de riesgo y $RM < 1$ como protectoras. Se asociaron potencialmente a seropositividad de *Leptospira* spp., 76 variables en el caso de los bovinos y 33 en trabajadores (Cuadro 15).

Cuadro 15. Número total de variables asociadas potencialmente a seropositividad a *Leptospira* spp.

Clasificación	No. de variables en bovinos	No. de variables en trabajadores
Biológicas	20	8
Epidemiológicas	15	4
Ambientales	8	7
Zootécnicas	33	14
Total	76	33

6.4.1.1 En bovinos. Algunas de las variables que se asociaron potencialmente a *Leptospira* spp. en bovinos se atribuyen a razas específicas, al contacto con animales domésticos y silvestres, a la presencia de cuerpos de agua, contacto con serovares de *Leptospira* por parte de otra especie como trabajadores (RM:2.28, $p=0.002$) y caninos (RM:2.02, $p=0.054$); y algunos factores zootécnicos como pertenecer a un fin zootécnico de exportación (RM:6.16, $p=0.0001$), el uso de un mismo guante para explorar varios animales dentro de una misma explotación (RM:3.71, $p=0.0001$), entre otros (Cuadro 16).

Pertenecer a la raza Simmental (RM:1.42, $p=0.240$) y Simbrah (RM:1.98, $p=0.168$), fueron factores de riesgo para los bovinos de Sonora. Rodríguez (2010) también demostró que las razas Simmental, Simbrah y Beef Master fueron factores de riesgo en bovinos de Veracruz, además, demostró que las razas criollas mantenían un factor protector. El contacto con animales domésticos representa un riesgo como el contacto directo con caballos, borregos, caninos, así como la presencia de estos últimos en el alimento del ganado también están asociados a *Leptospira* en el ganado (Cruz, 2013) y el acompañamiento durante la pastura (Favero *et al.*, 2017). Así como también eliminar la placenta del bovino por enterramiento, cercanía del predio a rellenos o botaderos de basura (Zuluaga, 2009).

Dentro de los factores zootécnicos, las vacas que han presentado 2 partos (RM:1.47, $p=0.133$) y 3-5 partos (RM:1.35, $p=0.187$) son un factor de riesgo atribuido a la edad de los animales, donde animales mayores a 73 meses presentan un mayor riesgo que animales jóvenes (Rodríguez, 2010). La vacunación al igual que en otros estudios ha demostrado ser un factor protector contra la bacteria, siendo esta una medida preventiva eficaz y de fácil acceso (Erregger *et al.*, 2020; Montes & Monti, 2021) (Cuadro 16).

En aspectos reproductivos, fueron factores de riesgo cuando las vacas se cargaban por inseminación artificial (RM:1.84, $p=0.011$), si el semen utilizado para la inseminación provenía del extranjero

(RM:1.79, p=0.016), o se cargaban por inseminación y/o monta natural (RM:1.93, p=0.057) y tener vacas o vaquillas que a pesar de ser montadas o inseminadas más de 3 veces no se cargan en los últimos 2 años (RM:2.96, p=0.001). Mientras que, si las vacas se cargaban por monta natural, resultó como un factor protector (RM:0.64, p=0.125). Por su parte Bulla *et al.* (2022), en aspectos reproductivos determinaron que hacer uso de la inseminación artificial, monta natural, utilizar semen certificado fueron factores protectores para los bovinos, mientras que compartir semental demostró ser un factor de riesgo. En el caso del presente estudio hacer uso de la inseminación artificial fue un factor de riesgo y este podría estar atribuido a que el semen utilizado provenía del extranjero, sin embargo, no se tiene la información sobre si este mantenía alguna certificación.

Cuadro 16. Variables asociadas potencialmente a la seropositividad a *Leptospira* spp. en bovinos de explotaciones ganaderas de Sonora (análisis univariado)

Variable	RM	Valor de p
Factores biológicos		
Es ganado raza Holstein		
Sí	1.67	0.049*
No	-	-
Es ganado raza Simmental		
Sí	1.42	0.249
No	-	-
Es ganado raza Charolais		
Sí	1.89	0.045*
No	-	-
Es ganado raza Simbrah		
Sí	1.98	0.168
No	-	-
Es ganado raza Pardo suizo		
Sí	0.38	0.012*
No	-	-
Es ganado de otras razas o cruza (Cebú, Angus, Beef Master, Gelviah, Brahman, Jersey, no especificado)		
Sí	0.56	0.028*
No	-	-
Contacto con caballo/burro		
Sí	3.01	0.000*
No	-	-
Contacto con perro		
Sí	0.46	0.004*
No	-	-
Contacto con cerdo		
Sí	0.44	0.000*
No	-	-
Contacto con gallina		
Sí	3.71	0.000*
No	-	-
Contacto con gato		

Sí	2.25	0.000*
No	-	-
Contacto con coyote		
Sí	1.88	0.148
No	-	-
Contacto con tlacuache/mapache		
Sí	1.88	0.148
No	-	-
Contacto con ratas		
Sí	0.75	0.202
No	-	-
Contacto con conejo/liebre		
Sí	0.63	0.298
No	-	-
Contacto con cabras/borregos		
Sí	1.84	0.067
No	-	-
Contacto con venados		
Sí	0.31	0.030*
No	-	-
Contacto con animales silvestres		
Sí	0.75	0.202
No	-	-
Convive con <100 cabezas de ganado		
Sí	0.48	0.001*
No	-	-
Convive con >100 cabezas de ganado		
Sí	2.04	0.001*
No	-	-
Factores epidemiológicos		
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> spp.		
Sí	2.28	0.002*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Hardjo		
Sí	3.40	0.000*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Pyrogenes		
Sí	3.40	0.000*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Canicola Hond Utrecht IV		
Sí	5.07	0.000*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Cynopteri 3522c		
Sí	1.79	0.016*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Autumnalis Akiyami A		
Sí	1.66	0.030*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Icterohaemorrhagiae RGA		
Sí	3.40	0.000*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Bratislava Jez-Bratislava		
Sí	1.66	0.030*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Australis Ballico		
Sí	3.40	0.000*

No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Grippotyphosa Moskva		
Sí	3.40	0.000*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Wolffi 3705		
Sí	1.66	0.030*
No	-	-
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Mankarso Mankarso		
Sí	2.28	0.000*
No	-	-
Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Hardjoprajitno		
Sí	2.02	0.054*
No especificado	1.09	0.689
No	-	-
Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Wolffi 3705		
Sí	2.02	0.054*
No especificado	1.09	0.689
No	-	-
Convive con personas que en los últimos 12 meses han presentado hemorragia ojos		
Sí	1.39	0.138
No	-	-
Convive con personas que sus parejas han abortado		
Sí	2.63	0.000*
No	-	-
Factores ambientales		
Hay repesos o cuerpos de agua cercano donde vive		
Sí	1.56	0.040*
No	-	-
Tiene cercanía con agua negras		
Sí	1.93	0.057*
No	-	-
Vive en explotación de producción intensiva		
Sí	1.35	0.204
No	-	-
Vive en explotación de producción comunal		
Sí	0.73	0.168
No	-	-
¿Tiene corral de ordeña o un lugar especial para ordeñar?		
Sí	0.31	0.030*
No	-	-
¿Cuánto miden sus corrales y/o el lugar donde acostumbra a juntar todo su ganado?		
< 1000 m ²	-	-
≥ 1000 m ²	5.10	0.000*
≥ 1 Ha	3.39	0.001*
Pertenece a la zona 1 (Norte de Sonora)		
Sí	3.14	0.050*
No	-	-
Pertenece a la zona 3 (Sur de Sonora)		
Sí	0.46	0.291
No	-	-
Factores zootécnicos		
Todo el ganado es nacido y criado en la unidad producción		
Sí	-	-
No	1.88	0.011*
¿Acostumbra a bañar al ganado?		
Sí	-	-

