

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Identificación de la prevalencia de antígenos de *Leptospira spp.* en pacientes sanos de la clínica veterinaria VetMat de Cuernavaca en la alcaldía de Xochimilco

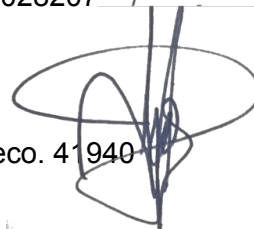
ALUMNA:

MOYA ÁLVAREZ FÁTIMA - Matrícula 2193028207



ASESOR INTERNO:

DRA. LUZ ELENA ALCARAZ SOSA - Núm. eco. 41940



ASESOR EXTERNO:

DRA. SANDRA LUZ OCHOA CUEVAS - Ced. prof. 7776517



FECHA: 31 DE MARZO 2024 AL 30 DE SEPTIEMBRE 2024

LUGAR DE REALIZACIÓN DE SERVICIO SOCIAL: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, UNIDAD XOCHIMILCO Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, 04960, Ciudad de México, México.

Índice

1.	Resumen.....	2
2.	Introducción.....	3
3.	Justificación.....	4
4.	Objetivos.....	5
4.1.	Objetivo General.....	5
4.2.	Objetivos Específicos.....	5
5.	Marco teórico.....	5
5.1.	Clasificación del patógeno.....	5
5.2.	Transmisión.....	6
5.3.	Fisiopatología.....	8
5.4.	Signos clínicos.....	9
5.5.	Herramientas de diagnóstico.....	10
5.6.	Inmunidad cruzada y vacunación.....	11
5.7.	Diagnósticos diferenciales.....	13
5.8.	Tratamiento.....	13
6.	Materiales y métodos.....	15
7.	Resultados.....	17
8.	Discusión.....	30
9.	Conclusión.....	35
10.	Agradecimientos.....	36
11.	Referencias.....	36
12.	Anexo.....	42

Resumen

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica de importancia global, causada por la bacteria *Leptospira spp.* patógena que afecta a casi todos los mamíferos, con un alto grado de morbilidad y mortalidad. Al ser una zoonosis descuidada existen varios factores predisponentes para su infección, como el contacto con fauna silvestre, cuerpos de agua y suelos contaminados con la bacteria, misma que puede causar infecciones que varían en severidad desde pacientes asintomáticos hasta infecciones de curso agudo en animales domésticos, silvestres y seres humanos. Los perros y los roedores pueden ser reservorios asintomáticos de *Leptospira spp.*, lo que contribuye a mantener al patógeno en el ambiente debido a la propagación de las bacterias a través de la orina.

En el presente estudio se buscó determinar si existe una seroprevalencia de 13 antígenos de *Leptospira spp.* a través de la prueba MAT, en 45 pacientes caninos aparentemente sanos de edades y razas variables relacionados a la zona geográfica de la clínica veterinaria VetMat en Cuernavaca, en la alcaldía Xochimilco y relacionar los hallazgos obtenidos con factores de riesgo como actividades recreativas en cuerpos de agua, contacto con ciertos ecosistemas, contacto con fauna silvestre, el estado de su medicina preventiva y la profesión de sus tutores. Adicionalmente se buscó determinar si existía alguna relación con la alcaldía en la que residían.

Se determinó que en 35 (77.77%) pacientes existe una seroprevalencia de las serovariedades Canicola (55.55%), Bratislava (48.88%), Tarassovi (46.66%), Fainei (44.44%), Pyrogenes (42.22%), Bataviae (35.55%), Hardjo (33.33%), Grippotyphosa (31.11%), Icterohaemorrhagiae (28.88%), Autumnalis (20%), Wolfii (15.55%) y Pomona (11.11%). La única serovariedad de la que no se obtuvo seroprevalencia fue Celledoni. Se encontró que 34 pacientes (97.14%) estaban vacunados contra *Leptospira spp.* serovariedad Canicola, Icterohaemorrhagiae, Grippotyphosa y Pomona., 17 pacientes (48.57%) tuvieron una predisposición con algún cuerpo de agua, 9 pacientes (25.71%) tenían el hábito conocido de cazar roedores, 11 pacientes (31.42%) tuvieron contacto con ciertos ecosistemas donde pudo haber ocurrido alguna infección y 17 pacientes (48.57%) contaban con algún tutor dedicado a alguna actividad en la que se encontrara constantemente en contacto con otros animales enfermos o aparentemente sanos o con manipulación de distintos tipos de suelo o tierra. La comparación entre las poblaciones por alcaldía de residencia resultó no determinante.

En conclusión, fue posible determinar la seroprevalencia de 12 serovariedades en pacientes procedentes de distintas alcaldías de la Ciudad de México y se identificaron diferentes factores predisponentes a la infección con *Leptospira spp.*

Introducción

La leptospirosis es una enfermedad bacteriana causada por la bacteria patógena *Leptospira spp.* que afecta a animales mamíferos e incluso es considerada una zoonosis de distribución mundial con un comportamiento endémico (Venegas-Reyna, 2018; Bradley and Lockaby, 2023). La infección ha sido catalogada como una zoonosis descuidada y representa no sólo un problema con implicaciones epidemiológicas sino económicas y sociales (OMS, 2008; Ricardo et. al, 2024), debido a que pueden existir en el ambiente como bacterias saprófitas no patógena, así como causar infecciones con reacciones que varían en severidad desde pacientes asintomáticos hasta infecciones de curso agudo tanto en animales domésticos, silvestres y seres humanos (Picardeau, 2017; Sotomayor et. al, 2024; Donado-Botero et. al, 2025). Es más frecuente en regiones tropicales, específicamente en lugares cercanos a un cuerpo de agua como lagos, encharcamientos, presas y humedales, zonas con saneamiento básico inadecuado donde las condiciones de trabajo y el tipo de actividad favorecen su desarrollo (Venegas-Reyna, 2018; Bradley and Lockaby, 2023).

Sus principales reservorios son animales domésticos y fauna silvestre cercana que infectan al hombre por exposición directa con tejidos, vísceras y secreciones de animales infectados. Como ya se mencionó, *Leptospira spp.* es una bacteria que puede sobrevivir en agua y suelos contaminados, lo que significa que su transmisión también puede suceder a través de heridas, microabrasiones o incluso piel que estuviera expuesta mucho tiempo a la humedad o al agua, provocando su diseminación (Rivas-Saltos y Hurtado-Caicedo, 2022).

Tras la diseminación, en el cuerpo humano se pueden generar un amplio espectro de síntomas que van desde fiebre alta, la enfermedad de Weil, hasta síndrome hemorrágico pulmonar, mismas que pueden presentarse en otras enfermedades como la malaria y el dengue (Picardeau, 2017; Sotomayor et. al, 2024; Donado-Botero et. al, 2025). En el caso de animales domésticos, los cuadros semiológicos se caracterizan por la presencia de fiebre, insuficiencia hepato-renal, manifestaciones respiratorias y problemas reproductivos (Adler y De la Peña-Moctezuma, 2010; Hilbe et. al, 2024). *Leptospira spp.* al ser una enfermedad que genera lesiones serias tanto en perros como en humanos, es considerada una enfermedad de importancia para la salud pública (NOM-029-SSA2-1999), por lo que consideramos importante la identificación de posibles prevalencias en animales aparentemente sanos que mantengan contacto cercano con el ser humano.

Justificación

Se estima que a nivel mundial se presentan aproximadamente 1 millón de casos anuales, siendo 500,000 casos severos y registrando alrededor de 60,000 muertes (5% - 20% de los casos) cada año por leptospirosis (Picardeau, 2017; Cagliero et. al, 2022; Santecchia et. al, 2022), registrándose alzas epidemiológicas en países en desarrollo como Brasil, Nicaragua, Sri Lanka y las islas Filipinas tras eventos como tormentas tropicales, inundaciones y huracanes (Bierque et. al, 2019; Yanagihara et. al, 2022).

A pesar de no mencionarse a México en esta lista de países, es necesario recordar que la leptospirosis es una enfermedad de carácter endémico, pudiendo encontrarse bacterias de *Leptospira spp.* de manera natural en ciertos ambientes, permitiendo su contacto directo con fauna silvestre y animales domésticos que se encuentran en contacto estrecho o directo con el ser humano, dándole a esta enfermedad un cierto nivel de riesgo reconocido a nivel global (Bierque et. al, 2020). Además, la epidemiología de la leptospirosis depende estrictamente de la presencia de reservorios permanentes y accidentales (Cilia et. al, 2021) pues el contacto directo con suelos o aguas contaminadas con la orina de algún animal infectado puede aumentar la probabilidad de una zoonosis.

En México se considera que el riesgo de contraer leptospirosis está ligado principalmente a ciertas ocupaciones, como granjeros, agricultores, productores, trabajadores de rastros, personal de limpieza y mantenimiento de tuberías y médicos veterinarios (Picardeau, 2013; Bradley and Lockaby, 2023), sin embargo es necesario considerar que un alto porcentaje de la población se encuentra en contacto estrecho con una especie que no sólo tiene riesgo de diseminación, sino que también es reservorio definitivo de una serovariedad: el perro. A pesar de que en las zonas urbanas se tiene un mejor control de las poblaciones de animales domésticos callejeros, este sigue siendo un problema, especialmente en zonas rurales y semirurales. Los perros y los gatos pueden ser reservorios asintomáticos de *Leptospira spp.* renal, lo que contribuye a mantener al patógeno en el ambiente debido a la contaminación que generan, propagando las bacterias a través de la orina (Cilia et. al, 2021; Ricardo et. al, 2024).

Las vacunas caninas que por normatividad se deben aplicar a los perros de compañía contienen de manera general, aunque no exclusivamente las serovariedades Canicola e Icterohaemorrhagiae, protegiendo a animales de compañía de la enfermedad y de la propagación de la bacteria a través de la orina, sin embargo, las vacunas no proporcionan una inmunidad del 100%, por lo que existen registros de infecciones en humanos con la variedad Icterohaemorrhagiae transmitida desde animales de compañía vacunadas (Adler y De la Peña-Moctezuma, 2010; Andrade-Silveira et. al, 2024), además, la exposición y transmisión de serovariedades diferentes a las contenidas en las vacunas de los perros también es posible y debe considerarse (Sykes, 2025).

Objetivos

Objetivo general

El objetivo de este trabajo es identificar si existe una seroprevalencia en una cierta población de caninos domésticos de varias serovariedades de *Leptospira spp.* relacionados a la zona geográfica de la clínica veterinaria VetMat en Cuernavaca, en la alcaldía Xochimilco.

Objetivos específicos

1. Determinar un tamaño de población de muestreo que permita una estimación estadísticamente confiable de las seroprevalencias de la zona.
2. Identificar y seleccionar un método de análisis para *Leptospira spp.* que permita un análisis de la seroprevalencia de la zona.
3. Elaborar un cuestionario que permita el reconocimiento de las variables que rodean a los pacientes muestreados y su correlación con las frecuencias obtenidas de la seroprevalencia.
4. Relacionar los resultados con las diferentes variables analizadas.

Marco teórico

Clasificación del patógeno

Leptospira spp. es un género de bacterias, clasificadas científicamente y de manera más específica se encuentran en la División *Procariones*, en el Phylum *Spirochaetes*, la Clase *Spirochaetes*, el Orden *Spirochaetales*, la Familia *Leptospiraceae* y el Género *Leptospira*. La palabra *Leptospira* proviene del griego, *leptos* que significa estrecha o delgado y del latín *spira* significa espiral (Rivas-Saltos y Hurtado-Cacedo, 2022).

Las bacterias *Leptospira spp.* son microorganismos Gram negativos, aerobios obligados, en forma de espiral, delgadas, flexibles, de 5-60 μm de longitud por 0.1-0.5 μm de diámetro, constituidas por un cuerpo citoplasmático y un grupo de microtúbulos en cada extremo, con una membrana estratificada envolvente que recubre ambas estructuras. Cuentan con una pared de lipopolisacárido (LPS) responsable de la especificidad de los serovariedades, cuentan con varias lipoproteínas (Lip) y purinas que constituyen el sitio de interacción con el hospedero y participan en la patogénesis de la nefritis intersticial y en la respuesta inmune innata o adaptativa, según sea la respuesta del reservorio. Estas bacterias presentan movimientos muy característicos de flexión, translación, propulsión y ondulación activa; se dividen por fisión binaria, la formación del tabique ocurre en la región media del microorganismo, lo que hace que esta división se haga en sentido transversal y pueden atravesar filtros que retienen a otras bacterias (Hernández-Ramírez, 2018; Santecchia et. al, 2022 Nieves et. al, 2024). Debido a su importancia y su constante investigación, el Género *Leptospira* fue reclasificado debido a las investigaciones sobre su base genómica, lo que permitió la identificación de las 68 especies de esta bacteria. Es importante entender que dentro de estas 68 especies existen clasificaciones basadas en el diagnóstico serológico, también conocidas como serovariedades, de las cuales se conocen 300 en la actualidad, divididas en 26 serogrupos diferentes (Cilia et. al, 2021; Nieves et. al,

2024) de las cuales Icterohaemorrhagiae, Canicola, Tarassovi, Wolffi, Bataviae, Hardjo, Grippotyphosa, Copenhageni, Djasiman, Panama y Patoc son las que más comúnmente se encuentran relacionadas a infecciones humanas (Browne et. al, 2022). Las distintas serovariedades se identifican a partir de la porción de carbohidratos del LPS, es decir, de la variación antigénica. Aquellas serovariedades que compartan antígeno son clasificados en el mismo serogrupo, lo que ayuda en términos epidemiológicos, ya que simplifica el proceso de identificación de serovariedades para la formulación de vacunas de acuerdo a los serogrupos específicos de las diferentes zonas geográficas (Nieves et. al, 2024).

