



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A BROTES EPIDÉMICOS DE
LEPTOSPIROSIS ASOCIADOS A INUNDACIONES

TESIS

Que como requisito para obtener el Grado de

M. en. C. Hidrología Ambiental

Presenta:

Laura Cano Romero

Dirigido por:

Dr. Enrique González Sosa

Co-Director:

Dra. Hilda Romero Zepeda

Dr. Enrique González Sosa

Presidente

Dra. Hilda Romero Zepeda

Secretario

Dr. Raymundo Ordoñez Sierra

Vocal

Dr. Aurelio Guevara Escobar

Suplente

Dr. Eusebio Ventura Ramos

Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

25 de junio de 2020, México.

Resumen

Las inundaciones son fenómenos meteorológicos que se presenta con mayor regularidad en todos los continentes. El Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC) prevé un aumento en su magnitud y frecuencia como resultado del cambio en los patrones del clima, especialmente, en la temperatura y precipitación trayendo consigo no solo billonarias pérdidas económicas sino también daños directos e indirectos en la salud humana. La Leptospirosis es una enfermedad causada por el contacto con agua contaminada con orina de animales infectados por la bacteria y brotes de la misma están asociados con eventos de inundación. La ciudad de Querétaro en los últimos años ha sido afectada por inundaciones y encharcamientos recurrentes a causa de, su topografía, lluvias intensas y malos sistemas de desalojo de agua pluvial. Sin embargo, ningún estudio se ha llevado a cabo para conocer la potencialidad de que se presenten brotes de Leptospirosis. Debido a esto se llevó a cabo una investigación en sitios considerados con peligro a inundación y los factores de riesgo asociados a la enfermedad. La metodología engloba desde una búsqueda a nivel nacional de información sobre casos de la enfermedad, la modelación de zonas con peligro a inundación y un estudio exploratorio de campo hasta la detección de zonas con potencialidad a brotes de la enfermedad asociados a eventos de inundación en la ciudad de Querétaro. Los resultados mostraron que las colonias que presentan mayor asociación entre la peligrosidad de inundación y brotes de Leptospirosis fueron: Menchaca I, Peñuelas, San Pedrito Peñuelas I, San Pedrito Peñuelas II, Lomas del Pedregal, Prados de Loma Bonita y Reforma Agraria 1era sección presentan zonas de alta peligrosidad. Sin duda los resultados pueden apoyar a los planes de desarrollo y de salud pública para tomar acciones para reducir los brotes potenciales y el desarrollo de infraestructura para mitigar o en el mejor de los casos reducir las áreas inundables.

Palabras clave: inundación, Leptospirosis, cambio climático, peligro por inundación

Abstract

Floods are meteorological phenomena that occur more regularly on all continents. The International Panel on Climate Change (IPCC) estimated an increase in its magnitude and frequency as a result of the change in weather patterns, especially in temperature, and reducing traffic not only billions of economic losses but also direct and indirect damage to health. Human Leptospirosis is a disease caused by contact with water contaminated with urine from animals infected with the bacteria, and outbreaks of the bacteria are associated with flood events. In recent years, the city of Querétaro has been affected by floods and recurrent waterlogging due to its topography, heavy rains, and poor stormwater evacuation systems. However, no study has been conducted to determine the potential for outbreaks of leptospirosis to occur. Due to this, an investigation was carried out in affected sites with flood risk and the risk factors associated with the disease. The methodology ranges from a national search for information on disease cases, the modeling of areas at risk of flooding, and an exploratory field study to the detection of areas with potential outbreaks of the disease associated with flood events in the city of Queretaro. The results that appear the colonies that present the greatest association between flood danger and leptospirosis outbreaks were: Menchaca I, Peñuelas, San Pedrito Peñuelas I, San Pedrito Peñuelas II, Lomas del Pedregal, Prados de Loma Bonita and Agrarian Reform 1st section zones highly dangerous. The results can undoubtedly support development and public health plans to take action to reduce potential outbreaks and infrastructure development to mitigate or at best reduce floodplain areas.

Key words: Flood, Leptospirosis, climate change, flood hazard.

ÍNDICE

1.	Introducción.....	13
1.1	Descripción del problema.....	15
1.2	Justificación.....	15
2.	Antecedentes.....	17
2.1	Panorama general de la Leptospirosis en el mundo.....	17
2.1.1	Continente asiático.....	18
2.1.2	Continente oceánico.....	19
2.1.3	Continente europeo.....	19
2.1.4	Continente africano.....	20
2.1.5	Continente americano.....	20
2.1.6	La Leptospirosis en México.....	22
2.1.7	Panorama de la Leptospirosis en la ciudad de Querétaro y el mundo.....	24
2.2	Las inundaciones como fuente potencial de enfermedades bacteriológicas.....	24
2.2.1	Inundaciones en centros urbanos.....	26
2.2.2	Conceptos fundamentales de riesgo.....	27
2.2.3	Las inundaciones y su modelación.....	27
2.3	Modelación hidrológica.....	27
2.3.1	Método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT).....	27
2.3.2	Modelos hidrodinámicos.....	29
2.3.3	Las ecuaciones de Saint Venant 1D.....	29
2.3.4	Ecuaciones de Navier Stokes.....	30
2.3.5	Ecuaciones de Saint-Venant en 2D.....	30
2.4	Mapeo de peligro por enfermedad.....	31
2.4.1	Modelos de nicho ecológico.....	31
3.	Hipótesis.....	33
4.	Objetivos.....	33
4.1	Objetivo general.....	33
4.2	Objetivos específicos.....	33
5.	Alcances.....	33
6.	Limitaciones.....	33
7.	Metodología.....	34
7.1	Datos de morbilidad y mortalidad de Leptospirosis humana.....	34
7.1.1	Recolección de información sobre morbilidad.....	34
7.1.2	Fuentes de información.....	35
7.1.3	Estructuración de bases de datos.....	36

7.1.4	Georreferenciación de los casos de Leptospirosis.	37
7.1.5	Diagnóstico de la distribución de la Leptospirosis en México.	38
7.2	Identificación de zonas con peligro a inundación en la ciudad de Querétaro.	39
7.2.1	Descripción de la zona de estudio.	39
7.2.2	Geología.	41
7.2.3	Edafología.	42
7.2.4	Uso de suelo y vegetación.	43
7.2.5	Análisis hidrográfico de la cuenca del río Querétaro.	44
7.2.6	Procesamiento de la información hidrometeorológica.	46
7.2.7	Análisis de tormentas.	48
7.2.8	Modelación hidrológica de las microcuencas.	49
7.2.9	Modelación hidráulica.	51
7.2.10	Mapeo de inundaciones.	52
7.3	Diagnóstico de factores de vulnerabilidad asociados a la Leptospirosis en zonas propensas a inundación.	53
7.3.1	Selección de sitios.	53
7.3.2	Delimitación de colonias y sectores.	55
7.3.3	Diseño y elaboración de cuestionario para la elaboración de Índice de Zonas Inundables Propensas a Leptospirosis (IZIPL).	57
7.3.4	Prueba piloto.	58
7.3.5	Muestreo.	58
7.3.6	Tamaño de la muestra.	59
7.3.7	Selección de la muestra.	59
7.3.8	Índice de Zonas Inundables Propensas a Leptospirosis.	60
7.4	Mapeo de zonas con peligro a inundación e IZIPL.	61
8.	Resultados.	61
8.1	Panorama de la Leptospirosis en la República Mexicana y Querétaro.	61
8.2	Panorama de las inundaciones en México.	67
8.3	Leptospirosis e inundaciones.	69
8.4	Zonas potenciales de inundación en la ciudad de Querétaro.	69
8.4.1	Geomorfología de la cuenca.	69
8.4.2	Resultados de tormentas para la modelación.	72
8.4.3	Recurrencia de tormentas por estación de la CEA.	75
8.4.4	Recurrencia de tormentas por periodo de retorno.	77
8.4.5	Modelación hidrológica de las cuencas.	79
8.4.6	Modelación hidráulica.	80

8.5	Aplicación de un cuestionario sobre factores de vulnerabilidad de la Leptospirosis (IZIPL).	86
8.5.1	Resultados del IZIPL y DIZIPL por sector.....	89
8.6	Identificación de zonas inundables con peligro potencial a brotes de Leptospirosis.....	94
9.	Conclusiones.....	98
10.	Bibliografía.....	100
11.	Anexos.....	107
10.1	La Leptospirosis.....	107
11.1.1	Historia de la Leptospirosis	107
11.1.2	Etiología.....	108
11.1.3	Ecología.....	108
11.1.4	Clasificación serológica.....	108
11.1.5	Epidemiología.....	110
11.1.6	Transmisión	111
11.1.7	Reservorios	112
11.1.8	Manifestaciones clínicas	112
11.1.9	Diagnóstico	114
11.1.10	Tratamiento.....	114
11.1.11	Factores de riesgo asociados a la Leptospirosis.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Descripción de campos elegidos para la georreferenciación de casos de Leptospirosis de las bases de datos sobre EHSS. Fuente: Sistema Automatizado de Egresos Hospitalarios (SAEH).....	36
Tabla 2.	Descripción de las diferentes manifestaciones de la Leptospirosis de acuerdo a la clasificación del CEI-10. Fuente: Clasificación Internacional de Enfermedades en su décima revisión (CEI-10).....	36
Tabla 3.	Ejemplo de obtención de la clave de localidad (CivLoc) para cada caso de Leptospirosis cuando las casillas ENTIDAD, MUNIC Y LOC de las bases de datos sobre EHSS y Defunciones se encontraban en formato numérico.....	37
Tabla 4.	Variables bioclimáticas asociadas a la precipitación y la temperatura.	38
Tabla 5.	Estaciones seleccionadas para el análisis hidrológico (CONAGUA,2018).....	46
Tabla 6.	Estaciones de la CEA seleccionadas para el análisis de datos de tormentas.	48
Tabla 7.	Valoración de peligro por inundación (IUNAM).	53
Tabla 8.	Listado de Información documental sobre eventos de precipitaciones intensas e inundaciones en la ciudad de Querétaro extraída de fuentes digitales diversas.	53
Tabla 9.	Distribución de las colonias por sector de acuerdo con la división política y administrativa de las siete Delegaciones del municipio de Querétaro.	56

Tabla 10. Casos de leptospirosis de acuerdo al género durante el periodo de 2003-2018.....	64
Tabla 11. Contribución de las variables térmicas.	66
Tabla 12. Parámetros geomorfológicos de las microcuencas.	70
Tabla 13. Parámetros de las microcuencas asociadas con el escurrimiento.	71
Tabla 14. Funciones de distribución de probabilidad con mejor ajuste y valores de PM24h estimados para diferentes periodos de retorno.....	73
Tabla 15. Precipitación ponderada para duraciones de 60 minutos y 24 horas para diferentes periodos de retorno con base al área de influencia de las estaciones.	74
Tabla 16. Número de tormentas registradas para las estaciones seleccionadas para el estudio.....	75
Tabla 17. Recurrencia de tormentas asociados a distintos periodos de retorno de todas las estaciones analizadas.....	78
Tabla 18. Características morfométricas de las cuencas modeladas y eventos calibrados en HEC HMS 4.2.1.	79
Tabla 19. Frecuencia de respuesta para cada ítem del cuestionario (n=484).....	87
Tabla 23. Nivel de vulnerabilidad de los sectores a nivel global (IZIPL) y por dimensión (DIZIPL). El rango de clasificación va del 1 al 5 donde: “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.	90
Tabla 24. Clasificación de colonias en peligro por inundación-IZIPL con base en las modelaciones hidráulicas de las cuencas.	95
Tabla 25. Listado de especies de leptospira con sus respectivos serovares. Fuente: (Haake & Levett, 2016)	109
Tabla 26. Listado de reservorios típicos de serovares leptospirales. Fuente:(Bharti et al., 2003).....	110
Tabla 27. Pruebas diagnósticas utilizadas comúnmente para la detección de la Leptospirosis. Fuente: (Haake & Levett, 2016).....	114
Tabla 28. Antimicrobianos recomendados para el tratamiento y la quimioprofilaxis de la Leptospirosis. Fuente: (Haake & Levett, 2016).	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de brotes de enfermedades infecciosas relacionadas con el agua de 1991-2008. Fuente: Adaptación de (Yang et, al., 2012).	14
Figura 2. Mapa mostrando la presencia de casos y distribución potencial de la Leptospirosis en México (color gris). Fuente: (Sánchez-Montes, Espinosa-Martínez, Ríos-Muñoz, Berzunza-Cruz, & Becker, 2015).	16
Figura 3. Mapa de morbilidad anual estimada de la Leptospirosis por país. La incidencia anual de la enfermedad se presenta con un gradiente de colores que va desde el color blanco hasta el rojo. Los círculos y triángulos los países de origen de los estudios de calidad publicada y literatura gris respectivamente. Fuente: (Costa et al., 2015).	18
Figura 4. Número de desastres naturales agrupados por tipo que se presentaron en el periodo de 1998 al 2017. Fuente: CRED, 2017.	25
Figura 5. Causas de las inundaciones urbanas en la India. Fuente:(Anil K. Gupta & Sreeja S. Nair, 2011). 26	
Figura 6. Hidrogramas unitarios sintéticos del Servicio de Conservación de Suelos (SCS). Hidrograma adimensional (izquierda) e Hidrograma unitario triangular (derecha) (SCS,1973).	28
Figura 7. Metodología empleada en la investigación. La fase 1 incluye los pasos para el análisis de zonas históricamente inundables y presencia de casos. La fase 2 incluye los pasos para la identificación de colonias inundables a través de la modelación hidráulica. La fase 3 muestra cómo se obtuvo el Índice de Zonas Inundables Propensas a Leptospirosis (IZIPL).	35
Figura 8. Ubicación de la cuenca del río Querétaro	40
Figura 9. Red hidrográfica de la cuenca del río Querétaro. Fuente: (Actualización del Plan Maestro Pluvial de la Zona Metropolitana de Querétaro (2008-2025), 2009).	41
Figura 10. Mapa de geología de la cuenca del río Querétaro	42
Figura 11. Mapa de edafología de la cuenca del río Querétaro.	43
Figura 12. Mapa de diferentes usos de suelo de la cuenca del río Querétaro.	44
Figura 13. Mapa de delimitación de microcuencas de la cuenca del río Querétaro.	45
Figura 14. Modelo de microcuencas en HEC-HMS.	50
Figura 15. Mapa de ubicación de las colonias seleccionadas para la investigación.	57
Figura 16. Georreferenciación de encuestas realizadas en las colonias de la ciudad de Querétaro. Los círculos blancos con negro representan la localización de las casas encuestadas, las líneas en color café los drenes de la ciudad y los polígonos en diversos colores las colonias.	59
Figura 17. Escala de valoración de vulnerabilidad para el IZIPL y sus dimensiones. El nivel de vulnerabilidad se muestra en función del color donde el color rojo representa un nivel “Muy Alto”, el color naranja “Alto”, el color amarillo “Medio”, el color verde claro “Bajo” y el color verde “Muy Bajo”.	61
Figura 18. Escala de valoración de peligro por inundación y IZIPL	61