No	1.44	0.133
Cuarentena a los animales nuevos antes de introducirlos		
Sí	-	-
No	2.33	0.003*
No aplica	1.19	0.609
Es vaquilla		
Sí	0.39	0.138
No	-	-
Es vaca de 2do parto		
Sí	1.47	0.133
No	-	-
Es vaca que ha tenido de 3 a 5 partos		
Sí	1.35	0.187
No	-	-
Es ganado que produce carne		
Sí	0.56	0.094
No	-	-
Es ganado de doble propósito		
Sí	0.49	0.006*
No	-	-
Es ganado de exportación		
Sí	6.16	0.000*
No	-	-
Las vacas se cargan por inseminación artificial		
Sí	1.84	0.011*
No	-	-
El semen utilizado para la inseminación proviene del extranjero		
Sí	1.79	0.016*
No insemína	0.68	0.463
No	-	-
Las vacas se cargan por monta natural		
Sí	0.64	0.125
No	-	-
Las vacas se cargan por inseminación y/o por monta natural		
Sí	1.93	0.057*
No	-	-
Tiene vacas o vaquillas que a pesar de ser montadas o inseminadas más de 3 veces no se cargan en los últimos 2 años		
Sí	2.96	0.001*
No	-	-
De enero de 2016 a la fecha, ¿han nacido en su unidad de producción becerros débiles y que a los pocos días mueran?		
Sí	2.32	0.000*
No	-	-
Utiliza un guante para varias vacas cuando palpa		
Sí	3.71	0.000*
No palpan	2.47	0.026*
No	-	-
Realiza corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.)		
Sí	0.34	0.000*
No	-	-
Utiliza una aguja por cada 10 animales		
Sí	1.62	0.072
No	-	-
Enfermedades en los últimos 2 años		
Sí	2.16	0.000*

No	-	-
¿Con cuales animales tuvo problemas de enfermedades?		
Con ninguno	-	-
Con los nacidos en la producción	1.39	0.222
Con los nacidos y los comprados	8.44	0.000*
En los últimos 2 años, ¿con que tipo de animales tuvo problemas de enfermedades?		
Con ninguno	-	-
Beceros y vacas	1.50	0.239
Beceros	3.03	0.000*
Vacas	4.60	0.000*
Sementales	1.60	0.428
Cuando algún bovino se le enferma, ¿quién le da tratamiento?		
Médico veterinario	-	-
Usted mismo, vaquero, etc.	1.58	0.035*
Se ha muerto ganado en los últimos dos años		
Sí	2.24	0.001*
No	-	-
¿De cuáles animales tuvo mortalidad?		
Ninguno	-	-
Nacidos y comprados	4.10	0.000*
Comprados	0.74	0.584
Nacidos en la producción	1.27	0.442
De enero del 2016 a la fecha, ¿en qué tipo de animales tuvo mortalidad?		
Ninguno	-	-
Vaquillas y vacas	1.90	0.034*
Destetados y becerros	2.13	0.012*
Convivencia con animales con diarrea constante, que pierdan peso y se desmejoran poco a poco a pesar del tratamiento		
Sí	1.73	0.030*
No	-	-
Abortos en los últimos dos años		
Sí	14.03	0.010*
No	-	-
¿Cuántas vaquillas o vacas le han abortado de enero de 2016 a la fecha?		
Ninguna	-	-
≤5	7.16	0.007*
>5	2.5	0.306
>10	20.81	0.000*
Las vacas se comen la placenta después de partos o abortos		
Sí	1.93	0.057*
No	-	-
Tira a la basura la placenta después partos o abortos		
Sí	-	-
No	5.24	0.000*
Crías que murieron durante la lactancia		
Ninguna	-	-
≤5	0.89	0.668
≥15	3.57	0.000*
Vientres desechados en el último año		
Ninguno	-	-
≤5	2.15	0.026*
>5 - ≤25	0.88	0.751
>50	7.22	0.000*
¿Tuvo vientres que murieron el último año?		
Sí	2.78	0.000*
No	-	-

El ganado convive con personas que trabajan en varias explotaciones al mismo tiempo		
Sí	3.54	0.000*
No	-	-

*Valor de $p \leq 0.05$

6.4.1.2 En trabajadores. Dentro de las variables que se asociaron potencialmente a *Leptospira* spp. en trabajadores fueron convivir con bovinos positivos (RM:3.88, $p=0.219$), así como también convivir con bovinos positivos a *Leptospira* Canicola (RM:3.57, $p=0.03$). En caninos de las explotaciones ganaderas evaluadas no se presentó el serovar Canicola, sin embargo, en trabajadores fue el serovar con una mayor seroprevalencia (21.6%), en bovinos se demostró una seroprevalencia más baja (4.3%). Entendiéndose que en las explotaciones ganaderas evaluadas puede ocurrir la transmisión directa trabajador-bovino entre serovares, no obstante, la cantidad de caninos evaluada fue muy pequeña ($n=19$) por lo que no queda descartado en su totalidad que su presencia influya en la seropositividad a *Leptospira* spp. (Cuadro 17).

Dentro de los aspectos zootécnicos y de manejo de los animales asociados como riesgo fueron tomar muestras del ganado (RM:2.01, $p=0.196$), no utilizar o solamente algunas veces botas de hule cuando trabaja con el ganado (RM:2.66, $p=0.270$), convivir con ganado de exportación (RM:6.88, $p=0.095$), usar una aguja para cada 10 animales (RM:4.51, $p=0.047$), contacto con bovinos con diarrea constante (RM:2.04, $p=0.247$), entre otros. Algunos otros factores de riesgo identificados en trabajadores por otros autores han sido la presencia de basura en granjas, así como también el contacto con ratas (Binti *et al.*, 2018). Hinjoy *et al.* (2019), también identificaron que no utilizar botas es un factor de riesgo para las personas, así como también, la presencia de canales y ganado a menos de 1 km del hogar y la frecuente exposición a cuerpos de agua.

Como factores protectores se obtuvieron convivir con razas Holstein (RM:0.29, $p=0.037$) y Pardo Suizo (RM:0.21, $p=0.034$), concordando con lo que se observó en esas razas, pues fueron las que presentaron menos casos positivos de *Leptospira*, ofreciendo una protección directa al trabajador (Cuadro 17).

Cuadro 17. Variables asociadas potencialmente a la seropositividad a *Leptospira* spp. en trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora (análisis univariado)

Variable	RM	Valor de p
Factores biológicos		
Contacto con gatos		
Sí	2.07	0.220
No	-	-
Contacto con caballo/burro		
Sí	0.32	0.087
No	-	-
Contacto con tlacuache/ mapache		
Sí	6.88	0.095
No	-	-
Contacto con venados		
Sí	0.30	0.063
No	-	-
Contacto con animales silvestres		
Sí	0.33	0.063
No	-	-
Convive con raza Holstein		
Sí	0.25	0.023*
No	-	-
Convive con raza Charolais		
Sí	3.13	0.050*
No	-	-
Convive con raza Pardo Suizo		
Sí	0.14	0.020*
No	-	-
Factores epidemiológicos		
Contacto con bovino positivo a <i>Leptospira</i> spp.		
Sí	3.88	0.231
No	-	-
Convive con bovinos positivos a <i>Leptospira</i> Canicola		
Sí	3.57	0.030*
No	-	-
Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Hardjoprajitno		
Sí	3	0.229
No especificado	7	0.004*
No	-	-
Convive con caninos positivos a <i>Leptospira</i> Wolffi 3705		
Sí	3	0.229
No especificado	7	0.004*
No	-	-
Factores ambientales		
¿Con qué frecuencia se lava las manos en bebederos de ganado bovino?		
Nunca	-	-
Diario	2.16	0.383
1-2 veces al mes o a la semana	0.62	0.497
Varias veces al año o una vez al año	2.70	0.245
Trabaja con ganado de producción extensiva		
Sí	0.49	0.255
No	-	-
Trabaja con ganado de producción comunal		
Sí	2.64	0.090*
No	-	-
Tamaño de corrales y/o el lugar donde se junta todo el ganado		

< 1000 m ²	-	-
≥ 1000 m ²	2.61	0.133
≥ 1 Ha	1.07	0.928
Pertenece a la zona 1 (Norte de Sonora)		
Sí	0.35	0.229
No	-	-
Pertenece a la zona 2 (Centro de Sonora)		
Sí	0.34	0.062
No	-	-
Pertenece a la zona 3 (Sur de Sonora)		
Sí	6.48	0.004*
No	-	-
Factores zootécnicos		
Frecuencia de toma de muestras de sangre de ganado bovino		
Nunca	-	-
1-2 veces al mes o a la semana	1.27	0.807
Varias veces al año o una vez al año	2.14	0.212
Alimentar con mamila a los becerros		
Nunca	-	-
Diario/ 1-2 veces al mes o a la semana	2.50	0.273
Varias veces al año o una vez al año	1.37	0.616
Todo el ganado con el que convive es nacido y criado en la unidad de producción		
Sí	-	-
No	4.37	0.018*
Trabaja con ganado que produce leche		
Sí	0.28	0.030*
No	-	-
Convive con ganado doble propósito		
Sí	3.73	0.043*
No	-	-
Convive con ganado de exportación		
Sí	6.88	0.095
No	-	-
En la explotación han nacido becerros débiles y que a los pocos días mueren		
Sí	1.85	0.27
No	-	-
Realiza corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.)		
Sí	0.39	0.106
No	-	-
Utiliza una aguja por cada 10 animales		
Sí	4.51	0.047*
No	-	-
Se presentó problemas de enfermedades con los animales nacidos y comprados		
Sí	4.51	0.047*
No	-	-
Se presento mortalidad en los animales nacidos y comprados de la explotación		
Sí	2.07	0.22
No	-	-
En los últimos dos años ha convivido con animales con diarrea constante		
Sí	2.04	0.247
No	-	-
Numero de vientres que murieron el último año en la explotación		
0	-	-
≤5	0.51	0.310
≥10	3	0.199
Trabaja con ganado que cuenta con 51-75% de fertilidad		

Sí	0.37	0.117
No	-	-

*Valor de p ≤0.05

6.4.2. Modelos de Regresión Logística Múltiple Obtenidos por el Análisis Automatizado (Stepwise Forward)

6.4.2.1. En bovinos. Se obtuvieron 9 modelos finales asociados a *Leptospira* spp. utilizando la estrategia de sensibilidad a los cuales se evaluó colinealidad y modificación del efecto. En el caso de los modelos 1, 2, 3 y 4, hay variaciones debido a sus variables colineales (clusters), de estos modelos se derivan otros en los que solo se diferenció la variable perteneciente al cluster. Dentro de los primeros modelos, 1 al 5 se asociaron variables pertenecientes a factores biológicos, epidemiológicos y ambientales (Cuadro 18).