Originalmente, estas serovariedades se clasificaron en 3 grandes grupos: serovariedades patógenas, aquellos agentes causales de enfermedades de curso moderado y severo, serovariedades patógenas intermedias, que involucran a los agentes etiológicos responsables de las enfermedades menos severas y serovariedades saprófitas, que son aquellos agentes que se encuentran más comúnmente en el ambiente y no se consideran patogénicos pero pueden jugar un papel importante en caso de presentar una recombinación genética (Cilia et. al, 2021; Browne et. al, 2022). Sin embargo, de manera más reciente, la clasificación de *Leptospira spp.* es en 2 clados, S y P, que a su vez se subdividen en 4 subclados: P1 (subdividido en P1⁺ y P1⁻ según el nivel de virulencia), P2, S1 y S2 (Nieves et. al, 2024). La clasificación P1 corresponden a las especies patógenas, particularmente aquellas con la capacidad de causar infecciones agudas o efectos adversos severos al ser humano, siendo P1⁺ aquellas que presentan mayor virulencia, incluyendo *L. interrogans*, *L. kirschneri*, *L. noguchii*, *L. santarosai*, *L. mayottensis*, *L. borgpetersenii*, *L. alexanderi* y *L. weilii*, mientras que P1⁻ son aquellas que tienen una menor virulencia, como *L. alstonii* y *L. tipperaryensis* (Nieves et. al, 2024; Sykes, 2025). Las especies contenidas en el subclado P2 corresponden a las antes denominadas moderadamente patógenas, pues son aquellas especies que no desarrollan la enfermedad en los reservorios animales. Finalmente, las especies de los subclados S1 y S2 son las anteriormente denominadas saprófitas o apatógenas (Nieves et. al, 2024; Sykes, 2025).

Por otra parte, *Leptospira spp.* es generalmente clasificado como un patógeno extracelular, sin embargo también se ha demostrado que tiene la capacidad de sobrevivir e incluso replicarse en el interior de las células de su hospedador, por lo que actualmente se denominan bacterias de trascendencia intracelular (Picardeau M. 2017; Santecchia et. al, 2022).

Transmisión

Teóricamente todos los mamíferos son susceptibles de ser infectados por *Leptospira spp.*, sin embargo, en la realidad sólo un pequeño número de serovariedades se encuentra en forma endémica en una especie e incluso en una región geográfica. Un estudio realizado en Colombia determinó que las serovariedades que se presentan con mayor frecuencia en el caso de infecciones humanas son Grippotyphosa (67.34%), Copenhageni (63.2%), Pomona (42.85%), Icterohaemorrhagiae (40.81%), Castellonis (32.65%) y Hardjo (30.61%) (Agudelo-Flores y Restrepo-Isaza, 2007; Cepeda et. al, 2022). En el caso de México, de acuerdo con una proyección epidemiológica realizada entre 2013 y 2019, se determinó que los estados donde se registraron casos con una mayor frecuencia fueron Campeche, Yucatán, Sonora, Oaxaca, Hidalgo, Sinaloa, Tabasco y Veracruz, donde las serovariedades observadas

con mayor frecuencia fueron Bratislava, Autumnalis, Canicola, Ballum, Hardjo y Pomona (Yescas-Benítez et. al, 2020).

De acuerdo con diversos estudios, la mayoría de las serovariedades de *Leptospira spp.* se les ha asignado un reservorio primario, es decir, una especie en la que dicha serovariedad puede encontrarse con mayor frecuencia y menores efectos adversos para la salud del individuo como puede observarse en Tabla 1. Los perros, ya sean domésticos o callejeros se consideran reservorios primarios de la serovariedad Canicola y se destaca también el contagio con serovariedad Icterohaemorrhagiae. Estas dos serovariedades son consideradas a nivel internacional como las de mayor importancia en esta especie y pueden encontrarse de acuerdo a las distintas regiones o ser accidentalmente transmitidas por animales de vida silvestre (Hernández-Ramírez, 2018; Monroy-Díaz et. al, 2020).

Tabla 1. Identificación de los reservorios primarios y secundarios más comunes de 12 serovariedades de *Leptospira spp.* de acuerdo a Monroy-Díaz et. al, 2020.

Serovariedad	Reservorio más común
Autumnalis	Roedores
Batavie	Roedores
Bratislava	Cerdos, equinos
Canicola	Caninos domésticos
Celledoni	Roedores
Grippotyphosa	Bovinos, equinos
Hardjo	Bovinos, equinos, ovinos
Icterohaemorrhagiae	Caninos domésticos, bovinos
Pomona	Bovinos, cerdos, ovinos
Pyrogenes	Bovinos, roedores
Tarassovi	Cerdos
Wolfii	Caninos silvestres

La principal vía de entrada de *Leptospira spp.* es a través de abrasiones o cortes en la piel o a través de conjuntiva, la infección puede tener lugar a través de la piel intacta después de una inmersión prolongada en agua (Chavarín-Zúñiga, 2015; Cepeda et. al, 2022). Los principales medios de infección en animales y humanos pueden ser por contacto directo de las mucosas con la orina de los animales infectados o indirectamente a través de agua o suelos contaminados (Sedano-Sánchez, 2014; Yanagihara et. al, 2022). La supervivencia de *Leptospira spp.* patógena en el ambiente y la naturaleza depende de algunos factores, tales como el pH de la orina

del huésped, el pH del suelo o del agua donde son eliminadas, así como la temperatura del ambiente en cuestión (Olivera-Morales, 2012; Sayanthi and Dewi, 2024).

En sí, *Leptospira spp.* se elimina por la orina y es infectiva durante un periodo de 6 a 48 horas, sin embargo, pueden sobrevivir durante varias semanas si la orina es neutra o alcalina, si es depositada en ambientes húmedos, si no existe una contaminación con detergentes u otros microorganismos y si además existe una temperatura mayor a 22 grados centígrados. Por otra parte, *Leptospira spp.* puede sobrevivir al menos 6 meses en suelos saturados de agua, algunos meses en agua corriente y algunas semanas en agua estancada (Olivera-Morales, 2012; Cepeda et. al, 2022) desde donde se pueden comenzar los contagios a los posibles huéspedes.

Fisiopatología

La patogenia en animales se inicia principalmente cuando los adultos que son portadores de la infección, contagian directa o indirectamente a sus crías y a otros adultos susceptibles, el contacto directo se da mediante la transmisión placentaria o por la ingestión de comida contaminada con la bacteria; el contagio de manera indirecta se debe al consumo de aguas contaminadas con orina de roedores infectados (Rivas-Saltos y Hurtado-Caicedo, 2022). Como se mencionó anteriormente las vías de entrada al organismo tanto en humanos como animales son principalmente a través de rozaduras, excoriaciones o abrasiones cutáneas, mucosa conjuntival, nasal y bucal en forma de aerosoles. (Luna et. al, 2008; Olivera-Morales, 2012; Cepeda et. al, 2022).

Después de ingresar al cuerpo del hospedador, la bacteria entra al endotelio vascular, persiste brevemente en los espacios intersticiales e ingresa en la luz tubular por medio de las uniones intercelulares laterales, teniendo un periodo de incubación de entre 7 y 15 días (Chavarín-Zúñiga, 2015; Hernández-Ramírez, 2018; Sykes, 2025). Debido a la gran movilidad que poseen las espiroquetas y por medio de sus proteínas de adhesión, como las proteínas de membrana externa (OMPs) y lipoproteínas (Lip), LipL32, LipL41 y LipL21, le permiten invadir tejidos de diversos órganos, tales como el hígado, riñones, bazo, pulmones, intestinos, útero, testículos, ojos, encéfalo y ocasionalmente a las meninges, donde proliferan y producen sus toxinas y enzimas, hemolisinas (SphH), esfingomielinasa y fosfolipasa, y la enzima catalasa (KatE), que conjuntamente con la respuesta inmune, desencadenan la lesión tisular (Siuce-Moreno, 2014; Hernández-Ramírez, 2018; Browne et. al, 2022).

Cuando se llega a ver afectado el parénquima pulmonar es debido a una activación y destrucción de la barrera celular endotelial que deriva en hemorragias intraalveolares altamente progresivas en ausencia de infiltración de células inflamatorias, denominado Síndrome Hemorrágico Pulmonar (SHP) (Sonderegger et. al, 2021; Griebisch et. al, 2022; Sykes et. al, 2023). Las alteraciones en parénquima hepático suelen presentarse en cuadros crónicos de la enfermedad. Se han reportado infiltraciones de células histiocíticas, neutrofilicas y linfocíticas, hepatitis granulomatosas, hiperplasia de los hepatocitos, bloqueo del conducto biliar, necrosis y en algunos casos microhepatía (McCallum et. al, 2019; Sykes et. al, 2023). Las lesiones renales son las más comunes en los cuadros de leptospirosis y se caracterizan principalmente por presentar nefritis tubulointersticial aguda con infiltración de células inflamatorias, alteraciones glomerulares como hiperemia y expansión mesangial de la matriz, fibrosis y necrosis tubular por la colonización de las

bacterias (Sykes et. al, 2023; Hilbe et. al, 2024). Algunas otras lesiones que pueden observarse en otros órganos afectados durante la leptospirosis incluyen uveítis, conjuntivitis y hemorragias retinianas en el caso de los ojos, enteritis hemorrágica y pancreatitis en el caso del tracto gastrointestinal, abortos, orquitis e infertilidad en el caso de órganos sexuales (Sykes et. al, 2023).

Se ha encontrado que dependiendo la serovariedad de la *Leptospira spp.* puede haber variaciones en la frecuencia de aparición en el tejido al que tienen predisposición de atacar o en los cuales suele encontrarse, por ejemplo, Icterohaemorrhagiae tiende a causar alteraciones en el tejido hepático, Canicola en tejido encefálico y Pomona en el tejido esplénico, encontrando también variaciones en el tiempo de incubación de entre 2 a 26 días (Olivera-Morales, 2012).

Signos clínicos

Uno de los problemas más grandes que tiene esta enfermedad en el caso de humanos es que puede ser asintomática, particularmente en zonas endémicas o presentarse de forma muy leve (Olivera-Morales, 2012; Sykes et. al, 2022). El curso de la enfermedad varía dependiendo de la edad y la respuesta inmune del individuo, la serovariedad involucrada y la virulencia de la cepa, entre otros factores (Luna et. al, 2008). En bovinos, ovinos, caprinos y porcinos, la enfermedad no produce signos clínicos evidentes, sin embargo, cursa con una infección crónica y puede producir abortos acompañados de fiebre leve, debilitamiento y anorexia. De manera similar, cursa la infección en equinos, pero frecuentemente causa uveítis. En caninos se ha descrito que la infección, generalmente produce fiebre alta, ictericia, debilitamiento y puede conducir a la muerte por insuficiencia renal y hepática (Siuce-Moreno, 2014; Hilbe et. al, 2024).

Existen dificultades al momento del diagnóstico clínico tales como que los signos no sean específicos o patognomónicos, por lo que de acuerdo a la NOM-029-SSA2-1999 para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de la leptospirosis en humanos, se confunde fácilmente el diagnóstico y es mejor describir por separado la signología producida por el hospedador e incluso separar los signos por estadios.

La forma aguda de la leptospirosis canina, es caracterizada por fallo renal agudo y crónico, y alteración hematológica. Se ha atribuido la serovariedad Icterohaemorrhagiae y Canicola, como responsables de esta forma aguda de leptospirosis. Sin embargo, se ha evidenciado que también puede ser causado por otras serovariedades como Australis, Pomona y Grippotyphosa (Siuce-Moreno, 2014; Hilbe et. al, 2024) en este estadio los perros suelen presentarse a consulta para evaluación con anorexia, pérdida de peso, depresión, hipotermia, hiperestesia muscular generalizada, taquipnea, deshidratación, poliuria, polidipsia, oliguria, anuria, dolor abdominal y vómitos. La fiebre, las mucosas pálidas o ictericas y la taquicardia están normalmente presentes. Frecuentemente aparecen petequias, equimosis, melena y epistaxis por la trombocitopenia y la coagulación intravascular diseminada. Pueden darse ocasionalmente conjuntivitis, uveítis, rinitis, tonsilitis, tos, disnea y hemoptisis. (Sedano-Sánchez, 2014; Sykes et. al, 2023).

La forma subaguda o crónica, puede ser causada por cepas menos virulentas, aunque, con el tiempo y acompañado de una inadecuada terapia antibiótica, puede llevar a una hepatitis sub aguda, fallo renal o alteraciones multiorgánicas, así como polidipsia y poliuria, ascitis, hipertensión, linfadenopatías, abortos, ataxia o edemas

no asociados a un agente etiológico, podrían estar asociados a leptospirosis crónica (Siuce-Moreno, 2014; Griebisch et. al, 2022).

Herramientas de diagnóstico

Las técnicas utilizadas para el diagnóstico laboratorial de la leptospirosis se pueden dividir en dos grandes grupos: técnicas indirectas o séricas, basadas en la detección de anticuerpos frente a las serovariedades de *Leptospira spp.*, y técnicas directas que se basan en la detección de *Leptospira spp.* o sus antígenos y/o ácidos nucleicos en los tejidos y/o fluidos corporales (Venegas-Reyna, 2018; Sykes, 2025; Shubham et. al, 2025).

Algunas pruebas utilizadas incluyen la hemaglutinación indirecta (IHA), ensayos inmunoenzimáticos (ELISA), inmunofluorescencia, impregnación argéntica como Warthin-Starry para la demostración de presencia de *Leptospira spp.* en órganos, la observación directa en microscopio de campo oscuro y contraste de fases, aunque esta última no se considera confirmatoria, aislamiento por cultivo, aglutinación rápida en placa, aglutinación en látex, así como pruebas rápidas en tarjetas (lepto dipstick). También se han desarrollado métodos de hibridación de ADN, PCR, y captura inmunomagnética de antígenos, para la demostración de la infección por *Leptospira spp.* en los órganos y la orina, mientras que la Amplificación Isotérmica mediada por Bucle (LAMP) es una técnica reciente de amplificación de ácidos nucleicos que puede realizarse en baños de agua a temperatura constante, obteniendo resultados rápidos en menos de una hora y sin la necesidad de realizar ciclos térmicos (Hernández-Ramírez, 2018; Shubham et. al, 2025).