Figura 19. Distribución de casos y tasa de incidencia de la leptospirosis registrada en México durante el periodo de 2000-2018. El número de casos se muestra en barras de color azul y la tasa de incidencia se representa por la línea naranja. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 20. Distribución mensual de la leptospirosis en México durante el periodo 2000-2018. En el recuadro azul se enmarcan los meses correspondientes a la temporada de lluvias. Fuente: Elaboración propia.....	64
Figura 21. Casos de la infección de acuerdo al grupo de edad periodo (2000-2018).....	65
Figura 22. Mapa de distribución de la Leptospirosis para el periodo (2000-2014) con cinco variables bioclimáticas. Los puntos negros representan los casos de Leptospirosis, la superficie de color naranja representa las zonas con condiciones favorables para la enfermedad y el polígono rojo representa el parteaguas de la cuenca del río Querétaro.....	67
Figura 23. Mapa de relación entre la distribución de casos de Leptospirosis para el periodo (2000 al 2014) con las zonas históricamente inundables. Los puntos negros representan los casos de Leptospirosis, el polígono rojo representa el parteaguas de la cuenca del río Querétaro y el polígono negro el límite municipal de la ciudad de Querétaro.....	68
Figura 24. Mapa de zonas que comparten condiciones de temperatura y precipitación favorables para la enfermedad localizadas dentro de zonas históricamente inundables. Los puntos negros representan los casos de Leptospirosis, el polígono rojo representa el parteaguas de la cuenca del río Querétaro y el polígono negro el límite municipal de la ciudad de Querétaro.....	69
Figura 25. Curva masa doble de las estaciones elegidas para el estudio.....	73
Figura 26. Influencia de las estaciones climatológicas seleccionadas en la cuenca de estudio.....	74
Figura 27. Curvas I-D-T obtenidas a partir de las isoyetas de la SCT.....	75
Figura 28. Histograma de frecuencias de las tormentas analizadas por lámina de precipitación.....	76
Figura 29. Cuenca de aportación elegidas para la modelación hidráulica.....	79
Figura 30. Hidrogramas de crecienter en condiciones actuales de la cuenca "Sta. Rosa" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.....	80
Figura 31. Hidrogramas de crecienter en condiciones actuales de la cuenca "Hércules" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.....	81
Figura 32. Hidrogramas de crecienter en condiciones actuales de la cuenca "Jurica" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.....	81
Figura 33. Hidrogramas de crecienter en condiciones actuales de la cuenca "Carillo" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.....	82
Figura 34. Hidrogramas de crecienter en condiciones actuales de la cuenca "Reforma Agraria I sección" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.....	82
Figura 35. Hidrogramas de crecienter en condiciones actuales de la cuenca "Menchaca" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.....	83

Figura 36. Mapa zonas inundables de la cuenca "Sta. Rosa" para un Tr =10 años.	84
Figura 37. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Hércules" para un Tr = 10 años.	84
Figura 38. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Jurica" para un Tr =10 años	85
Figura 39. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Reforma Agraria I sección" para un Tr = 10 años	85
Figura 40. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Menchaca" para un Tr = 10 años	86
Figura 41. Mapas del DIZIPL e IZIPL obtenido para los diferentes sectores. La escala de colores muestra en color azul el nivel de peligro Muy Bajo, en color morado el nivel de peligro Bajo, en color rosa el nivel de peligro Medio, en naranja el nivel de peligro Alto y en amarillo el nivel de peligro Muy Alto. a) Mapa del DIZIPL 1, b) Mapa del DIZIPL 2, c) Mapa del DIZIPL 3, d) Mapa del DIZIPL 4, e) Mapa del DIZIPL 5, f) Mapa del DIZIPL 6, g) Mapa del DIZIPL 7 y h) Mapa del IZIPL.	92
Figura 42. a) Lugar de acumulación de desechos en calles de la colonia Sta. Lucía. b) Cúmulos de basura cerca del dren en la colonia Reforma Agraria 1era sección.....	93
Figura 43 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca "Sta. Rosa". Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.	96
Figura 44 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca "Hércules". Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.	96
Figura 45 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca "Jurica". Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.	97
Figura 46 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca "Reforma Agraria I". Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.....	97
Figura 47 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca "Menchaca". Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.	98
Figura 48 Micrografía electrónica de barrido de células de <i>Leptospira interrogans</i> que muestra la estructura helicoidal y los extremos curvados. Fuente: (P N Levett, 2001).	108
Figura 49 Ciclo de transmisión de la Leptospirosis. Nota. Fuente: Adaptado de (Lau et al., 2010).	111
Figura 50 Naturaleza bifásica de la Leptospirosis. Las muestras 1 y 2 para serología son muestras de fase aguda, 3 es una muestra de fase convaleciente que puede facilitar la detección de una respuesta inmune retardada, y 4 y 5 son muestras de seguimiento que pueden proporcionar información epidemiológica, como el presunto serogrupo infectante. Fuente: (Haake & Levett, 2016).	113

GLOSARIO DE TÉRMINOS QUE SE UTILIZAN EN LA TESIS

Anticuerpo: Los anticuerpos son unas proteínas que forman parte del sistema inmune y circulan por la sangre. Cuando reconocen sustancias extrañas para el organismo, como los virus y las bacterias o sus toxinas, las neutralizan. Una vez el cuerpo se ha expuesto a una sustancia foránea concreta, también llamada antígeno, los anticuerpos producidos para atacarlo persisten en la sangre, ofreciendo protección en el caso que, en un futuro, volvamos a contactar con el mismo antígeno (National Human Genome Research Institute, s/f).

Brote: La aparición de dos o más casos de la misma enfermedad asociados en tiempo, lugar y persona. O el incremento significativo de casos en relación a los valores habitualmente observados. O cuando aparece una enfermedad, problema o riesgo para la salud en una zona hasta entonces libre de ella (Fundación IO, 2019).

Defunción: Es la desaparición permanente de todo signo de vida en un momento cualquiera posterior al nacimiento vivo (cesación de las funciones vitales con posterioridad al nacimiento sin posibilidad de resucitar) (Gobierno de México, s/f).

Endemia: Es la presencia constante o la prevalencia habitual de casos de una enfermedad o agente infeccioso en poblaciones humanas dentro de un área geográfica determinada (Gobierno de México, s/f).

Epidemia: Es el aumento de la incidencia de casos similares en poblaciones humanas en un área geográfica determinada (Gobierno de México, s/f).

Factor de riesgo: Es toda característica o circunstancia de una persona o grupo de personas que se sabe está asociada con un incremento en la probabilidad de padecer, desarrollar o estar en especial vulnerabilidad a un proceso mórbido (Gobierno de México, s/f).

Incidencia: Se le define como el número de casos de enfermedad que comienzan o de personas que se enferman durante un período dado en una población determinada. Número de nuevos casos de una enfermedad (Gobierno de México, s/f).

Morbilidad: Se le denomina a cualquier separación, subjetiva u objetiva, del estado de bienestar fisiológico o psicológico. En este contexto, los términos enfermedad, trastorno y estado mórbido se consideran sinónimos (Gobierno de México, s/f).

Prevalencia: Es el número de casos existentes, en una población en un momento determinado, sin distinguir si son casos nuevos o antiguos (Gobierno de México, s/f).

Seroprevalencia: Manifestación general de una enfermedad o una afección dentro de una población definida en un momento dado, medida con análisis de sangre (pruebas serológicas) (InfoSIDA, s/f).

Tasa de incidencia: Es una medida de la frecuencia de ocurrencia de casos nuevos de una enfermedad dentro de una población definida durante un período específico de tiempo (Gobierno de México, s/f).

Zoonosis: Enfermedades infecciosas que se transmiten de forma natural de los animales a los seres humanos, y viceversa (OMS, s/f).

Inmunidad: Protección contra la enfermedad causada por microorganismos infecciosos o por otras sustancias extrañas. Inmunidad puede ser causada por una vacuna, una previa infección del mismo agente, o por transferencia de una sustancia inmunitaria de otra persona o animal. La inmunidad también abarca las barreras de protección con las cuales nace una persona, tales como la piel y las membranas mucosas (InfoSIDA, s/f).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

1. Introducción

En las últimas décadas, se han incrementado considerablemente el número de evidencias del cambio climático. En su mayoría, estas evidencias se asocian a emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles y prácticas humanas. Como resultado de lo anterior, nuestro planeta ha sufrido un incremento cada vez mayor en la concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles produciendo un aumento en la temperatura interior de la tropósfera, afectando las capas superiores de la atmósfera y a su vez, repercutiendo en los componentes del sistema climático (IPCC, 2013).

Las alteraciones en los patrones climáticos se reflejan principalmente en las variaciones en la temperatura. Estas variaciones, por su parte, han acelerado los procesos del ciclo hidrológico contribuyendo de manera creciente en el aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Algunos ejemplos de ello son: las ondas de calor, el aumento del nivel del mar, las sequías, las tormentas tropicales, las precipitaciones extremas y las inundaciones, mismos que a su vez repercuten de manera directa e indirecta en la salud humana alterando la distribución de los alérgenos causantes de ciertas enfermedades infecciosas (Franchini & Mannucci, 2015).

Dentro de todos los desastres naturales, las inundaciones son consideradas como el desastre hidrometeorológico más común que deja no solo enormes pérdidas económicas y humanas pues después de estos eventos también son comunes: los desplazamientos de la población, los daños a las redes de agua potable, la interrupción de los servicios de atención médica, así como malas condiciones sanitarias, circunstancias que favorecen la transmisión de enfermedades sobre todo en poblaciones marginadas (CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters), 2017; Watson, Gayer, & Connolly, 2007).

En zonas urbanas el riesgo por inundación es particularmente grave (Chen, Zhou, Zhang, Du, & Zhou, 2015), debido en gran parte, al crecimiento de la mancha urbana resultado de: la urbanización, la migración de la población rural a los centros urbanos y el desarrollo de la industria que ha derivado en un aumento de las superficies impermeables y, a su vez, en un incremento en los volúmenes de escurrimiento y de la propensión a las inundaciones (Tingsanchali, 2012). En centros urbanos las inundaciones son ocasionadas principalmente por: lluvias extraordinarias, el desbordamiento de ríos y/o presas e inadecuados sistemas de alcantarillado y canales para la evacuación del agua que a menudo son obstruidos por desechos y basura que inundan las calles al exceder su capacidad hidráulica (Campos Aranda, 2010).

Por otro parte, se sabe que el agua tiene un papel significativo en el ciclo de transmisión de ciertas enfermedades infecciosas pues a través de él, la propagación del agente infeccioso alcanza grandes distancias, promoviendo así el contacto huésped-bacteria-humano entre grupos vulnerables de la población y dando lugar a brotes de enfermedades infecciosas (**Figura 1**). Entre la gran variedad de enfermedades que pueden ser transmitidas por el agua se encuentran: el Cólera, la Disentería, la Tifoidea, la Hepatitis A y E, enfermedades parasitarias y la Leptospirosis. Esta última es de vital importancia, debido a que se ha previsto un aumento en sus tasas de morbilidad y mortalidad, principalmente, en países con condiciones económicas precarias y comúnmente afectados por inundaciones (Nichols, Lake, & Heaviside, 2018).

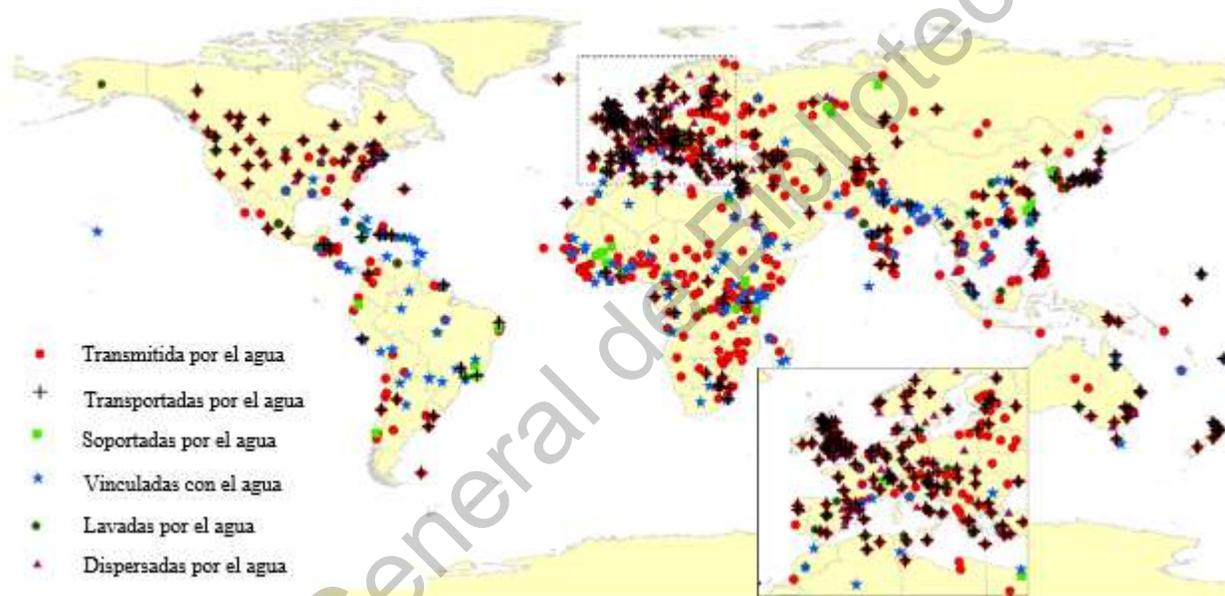


Figura 1. Distribución de brotes de enfermedades infecciosas relacionadas con el agua de 1991-2008. Fuente: Adaptación de (Yang *et. al.*, 2012).

La Leptospirosis es una enfermedad infecciosa de distribución mundial, reemergente, con potencial epidémico, transmitida de animales a humanos y por contacto con agua contaminada. La enfermedad se propaga por contacto directo con la orina de animales infectados o indirectamente al tener contacto, con suelo, vegetación y/o agua contaminada con la bacteria (P N Levett, 2001). En entornos urbanos la rata y el perro desempeñan un papel importante en la diseminación de la enfermedad sobre todo tras eventos de inundación donde la interacción (humano-animal) se ve intensificada. El contacto con agua de inundación contaminada ha dado lugar a numerosos brotes de la enfermedad alrededor del mundo tanto en zonas rurales como urbanas de países desarrollados y en vías de desarrollo (Karande, Kulkarni, Kulkarni, De, & Varaiya, 2002; Vitale *et al.*, 2018).

Aunque en la actualidad la enfermedad sea considerada un tema de Salud Pública en muchos países esta infección permanece desconocida. Por tanto, el subregistro y falta de documentación de la enfermedad, incluso en áreas consideradas endémicas, es algo común. Lo anterior debido en cierta parte a: la falta de laboratorios especializados para su diagnóstico; la confusión con otros padecimientos de tipo febril como: la Influenza, el Dengue común, el Dengue hemorrágico, infecciones por Hantavirus, la Fiebre amarilla, Rickettsiosis, Borreliosis, la Malaria, Meningitis aséptica y Hepatitis virales así como la manifestación subclínica de la enfermedad donde los infectados no presentan signos visibles y, por tanto, pasan desapercibidos (Bharti et al., 2003).

1.1 Descripción del problema

Las inundaciones son uno de los desastres naturales que se presentan con mayor frecuencia en diversas partes del mundo y nuestro país no es la excepción. Debido a los cambios registrados en los patrones de lluvia presentados a nivel global se prevé que exista un aumento en la magnitud, intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos de alto impacto como las inundaciones. En años recientes la ciudad de Querétaro ha sido afectada por múltiples eventos de inundaciones repentinas, ocasionadas en gran parte por fuertes lluvias, los malos sistemas de drenaje, las fallas en la infraestructura hidráulica y los cambios acelerados en el uso de suelo producto de la expansión de la mancha urbana.

Entre los efectos adversos que traen consigo las inundaciones se encuentran tanto pérdidas materiales como humanas además de considerables daños a la salud. En numerosos estudios llevados a cabo alrededor del mundo las fuertes lluvias e inundaciones han sido asociadas con brotes de enfermedades infecciosas como la Leptospirosis, considerando al agua como un vector importante en la transmisión y distribución del agente infeccioso entre las poblaciones vulnerables, y de la cual se prevé un aumento en sus tasas de morbilidad y mortalidad, por lo que medidas de prevención y de monitoreo ante desastres naturales como las inundaciones son de vital importancia (Dechet et al., 2012; Kupek, de Sousa Santos Faversoni, & de Souza Philippi, 2000).