En el modelo 1 se identificó que los bovinos que conviven con personas positivas a *Leptospira* spp. tienen 2.40 veces más probabilidad de presentar *Leptospira* spp. que los que no conviven con personas positivas (p=0.005, IC=1.31–4.41); así como también, los bovinos que conviven con trabajadores que sus parejas han abortado tienen 2.32 veces más probabilidad de presentar *Leptospira* spp. (p=0.0001, IC=1.46–3.70), siendo estos factores de riesgo o de asociación positiva (Cuadro 18). Dentro del mismo modelo se encuentra la variable convive con personas positivas a *Leptospira* spp., que pertenece al cluster “Personas positivas a *Leptospira*”, por lo que de este modelo se derivan 7 más, donde la diferencia son las variables con los serovares específicos evaluados en donde se obtuvo que es un factor de riesgo para los bovinos convivir con personas positivas a *Leptospira* Hardjo (RM:2.72, p=0.0001, IC=1.57–4.73), convivir con personas positivas a *Leptospira* Pyrogenes (RM:2.72, p=0.0001, IC=1.57–4.73), convivir con personas positivas a *Leptospira* Canicola (RM:5.62, p=0.0001, IC=3.32–9.53), convivir con personas positivas a *Leptospira* Icterohaemorrhagiae (RM:2.72, p=0.0001, IC=1.57–4.73), convivir con personas positivas a *Leptospira* Australis (RM:2.72, p=0.0001, IC=1.57–4.73), convivir con personas positivas a *Leptospira* Grippotyphosa (RM:2.72, p=0.0001, IC=1.57–4.73) y convivir con personas positivas a *Leptospira* Mankarso (RM:2.10, p=0.007, IC=1.22–3.63). Erregger *et al.* (2020), también describieron en su estudio, que los bovinos que conviven con personas positivas a *Leptospira* tienen más riesgo de presentar *Leptospira*. Así como también, Cruz (2013) explicó que

alguna de las condiciones clínicas que presentan las personas con *Leptospira* serovar Hardjo, son abortos, daño hepático y renal. Como se observa en el presente estudio, también fue un factor de riesgo para los bovinos la convivencia con personas positivas al serovar Hardjo, asociándose en el modelo 1 y 2. También, el serovar Hardjo en los bovinos está asociado a la presencia de abortos e infertilidad, en la presente investigación este serovar fue el segundo más seroprevalente (10.48%) por lo que este serovar pudiese estar interactuando entre especies bovino-persona o viceversa.

En el modelo 2 se reconoció que los bovinos que conviven con personas positivas a *Leptospira* Hardjo, tienen 3.54 veces más probabilidad de presentar *Leptospira* spp. que los que no conviven con personas positivas ($p=0.0001$, IC=2.13–5.89), mientras que los bovinos en cuyas explotaciones había repesos o cuerpos de agua cercanos tienen 1.67 más probabilidad de presentar *Leptospira* spp. ($p=0.023$, IC=1.07–2.61) (Cuadro 18). Al evaluarse modificación del efecto se identificó que la variable “Hay repesos o cuerpos de agua cercanos” fue modificadora del efecto por lo que se modeló en los estratos de la variable modificadora del efecto (los bovinos que contaban con repesos o cuerpos de agua cercanos y los que no). Al obtener los modelos en los estratos, se encontró que en el grupo de bovinos en cuyas explotaciones contaban con repesos o cuerpos de agua cercanos, el riesgo de convivir con personas positivas a *Leptospira* Hardjo aumentó a 5.87 ($p=0.0001$, IC=2.85–12.09), mientras que en los bovinos de explotaciones que no contaban con repeso o cuerpos de agua cercanos, el riesgo de convivir con personas positivas a *Leptospira* Hardjo fue menor (RM:2.03), sin embargo, este valor no fue significativo ($p=0.067$, IC=0.95–4.33), y esto es precisamente el fenómeno de interacción o modificación del efecto, donde el comportamiento de la asociación de interés, es distinta en los estratos de la variable modificadora del efecto.

También, dentro del mismo modelo 2 se encuentra la variable convive con personas positivas a *Leptospira* Hardjo, que pertenece al cluster “Personas positivas a *Leptospira*”, por lo que de este modelo se derivan 9 más, donde la diferencia son las variables con los serovares específicos evaluados en donde se obtuvo que es un factor de riesgo para los bovinos convivir con personas positivas a *Leptospira* Pyrogenes (RM:3.54, $p=0.0001$, IC=2.13–5.89), convivir con personas positivas a *Leptospira* Canicola, convivir con personas positivas a *Leptospira* Cynopteri (RM:1.99, $p=0.006$, IC=1.22–3.26), convivir con personas positivas a *Leptospira* Autumnalis (RM:1.96, $p=0.006$, IC=1.21–3.19), convivir con personas positivas a *Leptospira* Icterohaemorrhagiae (RM:3.54, $p=0.0001$, IC=2.13–5.89), convivir con personas positivas a *Leptospira* Bratislava

(RM:1.96, $p=0.006$, IC=1.21–3.19), convivir con personas positivas a *Leptospira Australis* (RM:3.54, $p=0.0001$, IC=2.13–5.89), convivir con personas positivas a *Leptospira Grippytyphosa* (RM:3.54, $p=0.0001$, IC=2.13–5.89), convivir con personas positivas a *Leptospira Wolffi* (RM:1.96, $p=0.006$, IC=1.21–3.19), convivir con personas positivas a *Leptospira Mankarso* (RM:2.44, $p=0.0001$, IC=1.54–3.85). Del mismo modo, al evaluarse de manera estratificada, se determinó que en el grupo de bovinos procedentes de explotaciones que contaban con repesos o cuerpos de agua cercanos, el riesgo de convivir con personas positivas a *Leptospira* en cualquiera de los serovares evaluados aumentó a 5.87 ($p=0.0001$, IC=2.85–12.09). Al igual que en este caso, Menamvar *et al.* (2023), en un análisis multivariado final indicaron que los bovinos en donde las granjas se encontraban cercanas a cuerpos de agua tenían 36.3 veces más riesgo de presentar *Leptospira* ($p=0.041$).

En el modelo 3 se identificó que los bovinos que conviven con gallinas o aves tienen 4.09 veces más probabilidad de presentar *Leptospira* que los que no ($p=0.0001$, IC=2.56–6.57), ser raza Pardo Suizo demostró ser un factor protector (RM:0.44, $p=0.033$, IC=0.21–0.94) y convivir con más de 100 cabezas de ganado también es un factor de riesgo (RM:2.28, $p=0.0001$, IC=1.44–3.62) (Cuadro 18). Nthiwa *et al.* (2019), por su parte demostraron que mantener el tamaño del rebaño con > 50 animales es un factor de riesgo (RM:1.4, $p=0.046$).