El método de diagnóstico de leptospirosis más comúnmente utilizado se basa en la detección de anticuerpos séricos aglutinantes mediante la prueba de aglutinación microscópica (MAT), que es considerada hasta el momento la prueba de referencia por la OMS. Es usada para detectar anticuerpos y determinar su título, detecta tanto los anticuerpos tipo IgM como IgG. (Hernández-Ramírez, 2018; Mummah et. al, 2024; Shubham et. al, 2025). Con este medio de diagnóstico pueden identificarse los anticuerpos específicos mediante antígenos representativos de todas las serovariedades conocidas existentes en la región, procedentes de aislamientos locales y preferiblemente cepas representativas a todas las serovariedades conocidas, donde las reacciones determinan la presencia de anticuerpos aglutinantes para las serovariedades probadas (Hernández-Ramírez, 2018; Mummah et. al, 2024; Shubham et. al, 2025). Para esta prueba un suero reactivo en dilución 1:50 o mayor se considera positivo, sin embargo una reacción negativa en una sola muestra no descarta una posible infección, ya que la muestra de suero puede haber sido tomada prematuramente, antes de cumplirse al menos una semana de evolución desde el inicio de la enfermedad o más raramente, el paciente puede estar infectado por una serovariedad ausente en la batería de antígenos utilizados y la respuesta inmune no ser suficientemente intensa todavía como para producir reacciones cruzadas detectables con otras serovariedades (Campos-Chacón, 2014; Sykes et. al, 2023). De igual modo, la serovariedad con los títulos más altos no es necesariamente la causante de la infección; esto puede suceder por una reactividad serológica cruzada

en la que las serovariedades no infectantes utilizadas en el panel se asocian con títulos más altos que la serovariedad infectante o por la posibilidad de que la serovariedad infectante no esté en el panel y todos los títulos positivos representen reacciones cruzadas con serovariedades no infectantes o por la posibilidad de que se observen títulos aún más altos si se añade otra serovariedad al panel (Sykes, 2025). Aunque la prueba MAT se siga considerando como referencia diagnóstica para la confirmación serológica de anticuerpos contra *Leptospira spp.*, su valor diagnóstico está altamente definido por la vigilancia epidemiológica y la realización de estudios de distribución de serovariedades, especialmente considerando sus deficiencias en el diagnóstico clínico agudo (Shubham et. al, 2025).

Inmunidad cruzada y vacunación

Las distintas serovariedades de *Leptospira spp.* tienen la característica de ser endémicos a un área en particular, por lo que se realizan este tipo de estudios para conocer la seroprevalencia de diferentes zonas de una misma región. Sin embargo, existe un factor que ha sido poco estudiado, conocido como inmunidad cruzada. La inmunidad cruzada se define como un fenómeno en el que un anticuerpo dirigido contra un antígeno específico interactúa y se une con otro antígeno distinto debido a la similitud en sus estructuras epitópicas (Srikram A. et. al, 2011; Ali et. al, 2021). Se ha estudiado que la inmunidad protectora contra la infección por *Leptospira spp.* está mediada predominantemente por anticuerpos dirigidos contra lipopolisacárido (LPS) y usualmente es serovariedad específica (Atzingen M. V. et. al, 2012; Ali et. al, 2021). Estudios recientes han demostrado que las OMPs y algunas Lip que se encuentran en el exterior de las bacterias podrían ser funcionales para la realización de vacunas con protección parcial hacia infecciones contra serovariedades letales de *Leptospira spp.* (Atzingen M. V. et. al, 2012; Ali et. al, 2021). Actualmente en México existe un registro de 26 productos biológicos usados para la prevención de la leptospirosis: 19 vacunas que protegen únicamente contra las serovariedades Canicola e Icterohaemorrhagiae y 7 vacunas que abarcan serovariedades Canicola, Icterohaemorrhagiae, Grippityphosa y Pomona (Andrade-Silveira et. al, 2024) como los que pueden observarse en la Tabla 2. La vacunación en perros es altamente recomendable, especialmente los productos que contienen 4 serovariedades o más, ya que se ha demostrado que son altamente eficaces y ofrecen al menos 1 año de inmunidad, aunque se sigan teniendo reportes de leptospirosis en pacientes previamente vacunados (Sykes, 2025).

Tabla 2. Vacunas comerciales más frecuentemente utilizadas en México y las serovariedades presentes en cada una de ellas de acuerdo a Andrade-Silveira et. al, 2024.

Laboratorio	Nombre comercial	Serovariedades
Virbac	Canigen MHA2PPi/L	Canicola e Icterohaemorrhagiae
Zoetis	Vanguard plus 5/CV-L	Canicola e Icterohaemorrhagiae
	Vanguard plus 5/L4/CV	Canicola, Icterohaemorrhagiae, Grippotyphosa y Pomona
Holland	Canomune puppy dha2ppi +L4	Canicola, Icterohaemorrhagiae, Grippotyphosa y Pomona
Nobivac	DHPPI-RL	Canicola e Icterohaemorrhagiae
	Nobivac leptos	Canicola e Icterohaemorrhagiae
MSD	Quantum dog da2ppvl+cv	Canicola e Icterohaemorrhagiae
Merial	Recombitek	Canicola e Icterohaemorrhagiae
Bio Zoo	Inmunovax 3 DH-L	Canicola e Icterohaemorrhagiae
Pet's Pharma	Bioprevent Booster Plus	Canicola e Icterohaemorrhagiae
Chinoín	Vacugen 6L	Grippotyphosa, Canicola, Pomona, Tarassovi, Icterohaemorrhagiae y Wolffi
Lapisa	Providean Viratec 10	Icterohaemorrhagiae, Canicola, Pomona y Grippotyphosa

Actualmente, la mayoría de los intentos de desarrollar vacunas han sido usando bacterinas (células enteras muertas). Sin embargo, las bacterinas son usualmente reactogénicas y confieren inmunidad a corto plazo. La protección también puede ser incompleta; por ejemplo, la vacunación de perros o ganado puede prevenir la enfermedad pero no la leptospiruria y la transmisión, es decir, que estas vacunas no previenen que las bacterias colonicen los riñones y que posteriormente sean diseminadas en el ambiente por medio de la orina (Wunder E. A. et. al, 2021; Andrade-Silveira et. al, 2024). Más importante aún, las bacterinas inducen inmunidad que está restringida a serovariedades estrechamente relacionadas (Srikram A. et. al, 2011; Andrade-Silveira et. al, 2024).

Por otra parte, estudios recientes han demostrado que la inactivación de una proteína que las bacterias utilizan para llevar a cabo su movilidad (FcpA), ha funcionado para evitar la infección y la colonización renal en hamsters y ratones, lo que abre el panorama para la creación de una nueva línea de vacunas con bacterias atenuadas que produzcan una inmunidad prolongada hacia un espectro mucho más amplio de lo que se tiene en la actualidad, tanto para animales como para humanos (Wunder E. A. et. al, 2021).

Diagnósticos diferenciales

La leptospirosis se caracteriza por dos fases, la primera denominada bacteriémica o leptospirémica, tiene un comienzo abrupto de duración de siete a diez días, los signos y síntomas no son característicos por lo cual, fácilmente, en el caso de los humanos, se les puede confundir con otros procesos infecciosos de tipo bacteriano o viral como dengue, zika, chikungunya, paludismo, brucelosis, rickettsiosis o malaria (NOM-029-SSA2-1999; Douine et. al, 2022; Sotomayor et. al, 2024; Donado-Botero et. al, 2025) y, en el caso de los perros, los hallazgos en el examen físico son compatibles con síndromes hemorrágicos (también compatibles con Parvovirus), enfermedad hepática, enfermedad renal o una combinación de enfermedad hepática y renal (Sedano-Sánchez, 2014; Hilbe et. al, 2024). La segunda fase, denominada inmune, puede llegar a confundirse con intoxicaciones por algunos agentes como alcaloides, resinas, sustancias fluorescentes e incluso por la ingesta de algunas especies vegetales silvestres o de ornato, ya que generan una variedad de signos (sequedad de boca y garganta, dificultad para deglutir, náuseas, convulsiones, fobia a la luz, taquicardia, excitación seguida de depresión, degeneración hepática, diarrea o estreñimiento, edema pulmonar, desprendimiento de la mucosa entérica, congestión entérica, congestión renal) que son similares a los presentados por esta patología (Vivas-Garay, 2008; Grune, 2022 Sykes et. al, 2023) y dado que el tiempo en el que aparecen estos signos es posterior a los 10 días de infección (OMS, 2008).

Tratamiento

El tratamiento debe iniciarse a la menor sospecha, ya que, de no ser así, suele fracasar por la gravedad de la enfermedad y debido a las lesiones renales incurables. Consiste en una terapéutica sintomática y la administración de antibióticos que permitirá mantener al paciente en el mejor estado posible y eliminar al agente infeccioso (Luna et. al, 2008; Griebisch et. al, 2022; Rivas-Saltos y Hurtado-Caicedo, 2022; Sykes et. al, 2023; Andrade-Silveira et. al, 2024; Sykes, 2025). Existe una amplia variedad de antibióticos recomendados para combatir la leptospirosis, tales como la penicilina, amoxicilina con ácido clavulánico, cefalexina, ceftriaxona, doxiciclina, tetraciclina, estreptomina y enrofloxacin. La selección del antibiótico y su vía de administración dependerá de la severidad semiológica del paciente, así como de la tolerancia que se presente al momento de una medicación oral y el estadio en el que se encuentre su función renal (Griebisch et. al, 2022; Andrade-Silveira et. al, 2024). Uno de los esquemas de tratamiento para leptospirosis canina se basa en la administración de 20 mg de ampicilina por kilogramo de peso vía intravenosa cada 6 horas y con disminución de dosis para los perros azotémicos, ya que la ampicilina no puede ser administrada por vía oral, debido a que no es absorbido por el tracto gastrointestinal (Rivas-Saltos y Hurtado-Caicedo, 2022; Sykes, 2025). Otro de los esquemas de tratamiento incluye la penicilina en dosis de 25000 - 40000 unidades por kilogramo de peso vía intravenosa cada 12 horas en conjunto con doxiciclina a 5 mg por kilogramo de peso cada 12 horas o 10 mg por kilogramo de peso por vía oral, con 12 horas de separación entre un antibiótico y otro (Griebisch et. al, 2022; Rivas-Saltos y Hurtado-Caicedo, 2022; Sykes et. al, 2023; Andrade-Silveira et. al, 2024; Sykes, 2025). Es altamente recomendable que los pacientes reciban doxiciclina durante 14 días, después que los signos gastrointestinales reduzcan, con el fin de eliminar los microorganismos de los túbulos renales (Rivas-Saltos y Hurtado-Caicedo, 2022). La doxiciclina también puede administrarse en conjunto con amoxicilina a dosis de 20 - 30 mg por kilogramo de peso por vía intravenosa con un espacio de 8 horas entre un antibiótico y otro (Griebisch et. al, 2022; Andrade-Silveira et. al, 2024; Sykes, 2025). Finalmente, dentro de los esquemas de tratamiento para la leptospirosis, el uso de enrofloxacin intravenosa a dosis de 10 mg por kilogramo de peso cada 24 horas durante 10 días ha demostrado tener una efectividad similar a los tratamientos con doxiciclina (Andrade-Silveira et. al, 2024; Sykes, 2025).

Con respecto al tratamiento semiológico, en pacientes deshidratados y con alteraciones renales como oliguria, anuria o poliuria, debe aplicarse una terapia de fluidos con solución mixta de Hartmann y suero glucosado al 5% para reemplazar los líquidos perdidos y evitar una falla renal al restablecer el volumen circulatorio y la perfusión renal. El vómito puede controlarse con metoclopramida a dosis de 0.2 - 0.4 mg por kilogramo de peso por vía intramuscular cada 6 - 8 horas ó 1 a 2 mg por kilogramo de peso por vía intravenosa cada 24 horas o meclizina a dosis de 25 mg por kilogramo por aplicación intramuscular cada 24 horas, previniendo la descompensación del paciente. El uso de antagonistas de receptores H₂ como la cimetidina, omeprazol o ranitidina son recomendados en caso de sangrado gástrico y como prevención de efectos secundarios de la administración de ciertos antibióticos. El manejo del dolor es crítico para cualquier estadio de la leptospirosis y puede manejarse con buprenorfina a dosis de 0.006 mg por kilogramo de peso en vía intravenosa o subcutánea (Luna et. al, 2008; Griebisch et. al, 2022; Andrade-Silveira et. al, 2024). La dieta debe ser pobre en proteínas y rica en hidratos de carbono, hasta

que se haya normalizado la función renal, posteriormente, es recomendable mantener una dieta altamente digestible y alta en proteínas de manera que se reduzca lo más posible el catabolismo. En caso de complicaciones, la colocación de sondas esofágicas o naso-esofágicas es recomendable (Luna et al, 2008; Griebisch et. al, 2022; Sykes et. al, 2023). En relación a la hipotermia que suele acompañar a la enfermedad, el animal debe mantenerse en un lugar seco y a temperatura media (Luna et. al, 2008). El uso de compresas calientes y tapetes térmicos para el restablecimiento de la temperatura corporal del paciente también son recomendados. Para pacientes que presentan Síndrome Hemorrágico Pulmonar (SHP) es altamente recomendado minimizar la manipulación del paciente para mantener bajos los niveles de estrés. Se debe tener precaución con la hipervolemia durante el tratamiento intravenoso y controlar la hipertensión sistémica. La oxigenoterapia es obligada en pacientes con SHP y en casos severos es necesaria la ventilación mecánica. La terapéutica para estos escenarios incluye glucocorticoides como la prednisona a dosis de 0.5 - 1 mg por kilogramo de peso por vía oral a dosis reducción, broncodilatadores como la teofilina y diuréticos como la furosemida a dosis de 4 mg por kilogramo de peso en vía intravenosa (Griebisch et. al, 2022; Andrade-Silveira et. al, 2024).

En pacientes que cursan con un cuadro de insuficiencia hepática por hepatitis o microhepatía es necesaria la aplicación de protectores hepáticos como la silimarina a dosis de 20 - 50 mg por kilogramo de peso por vía oral, prednisona a dosis de 1 - 2 mg por kilogramo de peso por vía oral a dosis reducción y suplementación con S-adenosil metionina, vitamina E y ácido ursodeoxicólico por vía oral (Sykes et. al, 2023).

Finalmente, existe la posibilidad de que los pacientes con leptospirosis presenten desórdenes hemostáticos, como anemias y trombocitopenias inmunomediadas y, en ocasiones, no regenerativas. Para estos casos es recomendada la transfusión de sangre completa o de plasma congelado para la prevención de la hipovolemia. En pacientes hipertensos es recomendable la administración de fármacos como la amlodipina (Griebisch et. al, 2022; Sykes et. al, 2023; Andrade-Silveira et. al, 2024).