1.2 Justificación

La asociación que existe entre las inundaciones y los brotes de Leptospirosis está bien documentada en eventos ocurridos alrededor del mundo, considerando a estas como uno de los factores de riesgo más importantes en la transmisión de la enfermedad (Mwachui, Crump, Hartskeerl, & Zinsstag, 2015) En nuestro país, como en muchos otros, las inundaciones con un tema recurrente. Sin embargo, en México, estudios que asocien las inundaciones-Leptospirosis son limitados, aunque

el 55.7% del territorio nacional cuenta con condiciones ecológicas favorables (precipitación y temperatura) para albergar la enfermedad (**Figura 2**) y brotes de la misma se hayan presentado tras contacto con agua de inundación contaminada con la bacteria (Leal-Castellanos, García-Suárez, González-Figueroa, Fuentes-Allen, & Escobedo-de la Peña, 2015).

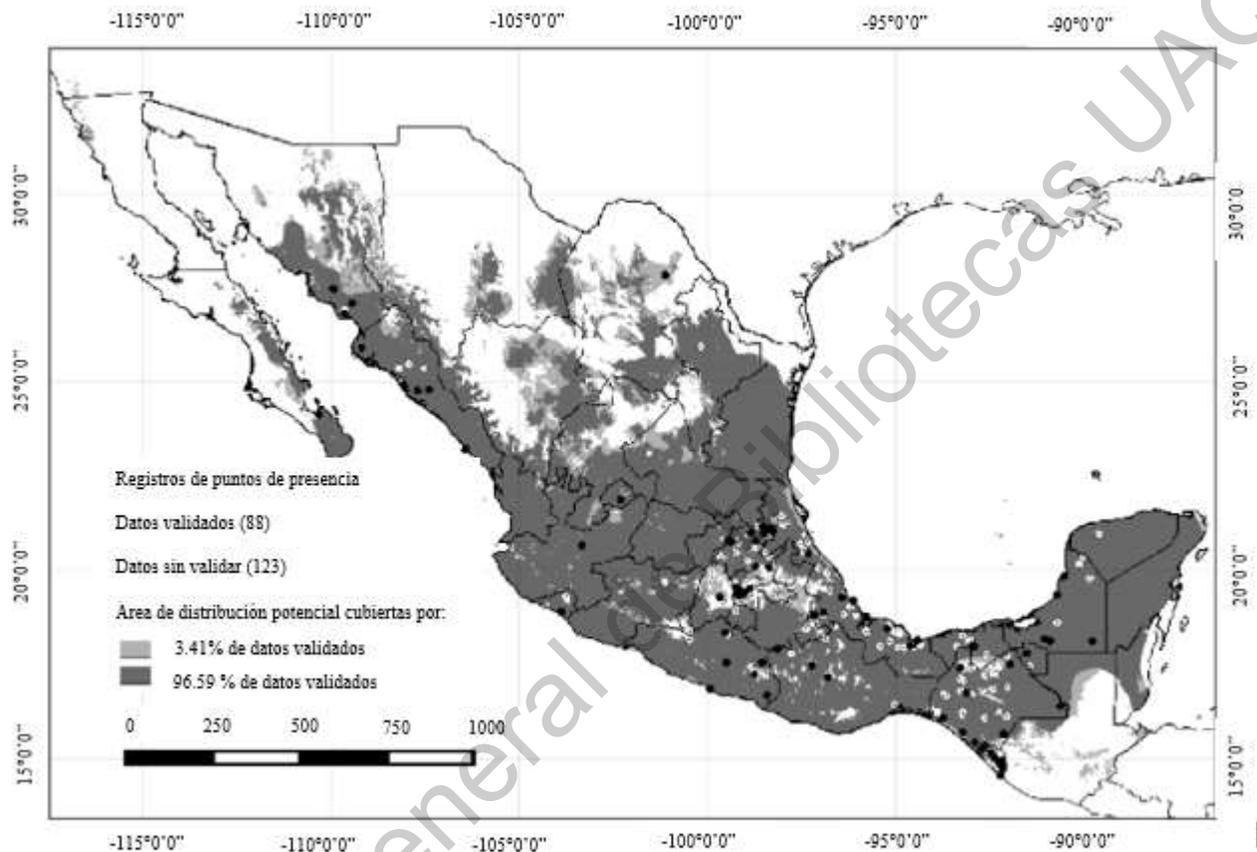


Figura 2. Mapa mostrando la presencia de casos y distribución potencial de la Leptospirosis en México (color gris). Fuente: (Sánchez-Montes, Espinosa-Martínez, Ríos-Muñoz, Berzunza-Cruz, & Becker, 2015).

En los últimos años la ciudad de Querétaro se ha visto afectada por inundaciones recurrentes provocadas, en gran medida; por su ubicación geográfica, su geomorfología y los cambios en el uso de suelo y en los patrones de la precipitación presentados en los últimos años (González-Sosa, 2018). Aunque estas inundaciones son catalogadas como de corta duración, comparadas con las presentadas en otros estados de la república, el aumento en la probabilidad de ocurrencia de lluvias extraordinarias a causa del cambio climático junto con el deficiente funcionamiento de las obras pluviales de la ciudad mantiene latente el peligro por inundación así como el aumento en las tasas de morbilidad y mortalidad de enfermedades transmitidas por el agua como la Leptospirosis, pues tras estos eventos los desplazamientos de la población a causa del agua tienden a incrementar la exposición de contagio (Haines, Kovats, Campbell-lendrum, & Corvalan, 2006).

A pesar de que anualmente se presenten más de 1.03 millones de casos de Leptospirosis alrededor del mundo (Costa et al., 2015), muchos de ellos relacionados con eventos de inundación, muy poca importancia se ha concedido a este problema de Salud Pública en el país y mucho menos se han realizado estudios sobre los daños que esto podría ocasionar a la sociedad queretana. Resultado que, en nuestro país, como en muchos otros, es frecuente el subregistro y el diagnóstico erróneo de la enfermedad debido principalmente a la mimetización con otros padecimientos de tipo febril y la falta de laboratorios especializados para su diagnóstico. Sin embargo, de acuerdo con el resultado del estudio realizado por Sánchez-Montes *et. al* (2015) la ciudad de Querétaro cuenta con las condiciones ecológicas favorables para albergar la enfermedad, pudiendo encontrarse de manera subclínica entre la población.

Por tanto, la realización de un estudio para determinar las zonas potenciales con peligro de adquirir la enfermedad tomando como base las zonas propensas a inundación en la ciudad de Querétaro, junto con factores de riesgo ambientales y sociales asociados a la enfermedad en entornos urbanos, podría ser una forma adecuada de explorar la posible amenaza de esta zoonosis y de la misma manera contribuiría a concientizar a los tomadores de decisión y a la población para mejorar los mecanismos y sistemas dedicados a la prevención, control y mitigación de las inundaciones en zonas potenciales de propagación de la Leptospirosis para reducir posibles daños a la salud de la población queretana.

2. Antecedentes

2.1 Panorama general de la Leptospirosis en el mundo.

En el contexto mundial la Leptospirosis es considerada endémica en países con climas tropicales y subtropicales, como en los países del Caribe, del centro y sur del continente americano, así como en los países del sureste de Asia y Oceanía (**Figura 3**) (Pappas, Papadimitriou, Siozopoulou, Christou, & Akritidis, 2008) además brotes de la misma han sido asociados a eventos de inundación alrededor del mundo. Sin embargo, aunque el subregistro y la falta de documentación es común en casi todos los países actualmente, se estima que alrededor del mundo se presentan anualmente 1.03 millones de casos de la enfermedad de los cuales 58 900 terminan en un desenlace fatal, principalmente en países de bajos recursos (Costa et al., 2015).

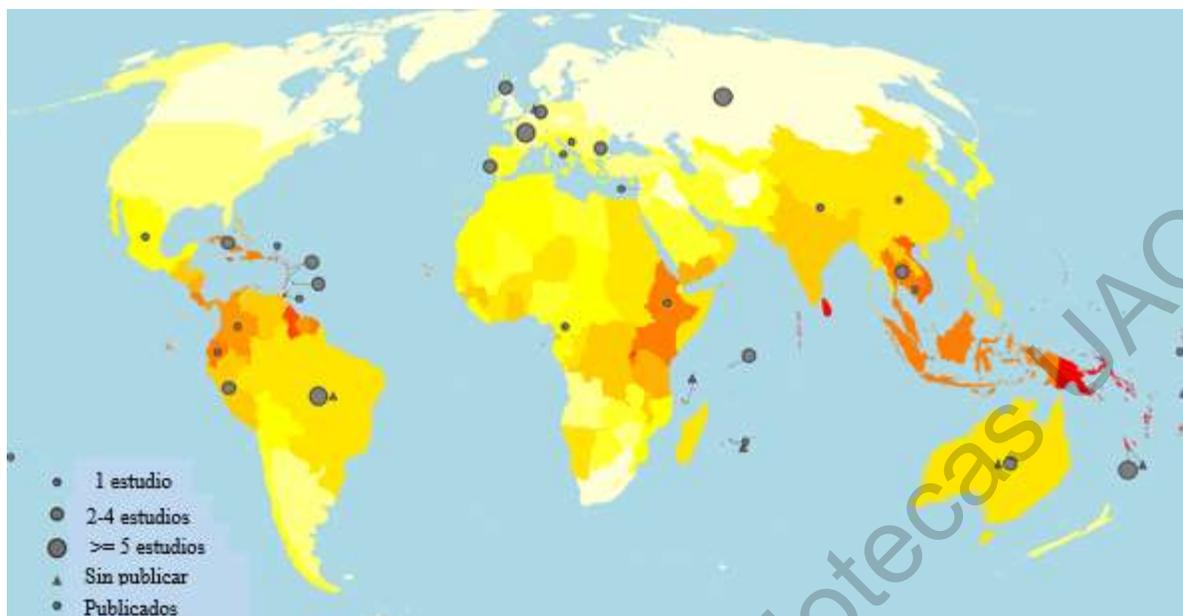


Figura 3. Mapa de morbilidad anual estimada de la Leptospirosis por país. La incidencia anual de la enfermedad se presenta con un gradiente de colores que va desde el color blanco hasta el rojo. Los círculos y triángulos los países de origen de los estudios de calidad publicada y literatura gris respectivamente. Fuente: (Costa et al., 2015).

2.1.1 Continente asiático

En regiones del continente asiático la Leptospirosis principalmente se asocia con brotes posteriores a inundaciones (Pappas et al., 2008). En varias ciudades de la India como: Orissa (2002), Mumbai (2001, 2005) y Surat (2006) la presencia de casos está relacionada con las fuertes lluvias presentadas durante la estación del Monzón junto con malas condiciones sanitarias con tasas de incidencia 19.7/100 000 habitantes. Además, es común la confusión del diagnóstico inicial con el Dengue lo que ha aumentado la tasa de mortalidad (Bhardwaj, Kosambiya, & Desai, 2008; Costa et al., 2015; Jena, Mohanty, & Devadasan, 2004).

Indonesia, China y Malasia no cuentan con información oficial, aunque han ocurrido brotes relacionados con cultivo de arroz, lluvias y/o inundaciones además de malas condiciones sanitarias y bajo nivel educativo (Edre, Hayati, Salmiah, & Sharifah Nor Khadijah, 2018; Garba et al., 2018; Hu, Lin, & Yan, 2014; Zhang, Wang, & Yan, 2012). Por otro lado, Sri Lanka es considerado hiperendémico por numerosos brotes tras eventos de lluvias inusuales de hasta 2000 mm (2008) e inundaciones (2011) con una incidencia de 11/100,000 habitantes, mientras que en la isla de Seychelles posee el más alto índice de casos en el mundo 101/100,000 habitantes (Pappas et al., 2008)

En Japón los casos reportados por la enfermedad tras eventos de fuertes lluvias causadas por tifones (Nakamura et al., 2006) al igual que en Filipinas, indican que en septiembre de 2009 tras el

tifón Ketsana 471 pacientes fueron hospitalizados y 51 personas murieron al contraer la enfermedad. Asimismo, a lo largo del siglo XXI, la región noreste de Tailandia ha sido considerada como la fuente de la enfermedad debido a la presencia regular de inundaciones en la región (Amilasan et al., 2012) mientras que en Nueva Caledonia los brotes son atribuidos al fenómeno meteorológico de La Niña, caracterizado por fuertes lluvias e inundaciones, con tasas de incidencia de 2.1 a 30/100,000 habitantes. (Lau, Smythe, Craig, & Weinstein, 2010).

Estudios realizados en Malasia para conocer los factores de riesgo implicados en la contagio de la enfermedad mostraron que el vivir en zonas cercanas a ríos o cuerpos de agua y el tipo de uso de suelo (agrícola 67.1% y urbano 24.4%) favorecen el contagio (Hassan et al., 2018) igualmente se reafirmó la idea de que habitantes en zonas propensas a inundarse tienen a tomar actitudes y prácticas preventivas contra esta enfermedad en mayor medida comparados con residentes de zonas con bajo riesgo de inundación (Edre et al., 2018).

2.1.2 *Continente oceánico.*

En Oceanía el mayor número de casos corresponde a Australia, siendo el norte de Queensland una de las zonas de mayor endemicidad del mundo. En el año 2010 en este mismo sitio se advirtió el contagio de gran número de personas tras fuertes lluvias que provocaron graves inundaciones en la ciudad, presentándose casos de enfermedad febril aguda en cerca de 500 personas que tuvieron contacto con el agua de inundación (Smith, Young, Wilson, & Craig, 2013). En Nueva Zelanda y en las islas Fiji se han presentado casos de esta infección seguidos a inundaciones severas con más de 500 casos reportados y alrededor de 50 defunciones (Lau et al., 2016; Mayfield et al., 2018).

2.1.3 *Continente europeo.*

En Europa la mayoría de los casos registrados están relacionados con actividades recreativas como la natación, la pesca y el canotaje. Sin embargo, se han presentado casos de Leptospirosis después de inundaciones en varios países a causa de condiciones climáticas favorables, es decir, temperaturas entre 10°C y 19.9°C y precipitaciones arriba de los 100 mm m⁻². Algunos de estos países son: la República Checa, Austria y Dinamarca y Croacia con una incidencia de 0.38, 11 y 1.53 por cada 100000 habitantes respectivamente (Dupouey et al., 2014; Habus et al., 2017).

Además en 2009 tanto en Marsella, Francia como en Palermo, Italia se presentaron casos de la enfermedad asociados con la proliferación de reservorios infectados con la bacteria, especialmente la rata café (*Rattus norvegicus*), siendo la fuente de contaminación la acumulación de basura en las calles y los periodos de lluvia extraordinaria que provocaron inundaciones repentinas por intensas

lluvias durante el verano con una tasa de 0.37/100,000 habitantes (Pappas et al., 2008; Socolovski et al., 2011; World Health Organisation, 2010; Vitale et al., 2018).

2.1.4 *Continente africano.*

En África no se conoce bien la distribución de la enfermedad, pero se han presentado casos de personas infectadas en Kenia y Marruecos. (Pappas et al., 2008). De acuerdo con Allan *et. al.*, (2015) en África la prevalencia de Leptospirosis aguda se encuentra en un rango de 2.3% a 19.8%. Por otro lado, estudios realizados en Tanzania mostraron una alta incidencia de la enfermedad de entre los 75 a 100 /100000 habitantes. Mientras que en zonas marginadas de Mozambique, un barrio pobre vulnerable a inundaciones, se encontró seropositividad entre la población (Ribeiro et al., 2017).