En el mismo modelo, la variable convive con gallinas o aves pertenece al cluster “Animales” y la variable Raza Pardo Suizo pertenece al cluster “Raza” por lo que de este modelo se derivan 8 modelos más. De igual forma la convivencia con gallinas o aves demostró ser un factor de riesgo para los bovinos cuando estos fueron raza Holstein (RM:3.24, $p=0.0001$, IC=1.81–5.80) y ser un factor protector cuando fueron de otras razas o cruza (Cebú, Angus, Beef Master, Gelviah, Brahman, Jersey, no especificado) (RM:0.49, $p=0.010$, IC=0.29–0.85). También, la convivencia con caballo o burro (RM:3.05, $p=0.0001$, IC=1.66–5.62), la convivencia con gatos (RM:2.93, $p=0.0001$, IC=1.82–4.73) y ser ganado raza Charolais (RM:1.96, $p=0.038$, IC=1.04–3.72) son factores de riesgo para los bovinos de las explotaciones ganaderas evaluadas. Como factores protectores se encontró que la convivencia con perros (RM:0.48, $p=0.007$, IC=0.29–0.82), la convivencia con cerdos (RM:0.53, $p=0.012$, IC=0.32–0.87) y ser raza Pardo Suizo (RM:0.43, $p=0.027$, IC=0.21–0.91). Bulla *et al.* (2022), demostraron en su estudio que el ganado de cruza mostró la seroprevalencia más alta, seguido de la raza Holstein. Así como también Cruz (2013), indicó una seroprevalencia mayor en razas cruzadas que en razas puras *B. indicus* y *B. taurus*. En

contraste con estos estudios, Montero (2021) que indicó una mayor seroprevalencia en razas puras (41.1%), en comparación con las razas cruzadas (33.3%). Aunque no hay evidencia científica que demuestre que estas razas o la cruce de ganado sonoreense sean más susceptibles o resistentes a la infección por *Leptospira*, sí existe un estudio en Brasil donde se observó que una raza local de ganado bovino posee resistencia a *Leptospira* y otras infecciones, la cual fue asociada a polimorfismos en el gen que codifica para el TLR-10 (receptor tipo toll, por sus siglas en inglés) (Silva *et al.*, 2023). Sin embargo, se sabe que la presencia de *Leptospira* en el ganado se ve mayormente influenciada por factores ambientales, prácticas pecuarias y la convivencia con otras especies.

En el modelo 4 convivir con cabras o borregos (RM:2.33, $p=0.014$, IC=1.19–4.60), tener represas o cuerpos de agua cercanos (RM:1.84, $p=0.008$, IC=1.18–2.90), demostraron ser factores de riesgo para los bovinos. Además, nuevamente se obtuvo que ser de otras razas o cruce (Cebú, Angus, Beef Master, Gelvieh, Brahman, Jersey, no especificado) (RM:0.45, $p=0.004$, IC=0.27–0.78) fue un factor protector (Cuadro 18). Debido al cluster “Animales”, al que pertenece la variable convivencia con cabras o borregos, se derivaron otros dos modelos en los que se incluyen la convivencia con caballos o burros (RM:2.58, $p=0.003$, IC=1.39–4.78) y la convivencia con gatos (RM:2.21, $p=0.0001$, IC=1.42–3.44). Yupiana *et al.* (2020), en un modelo de regresión logística múltiple indicaron de igual forma que la presencia de borregos en la granja es un factor de riesgo (RM:5.57, $p=0.012$). Así como también, los gatos representan un riesgo para el ganado por su comportamiento natural de ingestión de presas infectadas como los roedores, en mayor parte cuando estos son de vida libre y su único alimento son las presas (Monroy *et al.*, 2020; Murillo *et al.*, 2020).

En el modelo 5, el ganado raza Charolais tuvo 1.98 veces más probabilidad de presentar *Leptospira* spp. ($p=0.037$, IC=1.04–3.77), así como también los bovinos que convivían con caballos o burros tuvieron 2.92 veces más probabilidad de presentar la bacteria ($p=0.001$, IC=1.59–5.40). A diferencia de los demás modelos en este se involucró un factor zootécnico que fue el fin zootécnico del ganado, indicando que ser ganado de doble propósito fue un factor protector (RM:0.52, $p=0.013$, IC=0.32–0.88), lo cual concuerda con lo observado por Rodríguez (2010). En estudios en bovinos se asocia el mayor riesgo a bovinos lecheros (Cruz, 2013; Rodríguez, 2010; Ruano *et al.*, 2020), sin embargo, en la presente investigación no fue el caso.

Los modelos restantes del 6 al 9 incluyen en su totalidad variables que son factores zootécnicos en

bovinos que se asociaron a *Leptospira* spp., como tener ≥ 15 crías que murieron durante la lactancia (RM:2.34, $p=0.012$, IC=1.21–4.55), no cuarentenar a los animales nuevos (RM:3.66, $p=0.002$, IC=1.59–8.49) y tener vientres que murieron el último año (RM:5.57, $p=0.0001$, IC=2.84–10.95). Que el ganado conviva con personas que trabajan en varias explotaciones al mismo tiempo (RM:2.67, $p=0.002$, IC=1.42–5.06) y utilizar un guante para varias vacas cuando palpa (RM:3.06, $p=0.0001$, IC=1.84–5.12) fueron factores de riesgo; mientras que realizar corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.) (RM:0.50, $p=0.012$, IC=0.30–0.86) fue un factor protector. El hecho de utilizar el mismo guante para palpar varias vacas es una forma de contacto a destacar en esta investigación debido a que la bacteria se transmite principalmente por medio de la orina (López *et al.*, 2021), y al compartir fluidos entre animal-animal puede dar como respuesta la seropositividad demostrada.

Widiasih *et al.*, 2020, indicó en un estudio donde el 89% de personas que trabajaban en granjas, que un factor de riesgo es tener otra ocupación principal. Montes & Monti (2021) a su vez en un modelo de regresión logística múltiple demostraron que la vacunación es un factor protector (RM:0.04, $p<0.01$).

Por otro lado, que no todo el ganado sea nacido y criado en la producción (RM:1.90, $p=0.010$, IC=1.17–3.12) y la convivencia con animales con diarrea constante, que pierdan peso y se desmejoran poco a poco a pesar del tratamiento (RM:1.76, $p=0.026$, IC=1.07–2.91) fueron factores de riesgo en el modelo 9. Bulla *et al.* (2022), indicaron que una manifestación clínica asociada a *Leptospira* es la diarrea en el ganado (RM:1.48, $p=0.030$). Estudios en México, demuestran que el ganado proveniente de otro lugar que no sea la explotación es un factor de riesgo para el ganado (Montero, 2021; Rodríguez, 2010; Ruano *et al.*, 2020).

Haber presentado >10 abortos en la explotación ganadera de 2016 a la fecha (RM:11.08, $p=0.004$, IC=2.17–56.64) y que el tamaño de corrales y/o el lugar donde se junta todo el ganado sea < 1000 m² (RM:3.22, $p=0.024$, IC=1.17–8.92) o ≥ 1000 m² (RM:4.36, $p=0.0001$, IC=2.31–8.23) demostraron ser factores de riesgo para los bovinos evaluados (Cuadro 18). Nthiwa *et al.* (2019), también demostraron que un factor de riesgo a nivel de rebaño fue tener historial de abortos en el ganado (RM:1.6, $p=0.019$), sin embargo, estos no mencionaban la cantidad de abortos que se habían presentado. El contacto estrecho entre el ganado y que se mantuviera reunido en espacios < 1 Ha, aunado a los demás factores es un hecho interesante a considerar al momento de hablar de *Leptospira*; por su parte Montero (2021), de acuerdo con el nivel de hacinamiento, identificó una mayor seroprevalencia cuando la capacidad de carga cabeza/Ha fue mayor a 1 (42.5%).

Cuadro 18. Modelos de regresión logística múltiple de determinantes asociados a la presencia de seropositividad a *Leptospira* spp. en bovinos de explotaciones de Sonora