Materiales y métodos

Se realizó un muestreo en caninos domésticos asistentes a la clínica veterinaria VetMat de Cuemanco, ubicada en la alcaldía Xochimilco. La muestra de población fue determinada a partir del cálculo del 10% del flujo poblacional anual de dicha clínica, donde la muestra representativa resultó en 45 caninos aparentemente sanos, de edades y razas variables. El proyecto se dividió en 2 fases, la primera fase consistió en el llenado de un cuestionario por parte de los tutores de los caninos seleccionados con preguntas relacionadas a epidemiología en *Leptospira spp.* La finalidad del cuestionario era obtener información acerca de los hábitos de los perros muestreados con respecto a su ambiente, particularmente buscando posibles factores de predisposición al contacto con *Leptospira spp.* por medio de ingesta de pasto, contacto con cuerpos naturales o artificiales de agua, interacción con fauna silvestre o posibles reservorios de la bacteria e incluso la profesión de sus tutores. Adicionalmente, se buscó realizar una comparativa geográfica entre las alcaldías de procedencia de los pacientes, como de los estados y los ecosistemas a los que

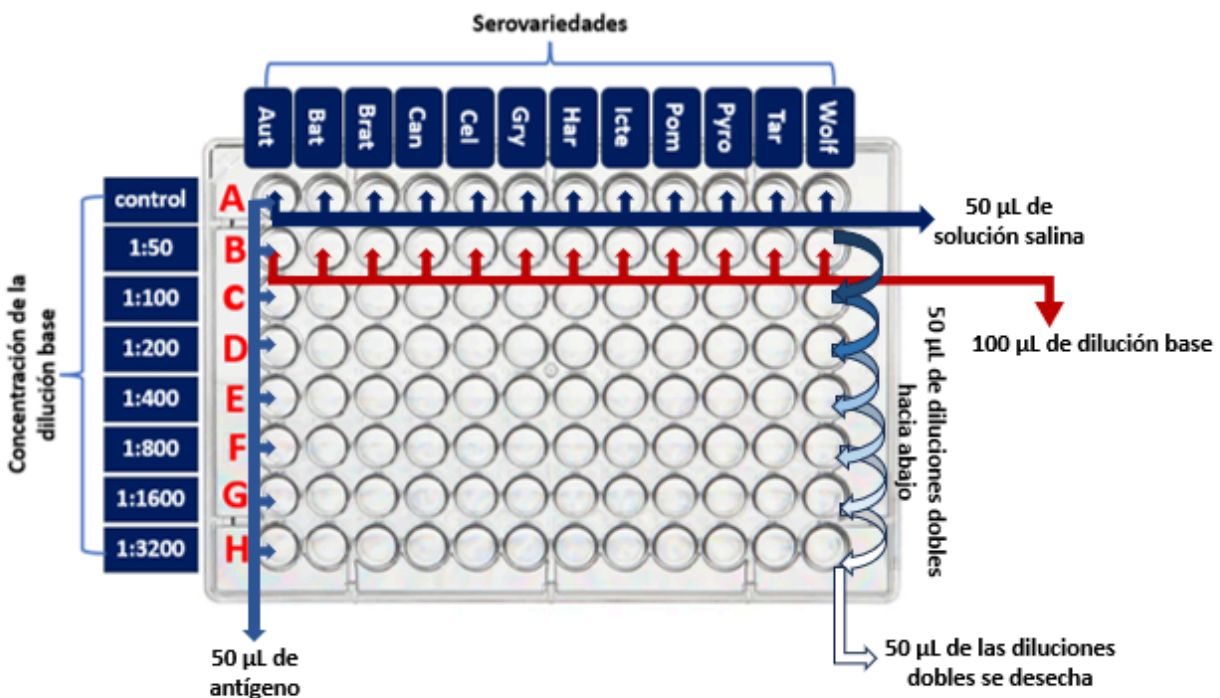
habrían tenido acceso. El formato del formulario utilizado para la recopilación de todos estos datos se puede encontrar en el Anexo.

La segunda fase consistió en realizar una muestra de sangre voluntariamente permitida por los tutores de los 45 caninos seleccionados. La muestra consistió en 5 mililitros de sangre obtenida por medio de venopunción en la vena cefálica con jeringas de 5 mililitros de punta verde de la marca Nipro calibre 21G, 0.8 x 40 mm que fue contenida en un tubo rojo para muestras marca Vacutainer. Las muestras fueron conservadas en refrigeración a 4 °C en un refrigerador de la marca Frigidaire hasta la formación del coágulo. Después de la formación del coágulo, las muestras fueron sometidas a centrifugación a 7000 rpm durante 5 minutos para la obtención del suero, el cual se conservó en congelación a -20 °C en un congelador marca Frigidaire hasta su procesamiento.

Para la determinación de seroprevalencia en las muestras de suero se realizó la prueba de aglutinación microscópica (MAT), trabajando directamente con la prueba de Titulación, la cual fue procesada por el MVZ Daniel Atilano López, Técnico Académico del Departamento de Microbiología e Inmunología de la FMVZ de la UNAM.

Para la prueba de Titulación se realizaron diluciones base 1:25 de cada suero, es decir, 1440 µL de solución salina fisiológica y 65 µL del suero de los pacientes, en un tubo Eppendorf que posteriormente fue sometido a centrifugación a 6000 rpm durante 15 minutos. Se utilizó una microplaca de poliestireno con 96 pozos de fondo plano por paciente en la que se colocó 50 µL de solución salina fisiológica en todos los pozos, omitiendo la fila B. A continuación se añadieron 100 µL de la dilución base de manera horizontal, abarcando los 12 pozos, cada uno correspondiendo a una diferente serovariedad, como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1. Representación visual de la disposición de la microplaca de poliestireno de fondo plano con 96 pozos utilizada por cada muestra de suero sanguíneo durante la prueba de Titulación.



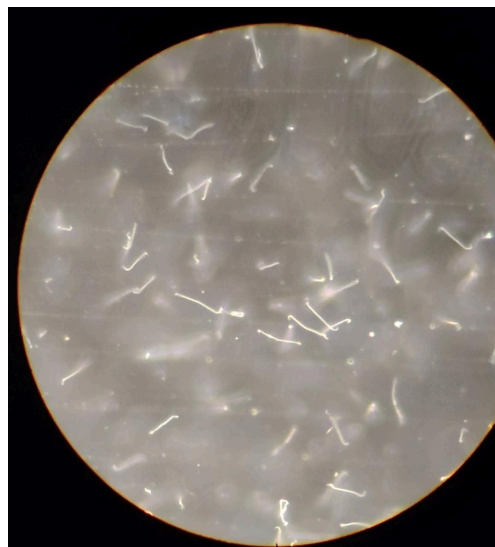
Se realizaron diluciones dobles de la fila B a la C, realizando 7 reconstituciones antes de retirar 50 μ L que se llevarán de fila en fila hasta llegar al final de la microplaca en la fila H y desechando el final del material. Finalmente se colocaron 50 μ L de antígeno organizado verticalmente por cada una de las 12 serovariedades de *Leptospira spp.*, Autumnalis, Bataviae, Bratislava, Canicola, Celledoni, Grippotyphosa, Hardjo, Icteroheamorrhagie, Pomona, Pyrogenes, Tarassovi y Wolfii, en toda la gradilla, incluyendo la fila A, misma que funcionará como un control de calidad del antígeno utilizado al permitir observar que no existan auto-aglutinaciones y que las bacterias se encuentren en buena condición. Adicionalmente se seleccionaron 25 microplacas al azar y se colocaron 50 μ L de antígeno de la serovariedad Fainei, un reactivo que no es comúnmente utilizado. Las microplacas se dejaron incubar 2 horas a 30 °C para posteriormente finalizar con la observación de las microplacas bajo el microscopio óptico de campo oscuro. La lectura de las microplacas se realizó observando individualmente cada uno de los 8 pocillos de cada columna, de arriba a abajo y continuando hacia la derecha. Para la determinación de los títulos, se observó el nivel de dilución en el que se presentaron reacciones aglutinantes y se registró la titulación en la concentración en la que se detuvo la reacción.

Por último, los datos recopilados durante la prueba fueron vaciados en Excel para su posterior análisis bajo un sistema de estadística descriptiva con un enfoque específico para la determinación de frecuencias y porcentualización de los hallazgos. Se realizó el cálculo de promedios y se realizó una comparación entre los datos numéricos y la información epidemiológica obtenida en los cuestionarios.

Resultados

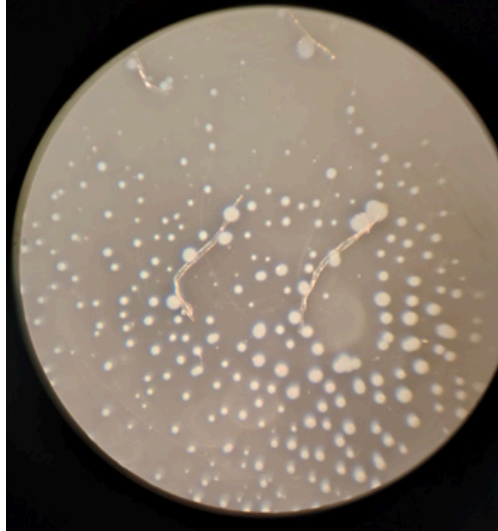
El control de antígeno realizado en la prueba de Titulación resultó favorable, no observando auto-aglutinaciones en ninguno de los procedimientos realizados, como puede observarse en la Figura 2.

Figura 2. Ejemplo del control de antígeno observado previo a la lectura de las microplacas de la prueba Tamiz y de Titulación



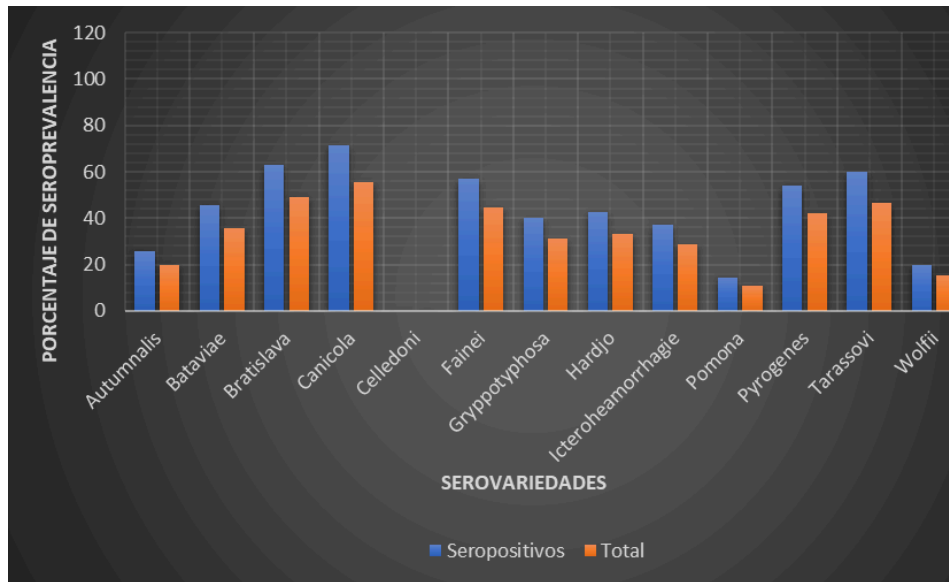
El estudio realizado permitió identificar que de los 45 sueros muestreados, 35 (77.77%) resultaron positivos a la aglutinación de anticuerpos para *Leptospira interrogans* como puede observarse en la Figura 3.

Figura 3. Ejemplo de las micro aglutinaciones observadas en el microscopio de campo oscuro durante la prueba Tamiz



La prueba de Titulación permitió determinar la existencia de seroprevalencia de las serovariedades Canicola en 25 ejemplares (55.55% total, 71.42% de los seropositivos), de Bratislava en 22 ejemplares (48.88% total, 62.85% de los seropositivos), de Tarassovi en 21 ejemplares (46.66% total, 60% de los seropositivos), de Fainei en 20 ejemplares (44.44% total, 57.14% de los seropositivos), de Pyrogenes en 19 ejemplares (42.22% total, 54.28% de los seropositivos), de Bataviae en 16 ejemplares (35.55% total, 45.71% de los seropositivos), de Hardjo en 15 ejemplares (33.33% total, 42.85% de los seropositivos), de Grippytyphosa en 14 ejemplares (31.11% total, 40% de los seropositivos), de Icterohaemorrhagiae en 13 ejemplares (28.88% total, 37.14% de los seropositivos), de Autumnalis en 9 ejemplares (20% total, 25.71% de los seropositivos), de Wolfii en 7 ejemplares (15.55% total, 20% de los seropositivos), de Pomona en 5 ejemplares (11.11% total, 14.28% de los seropositivos) y de Celledoni ningún ejemplar (0% total, 0% de los seropositivos) como es descrito por el Gráfico 1.

Gráfico 1. Prevalencia obtenida de los casos positivos en las 13 serovariedades de *Leptospira spp.* estudiadas



Esta fase también permitió determinar que de los 35 pacientes seropositivos tan solo 3 ejemplares (6.66%) presentaron títulos exclusivamente de una serovariedad, 7 ejemplares (20%) presentaron títulos únicamente a 2 serovariedades, 3 ejemplares (8.57%) presentaron títulos a 3 serovariedades, 5 ejemplares (14.28%) presentaron títulos a 4 serovariedades y 17 ejemplares (37.77%) a 5 o más serovariedades simultáneamente, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados obtenidos durante la fase de Titulación de la prueba MAT con la identificación de los sueros reactivos en diluciones dobles.