2.1.5 *Continente americano.*

Desde hace décadas se sabe de la presencia de esta enfermedad infecciosa en Latinoamérica. Los primeros casos fueron detectados por el profesor Noguchi al investigar un brote de fiebre amarilla en Ecuador, México, Brasil y Perú (Alexander & City, 1960). En el año 2014, en América Latina se reportaron un total de 10,088 casos humanos de Leptospirosis, sobre una población de aproximadamente 610.9 millones, la mayoría de los casos presentados después de fuertes lluvias e inundaciones en donde Brasil ocupó el primer lugar con la mayoría de los casos reportados (40.2%), seguido por Perú con el (23.6%), Colombia (8.8%) y Ecuador (7.2%) (Schneider et al., 2017).

La mayoría de los países del Caribe son considerados como zonas endémicas, pero aun así esta zoonosis es subreportada. En el 2005 en Puerto Rico tras las fuertes inundaciones provocadas por el huracán Hortensia se presentaron nuevos casos de Leptospirosis (Bruce et al., 2005). Recientes investigaciones en este campo han señalado que la precipitación promedio anual (1 882 – 2 726mm) tiene una gran relación con la distribución de los casos de la enfermedad en esta región del Caribe (Javier, Ramos, Lázaro, Barbosa, & Cardona, 2018).

De la misma manera en 2005 en Guyana tras fuertes lluvias e inundaciones se registraron 236 sospechosos de Leptospirosis de los cuales el 22% resultaron positivos (Dechet et al., 2012). Se cree que el número de casos en el área aumentó debido a que es una de las áreas con más afectaciones posibles por el cambio climático (Lindo et al., 2013; Peters, Vokaty, Portch, & Gebre, 2017).

Actualmente el mayor número de casos en el continente americano están localizados en las islas de Barbados, Jamaica y Trinidad y Tobago, con una tasa de incidencia registrada de 10, 7.8 y 12 por cada 100,000 habitantes respectivamente (Peters et al., 2017). De acuerdo con el estudio de Vega-

Corredor *et. al.* (2014) en la isla de Trinidad y Tobago algunos de los factores de riesgo que influyen en la dinámica de la Leptospirosis humana es la lluvia y el suelo con un drenaje deficiente.

En países de Sudamérica, como Argentina, las incidencias anuales más altas se registraron en la provincia de Santa Fe en el año 2016, donde se produjeron brotes epidémicos tras eventos de inundación siendo el factor de riesgo principal la persistencia del contacto con ambientes inundados (Ricardo, Bergero, Bulgarella, & Previtali, 2018). Por otro lado, en Chile se encontró la presencia de la bacteria en agua de una comunidad rural mismo que aumenta el riesgo de contagio (Muñoz-Zanzi, Mason, Encina, Astroza, & Romero, 2014).

En el año 2001, en Perú se realizó un estudio para observar la seroconversión a *Leptospira* en tres zonas, una de ellas un barrio bajo inundable en donde se evidenció que la exposición a contraer la infección es alta (Johnson *et al.*, 2004). En Colombia se ha encontrado relación entre el fenómeno meteorológico La Niña y los brotes de la enfermedad por periodos con lluvias abundantes. Asimismo, se reconoció que las zonas topográficas planas y zonas de inundación son sitios con un riesgo de infección elevado (Gutiérrez & Martínez-Vega, 2018).

Estudios realizados en varias ciudades de Brasil, como el Salvador, Recife, Pernambuco y Sao Paulo mostraron que la presencia de brotes de Leptospirosis estaba relacionada con el contacto con agua de inundación contaminada por orina de rata café (*Rattus norvegicus*). Además, se observó que los más afectados son los grupos más vulnerables debido a: 1) vivir en zonas bajas de ciudades densamente pobladas, 2) disponer de precarios sistemas de drenaje pluvial, 3) falta de higiene y saneamiento básico y 4) la presencia de grandes cantidades de animales portadores del patógeno que por lo general habitan cerca de depósitos de basura y alcantarillados (Barcellos & Sabroza, 2001; Felzemburgh *et al.*, 2014; Maciel *et al.*, 2008; Oliveira, Guimarães, Portugal, & Medeiros, 2009; Panti-May *et al.*, 2016).

Barcellos y Sabroza (2001) estudiaron la ciudad de el Salvador con finalidad de observar la relación entre la ubicación de los casos de Leptospirosis y los “focos de infección”, considerando a estos como sitios de acumulación de desechos ubicados en zonas propensas a inundaciones. Los resultados mostraron una relación casi lineal entre ambas variables, sin embargo, el número de casos manifestados dentro de los focos resulto menor al encontrado a una distancia de 250 a 500m de los depósitos de desechos. Los autores concluyeron que las poblaciones que conviven con la bacteria de manera regular tienden a desarrollar anticuerpos contra la misma por lo que el número de personas

infectadas en los focos se vio reducido además de observar que la infectividad del patógeno disminuye con la distancia.

Otro estudio realizado en Brasil para el periodo de enero de 2001 a diciembre de 2014 mostró que los picos en los casos de Leptospirosis se presentaban justo después eventos de inundación sugiriendo que para propósitos del monitoreo conjunto de servicios de salud y desastres naturales, los datos después de ocurridas las inundaciones son menos inciertos que solo usar datos de lluvia. Aunque, para fines de mejora de alertas a la población la combinación del análisis de la lluvia, la temperatura, los niveles de los ríos, la vulnerabilidad a las inundaciones y el potencial de inundación presentaría mejores resultados y alcances (Londe, da Conceição, Bernardes, & Dias, 2016).

Reis *et al.* (2008), al igual que estudios anteriores, encontró a través de la aplicación de encuestas en barrios marginales de la ciudad de el Salvador, Brasil que el riesgo para adquirir la enfermedad es mayor en personas que viven en zonas con riesgo a inundación con alcantarillado abierto, cercanía depósitos de acumulación de basura, la presencia de pollos y haber visto roedores en el área (Maciel *et al.*, 2008).

Por otro lado, en Canadá la enfermedad ha permanecido ausente y en Estados Unidos ha sido removida de las enfermedades notificables, aunque se han presentado casos en el pasado. Mientras Hawái sigue considerado como una zona endémica por sus altas tasas de incidencia aproximadamente 128/100,000 habitantes (1992) y en donde además en el año 2004 se presentó un brote en la Universidad de Oahu relacionada con el contacto con agua de inundación (Gaynor *et al.*, 2007; Pappas *et al.*, 2008).

2.1.6 *La Leptospirosis en México*

En México, la Leptospirosis fue puesta de manifiesto alrededor de 1920 por Noguchi y Kligger al investigar un brote de fiebre amarilla en el estado de Yucatán encontrando leptospiras en uno de los pacientes infectados (Zavala-Velázquez, Caballero-Guerrero, & Sánchez-Vázquez, 1976), por lo que se sabe que desde sus inicios la enfermedad ha sido confundida con otras enfermedades, en particular con el virus del Dengue, como sucedió en Yucatán en 1994 y Veracruz en el 2003 (Navarrete-Espinosa *et al.*, 2013).

Asimismo, un estudio realizado en el año 2000 en el municipio de Mapastepec, Chiapas mostró una prevalencia de Leptospirosis, del 37.7% de un total de 1169 personas, en donde uno de los principales factores de riesgo fue el contacto con agua de inundación, especialmente en personas con

cortaduras o heridas en la piel. De igual manera se realizaron estudios serológicos en perros con una positividad 36.4% y bacteriológicos en las ratas con una positividad del 11.6% (Leal-Castellanos et al., 2015).

Vado-Solís *et al*, (2002) señaló que el estado de Yucatán debería ser considerado como una zona endémica debido a la alta seroprevalencia encontrada en las personas en relación con los demás estados de la república, presentándose con mayor frecuencia en época de lluvias. Igualmente en la ciudad de México un estudio encontró una prevalencia del 7% en un total de 206 donadores de sangre de una población urbana asintomática con lo que se demostró la persistencia de esta infección (Gavaldón, Cisneros, Rojas, & Moles Cervantes, 1995).

En el año 2007 el estado de Tabasco se vio afectado por una fuerte inundación provocada por las fuertes lluvias que derivaron en el desbordamiento de tres ríos importantes lo que trajo consigo un brote de Leptospirosis en la zona. Un total de 12 casos fueron confirmados de los cuales el 33.33% resultaron letales, estando todos epidemiológicamente relacionados con el contacto, tanto moderado como severo, con agua de inundación (Zuniga Carrasco, Baeza, Bernal, Munoz, & Dominguez, 2011).

De acuerdo con Renato & Janett (2013) en el Panorama Epidemiológico de la Leptospirosis en México en el periodo comprendido del año 2000 al 2010 los estados de la república que presentaron tasas de incidencia de la enfermedad más altas fueron: Campeche, Yucatán, Sonora, Oaxaca, Hidalgo, Veracruz, Sinaloa, Tabasco y Veracruz, la mayoría de registrados durante el mes de octubre (periodo de lluvias) con mayor prevalencia en hombres entre los 25 y 44 años, siendo más común en regiones tropicales.

El estudio más reciente de la Leptospirosis humana en México del 2000 al 2010, relacionó variables bioclimáticas dependientes de la temperatura y la precipitación por medio de un modelo de nicho ecológico. Los resultados mostraron que la temperatura estacional y el rango diurno medio (temperatura media mensual mínima: temperatura media mensual máxima) explicaban el 75% de la distribución de los casos de Leptospirosis mientras que las lluvias presentadas en temporada de huracanes estaban relacionadas con los brotes de la enfermedad. Según este estudio nuestro país cumple en un 55.7% de su área con condiciones ecológicas para alojar la enfermedad. Además, el mapa mostró que la infección podría estar presente en los estados de Durango, Querétaro y Zacatecas a pesar de que hasta ese momento no se habían reportado casos en los mismos (Sánchez-Montes et al., 2015).

2.1.7 *Panorama de la Leptospirosis en la ciudad de Querétaro y el mundo.*

En forma resumida los factores para la presencia de brotes de Leptospirosis en los continentes varían ampliamente pues mientras en los países del continente asiático y del sur del continente americano su relación está fuertemente ligada a la estación del Monzón con lluvias de hasta 1500 mm y fenómenos meteorológicos como el ENSO en los países del continente europeo son las actividades recreativas las que muestran mayor conexión con los casos sin embargo, incluso en estas las condiciones ambientales y sociales son determinantes para la manifestación de la enfermedad.

Entre estas condiciones se encuentran: 1) la mala disposición o manejo de la basura, 2) la alta densidad de animales portadores de la enfermedad (ratas, perros), 3) el vivir en los barrios pobres y/o marginados ubicados en zonas bajas o de asentamiento irregular y 4) los sistemas de alcantarillado “abiertos” y la falta de agua potable por mencionar algunos. Por lo que a pesar de que la ciudad de Querétaro cuenta un clima seco y semiseco y la media anual de lluvia sea de 500 mm en varias localidades y /o colonias que presentan problemas de encharcamientos e inundaciones en época de lluvias (mayo-octubre) son vulnerables a la presencia de la enfermedad.

2.2 Las inundaciones como fuente potencial de enfermedades bacteriológicas

Las inundaciones son un fenómeno global que causa víctimas y pérdida de propiedad en todos los continentes habitados, siendo el tipo de desastre más común causando casi 53,000 muertes tan solo en la última década (23:1 países de ingresos bajos versus altos)(Alderman et al., 2012). Por lo que, a lo largo de la historia humana, ha habido un esfuerzo constante por comprender, evaluar y predecir eventos de inundaciones y su impacto. Por lo tanto, los modelos de inundación se han desarrollado para cumplir este propósito (Teng et al., 2017). Asimismo, eventos de este tipo han sido asociados a la ocurrencia brotes de enfermedades relacionados con el agua como la Leptospirosis al contaminar este recurso (**Anexo 2**).

De acuerdo con el Centro de Epidemiología de los Desastres (CRED, por sus siglas en inglés) en el periodo comprendido de 1998 a 2017 el 43.6% de todos los desastres naturales que se presentaron a nivel global fue referido a inundaciones dejando innumerables pérdidas económicas y humanas como se muestra en la **Figura 4**.



Figura 4. Número de desastres naturales agrupados por tipo que se presentaron en el periodo de 1998 al 2017. Fuente: CRED, 2017.

Una inundación de acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED,2014) se define como:

“Aquel evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.”

De entre las clasificaciones para eventos de inundación la SNET (2008) propone la siguiente:

- Inundaciones pluviales. Ocurren cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno y no puede ser drenada, acumulándose por horas y días sobre el terreno, lo que puede suceder tanto en las zonas rurales como las urbanas.
- Inundaciones fluviales. Se generan cuando el agua se desborda de los ríos y queda en los terrenos cercanos a ellos.
- Inundaciones costeras o marea de tormenta. Se desarrollan durante ciclones que pueden afectar las zonas costeras, sobre elevando el nivel del mar hasta que éste penetra tierra adentro, cubriendo en ocasiones grandes extensiones de terreno.
- Inundaciones por ruptura de bordos, diques o presas. Ocurren cuando las lluvias exceden la capacidad hidráulica de estas obras.
- Inundaciones por la incorrecta operación de una presa, que desfoga más de lo debido y provoca el desbordamiento de un río.

- En las ciudades, las inundaciones se presentan generalmente por deficiencias en el drenaje y acumulación de basura en las coladeras.

2.2.1 Inundaciones en centros urbanos

Las inundaciones urbanas son consideradas de gran riesgo para la población sobre todo porque en entornos urbanos donde se concentra un gran número de personas. De acuerdo con un estudio realizado en la India dentro los factores que influyen en las inundaciones urbanas se integran dos grandes grupos, los factores directos y los factores indirectos. Dentro de los factores directos se encuentran 1) el cambio climático global, que afecta los patrones del clima causando lluvias intensas, y 2) la urbanización, pues el incremento de zonas impermeables de manera masiva reduce significativamente la infiltración de los suelos y, por tanto, aumenta los volúmenes y en consecuencia los escurrimientos.

Por otro lado, y no menos importantes, los factores indirectos relacionados con las inundaciones urbanas, son 1) los inadecuados sistemas de desalojo de agua pluvial, 2) el inapropiado manejo de la basura y 3) la actitud de las personas. Ya que en muchas ocasiones las estructuras hidráulicas como los canales y alcantarillas ven reducida su capacidad por la acumulación de basura y por prácticas humanas inadecuadas. A continuación, se muestra el diagrama de las causas de las inundaciones en entornos urbanos (**Figura 5**).

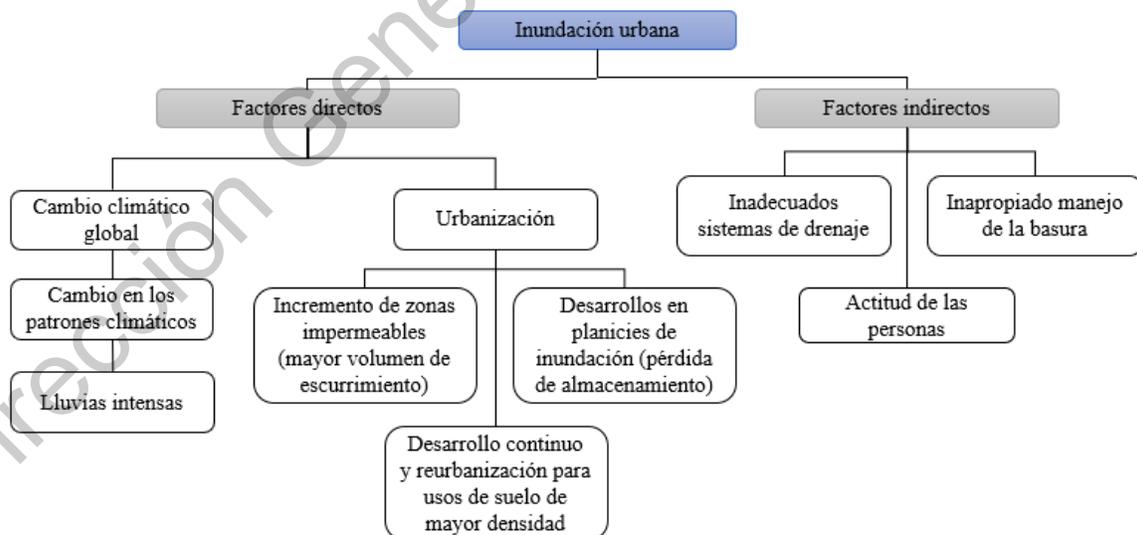


Figura 5. Causas de las inundaciones urbanas en la India. Fuente:(Anil K. Gupta & Sreeja S. Nair, 2011).