Variables	RM	Valor p	IC (95%)
Modelo 1			
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> spp.	2.40	0.005	1.31 - 4.42
Convive con personas que sus parejas han abortado	2.32	0.000	1.46 - 3.70
Modelo 2			
Convive con personas positivas a <i>Leptospira</i> Hardjo	3.54	0.000	2.14 - 5.89
Hay repesos o cuerpos de agua cercanos	1.67	0.023	1.08 - 2.62
Modelo 3			
Convive con gallinas o aves	4.09	0.000	2.56 - 6.58
Es raza Pardo Suizo	0.44	0.033	0.21 - 0.94
Convive con más de 100 cabezas de ganado	2.28	0.000	1.44 - 3.63
Modelo 4			
Convive con cabras o borregos	2.33	0.014	1.19 - 4.60
Es ganado de otras razas o cruza (Cebú, Angus, Beef Master, Gelviah, Brahman, Jersey, no especificado)	0.45	0.004	0.27 - 0.78
Hay repesos o cuerpos de agua cercanos	1.84	0.008	1.18 - 2.91
Modelo 5			
Convive con caballo o burro	2.92	0.001	1.59 - 5.41
Es raza Charolais	1.98	0.037	1.04 - 3.77
Es ganado de doble propósito	0.52	0.013	0.32 - 0.88
Modelo 6			
Crías que murieron durante la lactancia			
≤ 5 crías	0.76	0.498	0.36 - 1.64
≥ 15 crías	2.34	0.012	1.21 - 4.55
Cuarentena a los animales nuevos antes de introducirlos			
No	3.66	0.002	1.59 - 8.49
No aplica	0.68	0.458	0.25 - 1.88
Hubo vientres que murieron el último año	5.57	0.000	2.84 - 10.95
Modelo 7			
El ganado convive con personas que trabajan en varias explotaciones al mismo tiempo	2.67	0.002	1.42 - 5.06
Utiliza un guante para varias vacas cuando palpa			
Si	3.06	0.000	1.84 - 5.12
No palpan	0.95	0.934	0.30 - 3.03
Realiza corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.)	0.50	0.012	0.30 - 0.86
Modelo 8			
No todo el ganado es nacido y criado en la producción	1.90	0.010	1.17 - 3.12
Convivencia con animales con diarrea constante, que pierdan peso y se desmejoran poco a poco a pesar del tratamiento	1.76	0.026	1.07 - 2.91
Modelo 9			
¿Cuántas vaquillas o vacas le han abortado de enero de 2016 a la fecha?			
≤ 5	4.29	0.058	0.95 - 19.32
> 5	0.77	0.791	0.12 - 5.00
> 10	11.08	0.004	2.17 - 56.64
Tamaño de corrales y/o el lugar donde se junta todo el ganado			
< 1000 m ²	3.22	0.024	1.17 - 8.92
≥ 1000 m ²	4.36	0.000	2.31 - 8.23
≥ 1 Ha	1.53	0.322	0.66 - 3.59

6.4.2.2 En trabajadores. Se obtuvieron 10 modelos asociados a *Leptospira* spp. en trabajadores de

explotaciones ganaderas de Sonora, a los cuales se les evaluó colinealidad y modificación del efecto, en donde ninguno de estos modelos mostró colinealidad ni modificación del efecto. Algunas variables dentro de los modelos se les dio oportunidad de ingresar debido al tamaño de muestra (n=54) (Cuadro 19).

Dentro de los modelos se encuentran variables que pertenecen a factores biológicos como la convivencia con ganado de raza Pardo Suizo (RM:0.17, p=0.05, IC=0.03–1.02), Holstein (RM:0.20, p=0.031, IC=0.04–0.87) siendo estos factores protectores para trabajadores y la convivencia con ganado Charolais (RM:5.74, p=0.017, IC=1.36–24.23) como factor de riesgo. La convivencia con animales domésticos como los caballos (RM:0.16, p=0.05, IC=0.03–1.00) y animales silvestres (RM:0.05, p=0.002, IC= 0.008–0.34) (Cuadro 19) demostraron ser factores protectores, dentro de estos animales, se encontraba la presencia de roedores, venados, conejos o liebres, tlacuaches y mapaches. Binti *et al.* (2018), de manera contraria indicaron que el avistamiento de ratas en las explotaciones es un factor de riesgo para los trabajadores. Para el caso de esta investigación la convivencia de los trabajadores con animales silvestres demostró ser un factor protector, aun cuando la bacteria en la mayoría de los estudios se encuentra ligada a animales silvestres como los roedores (Torres *et al.*, 2015). Este hallazgo podría indicar que los casos positivos en trabajadores se encuentran relacionados a la convivencia con animales domésticos. Dentro de los animales domésticos identificados se asoció potencialmente como de riesgo a trabajadores que convivían con gatos (RM:2.07, p=0.2), sin embargo, este valor no fue significativo. Por otro lado, para el caso de los bovinos si fue un factor de riesgo la convivencia con animales domésticos como gatos, cabras y borregos.

Dentro de los factores epidemiológicos que se asociaron se encuentra la convivencia con ganado positivo a *Leptospira Canicola* (RM:5.81, p=0.011, IC=1.50–22.59) siendo un factor de riesgo, en bovinos se demostró una seroprevalencia baja (4.3%) de *Leptospira Canicola*, sin embargo, en trabajadores este serovar fue el que mostró una mayor seroprevalencia (21.6%), pudiéndose dar la transmisión trabajador-bovino. En un estudio de Pulido *et al.* (2017), indicaron que tanto personas como bovinos tienen 1.3 veces más probabilidad de presentar el serovar Canicola, con respecto a los otros serovares evaluados y que este serovar al igual que este estudio fue el serovar más seroprevalente en personas.

En los factores ambientales se encontró que pertenecer a la zona 2 (RM:0.05, p=0.016, IC=0.006–0.59) fue un factor protector, mientras que pertenecer a la zona 3 (RM:11.74, p=0.003, IC=2.30–

60.09) fue un factor de riesgo, esto se debe a que los trabajadores del sur de Sonora tuvieron más probabilidad de presentar *Leptospira* spp. en comparación con los del centro de Sonora. Por otro lado, trabajar con ganado en una producción comunal (RM:8.39, p=0.010, IC=1.65–42.76) y tener corrales donde se mantiene al ganado con una medición de ≥ 1000 m² (RM:5.51, p=0.05, IC=0.99–30.84), fueron factores de riesgo; mientras que trabajar con ganado en una producción extensiva (RM:0.093, p=0.024, IC=0.01–0.73) y tener corrales en donde se mantiene al ganado con una medición de ≥ 1 Ha (RM:0.11, p=0.046, IC=0.15–0.96) fueron factores protectores. Las personas que trabajaban en producciones comunales tuvieron la seroprevalencia más elevada (54.50%), así mismo este grupo de personas representó al 40% de los trabajadores, mientras que los de producción extensiva representó la seroprevalencia más baja (29.40%), lo que representó al 31.4% de los trabajadores. Este hallazgo se esperaba debido a que en producciones comunales se encuentran grandes cantidades de especies domésticas, silvestres y personas, interactuando en una misma zona, por lo que, cuanto más numerosa es la población de reservorios más frecuente es la transmisión inter e intraespecífica (Torres *et al.*, 2015). Sin embargo, al comparar los 3 tipos de producciones por medio de Chi² no se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 19. Modelos de regresión logística múltiple de determinantes asociados a la presencia de seropositividad a *Leptospira* spp. en trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora

Variables	RM	Valor p	IC (95%)
Modelo 1			
Convive con raza Pardo Suizo	0.17	0.054	0.03 - 1.02
Pertenece a la zona 3 (Sur de Sonora)	11.74	0.003	2.30 - 60.09
Realiza corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.)	0.19	0.035	0.04 - 0.89
Modelo 2			
Convive con caballo o burro	0.16	0.051	0.02 - 1.00
Pertenece a la zona 2 (Centro de Sonora)	0.05	0.016	0.01 - 0.59
Realiza corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.)	0.07	0.031	0.08 - 0.79
Se presentó problemas de enfermedades con el ganado nacido y comprado	5.03	0.050	1.00 - 25.31
Modelo 3			
Convive con animales silvestres	0.13	0.014	0.03 - 0.67
Trabaja con ganado que produce leche	0.02	0.003	0.01 - 0.28
Realiza corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.)	0.02	0.005	0.01 - 0.33
En la explotación han nacido becerros débiles y que a los pocos días mueren	7.36	0.019	1.38 - 39.29
Modelo 4			
Convive con animales silvestres	0.05	0.002	0.01 - 0.34
Todo el ganado con el que convive es nacido y criado en la unidad de producción	9.76	0.004	2.09 - 45.60
En los últimos dos años ha convivido con animales con diarrea constante	10.27	0.011	1.72 - 61.50
Modelo 5			
Convive con animales silvestres	0.20	0.034	0.05 - 0.89
Convive con raza Charolais	5.74	0.017	1.36 - 24.24

Se presentó problemas de enfermedades con el ganado nacido y comprado	9.37	0.011	1.675 - 52.74
Trabaja con ganado que cuenta con 51-75% de fertilidad	0.12	0.023	0.02 - 0.75
Modelo 6			
Convive con raza Holstein	0.20	0.031	0.05 - 0.87
Trabaja con ganado doble propósito	7.48	0.018	1.42 - 39.48
Realiza corridas (Vacunas, desparasitación, baño, etc.)	0.19	0.035	0.04 - 0.89
Se presento mortalidad en los animales nacidos y comprados de la explotación	4.94	0.038	1.09 - 22.35
Modelo 7			
Convive con bovinos positivos a <i>Leptospira</i> Canicola	5.81	0.011	1.50 - 22.59
Trabaja con ganado en producción comunal	8.39	0.010	1.65 - 42.76
En la explotación han nacido becerros débiles y que a los pocos días mueren	4.57	0.047	1.02 - 20.61
Modelo 8			
Convive con animales silvestres	0.17	0.027	0.04 - 0.82
Trabaja con ganado en producción extensiva	0.09	0.024	0.01 - 0.73
Pertenece a la zona 3 (Sur de Sonora)	6.89	0.009	1.62 - 29.37
Se presento mortalidad en los animales nacidos y comprados de la explotación	10.15	0.010	1.74 - 59.44
Modelo 9			
Convive con raza Holstein	0.07	0.004	0.01 - 0.43
Tamaño de corrales y/o el lugar donde se junta todo el ganado			
≥ 1000 m ²	5.51	0.052	0.99 - 30.84
≥ 1 Ha	0.11	0.046	0.01 - 0.96
Trabaja con ganado que cuenta con 51-75% de fertilidad	0.08	0.014	0.01 - 0.61
Modelo 10			
Pertenece a la zona 3 (Sur de Sonora)	12.70	0.005	2.19 - 73.81
Numero de vientres que murieron el último año en la explotación			
≤5	1.35	0.716	0.27 - 6.84
≥10	6.11	0.054	0.97 - 38.69
Trabaja con ganado que cuenta con 51-75% de fertilidad	0.09	0.018	0.01 - 0.67