ID	Paciente	Aut	Bat	Brat	Can	Cel	Fai	Gry	Har	Icte	Pom	Pyro	Tar	Wolf
1	Pa'ach	1:200	0	0	0	0	0	1:100	0	0	0	0	1:200	0
2	Tu'unich	1:100	0	1:50	0	0	0	1:200	0	0	0	0	1:100	0
3	Kili'ich	0	0	1:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Tobías	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Bonnie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6	Baxter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Leia	1:100	0	0	1:1600	0	0	0	0	0	0	0	1:100	0
8	Morgan	0	0	0	1:800	0	0	1:100	0	0	0	0	0	0
9	Nephtys	0	0	0	1:800	0	0	0	0	0	0	0	1:50	0
10	Draco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Midas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Jack	1:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1:100	0
13	Chicali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Nito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Luneta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Queen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Hiroki	0	0	1:100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Giussepe	0	0	1:200	1:400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Grimm	0	0	1:200	1:100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Ceres	0	0	0	1:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Becky	0	0	1:50	1:100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Columba	0	0	1:50	1:200	0	1:50	0	0	0	0	0	0	1:50
23	Milaneso	0	0	1:200	1:400	0	1:200	0	0	0	0	0	0	1:50
24	Pipa	0	1:100	1:200	1:200	0	1:100	0	1:50	1:50	0	1:50	1:50	1:50

25	Cucky	0	1:200	1:1600	1:800	0	1:100	0	1:50	1:50	1:50	1:100	1:100	1:50
26	Luna	0	1:50	1:1600	1:1600	0	1:100	0	1:50	1:100	1:50	1:50	0	0
27	Julio	0	0	1:50	0	0	1:50	1:800	1:50	0	0	1:50	1:800	0
28	Gorda	0	1:200	0	0	0	1:50	0	0	0	0	1:50	1:100	0
29	Rocky	0	1:100	1:50	1:50	0	1:200	0	0	1:50	0	1:50	1:100	0
30	Frida	0	1:50	1:800	1:800	0	1:50	1:50	1:50	1:50	1:50	1:100	1:50	0
31	Cattana	0	1:100	0	0	0	1:200	0	1:50	1:50	0	1:100	0	0
32	Cala	0	1:50	0	0	0	1:200	0	0	1:50	0	0	0	0
33	Keanna	0	1:50	1:400	1:100	0	1:50	1:50	1:50	0	0	1:100	0	0
34	Pelusa	0	1:100	1:50	1:100	0	1:50	0	1:50	0	0	1:100	1:100	0
35	Lukas	0	0	0	1:100	0	1:50	1:50	0	0	0	0	1:100	0
36	Bella	1:100	1:200	1:100	1:100	0	1:100	1:100	1:100	1:50	0	1:100	1:200	1:50
37	Agustín	0	0	0	1:100	0	1:100	1:50	1:50	1:50	0	1:200	1:100	0
38	Luna	1:50	0	0	1:200	0	0	1:100	1:100	1:100	1:50	1:100	1:200	0
39	Logan	1:100	1:100	1:400	1:400	0	1:100	1:50	1:100	0	0	1:200	1:100	0
40	Strauss	0	0	0	0	0	1:100	0	0	0	0	1:100	0	0
41	Jack	0	1:50	1:400	1:200	0	0	0	1:100	1:50	1:50	1:100	1:50	0
42	Boss	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	Bola	1:100	1:100	1:200	1:100	0	1:100	1:100	1:50	1:50	0	1:200	1:400	1:50

44	Negrita	1:100	1:100	1:200	1:100	0	1:100	1:100	1:50	1:50	0	1:200	1:400	1:50
45	Lola	0	1:50	1:200	1:100	0	0	1:100	0	0	0	1:50	1:50	0

Con las frecuencias obtenidas durante la fase de Titulación fue posible determinar que de los 186 títulos que se obtuvieron de las 13 serovariedades, 74 casos (39.78%) fueron títulos 1:50, 66 casos (35.48%) fueron títulos 1:100, 27 casos (14.51%) fueron títulos 1:200, 8 casos (4.30%) fueron títulos 1:400, 7 casos (3.76%) fueron títulos 1:800 y 4 casos (2.15%) fueron títulos 1:1600, siendo estos los títulos más altos obtenidos en todo el estudio, como se puede observar en la Tabla 4.

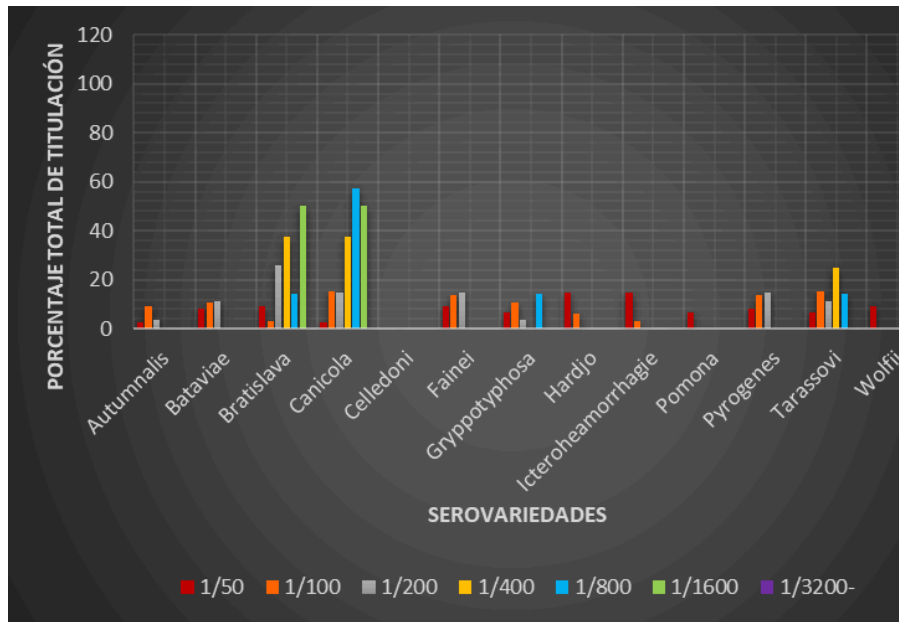
Tabla 4. Total de títulos obtenidos en las 13 serovariedades de *Leptospira spp.* estudiadas

Serovariedad	1:50	1:100	1:200	1:400	1:800	1:1600	1:3200	Totales
L. Autumnalis	2	6	1	0	0	0	0	9
L. Bataviae	6	7	3	0	0	0	0	16
L. Bratislava	7	2	7	3	1	2	0	22
L. Canicola	2	10	4	3	4	2	0	25
L. Celledoni	0	0	0	0	0	0	0	0
L. Fainei	7	9	4	0	0	0	0	20
L. Grippotyphosa	5	7	1	0	1	0	0	14
L. Hardjo	11	4	0	0	0	0	0	15
L. Icterohaemorrhagiae	11	2	0	0	0	0	0	13
L. Pomona	5	0	0	0	0	0	0	5

L. Pyrogenes	6	9	4	0	0	0	0	19
L. Tarassovi	5	10	3	2	1	0	0	21
L. Wolfii	7	0	0	0	0	0	0	7
Total	74	66	27	8	7	4	0	186

Con respecto a la distribución de los títulos obtenidos, fue posible identificar 22 casos con títulos 1:50 (29.72%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Hardjo e Icterohaemorrhagiae, 15 casos con títulos 1:50 (20.27%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Grippyphosa, Pomona y Tarassovi, 12 casos con títulos 1:50 (16.21%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Batavie y Pyrogenes, 21 casos con títulos 1:50 (28.37%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Bratislava, Fainei y Wolfii y 4 casos con títulos 1:50 (5.40%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Autumnalis y Canicola. Adicionalmente se observaron 20 casos con títulos 1:100 (30.30%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Canicola y Tarassovi, 18 casos con títulos 1:100 (27.27%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Fainei y Pyrogenes, 14 casos con títulos 1:100 (21.21%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Batavie y Grippyphosa y 4 casos con títulos 1:100 (6.06%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Bratislava e Icterohaemorrhagiae. Además, se identificaron 7 casos con títulos 1:200 (25.92%) de la serovariedad Bratislava y 12 casos con títulos 1:200 (44.44%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Canicola, Fainei y Pyrogenes. Con respecto a las titulaciones más altas, se encontraron 6 casos con títulos 1:400 (75%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Bratislava y Canicola, 4 casos con títulos 1:800 (57.14%) de la serovariedad Canicola y 4 casos con títulos 1:1600 (100%) distribuidos equitativamente entre las serovariedades Bratislava y Canicola, como puede observarse en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Distribución porcentual de los títulos obtenidos en las 12 serovariedades de *Leptospira spp.* estudiadas



Con respecto a la procedencia de los pacientes, es posible apreciar que la mayor concentración demográfica proviene de la alcaldía Tlalpan, constando de 23 pacientes (51.11%), generando una diferencia altamente significativa contra las poblaciones del resto de las alcaldías, como es el caso de Coyoacán con 4 pacientes (8.88%), Azcapotzalco con 2 pacientes (4.44%), Iztapalapa con 6 pacientes (13.33%), Venustiano Carranza con 1 paciente (2.22%), Valle de Chalco con 1 paciente (2.22%), Iztacalco con 2 pacientes (4.44%) y Xochimilco con 6 pacientes (13.33%), como se puede observar en la Tabla 5.

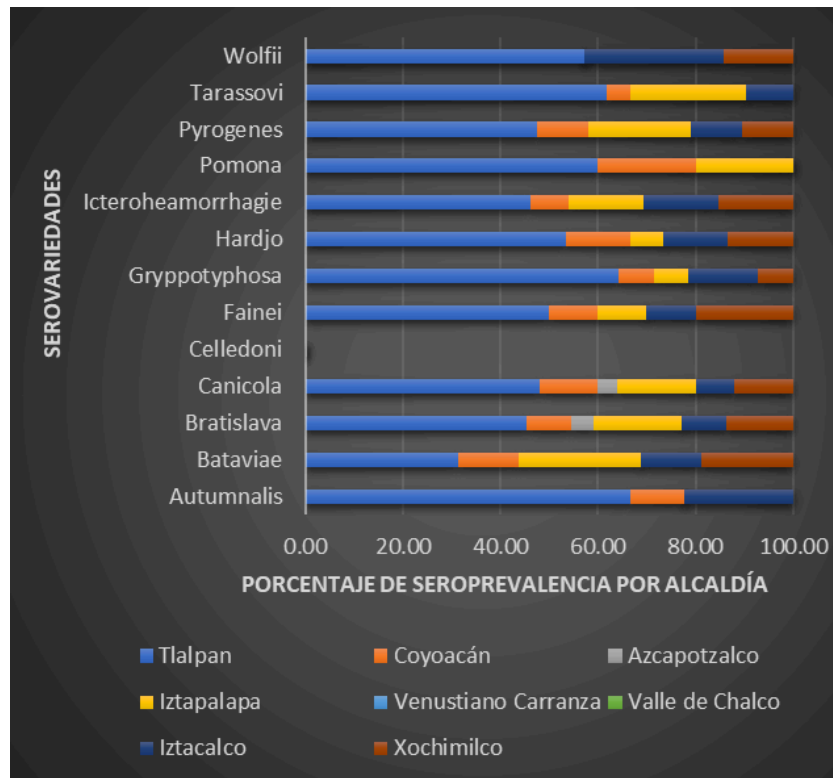
Tabla 5. Distribución del total de casos seropositivos de *Leptospira spp.* estudiadas de acuerdo a las alcaldías de procedencia de los pacientes.

Alcaldía	Aut	Bat	Brat	Can	Cel	Fai	Gry	Har	Icte	Pom	Pyro	Tar	Wolf
Tlalpan	6	5	10	12	0	10	9	8	6	3	9	13	4
Coyoacán	1	2	2	3	0	2	1	2	1	1	2	1	0
Azcapotzalco	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iztapalapa	0	4	4	4	0	2	1	1	2	1	4	5	0
Venustiano C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Valle de Chalco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iztacalco	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	2	2	2
Xochimilco	0	3	3	3	0	4	1	2	2	0	2	2	2
Totales	9	16	22	25	0	20	14	15	13	5	19	21	7

A partir de estos datos, fue posible determinar que entre el 35 y el 65% de la seroprevalencia de todas las serovariedades se concentró en Tlalpan, seguida de Iztapalapa con entre el 7% y el 25%, Iztacalco con entre el 8% y el 22%, Coyoacán con entre el 4% y el 20%, Xochimilco con entre el 7% y el 18%, Azcapotzalco con entre el 4% y el 4.5% y finalmente Venustiano Carranza y Valle de Chalco con el 0%, como puede observarse en el Gráfico 3.

Gráfico 3. Porcentaje de seroprevalencia según la alcaldía de procedencia de los pacientes muestreados.



Sobre los datos recopilados en relación a los factores de predisposición para la seroprevalencia, contenidos en la Tabla 6, se determinó que los 35 sueros seropositivos 34 (97.14%) estaban vacunados con la vacuna Vanguard plus 5/L4/CV del laboratorio Zoetis o Canomune puppy dha2ppi +L4 del laboratorio Holland que contienen antígenos inactivados contra *Leptospira* Canicola, *Icterohaemorrhagiae*, *Grippotyphosa* y *Pomona*.

También fue posible observar que 17 (48.57%) de los pacientes seropositivos tuvieron una predisposición con algún cuerpo de agua, 6 de ellos (35.29%) bebiendo de charcos, 12 de ellos (70.58%) paseando en humedales y sólo 2 de ellos (11.76%) nadando en lagos.

Otra forma de predisposición que presentaron los pacientes seropositivos fue la interacción directa con fauna silvestre, específicamente con la principal especie diseminadora de *Leptospira spp*; los roedores. De acuerdo con los datos recopilados, tan sólo 9 (25.71%) de los pacientes tenía el hábito conocido de cazar roedores.

Continuando con la predisposición geográfica, se determinó que 11 (31.42%) de los pacientes seropositivos tuvieron contacto con ciertos ecosistemas donde pudo haber ocurrido alguna infección con *Leptospira spp*. El análisis arrojó que 4 pacientes (36.36%) tuvieron contacto con algún campo y 10 pacientes (90.9%) con algún bosque. Adicionalmente, se registraron 13 pacientes (37.71%) que han salido de la Ciudad de México, 4 (30.76%) a Morelos, 3 (23.07%) a Veracruz, 2 (15.38%) a Querétaro, 2 (15.38%) a Hidalgo, 2 (15.38%) a Guadalajara, 2 (15.38%) a Puebla, 1 (7.69%) a Tlaxcala y 1 (7.69%) a Estados Unidos.

Y finalmente, la predisposición por la profesión practicada por el tutor del paciente. Se determinó que de los 35 pacientes seropositivos 17 de ellos (48.57%) contaban con algún tutor dedicado a alguna actividad en la que se encontrara constantemente en contacto con otros animales enfermos o aparentemente sanos o que requiriera de constante manipulación de distintos tipos de suelo o tierra.

Tabla 6. Predisposición por medicina preventiva, hábitos en cuerpos de agua, interacción con fauna silvestre, ubicación geográfica y ocupación de los tutores de los pacientes muestreados.