2.2.2 Conceptos fundamentales de riesgo.

El concepto de riesgo está relacionado con las actividades antropogénicas, pues este implica la presencia de un agente perturbador que tenga la probabilidad de provocar daños a un sistema afectable en grado tal que constituya un desastre. Las siguientes definiciones por el CENAPRED (2014), ayudan a entender mejor este concepto:

- Peligrosidad. Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, dentro de un tiempo determinado y área específica.
- Vulnerabilidad. Es la medida de que tan susceptible o propenso es un sistema expuesto a ser afectado o dañado, por un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas.
- Riesgo. Probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre un sistema, como consecuencia del impacto de un fenómeno perturbador.

En forma resumida y de acuerdo con este organismo, se tiene que:

$$\text{Riesgo} = \text{funcion} (\text{Peligro}, \text{Vulnerabilidad}, \text{Exposición})$$

2.2.3 Las inundaciones y su modelación.

De acuerdo con Teng et al., (2017) las evaluaciones de riesgo de inundación en áreas urbanas dependen de la precisión de la representación del flujo supercrítico que puede ofrecer un modelo numérico que simula la dinámica de fluidos. Existen diferentes métodos para entender los procesos involucrados en el flujo de ríos y llanuras de inundación y/o predecir las variables de flujo continuo e inundación, como el volumen, el nivel del agua, la extensión de la inundación y la velocidad del flujo, que son útiles para la evaluación de riesgos y el manejo de la planicie de inundación entre los cuales están los modelos empíricos, hidrodinámicos y los conceptuales simplificados.

2.3 Modelación hidrológica

2.3.1 Método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT)

Este método, desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), consta de dos partes. En una de ellas se hace una estimación del volumen de escorrentía resultante de una precipitación-escorrimento directo, y en la otra se determina el tiempo de distribución del escurrimiento, incluyendo la caudal punta.

Para la distribución en el tiempo de la escorrentía se hace uso del hidrograma unitario adimensional desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos cuya forma está predeterminada. La escala de tiempo del hidrograma se expresa en unidades del período de ascenso (T_p) del mismo y los

caudales de escurrimiento se expresan en unidades del caudal de escurrimiento de punta (q_p). Para convertir las ordenadas adimensionales del hidrograma en valores reales, debe conocerse el tiempo pico (T_p) y el caudal pico o de punta (q_p). Este último se obtiene utilizando la relación obtenida del hidrograma triangular sintético de la **Figura 6**.

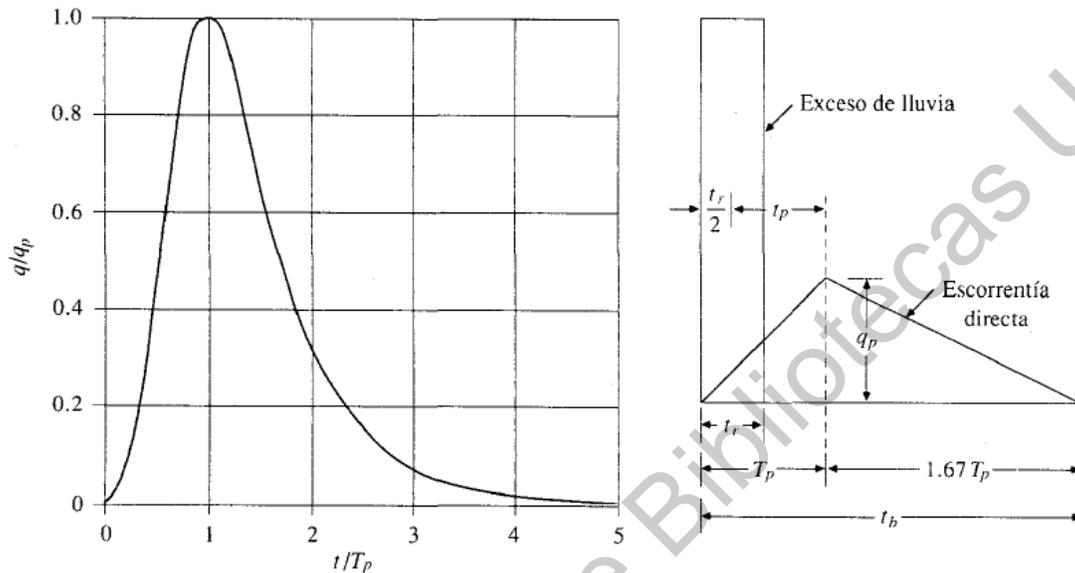


Figura 6. Hidrogramas unitarios sintéticos del Servicio de Conservación de Suelos (SCS). Hidrograma adimensional (izquierda) e Hidrograma unitario triangular (derecha) (SCS,1973).

Siendo el caudal pico deducido a través de la siguiente expresión (Aparicio Mijares, 1989):

$$q_p = \frac{0.208A}{t_p} \quad (1)$$

Donde q_p representa el caudal unitario pico ($m^3/s/mm$); A la superficie de la cuenca en km^2 y t_p el tiempo pico en horas. Mientras para el cálculo de la duración efectiva d_e , el tiempo de recesión t_r y el tiempo pico t_p , necesarios para la construcción del hidrograma, se emplean las siguientes expresiones:

$$d_e = 2\sqrt{t_c} \text{ horas} \quad (2)$$

$$t_r = 0.6 * t_c \text{ horas} \quad (3)$$

$$t_p = \frac{d_e}{2} t_r \text{ horas} \quad (4)$$

Para la obtención del escurrimiento directo se emplea la **Ecuación 5** para posteriormente calcular el hidrograma correspondiente con base al Hidrograma Unitario Adimensional de la SCS.

$$Q_{pH} = q_p P_e \quad (5)$$

Donde Q_{pH} representa el escurrimiento pico en m^3/s , q_p el caudal unitario pico en $m^3/s/mm$ y P_e la precipitación efectiva en mm.

2.3.2 Modelos hidrodinámicos

Los modelos hidrodinámicos son modelos matemáticos que intentan replicar el movimiento de fluidos y, por lo general, requiere resolución computacional. Estos modelos simulan el movimiento del agua resolviendo ecuaciones formuladas aplicando leyes de la física.

2.3.3 Las ecuaciones de Saint Venant 1D.

Las consideraciones necesarias para la deducción de las ecuaciones de Saint-Venant se enlistan a continuación:

1. El flujo es unidimensional; la profundidad y la velocidad varían solamente en la dirección longitudinal del canal.
2. El flujo varía gradualmente a lo largo del canal, de tal manera que la presión hidrostática prevalece y las aceleraciones verticales pueden despreciarse.
3. El eje longitudinal del canal es aproximadamente en línea recta.
4. La pendiente de fondo del canal es pequeña y el lecho es fijo.
5. Los coeficientes de resistencia para flujo uniforme permanente turbulento son aplicables.
6. El fluido es incompresible y de densidad constante a lo largo del flujo.

En general, los modelos 1D resuelven ecuaciones derivadas asegurando la conservación de la masa y del momento entre dos secciones transversales separadas una distancia Δx , lo que da lugar a las conocidas ecuaciones de Saint-Venant unidimensionales, las cuales se representan a continuación:

Conservación de la masa

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

Conservación de momento

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{2} \right)}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0 \quad (7)$$

donde Q es el gasto, t representa el tiempo, h es la profundidad del agua, g es la aceleración gravitacional, S_f es la pendiente de fricción y S_0 es la pendiente del lecho del canal (Chow, Maidment, & Mays, 1994; Teng et al., 2017).

2.3.4 Ecuaciones de Navier Stokes

Las ecuaciones de Navier-Stokes son usadas para describir el movimiento de sustancias fluidas y usualmente se escriben como:

Conservación de momento

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u + \frac{1}{\rho} \nabla p = g + \mu \nabla \cdot \nabla u \quad (8)$$

Condición de incompresibilidad

$$\nabla \cdot u = 0 \quad (9)$$

siendo u es la velocidad; ρ es la densidad del fluido; p es la presión; g es la aceleración gravitacional; μ es la viscosidad cinemática. La **Ecuación 8** surge de la aplicación de la ecuación de Newton $F = ma$ al movimiento del fluido, mientras que la **Ecuación 9** se basa en el supuesto de que la densidad del material es constante dentro de una parcela de fluido.

2.3.5 Ecuaciones de Saint-Venant en 2D

Las ecuaciones de Saint-Venant en 2D, también conocidas como las ecuaciones bidimensionales de aguas someras consideran que la profundidad es muy poca comparada con las otras dos dimensiones. La mayoría de enfoques resuelven estas ecuaciones, que representan la conservación de la masa y el momento en un plano, al promediar las ecuaciones de Navier-Stokes y se escriben como se muestra a continuación:

Conservación de masa

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (10)$$

Conservación de momento

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = 0 \quad (11)$$

Conservación de momento

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv^2 + \frac{1}{2}gh^2 \right) = 0 \quad (12)$$

donde x y y son las dos dimensiones espaciales, y el vector 2D (u, v) es la velocidad horizontal promediada en la columna vertical. La solución de estas ecuaciones comprende estimaciones de u , v y h sobre el espacio y el tiempo. Al igual que con las ecuaciones de Saint-Venant unidimensionales, las ecuaciones bidimensionales de aguas someras no tienen soluciones analíticas. Muchos esquemas numéricos son desarrollados para aproximaciones algebraicas (Teng et al., 2017).

2.4 Mapeo de peligro por enfermedad

El mapeo de peligro por transmisión de enfermedades es también considerado como el mapeo de la distribución de organismos patógenos. Para este tipo de estudios los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son particularmente útiles. Para que un mapa de peligro por transmisión de organismos patógenos sea efectivo debe basarse en un estudio riguroso y tener cualidades predictivas. Esta cualidad se mostrará cuando, el modelo sea validado dentro de un marco conceptual adecuado con la ecología y considerando la distribución geográfica y biogeográfica de las especies. Diversos investigadores de la salud pública y epidemiólogos han comenzado a utilizar nuevas metodologías para el mapeo del peligro en la transmisión de enfermedades. Dentro de este contexto el método de modelación de nicho ecológico es muy importante (Peterson, 2014).

2.4.1 Modelos de nicho ecológico

Un nicho es una reflexión de las limitaciones fisiológicas. El concepto de nicho ha servido ampliamente a los investigadores para el estudio de los organismos y su comportamiento dentro de una comunidad. Factores como las limitaciones ecológicas, ambientales, geográficas y el contexto histórico, son algunas de las más importantes variables que dan explicación a la distribución de las especies en el mundo. La modelación de nicho ecológico ofrece una nueva posibilidad para el entendimiento de las distintas distribuciones de especies en el mundo (Peterson, 2014).

Un gran número de modelos y teorías se han desarrollado, para poder entender los factores que afectan la transmisión de enfermedades. Algunos ejemplos de los marcos de referencia comúnmente utilizados son el diagrama de BAM, el cual consiste en la conceptualización de las interacciones entre los aspectos bióticos, abióticos y de movilidad dentro de un ecosistema. A pesar de que la distribución y transmisión de enfermedades es un fenómeno más que nada atípico, una examinación profunda de un marco de referencia como el BAM puede guiar a los investigadores a obtener el diseño apropiado para la recolección, análisis e interpretación de información (Peterson, 2014).

Uno de los retos más grandes en el mapeo de transmisión de enfermedades es el ensamblaje de información suficiente y apropiada en el tiempo, la cual documente la línea del tiempo de los eventos. El fenómeno de transmisión de enfermedades muestra una complejidad considerable que no es comúnmente mostrada en otros elementos de la biodiversidad. En particular, la interacción entre especies, es uno de los principales factores que puede intervenir en la dinámica de transmisión de enfermedades. Estas interacciones son altamente complejas, con múltiples niveles de patógenos. A su vez esta interacción entre especies está comúnmente ligada a factores sociales, de salud y aspectos geográficos (Peterson, 2014).

En resumen, la utilización de un modelo sencillo de con pocas variables no será suficiente para poder trabajar o identificará complejidad del fenómeno en general. Sin embargo, la adición de cada uno de estos aspectos contribuye al entendimiento general de todas las variables que forman parte del fenómeno. En otras palabras, los modelos de nicho proveen un punto de partida para el entendimiento del fenómeno. un resumen de las relaciones ambientales y su distribución con respecto al efecto de cada una de ellas con los componentes individuales del sistema. A partir de estos modelos iniciales, una vista más clara, concisa. y sencilla puede divisarse con la elaboración de escenarios (Peterson, 2014).

Es importante tener en cuenta que los efectos inter especies han sido analizados, y los modelos calibrados. El resultado es estos modelos solo puede dar una distribución potencial y por lo tanto una valoración de peligro potencial. Los modelos son una abstracción de la realidad. A menos que las interrelaciones sean muy fuertes, directas y manifiesten una consistencia entre distintos ambientes y dimensiones, los modelos de nicho ofrecen una imagen de las posibles áreas de distribución de la enfermedad, sin incluir los efectos de interacciones complejas. Sin embargo, estas interacciones pueden ser acotadas posteriormente a la modelación.

La modelación de nicho ecológico es un proceso en el cual se utiliza un algoritmo para predecir la distribución de una especie a través del espacio geográfico y tiempo. Generalmente la información es climatológica, pero puede incluir variables como el tipo de suelo, cobertura vegetal, profundidad del agua etc. Uno de los modelos más utilizados para la modelación de nicho ecológico es el Modelo de Máxima Entropía que combina estadística, métodos bayesianos y la máxima entropía par a la estimación de distribuciones de probabilidad (Calendario-Mejía et al., 2015). Este modelo se ajusta al nicho potencial de especies cuando se utilizan datos de presencia y ausencia. El modelo puede ser ajustado de tal manera que permite reconocer el nicho potencial, y calcular el área de idoneidad de la

especie, es decir la probabilidad de su ocurrencia sujeta a la condición de que un valor esperado de cada variable coincida con su media (Phillips, Anderson, Dudík, Schapire, & Blair, 2017).

3. Hipótesis

Las zonas urbanas vulnerables a inundaciones son también vulnerables a brotes epidémicos de enfermedades infecciosas como la Leptospirosis.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Identificar las zonas potenciales a brotes epidémicos de Leptospirosis asociadas a inundaciones en la ciudad de Querétaro.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar las zonas con peligro a inundación en la ciudad de Querétaro a través de la modelación hidrológica de la zona de estudio.
- Caracterización de campo para identificar la vulnerabilidad a la Leptospirosis en las zonas propensas a inundación.
- Elaborar un mapa de zonificación de peligro potencial a contagio de la enfermedad asociado a inundaciones.

5. Alcances

El presente estudio pretende conocer la vulnerabilidad a la Leptospirosis en las colonias propensas a inundación de la ciudad de Querétaro a través de un estudio exploratorio que establezca un índice de percepción de peligro potencial a brotes de la enfermedad basado en la relación *sitio inundable - vulnerabilidad a Leptospirosis*. Asimismo, pretende generar conciencia al público lector, a la población y a los tomadores de decisión sobre la importancia de las medidas de prevención, control y mitigación de eventos de inundación como medida de protección a la salud especialmente en las colonias más marginadas de la ciudad.