Los factores zootécnicos que se asociaron como de riesgo a *Leptospira* spp. en trabajadores fueron la presencia de problemas de enfermedades con el ganado nacido y comprado (RM:9.37, p=0.011, IC=1.67–52.74); si en la explotación han nacido becerros débiles y que a los pocos días mueren (RM:7.36, p=0.019, IC=1.38–39.29), que no todo el ganado con el que convive es nacido y criado en la unidad de producción (RM:9.76, p=0.004, IC=2.09–45.60); si en los últimos dos años ha convivido con animales con diarrea constante (RM:10.27, p=0.011, IC=1.72–61.50) y trabajar con ganado doble propósito (RM:7.48, p=0.018, IC=1.42–39.48). Los trabajadores que laboran en explotaciones de bovinos doble propósito tuvieron una seroprevalencia de 64.28%, sin embargo, el ganado de doble propósito demostró la seroprevalencia más baja de su grupo (16.77%); por lo que la presencia de *Leptospira* spp. en trabajadores de este fin zootécnico puede estar influenciada por otros factores mencionados en esta investigación y no por la convivencia con el ganado. También, la presencia de mortalidad en los animales nacidos y comprados en la explotación (RM:4.94, p=0.038, IC=1.09–22.35) y tener ≥10 vientres que murieron el último año en la

explotación (RM:6.11, $p=0.054$, IC=0.97–38.69) fueron factores de riesgo para los trabajadores. La convivencia con animales con diarrea constante y la presentación de mortalidad en el ganado también fue un factor de riesgo para los bovinos, indicando que, cuando los bovinos se encuentran enfermos o hay muerte en las explotaciones es un riesgo directo para el trabajador, pudiéndose atribuir a que los trabajadores no mantenían las medidas de bioseguridad adecuadas y a otros factores mencionados en este estudio (Cuadro 19).

Como factores protectores en trabajadores se asoció realizar corridas del ganado (Vacunas, desparasitación, baño, etc.) (RM:0.025, $p=0.005$, IC=0.001–0.33), trabajar con ganado que produce leche (RM:0.020, $p=0.003$, IC=0.001–0.28) y trabajar con ganado que cuenta con 51-75% de fertilidad (RM:0.12, $p=0.023$, IC=0.01–0.75). La vacunación del ganado es una herramienta preventiva que ha demostrado ser eficaz contra *Leptospira* spp., con el uso de esta medida se protege simultáneamente al trabajador (Erregger *et al.*, 2020; Montes & Monti, 2021). Por otra parte, el serovar Hardjo cuando se presenta en los bovinos como una infección establecida, produce abortos y disminución de la fertilidad (OIE, 2018); para el caso de los trabajadores laborar con bovinos que mantuvieran un buen porcentaje de fertilidad fue un factor protector, indicando que, posiblemente en esos bovinos y por ende en esas explotaciones, no se presentaba la bacteria ni había problemas de fertilidad en el ganado.

Los hallazgos encontrados en este estudio demuestran los determinantes asociados a la seropositividad de *Leptospira* spp. en bovinos y trabajadores de explotaciones ganaderas de Sonora, siendo estos de carácter biológico, epidemiológico, ambiental y zootécnico. Se observa que algunos factores están relacionados entre bovinos y trabajadores, en su mayoría correspondientes a prácticas pecuarias realizadas por los trabajadores dentro de las explotaciones ganaderas; estas al ser modificadas podrían obtenerse resultados favorables en cuestión de salud, no solo hacia la prevención de *Leptospira* sino también para otras enfermedades zoonóticas infecciosas. Algunos factores relacionados a *Leptospira*, como la zona a la que pertenecen las explotaciones dentro del estado no pueden ser modificados, sin embargo, ayudan a mantener una visión de la situación epidemiológica de la enfermedad a nivel del estado.

7. CONCLUSIONES

La seroprevalencia general de *Leptospira* spp. encontrada fue del 25% en bovinos y 41.66% en trabajadores de explotaciones ganaderas en diferentes localidades de Sonora. Las explotaciones con mayor seroprevalencia en bovinos pertenecen al municipio de Álamos (62.5%) y Carbó (59.4%). Los serovares más predominantes en bovinos fueron Hardjo (10.48%) y Wolffi (13.75%), que son los serovares característicos en bovinos.

Los modelos de RLM generados permitieron encontrar los determinantes que explican la seropositividad a *Leptospira* spp. en las explotaciones evaluadas, en estos estuvieron involucrados factores biológicos como la presencia de animales domésticos y silvestres, epidemiológicos como la convivencia con especies seropositivas y con signos característicos de la enfermedad, ambientales como la presencia de cuerpos de agua y zootécnicos como la utilización de un guante para varias vacas al palpar, no cuarentenar al ganado nuevo, haber presentado abortos, convivencia con animales con diarrea, que no todo el ganado sea de la misma explotación y que los trabajadores trabajen en varias explotaciones a la vez, entre otros.

Desde el punto de vista de la interacción entre especies, la dinámica de transmisión de la bacteria en las explotaciones y la integración del estudio en el enfoque de Una Sola Salud, se encontraron algunos serovares presentes tanto en bovinos como en trabajadores con seropositividad a *Leptospira* spp., pudiendo atribuirse al contacto estrecho que estos mantienen y a las prácticas pecuarias dentro de las explotaciones.

Los determinantes asociados a la seropositividad a *Leptospira* spp. en animales y personas, en el ambiente compartido en las explotaciones, identificados en el presente estudio, permitirán diseñar mejores estrategias de intervención y control de la enfermedad en la interfase animal-persona-ambiente en explotaciones ganaderas de Sonora, bajo el enfoque integral de Una Sola Salud.

8. REFERENCIAS

- Adesiyun, A., Hull-Jackson, C., Mootoo, N., Halsall, S., Bennett, R., Clarke, N., Whittington, C., Seeperdadsingh, N. 2006. Sero-Epidemiology of Canine Leptospirosis in Trinidad: Serovars, Implications for Vaccination and Public Health. *Journal of Veterinary Medicine Series B- Infectious Disease and Veterinary Public Health*. 53: 91–99.
- Adler, B., De la Peña, A. 2009. *Leptospira* and Leptospirosis. *Journal Veterinary Microbiology*. 140: 287-296.
- Adler, B. 2015. *Leptospira* and Leptospirosis. Springer. New York, USA. Páginas 295.
- Ahmed, A., Grobusch, M., Klatser, P. Hartskeerl, R. 2012. Molecular Approaches in the Detection and Characterization of *Leptospira*. *Journal of Bacteriology and Parasitology*. 3 (2): 1-12.
- Albuja, C., Ortiz, O., López, C., Hernández, J. 2019. Economic impact of Pregnancy Loss in an Intensive Dairy farming System. *Veterinaria México OA*. 6 (1).
- Andre, G., Aviat, F., Thorin, C. 2015. Waterborne Leptospirosis: Survival and Preservation of the Virulence of Pathogenic *Leptospira* spp. in Fresh Water. *Current Microbiology*. 71 (136): 136-142.
- Azócar, A., Smits, H., Monti, G. 2014. Leptospirosis in Dogs and Cats: Epidemiology, Clinical Disease, Zoonotic Implications and Prevention. *Revista Archivos de Medicina Veterinaria*. 46: 337-348.
- Binti, A., Fuzi, N., Wan, W., Amraan, F., Ismail, N., Kamarudin, S. 2018. Leptospirosis and Workplace Environmental Risk Factors Among Cattle Farmers in Northeastern Malaysia. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 9: 88-96.
- Bulla, D., López, H., Lancheros, D., Díaz, A., García, D., Tobón, J., Ortiz, D., Orlando, M. 2022. Seroprevalence and Risk Factors Associated with the Presence of Bovine Leptospirosis in the Municipality of Sotaquirá, Colombia. *Open Veterinary Journal*. 12 (5): 668-675.
- Carbonell, B., Fagoaga, G. Sapiña, G. 2016. Bacterias y Virus de Interés Médico Veterinario. Análisis Etimológico. Nereis. *Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*. 8: 51-64.
- Castillo, N. 2021. Factores de Riesgo Asociados a *Leptospira* en Caninos del Estado de Sonora. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- Córdova, N. 2019. Leptospirosis y su Transmisión Zoonótica en Trabajadores de Explotaciones de Ganado Bovino. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora.
- Cruz, A. 2013. Distribución Espacial y Factores de Riesgo Asociados a la Leptospirosis Bovina en Veracruz, México. Tesis Doctoral. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Tepetates, Veracruz.
- Daroz, B., Fernandes, L., Cavenague, M., Kochi, L., Passalia, F., Takahashi, M., Nascimento, E., Teixeira, A., Nascimento, A. 2021. A Review on Host-*Leptospira* Interactions: What We