Paciente	Alcaldía	Vacunado contra <i>Leptospira</i>	Predis. cuerpos de agua	Predis. fauna	Predis. geográfica	Predis. tutores
Pa'ach	Tlalpan	Sí	Bebe de charcos	Caza roedores	Bosque	MVZ
Tu'unich	Tlalpan	Sí	Bebe de charcos	No	Bosque	MVZ
Kili'ich	Tlalpan	Sí	Bebe de charcos	No	Bosque	MVZ

Tobías	Coyoacán	Sí	Pasea en humedales	No	No	No
Bonnie	Azcapotzalco	No vacuna	Bebe de charcos/ Pasea en humedales	Caza roedores/ Mordido por roedores	No	No
Baxter	Tlalpan	No vacuna	Bebe de charcos/ Pasea en humedales	Caza roedores/ Mordido por roedores	No	No
Leia	Tlalpan	Sí	No	No	No	MVZ
Morgan	Tlalpan	Sí	Nada en lagos/ Pasea en humedales	No	Sale al campo/ bosque (Veracruz, Tlaxcala)	MVZ
Nephtys	Iztapalapa	Sí	Pasea en humedales	No	Morelos	No
Draco	Venustiano Carranza	No	Bebe de fuentes	Caza roedores	No	No
Midas	Tlalpan	Sí	Pasea en humedales	No	Sale al campo/ bosque	MVZ
Jack	Tlalpan	Sí	Pasea en humedales	No	Sale al campo/ bosque	MVZ
Chicali	Tlalpan	Sí	No	Caza roedores	Sale al campo (Veracruz)	EMVZ
Nito	Valle de Chalco Solidaridad	Sí	Pasea en humedales	No	No	EMVZ
Luneta	Tlalpan	Sí	Nada en lagos/ Pasea en humedales	No	Morelos	No

Queen	Xochimilco	Sí	No	No	No	No
Hiroki	Iztapalapa	Sí	Bebe de charcos	No	No	No
Giussepe	Xochimilco	Sí	Pasea en humedales	No	Sale al bosque (Puebla, Hidalgo)	Criador canino
Grimm	Tlalpan	Sí	Nada en lagos/ Pasea en humedales	No	Sale al campo/ bosque (Guadalajara)	MVZ
Ceres	Coyoacán	Sí	No	Caza roedores	No	No
Becky	Azcapotzalco	Sí	Pasea en humedales	No	Veracruz	No
Columba	Xochimilco	Sí	Bebe de charcos	No	No	No
Milaneso	Tlalpan	No	Pasea en humedales	No	Morelos	No
Pipa	Tlalpan	Sí	Pasea en humedales	Caza roedores	No	No
Cucky	Tlalpan	Sí	Pasea en humedales	Caza roedores	No	No
Luna	Coyoacán	Sí	Pasea en humedales	No	Morelos	No
Julio	Tlalpan	Sí	No	No	No	No
Gorda	Iztapalapa	Sí	No	Caza roedores	Hidalgo, Veracruz	Técnico Veterinario
Rocky	Iztapalapa	Sí	No	No	No	Técnico Veterinario
Frida	Tlalpan	Sí	No	Caza roedores	No	No
Cattana	Xochimilco	Sí	No	No	Sale al bosque	Manejador canino

					(Puebla, Guadalajara)	
Cala	Xochimilco	Sí	No	No	Sale al bosque	Manejador canino
Keanna	Xochimilco	Sí	Pasea en humedales	No	Sale al campo (Kentucky)	MVZ
Pelusa	Tlalpan	Sí	No	No	No	MVZ
Lukas	Tlalpan	Sí	No	No	No	No
Bella	Tlalpan	Sí	No	No	No	No
Agustín	Tlalpan	Sí	No	No	No	No
Luna	Tlalpan	Sí	No	No	Sale al bosque (Morelos)	No
Logan	Coyoacán	Sí	No	No	No	No
Strauss	Tlalpan	Sí	No	No	No	MVZ
Jack	Iztapalapa	Sí	No	No	No	EMVZ
Boss	Tlalpan	Sí	No	No	No	No
Bola	Iztacalco	Sí	No	Caza roedores	Querétaro	No
Negrita	Iztacalco	Sí	No	Caza roedores	Querétaro	No
Lola	Iztapalapa	Sí	Bebe de charcos/ Pasea en humedales	Caza roedores	No	Ingeniero Agrónomo

Por último, con respecto a los 10 pacientes (22.22%) que no presentaron seropositividad, fue posible determinar que 7 (70%) sí estaban vacunados con la vacuna Vanguard plus 5/L4/CV del laboratorio Zoetis o Canomune puppy dha2ppi +L4 del laboratorio Holland. Por otra parte, se encontró que 7 (70%) de ellos sí tenían contacto con cuerpos de agua, 2 (20%) bebiendo de charcos, 1 (10%) bebiendo de fuentes, 6 (60%) paseando en humedales y solo 1 (10%) nadando en lagos. Se encontró también que 4 (40%) de ellos presentaron algún contacto con roedores. Sobre la predisposición geográfica tan sólo 2 (20%) pacientes tuvieron contacto con un campo, 1 (10%) con un bosque, 1 (10%) viajó al estado de Veracruz y 1 (10%) a Morelos. Finalmente, fue posible determinar que de los 10 pacientes no seropositivos tan solo 3 (30%) contaban con un tutor con una profesión dedicada a alguna actividad en la que se encontrara constantemente en contacto con otros animales enfermos o aparentemente sanos o que requiriera de constante manipulación de distintos tipos de suelo o tierra.

Discusión

Son varios los estudios realizados en la Ciudad de México que han demostrado la importancia de la leptospirosis tanto en perros como en humanos, sin embargo, son pocas las investigaciones que han permitido observar los cambios en la seroprevalencia en las diferentes zonas de la Ciudad de México. En el presente estudio se encontró que la serovariedad con mayor seroprevalencia fue Canicola con 55.55%, siendo esta la serovariedad asociada con mayor frecuencia a los caninos domésticos, seguida muy de cerca por Bratislava con 48.88%. Este resultado fue consistente con el estudio llevado a cabo por Martínez-Barbabosa, 2016, reportando a *L. canicola* como su principal serovariedad con un 27% de seroprevalencia, así como Cruz-Romero et. al, 2024 quienes encontraron 68.42% de seroprevalencia tanto para la serovariedad Canicola como para Bratislava, lo que es aún más consistente con los hallazgos en la presente investigación. Por otra parte, estudios realizados por Rivera-Flores en 1999 reportan una mayor seroprevalencia de las serovariedades Castellonis y Pyrogenes, mientras que García-Prado, 2017 reporta las serovariedades Portland e Icterohaemorrhagiae. Las diferencias observadas entre estos estudios pueden derivar de si las poblaciones presentaban signos aparentes, así como de las zonas de procedencia de los sujetos de estudio. Sin embargo, algo en lo que sí fueron consistentes todos los estudios anteriores con la presente investigación fue en que los títulos más altos se encontraron siempre en la serovariedad Canicola, reafirmando el argumento de que los caninos domésticos son el reservorio primario de esta serovariedad, como es mencionado por Monroy-Díaz et. al, 2020. De manera adicional se determinó que en 20 ejemplares existe una seroprevalencia de la serovariedad Fainei. Esta serovariedad anteriormente denominada saprófita y actualmente categorizada en el clado P² no suele encontrarse en los paneles de investigación de serovariedades utilizadas en la prueba MAT, por lo que este estudio permite ampliar su identificación, encontrando al 70% de seroprevalencia entre las alcaldías Tlalpan y Xochimilco.

Otro punto importante de este proyecto es la alta tasa de vacunación observada con relación a los títulos obtenidos de las diferentes serovariedades. En México existen al menos 26 productos derivados de bacterina para la prevención de la leptospirosis en caninos domésticos, la mayoría de estos productos cubriendo únicamente las serovariedades *Canicola*, *Icterohaemorrhagiae*, *Gryppotyphosa* y *Pomona*. A pesar de la limitada variedad de serovariedades incluidas en estos productos, es necesario recordar que todas son de la especie *interrogans*, lo que permite el fenómeno de inmunidad cruzada (Wunder et. al, 2021; Sykes, 2025). Adicionalmente, de acuerdo con Andrade-Silveira et. al, 2024, en la prueba MAT se pueden detectar títulos entre 1:50 y 1:200 hasta 16 semanas posteriores a la vacunación de un individuo, mientras que en fechas cercanas a la vacunación es posible encontrar títulos de hasta 1:800. Estos argumentos toman importancia considerando que el 89.78% de los títulos obtenidos de todas las serovariedades se encuentran entre 1:50 y 1:200. Adicionalmente, es necesario tener presente que la vacunación de los individuos previene las enfermedades causadas por *Leptospira spp.*, no su transmisión, ya que las vacunas ofrecen tan solo inmunidad parcial, lo que permite que individuos vacunados sigan estando propensos a una infección y posteriormente al alojamiento de la bacteria en los túbulos renales, continuando su diseminación (Luna-Álvarez et. al, 2005; Luna et. al, 2008; Andrade-Silveira et. al, 2024; Sykes, 2025).

Adicionalmente, en este estudio se buscó encontrar una relación entre la seroprevalencia obtenida de los pacientes y sus alcaldías de procedencia, sin embargo, debido al método de muestreo aleatorio las densidades poblacionales fueron muy variables entre las alcaldías, por lo que es posible aseverar que estos resultados fueron no determinantes. Sin embargo, se obtuvieron seroprevalencias importantes en ciertas alcaldías a pesar de la baja cantidad de pacientes muestreados, siendo Iztapalapa, Iztacalco y Coyoacán los mejores ejemplos. Los estudios realizados por Martínez-Barbabosa et. al, 2016 encontraron una seropositividad del 79.4% en Iztapalapa, 65.7% en Coyoacán y 45.1% en Iztacalco, mientras que Prado-García, 2017 obtuvo una seropositividad del 74% para Iztapalapa y del 11% para Iztacalco. La disparidad de resultados entre este estudio y el presente se atribuye principalmente a las densidades poblacionales muestreadas y posiblemente a la época del año en las que dichos estudios fueron realizados.

De acuerdo con los datos recopilados por la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial entre 2019 y 2024, la alcaldía en la que se tiene registrado el mayor número de perros callejeros es Iztapalapa, seguida por Álvaro Obregón, Tlalpan, Cuauhtémoc, Coyoacán, Benito Juárez, Venustiano Carranza, Azcapotzalco e Iztacalco. Las altas poblaciones de congéneres sin un control sanitario adecuado pueden ser un factor influyente en las seroprevalencias obtenidas, particularmente en las alcaldías de Iztapalapa e Iztacalco, donde se concentraron hasta el 28.57% de las seroprevalencias teniendo poblaciones de muestreo 4 y 10 veces menores a las de Tlalpan. En concordancia con este argumento, el estudio realizado por Cruz-Romero et. al en 2024 específicamente en perros ferales menciona que los altos patrones de movilidad de los perros sin tenencia responsable los vuelven excelentes medios de diseminación de diferentes serovariedades de *Leptospira spp.* y de otras múltiples

enfermedades de importancia para la salud pública, mientras que el estudio realizado por Rivera et. al en 1999 añade que esta problemática es mucho más marcada en poblaciones marginadas o que no cuentan con la mejor infraestructura. Adicionalmente, Martínez-Barbabosa et. al, 2016 concuerdan al mencionar que tanto en Iztapalapa como en Iztacalco se encuentran rastros y grandes mercados que generan grandes cantidades de desechos que en temporadas de lluvia aumentan las posibilidades de inundaciones en estas alcaldías, además de atraer perros callejeros, así como otro tipo de fauna que podrían ser reservorios de *Leptospira spp.*, tales como ratas.

Continuando con este punto, dentro de las diversas predisposiciones que se encontraron en este estudio, el contacto con fauna silvestre, específicamente con roedores permitió la observación de una mayor presencia de las serovariedades Bataviae, Bratislava, Hardjo, Icterohaemorrhagiae, Pomona, Pyrogenes y Tarassovi en los 9 pacientes que contaban con algún historial de cacería de estas especies. Es necesario considerar que los roedores, a pesar de no ser considerados reservorios para todas las serovariedades mencionadas con anterioridad, tienen la capacidad de infectarse de una variedad mucho más amplia de serovariedades a las 13 estudiadas en la presente investigación (Sepúlveda et. al, 2002; Monroy-Díaz et. al, 2020; Smith et. al, 2022), por lo que son considerados los mayores diseminadores de *Leptospira spp.* Sin embargo, otro factor a considerar es que la prueba MAT ha mostrado dificultades en su capacidad de distinguir entre una infección aguda, crónica o exposiciones previas, viéndose afectada incluso por la vacunación de los ejemplares (Grune, 2022; Andrade-Silveira et. al, 2024; Sykes, 2025). Para futuras investigaciones en búsqueda de datos epidemiológicos más fiables con respecto al contacto entre caninos y roedores sería ideal contar con más detalles sobre cuándo sucedió la exposición y de ser posible, realizar un aislamiento de la sangre del roedor en cuestión, de modo que los resultados de ambos individuos pudieran ser comparados en busca de serovariedades en común, considerando que dicho roedor sí se encontrara con una infección latente.

Esto nos lleva directamente al tema de la predisposición que presentaron varios pacientes al realizar actividades recreativas en cuerpos de agua y en ciertos ecosistemas, que son factores que toman importancia una vez que recordamos que *Leptospira spp.* pueden sobrevivir al menos 6 meses en suelos saturados de agua, algunos meses en agua corriente y algunas semanas en agua estancada (Olivera-Morales, 2012; Cepeda et. al, 2022; Yanagihara et. al, 2022), convirtiéndolos en una de las principales fuentes de infección para animales y humanos (Bierque et. al, 2020; Baharom et. al, 2024). La mayoría de estos cuerpos de agua en la Ciudad de México se encuentran en reservas ecológicas, campos o bosques; ecosistemas en los que se esperaría encontrar una amplia variedad de fauna silvestre, misma que puede ser reservorio primario o accidental de alguna serovariedad de *Leptospira spp.* Los cuerpos de agua, así como los suelos con altas saturaciones de agua, son un factor clave en el ciclo complejo y dinámico por el que las serovariedades tienen la capacidad de adaptarse a más de un solo reservorio, lo que afecta directamente la distribución de dichas serovariedades (Hartskeerl et. al, 2011; Baharom et. al, 2024).

De acuerdo a los estudios realizados por Chávez en 2006, Cilia et. al en 2021 y Smith et. al en 2022, algunas de las especies que podrían tener relación con los ecosistemas a los que los pacientes tuvieron acceso, en las que se han encontrado las 13 serovariedades utilizadas en el presente estudio incluyen venado cola blanca, mapache, pecarí de collar, lobo canadiense, coyote, zorro gris, búfalo de agua, borrego cimarrón, tlacuache, llama, venado sika, venado canadiense, ardilla, murciélago y ratón de campo, además de las especies domésticas que se encuentren en libre pastoreo, como llega a ser el caso de bovinos, equinos, ovinos y caprinos (Grune, 2022).

Por otra parte, se consideró importante también la identificación de movilidad de los pacientes por los estados de la República Mexicana, siendo Morelos y Veracruz los más mencionados por los tutores. De acuerdo con el estudio epidemiológico realizado por Yescas et. al entre 2013 y 2019, el 20% de la seroprevalencia nacional de *Leptospira spp.*, se concentra en el estado de Veracruz, lo que podría aumentar las probabilidades de infección en los pacientes que visitaron este estado, aunque el estudio también menciona a los estados de Sinaloa, Tabasco, Coahuila, Morelos, Hidalgo y Yucatán como los estados donde se concentraron la mayor cantidad de casos de leptospirosis por millón de habitantes, mientras que en Colima, Durango y Tlaxcala no se reportó ningún caso.