6. Limitaciones

La investigación presenta dificultades para ingresar a las bases de datos del sector salud y además inconsistencias en los datos proporcionados. Al ser la Leptospirosis una enfermedad que en la mayoría de los casos se presenta de manera subclínica o asintomática y que comparte su cuadro clínico con padecimientos de tipo febril el subregistro de la enfermedad es común por lo que no se

cuenta con una línea base con la cual medir la incidencia/prevalencia de la enfermedad de la ciudad de Querétaro. Asimismo, no fue posible la realización de pruebas serológicas confirmatorias de la enfermedad en animales y humanos en los sitios propensos a inundación. Mientras que el periodo de tiempo de recolección de información sobre vulnerabilidad en las colonias comprendió tan solo parte del año 2019 las condiciones sociales y de inundación que favorecen la presencia de la enfermedad son dinámicas, obligando a llevar estudios en forma permanente para conocer los procesos entre inundaciones y brotes de Leptospirosis.

7. Metodología

La realización del estudio se dividió en tres fases principales: 1) en la primera se analizó la relación entre las zonas propensas a inundación y la distribución de los casos de Leptospirosis humana en la República Mexicana mediante información la Secretaría de Salud y del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI), 2) La segunda consistió en la identificación de zonas con peligro a inundación en la ciudad de Querétaro a través de los reportes institucionales y modelación hidráulica 3) una tercera sección sobre elaboración y aplicación de un cuestionario sobre factores de vulnerabilidad asociados a la enfermedad en los sitios propensos a inundarse y su relación con las zonas potenciales de inundación producto de la modelación hidrológica.

7.1 Datos de morbilidad y mortalidad de Leptospirosis humana

7.1.1 *Recolección de información sobre morbilidad*

Para tener un panorama general de la Leptospirosis en el país se recolectaron datos sobre morbilidad de la base de datos del Anuario de Morbilidad (1984-2018) disponible en la página: <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/anuarios.html> de la Dirección General de Epidemiología para 19 años (2000-2018). Los datos fueron procesados y graficados de acuerdo al número de casos registrados por estado, mes de ocurrencia, genero, grupos de edad y tasa de incidencia para posteriormente ser analizados. Información referente a datos de mortalidad no se encontró en los sitios oficiales.

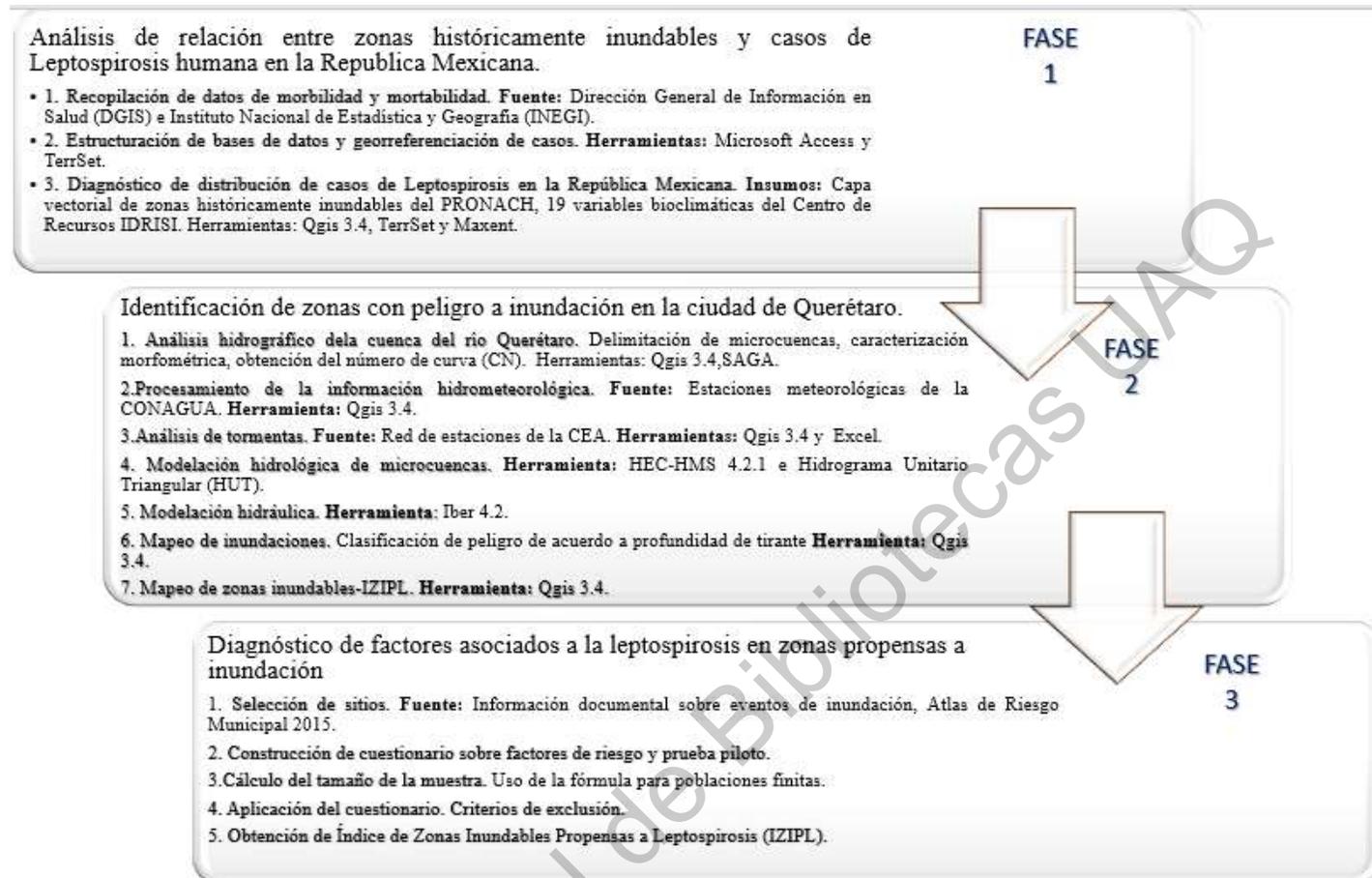


Figura 7. Metodología empleada en la investigación. La fase 1 incluye los pasos para el análisis de zonas históricamente inundables y presencia de casos. La fase 2 incluye los pasos para la identificación de colonias inundables a través de la modelación hidráulica. La fase 3 muestra cómo se obtuvo el Índice de Zonas Inundables Propensas a Leptospirosis (IZIPL).

7.1.2 Fuentes de información.

Al no contar con información sobre las cifras oficiales de casos y decesos de la enfermedad por se pretendió realizar un acercamiento para identificar la distribución de casos de Leptospirosis en México para un periodo de 15 años (2000-2014). Los datos sobre morbilidad fueron obtenidos de las bases de datos sobre Egresos Hospitalarios de la Secretaría de Salud (EHSS) y otros sectores de salud (IMSS, IMSS Oportunidades, ISSSTE, PEMEX y SEMAR). Simultáneamente, para los casos de mortalidad se descargó la base de datos sobre Defunciones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el mismo periodo cuya información se encuentra disponible en la página de la Dirección General de Información en Salud (DGIS) http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/da_egresoshosp_gobmx.html.

7.1.3 Estructuración de bases de datos.

Una vez descargadas las bases de datos se revisó su estructura por medio del gestor de datos Microsoft Access, perteneciente al paquete de Microsoft Office, y se desechó la información sobre Egresos Hospitalarios a nivel sectorial por no contar con información suficiente para llevar a cabo la georreferenciación de los casos. Las bases de datos sobre EHSS y defunciones fueron depuradas y se extrajeron las columnas de información útiles para llevar a cabo la georreferenciación, las cuales incluían los campos que se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Descripción de campos elegidos para la georreferenciación de casos de Leptospirosis de las bases de datos sobre EHSS. Fuente: Sistema Automatizado de Egresos Hospitalarios (SAEH).

Nombre del campo	Descripción
ENTIDAD	Entidad de residencia habitual
MUNIC	Municipio de residencia habitual
LOC	Localidad de residencia habitual
MOTEGRE	Motivo del egreso
AFECPRIN	Código CIE-10 de la Re-selección de la Afección principal
CAUSABAS	Código CIE-10 de la Causa Básica

De los campos seleccionados para la georreferenciación la información fue filtrada de acuerdo con los campos denominados AFECPRIN y CAUSABAS, (columna 1, **Tabla 1**) mismos que hacen referencia al código de la enfermedad con base en la Clasificación Internacional de Enfermedades en su décima revisión (CEI-10) que encasilla a la Leptospirosis dentro de los códigos A270, A278 y A279, indicando las diferentes presentaciones en que se puede manifestar la enfermedad (**Tabla 2**).

Tabla 2. Descripción de las diferentes manifestaciones de la Leptospirosis de acuerdo a la clasificación del CEI-10. Fuente: Clasificación Internacional de Enfermedades en su décima revisión (CEI-10)

Código CIE-10	Descripción
A270	Infección por <i>Leptospira interrogans</i> serotipo Icterohemorrágico.
A278	Otras formas de Leptospirosis.
A279	Otras formas de Leptospirosis, no especificadas.

Asimismo, se descargó la base de datos de localidades del Territorio Nacional del año 2010 mejor conocida como el ITER (Sistema de Integración Territorial) de la página del INEGI y fue organizada de manera que cada localidad tuviera su respectiva coordenada geográfica en grados decimales. Para obtener la clave de las localidades, compuesta de 8 dígitos, fue necesaria la creación de una nueva columna denominada ClvLoc, la cual se obtuvo al realizar la suma de las columnas ENTIDAD, MUNIC y LOC, cuando estas se encontraban en formato de texto, mientras que cuando las casillas se encontraban en formato numérico se realizaron algunas operaciones algebraicas, es decir, se multiplicó por decenas de millón la columna ENTIDAD y por decenas de mil la columna MUNIC para posteriormente ser agregadas a la columna LOC, como se muestra en el siguiente ejemplo (**Tabla 3**). Cabe mencionar que se descartaron aquellos casos que daban por clave de localidad entidades con el prefijo 33 y 34 por pertenecer a la capital del país y no ser posible su georreferenciación.

Tabla 3. Ejemplo de obtención de la clave de localidad (ClvLoc) para cada caso de Leptospirosis cuando las casillas ENTIDAD, MUNIC Y LOC de las bases de datos sobre EHSS y Defunciones se encontraban en formato numérico.

ENTIDAD	MUNIC	LOC	ClvLoc
03	014	0002	30140002

$$3 \times 10\,000\,000 = 30\,000\,000$$

$$14 \times 10\,000 = 140\,000$$

$$2 \times 1 = 2$$

$$ClvLoc = 30\,000\,000 + 140\,000 + 2$$

$$ClvLoc = 30140002$$

7.1.4 Georreferenciación de los casos de Leptospirosis.

Una vez adecuada la base de datos para su análisis fue llevado a cabo un conteo de los casos que se presentaron por cada localidad (ClvLoc) y se creó una nueva tabla, la cual se ligó a la tabla del ITER previamente lo que permitió asignarle a cada localidad su respectiva coordenada geográfica y poder espacializar cada uno de los casos y obtener una capa con extensión *.shp.

7.1.5 Diagnóstico de la distribución de la Leptospirosis en México.

Para conocer si la distribución de los casos y defunciones por Leptospirosis mostraban relación con variables climáticas dependientes de la precipitación y temperatura se descargaron 19 variables bioclimáticas (periodo 1910 a 2009) desarrolladas por investigadores pertenecientes a la UAMex, UNAM y el Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (Cuervo-Robayo et al., 2014) y que se encuentran disponibles en la página del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA) en el apartado de Superficies Climáticas para México del Centro de Recursos IDRISI.

Para el análisis se utilizó el software MAXENT (Modelado de Máxima Entropía), modelo predictivo de distribución de especies basado en el método de máxima entropía (Phillips, Anderson, Dudík, Schapire, & Blair, 2017), el cual fue manipulado dentro del Sistema de Información Geográfico Integrado TerrSet. Para la modelación del diagnóstico fueron introducidas las 19 variables bioclimáticas (**Tabla 4**) junto con la capa con extensión *.shp de los casos de Leptospirosis para todo el país recolectados. Para identificar las variables con mayor influencia en la distribución de los casos se realizaron varias pruebas de modelos, depurando, en cada ocasión, el número de variables bioclimáticas hasta obtener el modelo consistente con los resultados previstos y congruentes con la base de datos.

Tabla 4. Variables bioclimáticas asociadas a la precipitación y la temperatura.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
BIO1	Temperatura medio anual
BIO2	Rango diurno medio (tiempo mínimo mensual promedio - tiempo máximo mensual promedio).
BIO3	Isotermalidad (Bio2/Bio7).
BIO4	Temperatura estacional
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango de temperatura anual (Bio5-Bio6)
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más cálido
BIO14	Precipitación del mes más frío
BIO15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo

BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío

Una vez identificadas las zonas donde las variables bioclimáticas favorecen el desarrollo de la Leptospirosis fueron recuperadas las capas de inundaciones históricas de 1960 a 2010 del Programa Nacional de Contingencias Hidráulicas (PRONACCH), perteneciente a la Comisión Nacional de Aguas (CONAGUA), dentro de la aplicación Sistema de Información Geográfica sobre riesgos desarrollada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) que posteriormente fueron convertidas a formato *.shp con la finalidad de identificar las zonas de coincidencia entre ellas.

7.2 Identificación de zonas con peligro a inundación en la ciudad de Querétaro.

7.2.1 Descripción de la zona de estudio

La ciudad de Querétaro se localiza dentro de la cuenca del río Querétaro, ubicada justo en los límites del estado de Querétaro con Guanajuato y comprende parte de los municipios de Querétaro, El Marqués, Corregidora, Colón y Huimilpan. La cuenca tiene una superficie aproximada de 2139 km² lo que representa poco más del 18% de la superficie total del estado. Sus límites físicos se encuentran al norte con el estado de Guanajuato, al sur con los estados de Guanajuato y Michoacán al este con los municipios de Colón, Pedro Escobedo y Amealco de Bonfil, y al oeste con el estado de Guanajuato. La cuenca se localiza entre los puntos 2 312 878.00 y 2 339 044.00 m Norte, 342 661 y 393 575 m Este (WGS 84 zona 14N, proyección UTM) (**Figura 8**) con alturas que van desde los 1780 msnm hasta los 2950 msnm.