- Know and Future Expectations. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 11:777709.
- Díaz, G. 2021. Dinámica Serológica de Leptospirosis y su Relación con Pérdidas Gestacionales en Hatos Lecheros del Altiplano Cundiboyacense. Tesis de Maestría. Universidad de La Salle Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá, Colombia.
- Dogonyaro, B., Heerden, H., Potts, A., Kolo, B., Lotter, C., Katsande, C., Fasina, F., Ko, A., Wunder, E., Adesiyun, A. 2020. Seroepidemiology of *Leptospira* Infection in Slaughtered Cattle in Gauteng Province, South Africa. *Tropical Animal Health and Production*. 52: 3789–3798.
- Domínguez, S. 2018. El Odds Ratio y su Interpretación como Magnitud del Efecto en Investigación. Elsevier. 19 (1): 65-66.
- Dreyfus, A., Wilson, P., Benschop, J., Collins, J., Verdugo, C., Heuer, C. 2018. Seroprevalence and Herd-Level Risk Factors for Seroprevalence of *Leptospira* spp. in Sheep, Beef Cattle and Deer in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*. 66 (6): 302-311.
- Dwight, C., Yuan, C. 1999. *Veterinary Microbiology*. Blackwell Science. Massachusetts, USA. Páginas 482.
- Erregger, E., Stevenson, M., Beggs, D., Oswin, S., Jagoe, S., Mansella, P., Pymana, M. 2020. A Cross-Sectional Pilot Study to Estimate the Prevalence of and Risk Factors for Leptospirosis in South-Western Victorian Dairy Herds, 2017. *Australian Veterinary Journal*. 98 (9): 417-423.
- Eugene, E., Handunnetti, S., Wickramasinghe, S., Kalugalage, T., Rodrigo, C., Wickremesinghe, H., Dikmadugoda, N., Somaratne, P., De Silva, H., Rajapakse, S. 2015. Evaluation of Two Immunodiagnostic Tests for Early Rapid Diagnosis of Leptospirosis in Sri Lanka: A Preliminary Study. *BMC Infectious Diseases*. 15: 319.
- Favero, J., de Araújo, H., Lilenbaum, W., Machado, G., Tonin, A., Baldissera, M., Stefani, L., Da Silva, A. 2017. Bovine Leptospirosis: Prevalence, Associated Risk Factors for Infection and Their Cause-Effect Relation. *Microbial Pathogenesis*. 107: 149-154.
- Galarde, L. 2017. Factores de Riesgo Asociados a Leptospirosis en Trabajadores de Establos y Población Canina que Cohabitan en el Complejo Agropecuario e Industrial de Tizayuca, Hidalgo; México. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Salud Pública. Escuela de Salud Pública de México. Cuernavaca, Morelos.
- Goarant, C., 2016. Leptospirosis: Risk Factors and Management Challenges in Developing Countries. *Research and Reports in Tropical Medicine*. 7: 49–62
- Greene, C. 2006. *Infectious Diseases of the Dog and Cat*. Elsevier. (3ª Ed.). St. Louis, Missouri. Páginas 2689.
- Guzmán, B., Martínez, L., Tobón, J., Tafur, G. 2022. Seroprevalence and Risk Factors for *Leptospira* spp. in Small Ruminants of Semi-Arid Zone in Northeastern Colombia. *Tropical Animal Health and Production*. 54: 10.
- Guzmán, M. 2022. Alteraciones de Metabolitos Sanguíneos y su Relación con Problemas Reproductivos en Ganado Bovino Positivo a *Leptospira* en Sonora. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora. Hermosillo Sonora.
- Hartmann, K., Egberink, H., Grazia, M., Lloret, A., Addie, A., Belák, S., Boucraut, C., Frymus, T.,

- Gruffydd, T., Hosie, M., Lutz, H., Marsilio, F., Möstl, K., Radford, A., Thiry, E., Truyen, U., Horzinek, M. 2013. *Leptospira* Species Infection in Cats: ABCD Guidelines on Prevention and Management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 15: 576-581.
- Hinjoy, S., Kongyu, S., Doung-Ngern, P., Doungchawee, G., Colombe, S., Tsukayama, R., Suwanchaoen, D. 2019. Environmental and Behavioral Risk Factors for Severe Leptospirosis in Thailand. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 4 (79).
- INDRE. Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos. 2018. Lineamientos para la Vigilancia por Laboratorio de la Leptospirosis. Subsecretaria de Prevención y Promoción de la Salud. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/487559/LVL_Leptospira_4T.pdf (consultado el 16/03/22).
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2023. Espacio y Datos de México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espaciodydatos/default.aspx?ag=26> (consultado el 23/06/2023).
- Jin, D., Ojcius, D., Sun, D., Dong, H., Luo, Y., Mao, Y., Yan, J. 2009. *Leptospira Interrogans* Induces Apoptosis in Macrophages Via Caspase-8- and Caspase-3-Dependent Pathways. *Infection and Immunity*. 77 (2): 799-809.
- Koizumi, N., Picardeau, M. 2020. *Leptospira* spp. Methods and Protocols. Springer Science. New York. Páginas 291.
- Lagarda, C. 2015. Seroprevalencia de Leptospirosis en Habitantes de las Pilas Tesia, en Navojoa, Sonora Año 2014. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Salud Pública. Navojoa, Sonora.
- Lee, J., Kim, I. 2007. Pregnancy Loss in Dairy Cows: The Contributing Factors, The effects on Reproductive Performance and the Economic Impact. *Journal of Veterinary Science*. 8 (3): 283-288.
- Lehmann, J., Matthias, M., Vinetz, J., Fouts, D. 2014. Leptospiral Pathogenomics. *Pathogens*. 3: 280-308.
- Llanco, L., Suarez, F., Huanca, W., Rivera, H. 2017. Frecuencia y Riesgo de Infección de Leptospirosis Bovina en Dos Establos Lecheros de la Costa y Sierra Peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 28 (3): 696-702.
- López, D. 2021. Impacto Productivo y Reproductivo de *Leptospira Interrogans* Hardjo Hardjoprajitno y Bratislava Jez-Bratislava en Explotaciones de Ganado Bovino en Sonora. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- López, G., Córdova, F., Sandoval, E., Montalvo, M. 2021. Leptospirosis at Human-Animal-Environment Interfaces in Latin-America: Drivers, Prevention, and Control Measures. *Biotecnica*. 23 (3): 89-100.
- Luna, A., Moles, L., Gavaldón, D., Nava, C., Salazar, F. 2005. Estudio Retrospectivo de Seroprevalencia de Leptospirosis Bovina en México Considerando las Regiones Ecológicas. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 57 (1): 28-31.
- Luna, J., Chávez, R., Román, F. 2019. Factores de Riesgo Asociados a la Leptospirosis Bovina en el Sur del Ecuador. *Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonia*. 9 (2): 100-105.