Ya que la mayoría de los casos de movilidad nacional de los pacientes se dieron en estados de la república de la región central, se consideró importante considerar también el factor ambiental y climático. Aunque diversos autores clasifican a la leptospirosis como una enfermedad endémica de las regiones tropicales y subtropicales (Hartskeerl et. al, 2002; Hartskeerl et. al, 2011; Yescas et. al, 2020; Andrade-Silveira et. al, 2024), Luna-Álvarez et. al, 2005 mencionan que en México existe una mayor seroprevalencia de las serovariedades Icterohaemorrhagiae, Bratislava, Pyrogenes, Pomona, Hardjo, Wolfii y Tarassovi en la región de clima templado, argumento que va en concordancia con los resultados obtenidos en este proyecto. Sin embargo también es necesario considerar que *Leptospira spp.* es una bacteria que actúa en concordancia con las temporadas de lluvia (Yescas et. al, 2020; Yanagihara et. al, 2022; Chacón y Contreras, 2024), por lo que los cambios climáticos observados por consecuencia del calentamiento global podrían ser factores de alteración en el comportamiento geográfico y epidemiológico de la bacteria (Hartskeerl et. al, 2011; Smith et. al, 2022).

Dentro de las predisposiciones consideradas para los pacientes muestreados en el presente trabajo, el ejercicio de un oficio o profesión donde existiera un contacto directo con animales posiblemente infectados por *Leptospira spp.* o con un manejo constante del suelo es una de las más importantes con respecto a la salud pública, más considerando que hasta donde llegan nuestros conocimientos, este es el primer estudio realizando esta comparativa enfocada en los efectos hacia los animales de compañía. A pesar de estas consideraciones el estudio realizado por Ortega-González et. al, 2018 tan solo encontró que un 6.6% de los tutores, presentaron títulos relacionados a los obtenidos de sus animales de compañía, sin

embargo no se menciona la profesión realizada por los tutores de los sujetos de estudio, ni siquiera si existe un factor de riesgo por cuestiones laborales. Por otra parte, las investigaciones realizadas por Pineda-Burgos et. al, 2020 encontró una seroprevalencia del 12.1% en estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia, siendo las serovariedades *Icterohaemorrhagiae*, Hardjo, Pyrogenes y Pomona las que presentaron mayor seroprevalencia. Adicionalmente, el estudio realizado por Cepeda et. al en 2022 encontró que existe un mayor prevalencia de leptospirosis en trabajadores de la industria pecuaria (35 - 50%), trabajadores piscícolas (48%), trabajadores de matadero (32.2%), trabajadores de recolección de basura (27.1%) y veterinarios y auxiliares (17%), presentando mayor seroprevalencia con las serovariedades *Icterohaemorrhagiae*, Pomona, *Grippotyphosa*, *Canicola* y Hardjo. Estos hallazgos son importantes para este estudio, ya que la mayoría de los tutores que fueron considerados como factor predisponente para sus animales de compañía eran Médicos Veterinarios Zootecnistas o estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia, personas que como parte de sus actividades diarias se encuentran expuestos directamente a especies domésticas que son consideradas reservorios primarios de serovariedades utilizadas en este estudio y que además se encuentran constantemente en contacto con individuos que podrían estar cursando por una infección latente o que incluso se mueven en espacios donde el contacto con tierra o suelos contaminados es mucho más habitual (Sayanthi et. al, 2024; Petakh et. al, 2024).

Los resultados obtenidos en esta sección del presente trabajo permite visibilizar de manera más clara las fallas que existen en la aplicación de las normas de sanidad y la poca concientización que se tiene en el sector agropecuario y sector salud sobre la importancia de los fomites y buenas prácticas de prevención de infecciones y contaminación de los espacios públicos, misma situación que pone en riesgo a los animales de compañía de aquellos que fungen en este tipo de gremios.

Finalmente, con respecto a los 10 pacientes en los que no se encontró presencia de anticuerpos contra *Leptospira interrogans*, es necesario considerar que en el examen serológico MAT la detección de anticuerpos es a partir de la primer semana después de haberse presentado el contacto inicial con el antígeno, por lo que los títulos máximos se alcanzan alrededor de la tercer o cuarta semana post infección (Chávez-Trejo, 2006; Andrade-Silveira et. al, 2024; Sykes, 2025), por lo que para futuras investigaciones valdría la pena realizar pruebas pareadas, de modo que pueda realizarse una observación cercana a la evolución de los pacientes.

Por otra parte, la investigación de Hartskeerl et. al, 2002 menciona la posibilidad de encontrarse con pacientes inmunotolerantes al momento de la obtención de seronegatividad durante la realización de pruebas MAT, mientras que Hartskeerl et. al, 2011 argumentan que un fenómeno observado continuamente en este tipo de pruebas es la desaparición de los anticuerpos en pruebas pareadas de pacientes tras la vacunación. En este tipo de pacientes sería posible realizar un aislamiento por cultivo bacteriano o realizar conjuntamente pruebas como LAMP o PCR para la reafirmación

o refutación de su aparente inmunidad, lo que permitiría datos mucho más confiables para futuras investigaciones (Shubham et. al, 2025; Sykes, 2025).

Conclusión

En conclusión, fue posible determinar la seroprevalencia de 12 serovariedades en pacientes procedentes de distintas alcaldías de la Ciudad de México. Se identificaron diferentes factores predisponentes a la infección con *Leptospira spp.* como las actividades recreativas llevadas a cabo por los pacientes, los ecosistemas a los que tienen acceso, el estado de su medicina preventiva, el trabajo realizado por sus tutores e incluso las características medioambientales de la alcaldía a la que pertenecen, es decir, la contaminación, las poblaciones de congéneres, la frecuencia de inundaciones en temporadas de lluvia y la presencia de poblaciones de roedores.

En específico fue posible identificar las deficiencias que existen en la aplicación de buenas prácticas de prevención de infecciones y contaminación de los espacios públicos por parte de los tutores y durante el análisis de las características de ciertas alcaldías involucradas en la presente investigación, lo que implica un factor de riesgo tanto para las poblaciones humanas como para sus animales de compañía. Consideramos importante enfatizar la importancia de estas prácticas en la actualidad, debido al aumento en la variabilidad que se ha observado en la frecuencia y severidad de las precipitaciones y tormentas, lo que permite que las condiciones necesarias para que se produzcan brotes de enfermedades zoonóticas como la leptospirosis se logren con mayor facilidad. Esto, en conjunto con la alta frecuencia observada de actividades recreativas en ecosistemas con cuerpos de agua y vida silvestre son factores que alteran el comportamiento geográfico y epidemiológico de la bacteria. La concientización del público y de los médicos veterinarios nos parece imperativa, de modo que pueda realizarse un mejor monitoreo, diagnóstico y prevención de esta enfermedad, tanto en humanos como en los animales de compañía que se encuentran bajo nuestro cuidado.

Finalmente consideramos importante señalar que para un mejor diagnóstico es necesario el uso de la herramienta de diagnóstico con mayor certeza. Para futuras investigaciones recomendamos el uso de MAT en conjunto con PCR y LAMP para la confirmación del antígeno presente, esto debido a los altos niveles de certeza que se ha demostrado en ambas pruebas.

Agradecimientos

Mi agradecimiento está dedicado a mis padres María del Rocío Álvarez Benítez y Luis Ricardo Moya Vallejo. Su guía, apoyo y cariño me han formado en la profesional que soy el día de hoy. Espero que este trabajo sea un recordatorio de que los logros que están por venir empezaron con ustedes cuidando de un pequeño sueño: el mío. Ambos han sido una inspiración para la persona que soy y que sigo construyendo, lo que junto con su amor, su cariño, su apoyo y cuidados agradeceré siempre.

Agradezco a mis animales de compañía Tu'unich, Kili'ich y Pa'ach. Les estoy eternamente agradecida por acompañarme y ayudarme en mi formación como médico veterinario, aprendiendo de ustedes y con ustedes para darles el cuidado que merecen y extrapolarlo a todos mis futuros pacientes. Siempre caminarán conmigo.

Quisiera hacer un agradecimiento especial a Roberto Vázquez Muñoz. Mi amor, gracias por creer en mí cuando yo ya no podía, por tu inquebrantable apoyo, tus ánimos, tu compañía, tu cariño y admiración en cada etapa y a todas horas, especialmente en esas largas noches en vela. Tú me inspiras a ser una mejor persona y una mejor profesional. Te amo siempre.

Finalmente quisiera agradecer a Sandra Luz Ochoa Cuevas y Sadit Orlando Mata Salazar por todo el apoyo, cariño y fé brindados durante esta investigación. Soy una mejor médico veterinario gracias a ustedes y las oportunidades que me brindaron para ponerme a prueba y superarme. De todo corazón, gracias por todo.

Referencias

1. Adler B. and De la Peña-Moctezuma A. (2010). *Leptospira* and leptospirosis. ELSEVIER, *Veterinary Microbiology* vol. 140 (1): pp. 287 – 296. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.03.012>
2. Agudelo-Flórez P. y Restrepo-Isaza M. (2007). Frecuencia de anticuerpos para 14 serovariedades de *Leptospira* spp. detectados por la prueba de microaglutinación en una serie de casos humanos de Antioquia, Colombia. *Universidad CES, Medicina, Medellín, Colombia*, vol. 21 (2): pp. 7 - 13.
3. Ali M. R. M., Sum J. S., Baki N. N. A., Choong Y. S., Amdan N. A. N., Amran F. and Lim T. S. (2021). Development of monoclonal antibodies against recombinant LipL21 protein of pathogenic *Leptospira* through phage display technology. *International Journal of Biological Macromolecules* vol. 168, pp. 289 - 300. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.062>
4. Andrade-Silveira E., Ortega-Pacheco A., Jiménez-Coello M. and Cárdenas-Marrufo M. (2024). Review of leptospirosis in dogs from Mexico: Epidemiology, diagnosis, prevention, and treatment. *Vet World* vol. 17 (6): pp. 1356 - 1361. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1356-1361>
5. Atzingen M. V., Vieira M. L., Oliveira R., Domingos R. F., Mendes R. S., Barros A. T., Gonçalves A. P., Morais Z. M., Vasconcellos S. A. and Nascimento A. L. T. O. (2012). Evaluation of immunoprotective activity of six leptospiral proteins in

- the hamster model of Leptospirosis. *The Open Microbiology Journal* vol. 6, pp. 79 - 87. <https://doi.org/10.2174/1874285801206010079>
6. Baharom M., Ahmad N., Hod R., Ja'afar M. H., Arsad F. S., Tangang F., Ismail R., Mohamed N., Radi M. F. M. and Osman Y. (2024). Environmental and occupational factors associated with leptospirosis: a systematic review. *Heliyon* vol. 10, pp. 1 - 15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23473>
 7. Bierque E., Thibeaux R., Girault D., Soupé-Gilbert M. and Goarant C. (2020). A systematic review of *Leptospira* in water and soil environments. *Plos One* vol. 15 (1): pp. 1 - 22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227055>
 8. Bradley E. A. and Lockaby G. (2023). Leptospirosis and the environment: A review and future directions. *Pathogens* vol. 12 (9): pp. 1 - 26. <https://doi.org/10.3390/pathogens12091167>
 9. Browne E., Callefe J., De Jesús E., Zeppelini C., Cremonese E. and Costa F. (2022). A Systematic Review of the geographic distribution of pathogenic *Leptospira* serovars in the Americas, 1930 - 2017. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* vol. 94 (3): pp. 1678 - 2690. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220201026>
 10. Cagliero J., Vernel-Pauillac F., Murray G., Adler B., Matsui M. and Werts C. (2022). Pathogenic leptospires limit dendritic cell activation through avoidance of TLR4 and TRIF signaling. *Frontiers in Immunology* vol. 13, pp. 1 - 16. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.911778>
 11. Campos-Chacón N. (2014). Leptospirosis. *Medicina Legal de Costa Rica - Edición Virtual* vol. 31 (2): 1 - 7.
 12. Cepeda D. L. B., Martínez D. S. T. y Vargas L. O. (2022). Factores de riesgo de leptospirosis y sus métodos diagnósticos. *Revista Med* vol. 30 (2): pp. 77 - 90. <https://doi.org/10.18359/rmed.6068>
 13. Chacón S. J. L y Contreras I. A. R. (2024). Asociación de los factores precipitación, temperatura y escorrentía con la ocurrencia de casos de leptospirosis en la región Andina de Colombia en el lapso 2017 - 2019. [Tesis]. Universidad de Santander.
 14. Chavarín-Zúñiga A. (2015). Detección de anticuerpos anti-*Leptospira* en perros callejeros de la ciudad de La Paz Baja California Sur. [Tesis]. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
 15. Chávez-Trejo R. (2006). Análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico serológico de leptospirosis en animales, de 1989 a 2004 en el departamento de microbiología e inmunología FMVZ, UNAM. [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de México.
 16. Cilia G., Bertelloni F., Albin S. and Fratini F. (2021). Insight into the Epidemiology of Leptospirosis: A Review of *Leptospira* Isolations from