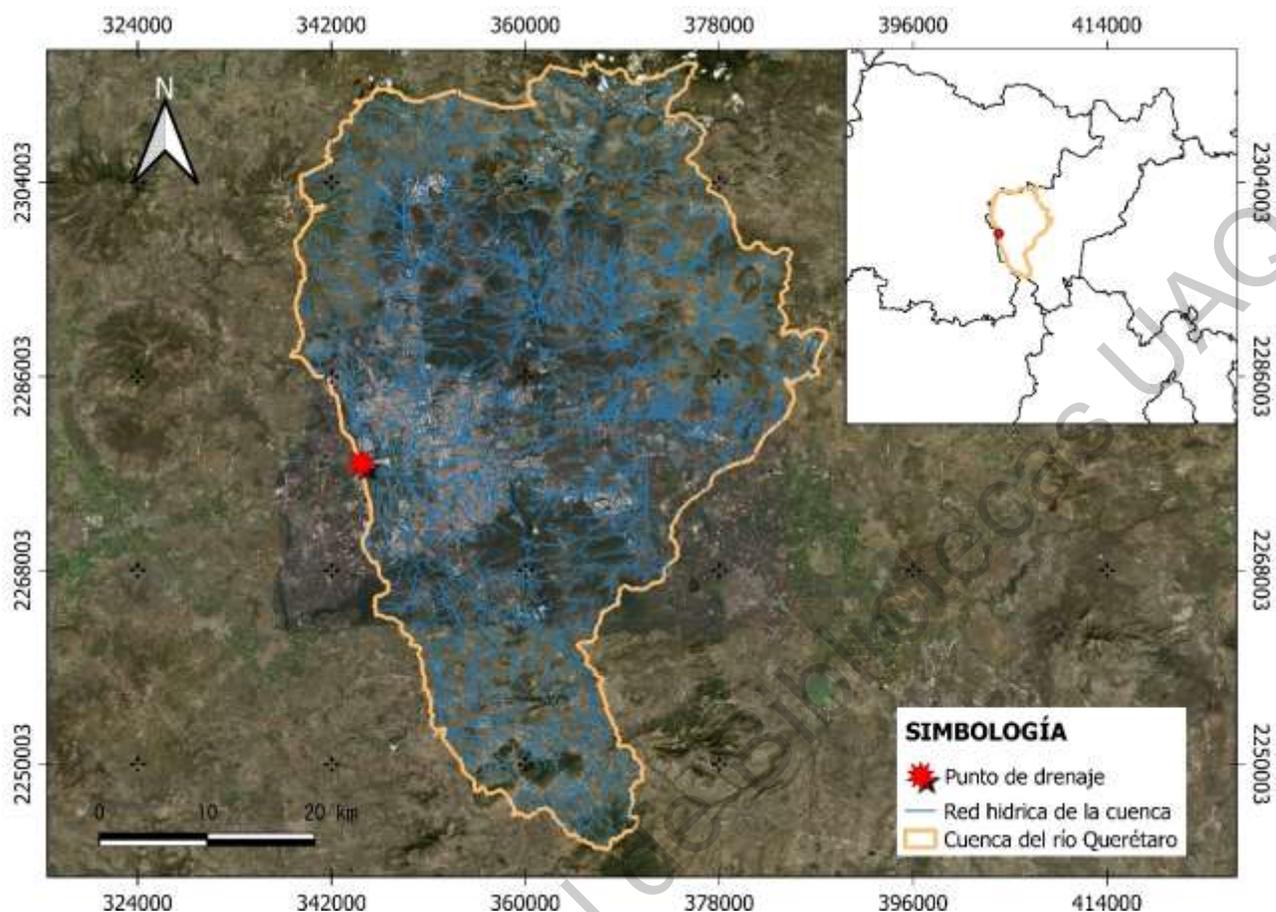


Figura 8. Ubicación de la cuenca del río Querétaro

El río Querétaro tiene su nacimiento en el Cerro El Zamorano, ubicado en el municipio de Colón, y recorre una longitud aproximada de 68km cruzando los municipios de Colón y El Marques además de parte de la zona urbana de la ciudad de Querétaro hasta su punto de drenaje ubicado en un sitio conocido como Las Adjuntas, perteneciente al estado de Guanajuato, donde se unen el río Querétaro, el Dren El Arenal y el río Pueblito (**Figura 9**). Asimismo, la cuenca del río Querétaro forma parte de la Región Hidrológica 12 (RH12) denominada Lerma-Santiago, la cual cuenta con una superficie total de 132 916 km² y que forma parte de la Región Administrativa Lerma-Santiago-Pacífico (CONAGUA, 2010).

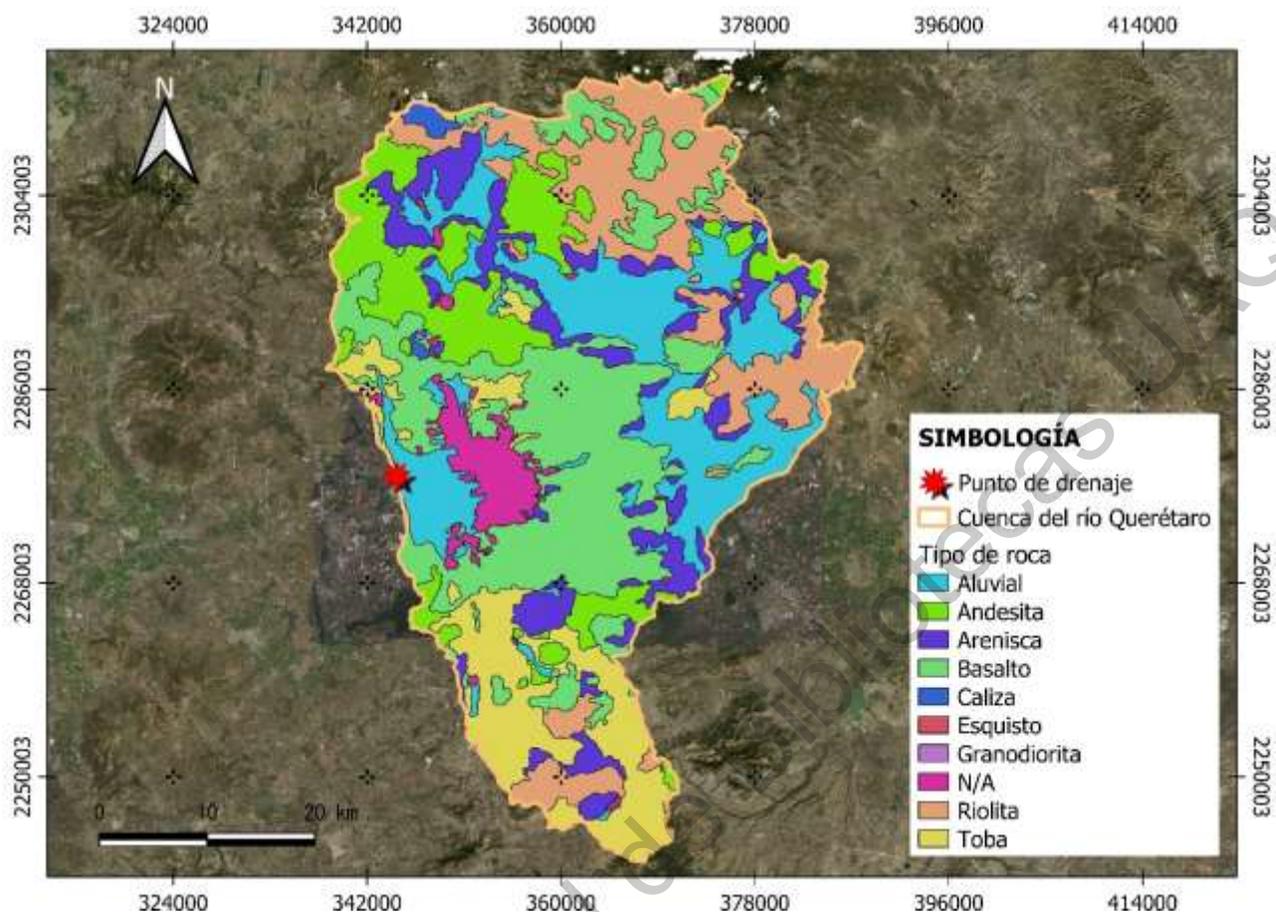


Figura 10. Mapa de geología de la cueca del río Querétaro

- ◇ De la era Cuaternaria el suelo aluvial; rocas como la andesita, basalto, basalto-brecha volcánica básica para el periodo Terciario-Cuaternario. Las rocas ígneas extrusivas como riolita, riolita-toba ácida, toba ácida; y las sedimentarias arenisca-conglomerado y areniscas propias del periodo Terciario.
- ◇ Para la era del Cretácico se observan las caliza y caliza-lutita pertenecientes a las rocas sedimentarias siendo las unidades pertenecientes al período Terciario y Terciario-Cuaternario las más sobresalientes en la cuenca del río Querétaro.

7.2.3 Edafología

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la edafología de la cuenca del río Querétaro se integra por suelo predominante de tipo vertisol pélico presentando colores oscuros, textura uniforme fina y alto contenido de materia orgánica, siendo considerados como suelos muy impermeables.

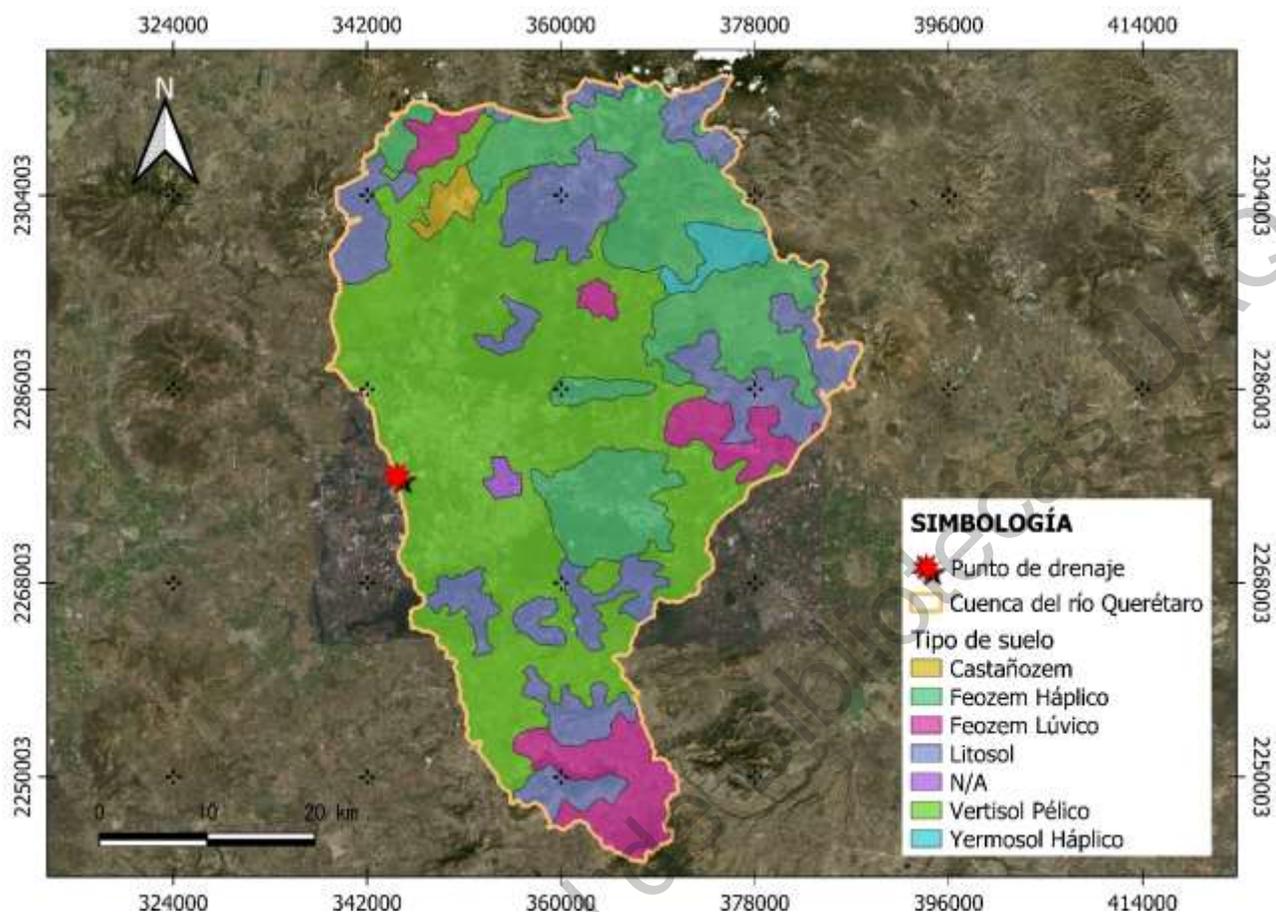


Figura 11. Mapa de edafología de la cuenca del río Querétaro.

En segundo lugar, se encuentra el tipo suelo litosol, caracterizado por ser un suelo poco profundo y con buena permeabilidad. Además, en gran proporción, se encuentra el suelo phaeozem conocido generalmente como feozems, del tipo lúvico el cual cuenta con un horizonte “A” mólico y un horizonte “B” argílico y del tipo háplico. Y, por último, en proporción menor se encuentran los suelos: yermosol háplico, castañozem cálcico entre otros (**Figura 11**).

7.2.4 *Uso de suelo y vegetación*

Los usos de suelo son un proceso realizado por el hombre y que va de la mano con el crecimiento poblacional y la urbanización. Lo anterior trae consigo no solo una reducción significativa en las tasas de infiltración, sino que también un aumento en los volúmenes de escurrimiento. De acuerdo con datos del INEGI en la cuenca del río Querétaro se encuentran 15 diferentes usos de suelo que abarcan la superficie total de la cuenca (**Figura 12**).

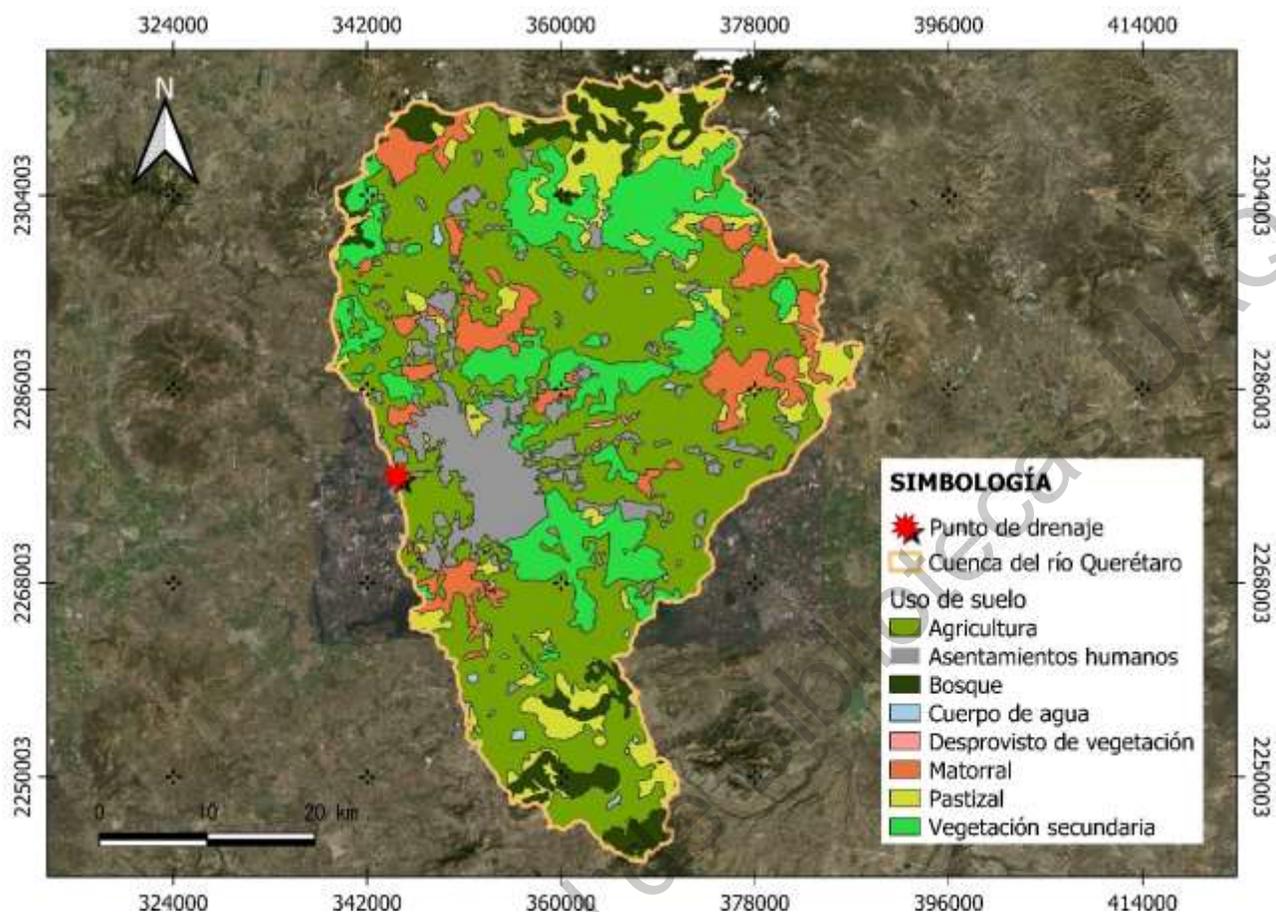


Figura 12. Mapa de diferentes usos de suelo de la cuenca del río Querétaro.