- Mendoza, J., Aranda, M., Gutiérrez, L., Lopez, R., Sumano, H. 2022. Treatment of Bovine Leptospirosis with Enrofloxacin HCl 2H₂O (Enro-C): A Clinical Trial. *Animals* 12 (18): 2358.
- Menamvar, S., Kumar, K., Alamuri, A., Kumar, E., Swamy, H., Govindaraj, G., Nagalingam, M., Belaganahally, V., Reddy, Y., Shome, B., Balamurugan, V. 2023. Seroprevalence and Associated Risk Factors of Leptospirosis in Bovine Dairy Farms in Telangana State, India. *Tropical Animal Health and Production*. 55: 352.
- Méndez, C., Benavides, L., Esquivel, A., Aldama, A., Torres, J., Gavaldón, D., Meléndez, P., Moles, L. 2013. Pesquisa Serológica de *Leptospira* en Roedores Silvestres, Bovinos, Equinos y Caninos en el Noreste de México. *Revista de Salud Animal*. 35 (1): 25-32.
- Moles, L., Cisneros, M., Gavaldón, D., Rojas, N., Torres, J. 2002. Estudio Serológico de Leptospirosis Bovina en México. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 54: 24-27.
- Monroy, A., Vargas, J., Filippo, G., Quimbaya, J. 2020. Leptospirosis en Reservorios Animales: Una Revisión de Tema. *Revista Lasallista de Investigación*. 17 (2): 266-279.
- Montero, F. 2021. Seroprevalencia y Factores de Riesgo Asociados a Bovinos con Anticuerpos Anti-*Leptospira sp.* En Tantoyuca, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Tantoyuca, Veracruz.
- Montes, V., Monti, G. 2021. Pathogenic *Leptospira spp.* Seroprevalence and Herd-Level Risk Factors Associated with Chilean Dairy Cattle. *Animals*. 11: 3148.
- Moscoso, M., Loroña, D., Siza, M. 2020. Economic Impact in the System of Production of Canton El Pangui, for the *Leptospira* Incidence. *Conciencia Digital*. 3: 2.1. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1226> (consultado el 28/04/22).
- Murillo, A., Goris, M., Ahmed, A., Cuenca, R., Pastor, J. 2020. Leptospirosis in Cats. Current Literature Review to Guide Diagnosis and Management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 22: 216-228.
- Nthiwa, D., Alonso, S., Odongo, D., Kenya, E., Bett, B. 2019. Zoonotic Pathogen Seroprevalence in Cattle in a Wildlife–Livestock Interface, Kenya. *EcoHealth*. 16: 712–725.
- OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal. 2018. Manual Terrestre de la OIE 2018. Capítulo 3.1.12. Leptospirosis. Disponible en: https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/3.01.12_Leptospirosis.pdf (consultado el 25/03/22).
- Olmo, L., Reichel, M., Nampanya, S., Khounsy, S., Wahl, L., Clark, B., Thomson, P., Windsor, P., Bush, R. 2019. Risk Factors for *Neospora caninum*, Bovine Viral Diarrhoea Virus, and *Leptospira Interrogans* Serovar Hardjo Infection in Smallholder Cattle and Buffalo in Lao PDR. *Plos One*. 14 (8).
- OMS. Organización Mundial de la Salud. 2008. Leptospirosis Humana: Guía para el Diagnóstico, Vigilancia y Control. Rio de Janeiro: Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51096/01016970N12_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultado el 20/04/22).
- Overgaauw, P., Vinke, C., van Hagen, M., Lipman, L. 2020. A One Health Perspective on the

Human–Companion Animal Relationship with Emphasis on Zoonotic Aspects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17, 3789.

- Pheng, Z., Ahmed, N., Siddiqui, R. 2020. Leptospirosis: Increasing Importance in Developing Countries. *Acta Trópica*. 201: 1-9.
- Polo, N., Machado, G., Rodrigues, R., Nájera, P., Munoz, C., Pereira, M., Bercini, M., Natalina, L., Schneider, M. 2019. A One Health Approach to Investigating *Leptospira* Serogroups and Their Spatial Distributions among Humans and Animals in Rio Grande do Sul, Brazil, 2013–2015. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 4 (42): 1-20.
- Pulido, M., Díaz, A., Giraldo, J. 2017. Determinación de *Leptospira* spp. en Humanos y Bovinos Pertenecientes al Municipio de Toca, Boyacá. *Veterinaria y Zootecnia*. 11 (2): 55-66.
- Quinn, P., Markey, B., Leonard, F., Fitzpatrick, E. Fanning, S. 2016. Concise Review of Veterinary Microbiology. Willey Blackwell. (2ª Ed.). Garsington Road, UK. Páginas 208.
- Rodríguez, C. 2016. Situación Actual de la Leptospirosis en Caninos y sus Posibles Implicaciones en la Salud Pública. Universidad Cooperativa de Colombia Ibagué-Tolima.
- Rodríguez, S. 2010. Seroprevalencia de Leptospirosis Bovina en Cuatro Municipios Ubicados en el Sur de Estado de Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Veracruz, Veracruz.
- Ruano, M., Burgos, D., Bulnes, C., Zambrano, M., Sandoval, H., Falconi, M., Vera, L., Revelo, A., Fonseca, O. 2020. Seroprevalence and Risk Factors of Bovine Leptospirosis in the Province of Manabí, Ecuador. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 72: 1-6. 101527.
- Salazar, M. Datos sin publicar. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en ganado bovino del estado de Sonora. Manuscrito en preparación. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- Salinas, J., Narvaez, C., Riojas, V., Cantú, A., Avalos, R., Segura, J. 2007. Seroprevalence of Leptospirosis in Beef Cattle of Nuevo Leon, Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 6: 1265-1268.
- Sandoval, P., Avilés, A., Montesinos, C., Montalvo, C., Tejeda, M. 2018. Estudio Comparativo del Diagnóstico de Leptospirosis Mediante PCR y MAT en el Noroeste de México. *Acta Universitaria*. 28 (4): 50-55.
- Silva, T., Moraes J., Pires, L., Vieira, S., Santana, R., Rady, K., Moura, M., Santana, A., Landi, V., Soares, M. 2023. Genomic Association Between SNP Markers and Diseases in the “Curraleiro Pé-Duro” Cattle. *Genes*. 12, 806.
- Solórzano, A. y Lugo, V. 1982. Resultados Preliminares del Estudio Seroepizootiológico a Leptospirosis Bovina en el Estado de Sonora. *Avances de Investigación Pecuaria en el Estados de Sonora, México*. Disponible en: <https://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/salud/S82003.html> (consultado el 13/01/23).
- SSA. Secretaría de Salud. 1999. NOM-029-SSA2-1999, Vigilancia Epidemiológica, Prevención y Control de la Leptospirosis en el Humano. *Diario Oficial de la Federación*. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/029ssa29.html> (consultado el 27/04/22).
- SSA. Secretaría de Salud. 2012. Dirección General de Epidemiología. Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de la Leptospirosis. Disponible en:

https://epidemiologia.salud.gob.mx/gobmx/salud/documentos/manuales/14_Manual_Leptospirosis.pdf (consultado el 24/03/22).

- Stanchi, N., Martino, P., Gentilini, E., Reinosos, E. Echeverría, M. 2007. Microbiología Veterinaria. Inter-Médica. Buenos Aires, Argentina. Páginas 572.
- Torres, M., Hernández, S., Agudelo, P., Arroyave, E., Zavala, J., Puerto, F. 2015. Revisión Actual de la Epidemiología de la Leptospirosis. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social. 54: 620-625.
- Vado, I., Cárdenas, M., Jiménez, B., Alzina, A., Laviada, H., Suarez, V., Zavala, J. 2002. Clinical-Epidemiological Study of Leptospirosis in Humans and Reservoirs in Yucatán, Mexico. Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo. 44: 335-340.
- Wafa, E., Wilson, J., Hornsby, R., Nally, J., Geary, S., Bowden, N., Salem, A. 2020. Poly(diaminosulfide) Microparticle-Based Vaccine for Delivery of Leptospiral Antigens. Biomacromolecules. 21: 534-544.
- Widiasih, D., Lindahl, J., Artama, W., Sutomo, A., Kutaneegara, P., Mulyani, G., Widodo, E., Djohan, T., Unger, F. 2021. Leptospirosis in Ruminants in Yogyakarta, Indonesia: A Serological Survey with Mixed Methods to Identify Risk Factors. Tropical Medicine and Infectious Disease. 6: 84.
- Yupiana, Y., Vallée, E., Wilson, P., Weston, J., Benschop, J., Collins, J., Heuer, C. 2020. On-Farm Risk Factors Associated with *Leptospira* Shedding in New Zealand Dairy Cattle. Epidemiology and Infection. 148: 1-7.
- Zamir, L., Baum, M., Bardenstein, S., Blum, S., Moran, J., Perry, M., King R., Lapid, R., Hamad, F., Even, B., Elnkave, E. 2022. The Association Between Natural Drinking Water Sources and the Emergence of Zoonotic Leptospirosis Among Grazing Beef Cattle Herds During a Human Outbreak. One Health. 14, 100372.
- Zarate, J., Rosete, J., Utrera, A., Barradas, F., Olazarán, S. 2015. Prevalencia de Leptospirosis y su Relación con la Tasa de Gestación en Bovinos de la Zona Centro de Veracruz. Nova Scientia. 17 (7): 202-217.
- Zuluaga, A. 2009. Factores de Riesgo Asociados a Leptospirosis en Hatos Bovinos de Pereira, 2002-2005. Investigaciones Andina. 19 (11): 108 -117.