- “Unconventional” Hosts. *Animals* vol. 11 (191): pp. 1 - 16. <https://doi.org/10.3390/ani11010191>
17. Cruz-Romero A., Gil-Alarcón G., Ochoa-Valencia J. L., Ramos-Vásquez J. R., Romero-Salas D., Becker I., Sánchez-Montes S. y Arenas P. (2024). Seroprevalencia de *Leptospira* en perros ferales de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias* vol. 34, pp. 1 - 6. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e34384>
 18. Donado-Botero R. Montoya-Jaramillo M. E., Arango C. A. y Zakzuk-Martinez, E. (2025). Coinfección de malaria y leptospirosis: Superposición de enfermedades tropicales en área endémica. Reporte de caso. *Infectio* vol. 29 (1): pp. 45 - 50. <https://doi.org/10.22354/24223794.1215>
 19. Douine M., Bonifay T., Lambert Y., Mutricy L., Galindo M. S., Godin A., Bourhy P., Picardeau M., Saout M., Demar M., Sanna A., Mosnier E., Blaizot R., Couppié P., Nacher M., Adenis A., Suarez-Mutis M., Vreden S., Epelboin L. and Schaub R. (2022). Zoonoses and gold mining: A cross-sectional study to assess yellow fever immunization, Q fever, leptospirosis and leishmaniasis among the population working on illegal mining camps in French Guiana. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, pp. 1 - 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010326>
 20. García-Prado K. (2017). Prevalencia de anticuerpos anti-leptospira en perros atendidos en el Hospital Veterinario de la Ciudad de México. Informe final del servicio social legal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D. F.
 21. Griebisch C., Ward M. P. and Norris J. M. (2022). Canine leptospirosis - Global distribution, diagnosis, and treatment. *Advances in Small Animal Care* vol. 3, pp. 177 - 220. <https://doi.org/10.1016/j.yasa.2022.06.001>
 22. Grune L. S. (2022). Manual sobre diagnóstico molecular de leptospirosis. Instituto de Patobiología de Argentina.
 23. Hartskeerl R. A., Adler B., Cinco M., Andre-Fontaine G. y Collares-Pereria M. (2002). Reunión Científica Internacional “Leptospirosis 2001” 17-18 de mayo 2001. *Revista Cubana de Medicina Tropical* vol. 54 (1): pp. 52 - 80.
 24. Hartskeerl R. A., Collares-Pereira M. and Ellis W. A. (2011). Emergence, control and re-emerging leptospirosis; dynamics of infection in the changing world. *Clinical Microbiology and Infection* vol. 17 (4): pp. 494 - 501. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03474.x>
 25. Hernández-Ramírez C. (2018). Determinación de seroprevalencia y serovariedades de *Leptospira interrogans* en donadores de sangre y probable fuente de infección. [Tesis]. Universidad Autónoma de Sinaloa.
 26. Hilbe M., Posthaus H., Paternoster G., Schuller S., Imlau M. and Jahns H. (2024). Exudative glomerulonephritis associated with acute leptospirosis in

dogs. *Veterinary Pathology* vol. 61 (3): pp. 453 - 461.
<https://doi.org/10.1177/03009858231207020>

27. Luna-Álvarez M. A., Moles y Cervantes L. P., Gavaldón-Rosas D., Nava-Vasquez C. y Salazar-García F. (2005). Estudio retrospectivo de seroprevalencia de leptospirosis bovina en México considerando las regiones ecológicas. *Revista Cubana de Medicina Tropical* vol. 57 (1): pp. 28 - 31.
28. Luna A., Moles C., Gavaldón R., Nava V. y Salazar G. (2008). La leptospirosis canina y su problemática en México. *Revista Salud Animal* vol. 30 (1): pp. 1 – 11.
29. Martínez-Barbabosa I., Alpizar-Sosa E. A., Gavaldón-Rosas, D. G., Moles-Cervantes, L. P., Cárdenas, M. G., García-González, R., Shea, M. and Fernández-Presas, A.M. (2016). Canine Leptospirosis Serology in Southern Mexico City. *Open Journal of Medical Microbiology* vol. 6, pp. 171 - 180.
<https://dx.doi.org/10.4236/ojmm.2016.64022>
30. McCallum K. E., Constantino-Casas F., Cullen J. M., Warland J. H., Swales H., Lingley N., Kortum A. J., Sterritt A. J., Cogan T. and Watson P. J. (2019). Hepatic leptospiral infections in dogs without obvious renal involvement. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 33, pp. 141 - 150.
<https://doi.org/10.1111/jvim.15340>
31. Monroy-Díaz A. L., Vargas-Arias J. A., Filippo-Iriarte G. D. y Quimbaya-Ramírez J. J. (2020). Leptospirosis en reservorios animales: Una revisión de tema. *Revista Lasallista de Investigación* vol. 17 (2): pp. 266-279.
<https://doi.org/10.22507/rli.v17n2a23>
32. Mummah R. O., Gomez A. C. R., Guglielmino A. H., Borremans B., Galloway R. L., Prager K. C. and Lloyd-Smith J. O. (2024). Navigating cross-reactivity and host species effects in a serological assay: A case study of the microscopic agglutination test for *Leptospira* serology. *Plos, Neglected Tropical Diseases*, pp. 1 - 17. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012042>
33. Nieves C., Huete S. G., Veyrier F. J. y Picardeau M. (2024). Chapter 16: Taxonomy and phylogenomics of *Leptospira*. *Phylogenomics. Academic Press*, pp. 359 - 390. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99886-4.00018-1>
34. Norma Oficial Mexicana NOM-029-SSA2-1999. Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de la leptospirosis en humanos. D.O.F - Diario Oficial de la Federación.
35. Olivera-Morales A. (2012). Pleomorfismo clínico de la leptospirosis y factores de riesgo en localidades afectadas por inundaciones en el municipio del centro, Tabasco. [Tesis]. Instituto Mexicano del Seguro Social, Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional Siglo XXI.
36. Organización Mundial de la Salud. (2008). Leptospirosis humana: guía para el diagnóstico, vigilancia y control.

37. Ortega-González C. N., Martínez-Herrera D. I., Ortiz-Ceballos G., Pardío-Sedas V. T., Villagómez-Cortés J. A., Flores-Primo A., Vázquez-Luna D., Torres-Barranca J. I. y Meléndez-Valadez P. (2018). Asociación entre leptospirosis en perros domiciliados y sus propietarios en Veracruz-Boca del Río, México. *Agrociencia* vol. 52, pp. 67 - 79.
38. Petakh P., Behzadi P., Oksenysh V. and Kamyshnyi O. (2024). Current treatment options for leptospirosis: a mini-review. *Frontiers in Microbiology* vol. 15, pp. 1 - 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1403765>
39. Picardeau M. (2013). General review: Diagnosis and epidemiology of leptospirosis. *Médecine et maladies infectieuses* vol. 43: pp. 1 – 9. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2012.11.005>
40. Picardeau M. (2017). Virulence of the zoonotic agent of leptospirosis: still terra incognita? *Microbiology*, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.5>
41. Pineda-Burgos B., Romero-Rodríguez P., García y González E., Flores-López E., Hernández-Ruiz P., Olivares-Valladolid G., Fitz-Sánchez E. y Ponce J. L. (2020). Seroprevalencia de anticuerpos anti-Leptospira spp. en estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Costa Grande de Guerrero, México. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, vol. 72 (2).
42. Ricardo T., Azócar-Aedo L. I., Previtali M. A. and Monti G. (2024). Seroprevalence of pathogenic Leptospira serogroups in asymptomatic dogs and cats: systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Veterinary Science* vol. 11, pp. 1 - 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1301959>
43. Rivas-Saltos C. y Hurtado-Caicedo M. (2022). Incidencia de leptospirosis en perros de la zona urbana, rural y marginal del Cantón Bolívar. [Tesis]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
44. Rivera F. A., Peña M. A., Roa R. M. A. y Ordóñez B. M. L. (1999). Seroprevalencia de leptospirosis en perros callejeros del norte de la ciudad de México. *Veterinaria México* vol. 30 (1): pp. 105 - 107.
45. Santecchia I., Bonhomme D., Papadopoulos S., Escoll P., Giraud-Gatineau A., Moya-Nilges M., Vernel-Pauillac F., Boneca I. G. and Werts C. (2022). Alive pathogenic and saprophytic Leptospira enter and exit human and mouse macrophages with no intracellular replication. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* vol. 12, pp. 1 - 18. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.936931>
46. Sayanthi Y. and Dewi S. (2024). Pathogenic Leptospira contamination in the environment: a systematic review. *Infection Ecology & Epidemiology* vol. 14 (1): pp.1 - 13. <https://doi.org/10.1080/20008686.2024.2324820>
47. Sedano-Sánchez A. (2014). Estandarización e implementación de una técnica de PCR para la detección de Leptospira spp. patógenas en muestras de orina de caninos domésticos. [Tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

48. Sepúlveda M. A., Santiago D. J. y Preciado R. F. J. (2002). La rata y el perro, importantes vectores de la leptospirosis en explotaciones pecuarias de Cd. Guzmán, Jalisco. *Revista Cubana de Medicina Tropical* vol. 54 (1): pp. 21 - 23.
49. Shubham K., Deepa P. M., Vergis J., Shyma V. H., Bipin K. C., Janus A., Rathish R. L. and Safeer M. L. (2025). Comparative Evaluation of MAT, PCR and LAMP assays for the diagnosis of canine leptospirosis. *Journal of Advances in Biology and Biotechnology* vol. 29 (9): pp. 1740 - 1749. <https://doi.org/10.9734/jabb/2025/v28i93019>
50. Siuce-Moreno J. (2014). Identificación de serogrupos patógenos de *Leptospira* spp. en caninos domésticos. [Tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
51. Smith A. M., Stull J. W. and Moore G. E. (2022). Potential drivers for the re-emergence of canine leptospirosis in the United States and Canada. *Tropical Medicine and Infectious Disease* vol. 11 (7): pp. 1 - 15. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7110377>
52. Sonderegger F., Nentwig A., Schweighauser A., Francey T., Marti E., Mirkovitch J. and Schuller S. (2021). Association of markers of endothelial activation and dysfunction with occurrence and outcome of pulmonary hemorrhage in dogs with leptospirosis. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 35, pp. 1789 - 1799. <https://doi.org/10.1111/jvim.16163>
53. Sotomayor S. P. O., Pua N. J. R., González L. M. T., Martínez T. P. V., Gámez E. C. U., Burgos S. C. D., Solarte D. L. B., Macias D. J. A. y Morales L. A. C. (2024). Dengue y leptospira: fisiopatología y coincidencias clínicas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* vol. 8 (3): pp. 6637 - 6651. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11861
54. Srikrum A., Zhang K., Bartpho T., Lo M., Hoke D. E., Sermswan R. W., Adler B. and Murray G. L. (2011). Cross-protective immunity against leptospirosis elicited by a live, attenuated lipopolysaccharide mutant. *Journal of Infectious Diseases* vol. 203 (6): pp. 870 - 9. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiq127>
55. Sykes J. E., Reagan K. L., Nally J. E., Galloway R. L. and Haake D. A. (2022). Role of diagnostics in epidemiology, management, surveillance, and control of leptospirosis. *Pathogens* vol. 11 (4): pp. 1 - 24. <https://doi.org/10.3390/pathogens11040395>
56. Sykes J. E., Francey T., Schuller S., Stoddard R. A., Cowgill L. D. and Moore G. E. (2023). Updated ACVIM consensus statement on leptospirosis in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 37: pp. 1966 - 1982. <https://doi.org/10.1111/jvim.16903>
57. Sykes J. E. (2025). An update on the diagnosis and management of leptospirosis. *Peer Reviewed*, pp. 63 - 70.
58. Venegas-Reyna M. (2018). Incidencia, prevalencia y la identificación de factores de riesgo asociados a la infección por *Leptospira interrogans*,

serovariedad hardjo, en ganado bovino en el centro de investigación Turipaná en el municipio Cereté departamento de Córdoba. [Tesis]. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales – U. D. C. A.

59. Vivas-Garay J. (2008). Toxicología Veterinaria. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal - Departamento de Veterinaria.
60. Wunder E. A, Adhikarla H. , Hammond C., Owers-Bonner K. A., Liang L., Rodrigues C. B., Bisht V., Nally J. E., Alt D. P., Reis M. G., Diggle P. J., Felgner P. L. and Ko A. (2021). A live attenuated-vaccine model confers cross-protective immunity against different species of the *Leptospira* genus. *eLife* vol. 10: pp. 1 - 20. <https://doi.org/10.7554/eLife.64166>
61. Yanagihara Y. Villanueva S. Y. A. M., Nomura N., Ohno M. Sekiya T., Handabile C., Shingai M., Higashi H., Yoshida S., Masuzawa T., Gloriani N. G., Saito M. and Kida H. (2022). *Leptospira* is an environmental bacterium that grows in waterlogged soil. *Microbiology Spectrum* vol. 10 (2). <https://doi.org/10.1128/spectrum.02157-21>
62. Yescas-Benítez J., Rivero-Pérez N., Montiel-Díaz H., Valladares-Carranza B., Pelaez-Acero A., Morales-Ubaldo A. y Zaragoza-Bastida A. (2020). Comportamiento epidemiológico de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019. *Revista Salud Pública* vol. 22(4): pp. 421 - 427. <https://doi.org/10.15446/rsap.V22n4.87535>

Anexo

Cuestionario de muestreo

Nombre del tutor o responsable:

Alcaldía de residencia:

Nombre de la mascota:

Edad:

Sexo: Macho Macho castrado Hembra Hembra esterilizada

Por favor responda las siguientes preguntas sobre las actividades y cuidados de su mascota.

1. ¿Usted qué ocupación tiene?

2. ¿Cuántos perros residen con usted?

3. ¿Cada cuánto tiempo vacuna a su mascota?
- Anualmente
 - Cada semestre
 - Cada 2 años
 - No lo vacuno
4. ¿Qué vacunas le pone a su mascota? (puede seleccionar más de una opción)
- Quíntuple/Múltiple
 - Múltiple con leptospira
 - Séxtuple
 - Antirrábica
 - Bordetella
 - Giardia
 - No lo vacuno
5. ¿Visita a su médico veterinario periódicamente?
- No, sólo si se enferma mi mascota
 - Sí, cada 4 meses
 - Sí, semestralmente
 - Sí, anualmente
6. ¿Acostumbra pasear a su mascota? ¿A dónde? (puede seleccionar más de una opción)
- No sale de casa
 - Sí, a la calle
 - Sí, al parque

- Sí, a casa de otra persona
- Sí, a una plaza comercial
- Sí, al campo
- Sí, al bosque
- Otro: _____

7. ¿Con qué frecuencia suele pasear a su mascota?

- No sale de casa
- Una vez al día
- Dos veces al día
- Tres veces al día
- Una vez a la semana
- Dos veces a la semana

8. De las siguientes actividades, ¿cuáles ha realizado o realiza su mascota?

- Nadar o beber en fuentes
- Nadar o beber en lagos
- Nadar o beber en humedales
- Pasear o correr en pastizales/lodazales
- Beber de charcos de agua
- Comer pasto
- Cazar otros animales (aves, ratones, ratas)
- Ser mordido por otro animal (gatos, aves, ratones, ratas)

9. ¿Su mascota ha salido de la CDMX? ¿A qué estado?

- Sí: _____

No, nunca ha salido del estado

10. ¿Convive su mascota con otros animales? ¿Cuáles?

Sí, con otros perros

Sí, con gatos

Sí, con vacas

Sí, con ovejas

Sí, con cerdos

Sí, con caballos

Sí, con roedores

Sí, con aves de corral

No convive con otros animales

Otro: _____

11. ¿Su mascota ha llevado a término alguna gestación?

Sí, una

Sí, varias

No, nunca ha quedado gestante

No, abortó

No, nunca la he cruzado

No, la esterilicé joven