Los usos de suelo predominantes en la cuenca del río Querétaro son: agricultura de temporal (35%), vegetación secundaria de selva baja caducifolia (17%), agricultura de riego (12%), pastizal inducido (10%) y asentamientos humanos (10%). Sin embargo, de acuerdo con la ONU-Hábitat el crecimiento poblacional de la ciudad de Querétaro ha incrementado en 443% en el periodo de 1970 a 2017 lo que ha dado como resultado un aumento de las superficies impermeables en hasta un 1762%.

7.2.5 Análisis hidrográfico de la cuenca del río Querétaro

7.2.5.1 Delimitación de la cuenca de estudio

Para la evaluación hidrográfica de la cuenca del río Querétaro se decidió usar como unidad de estudio la clasificación de la microcuenca. La información sobre la delimitación geográfica de las microcuencas, que abarcaban la cuenca del río Querétaro, así como la red de drenaje y la capa de los principales drenes y canales de la ciudad se obtuvieron en formato *.shp (**Figura 13**).

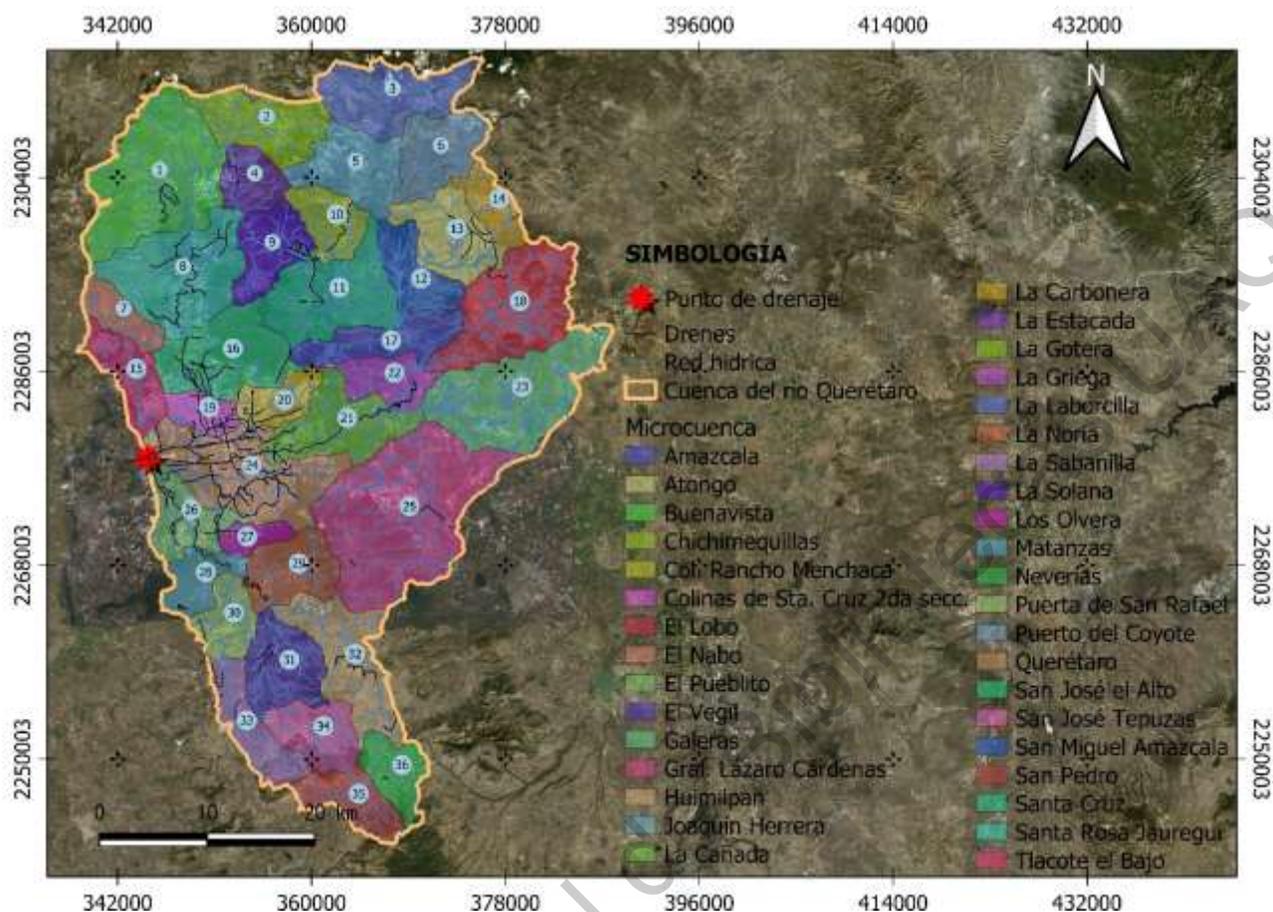


Figura 13. Mapa de delimitación de microcuencas de la cuenca del río Querétaro.

Por otro lado, fueron descargadas las cartas topográficas 1:50000 del INEGI con identificador “F14C55”, “F14C56”, “F14C65”, “F14C66”, “F14C75” y “F14C76” con las cuales se generó el Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución espacial de 15 m, en el Sistema de Información Geográfica QGis 3.4.4, a través de la herramienta de interpolación “Triangular Irregular Network” (TIN). Posteriormente el MDE fue corregido hidrológicamente con la herramienta de Wang y Liu (L. Wang y Liu, 2006) misma que detecta y rellena depresiones y sumideros que pudieran afectar el procesamiento de algoritmos para estudios hidrológicos.

Con esta información se obtuvieron las características morfométricas de cada una de las microcuencas como: su área, perímetro, longitud axial, pendiente media además de parámetros asociados al relieve, a la forma de la cuenca y a la red de drenaje, información que nos permite comprender, de manera cualitativa, la respuesta de la cuenca. Asimismo, se calculó la pendiente ponderada del cauce principal con Taylor y Schwarz y la longitud del mismo lo que sirvió para calcular el tiempo de concentración (T_c) de cada una de las microcuencas, utilizando la fórmula de Kirpich, tiempo que más adelante se usó para definir las duraciones de las tormentas de diseño.

Cabe mencionar que información sobre las presas de almacenamiento, bordos de regulación, así como información sobre los procesos hidrológicos de evaporación e intercepción de la precipitación de la vegetación no se tomaron para la presente investigación.

7.2.6 *Procesamiento de la información hidrometeorológica*

Para el análisis de la información hidrometeorológica se usó la capa en formato *.kmz, con la información sobre las estaciones meteorológicas a nivel nacional de la Comisión Nacional de Aguas (CONAGUA, 2018). En total seis estaciones fueron seleccionadas para el estudio, todas ellas localizadas dentro y en la en proximidad de la cuenca de estudio y con influencia dentro de la misma. Los nombres de las estaciones elegidas fueron: “El Charepe”, identificador 11144; “El Batán”, identificador 22004; “Huimilpan”, identificador 22019; “La Joya”, identificador 22041; “Juriquilla”, identificador 22045 y “El Zamorano”, identificador 22049. Todas estas con datos de lluvia en 24 horas y un porcentaje de datos completos mayor al 90% (Tabla 5).

Para la selección de las precipitaciones requeridas para análisis de frecuencias y la modelación de inundaciones se eligió un periodo común entre las estaciones indicadas de 31 años (1981-2011), de donde se extrajeron los datos de Precipitación Máxima en 24 horas (PM24h) y de Precipitación Media Anual (PMA) para cada una de las estaciones. Los datos de PMA fueron analizados por medio del método de la curva masa doble, el cual permitió establecer si los datos eran homogéneos y consistentes, condición indispensable para realizar estudios hidrológicos.

Tabla 5. Estaciones seleccionadas para el análisis hidrológico (CONAGUA,2018)

ID	Estaciones	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Años efectivos	Periodo
11144	El Charape	20.919	-100.431	2201	32.4	1979-2016
22004	El Batán	20.504	-100.424	1895	50.6	1965-2016
22029	Huimilpan	20.384	-100.281	2271	35.9	1973-2011
22041	La Joya	20.815	-100.55	2375	32.3	1975-2011
22045	Juriquilla	20.704	-100.459	1885	25.1	1979-2014
22049	El Zamorano	20.904	-100.212	2568	28.7	1979-2013

Una vez que se corroboró que los datos eran consistentes se realizó un análisis de frecuencias a los registros de PM24h con ayuda del programa AX.exe, desarrollado por el CENAPRED, para encontrar las distribuciones de probabilidad de mejor ajuste y poder extrapolar valores de precipitación para diferentes periodos de retorno. Las funciones de probabilidad comúnmente utilizadas son: Normal, Log. Normal, Gamma, Gumbel y Doble Gumbel. Por otro lado, con la finalidad de obtener las precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno fue necesario

digitalizar las isoyetas de precipitación para el estado de Querétaro proporcionadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) para duraciones de 60 minutos y periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, procedimiento empleado para obtener las curvas I-D-T con base en la fórmula de Chen **Ecuación 15** (Chen, 1983).

Una vez digitalizadas las isoyetas, se extrajeron sus vértices y estos fueron interpolados para crear una capa ráster. De esta capa se obtuvo un valor promedio ponderado para cada periodo de retorno. En seguida las PM24h proyectadas para los periodos de retorno 10, 25, 50 y 100 se multiplicaron por 1.13 y se usaron para obtener los cocientes lluvia-duración (R) (**Ecuación 13**) y lluvia-frecuencia (F) (**Ecuación 14**) así como los parámetros a, b y c, indispensables para aplicar la fórmula de Chen.

- Cociente lluvia-duración (R)

$$R = \frac{\frac{P_1^{10}}{P_{24}^{10}} + \frac{P_1^{25}}{P_{24}^{25}} + \frac{P_1^{50}}{P_{24}^{50}} + \frac{P_1^{100}}{P_{24}^{100}}}{4} \quad (13)$$

- Cociente lluvia-frecuencia (F)

$$F = \frac{P_{24}^{100}}{P_{24}^{10}} \quad (14)$$

- Formula de Chen

$$i_d^{Tr} = \frac{aP_1^{10} \log(10^{2-FTr} R^{F-1})}{(d+b)^c} \quad (15)$$

$$a = 21.03453 - 186.4683R + 825.4915R^2 - 1084.846R^3 + 524.06R^4 \quad (16)$$

$$b = 3.487775 - 68.13976R + 389.4625R^2 - 612.4041R^3 + 315.8721R^4 \quad (17)$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759R + 2.109415R^2 - 4.827012R^3 + 2.459584R^4 \quad (18)$$

De esta manera se obtuvieron las curvas I-D-T para cada una de las estaciones. Con la finalidad de obtener una curva I-D-T para toda la cuenca se procedió a conocer su área de influencia a través del método de los polígonos de Thiessen. Posteriormente se ponderaron las precipitaciones con duración de 60 minutos y las PM24h proyectadas, que luego fueron introducidas en la fórmula de Chen para obtener la curva de I-D-T representativa de la cuenca.

Por otro lado, fue llevada a cabo una revisión documental histórica en artículos de difusión y periódicos con el fin de contabilizar los eventos y fechas reportadas como encharcamientos e inundaciones en la ciudad de Querétaro. Con la información recabada se buscó en cada una de las

bases de datos de las estaciones de CONAGUA la fecha del evento y se extrajo la lámina de precipitación para ese día. En los casos con registro NULL se empleó el método de la distancia inversa al cuadrado, el cual dispone de los registros de precipitación de las estaciones vecinas para el día sin dato con el fin de obtener el valor de la precipitación para la estación. Paso seguido se calculó la lluvia con base en la influencia de cada estación en la cuenca, es decir la lluvia ponderada por evento para toda la cuenca (**Anexos 3-6**). Las tormentas fueron disgregadas en una hora de duración de acuerdo con el hietograma sintético tipo II del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos el cual es característico de casi todo el centro del país (Campos Aranda, 2010).

Asimismo, se consultó el catálogo de estaciones hidrométricas del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) donde se encontró que la estación Ameche con identificador “12718” ubicada en Calera de Ameche, Guanajuato era la más cercana a la zona de estudio. Entonces se procedió a extraer la información sobre caudales medidos para los mismos días en que se presentaron las tormentas antes mencionadas con la finalidad de calibrar el modelo (**Anexos 7-8**). Cabe mencionar que fue necesario realizar interpolaciones lineales para estimar el caudal en horas que no contaban con registro.

7.2.7 *Análisis de tormentas*

Con el fin de analizar la recurrencia de tormentas ocurridas en la ciudad de Querétaro se tomaron los registros de lluvia cada 10 minutos de 13 estaciones meteorológicas dependientes de la Comisión Estatal de Aguas (CEA) con los siguientes nombres: “CEA Central”, identificador IQUERETAR6; “Jurica”, identificador IQUERETAR27; “Centro Cívico”, identificador IQUERETA17; “La Obrera”, identificador IQUERETA39; “Plaza Altamira”, identificador IQUERETA37; “San Antonio de la Punta”, identificador IQUERETA33; “UTEQ”, identificador IQROQUER3, “Sta. Rosa Jáuregui”, identificador IQROQUER2, “La Rochera”, identificador IQUERETA35, “Protección civil”, sin identificador, “Plaza Escobedo”, sin identificador, “TAQ”, sin identificador y “TEC MTY”, sin identificador (**Tabla 6**).

Tabla 6. Estaciones de la CEA seleccionadas para el análisis de datos de tormentas.

ID	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ELEVACIÓN (M)	LATITUD	LONGITUD
IQUERETA33	San Antonio de la Punta	1809	20.59 °N	100.43 °W
IQUERETAR6	CEA Area Central	1813	20.59 °N	100.41 °W
IQUERETA39	La Obrera	1938	20.62 °N	100.42 °W
IQROQUER3	UTEQ	1951	20.66 °N	100.40 °W
IQUERETAR27	Juríca	1822	20.66 °N	100.44 °W

IQROQUER2	Sta. Rosa Jáuregui	1962	20.74 °N	100.45 °W
IQUERETA35	La Roquera	2451	20.78 °N	100.54 °W
IQUERETA17	Centro Cívico	1995	20.58 °N	100.35 °W
IQUERETA37	Plaza Altamira	1859	20.63 °N	100.47 °W
S/I	Protección civil	1881	20.62 °N	100.40 °W
S/I	Plaza Escobedo	1821	20.58 °N	100.39 °W
S/I	TAQ	1867	20.58 °N	100.35 °W
S/I	TEC MTY	1817	20.61 °N	100.40 °W

Fueron consideradas como tormentas con potencial de inundación los registros de lluvia que no tuvieran interrupciones de más de 50 minutos entre eventos consecutivos y al menos una lámina acumulada de 5mm. Con esta información se clasificaron las tormentas en rangos de duración de 30 minutos. De cada tormenta se obtuvo su intensidad media, su lámina total acumulada y su duración total. Además, se identificó la intensidad máxima presentada para el evento, el tiempo en el que se registró la misma y lámina acumulada hasta ese momento. Después se buscó para cada evento de lluvia el periodo de retorno asociado de acuerdo con las curvas I-D-T generadas en el paso anterior además de obtener un histograma de frecuencias de tormentas con base en la lámina de lluvia. El objetivo era ver si la recurrencia de las tormentas superaba los periodos de retorno establecidos.

7.2.8 Modelación hidrológica de las microcuencas

7.2.8.1 Modelo HEC HMS

La modelación hidrológica de las microcuencas, en su conjunto, se realizó con el programa de acceso libre HEC HMS versión 4.2.1 (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, el cual permite simular procesos hidrológicos como: la infiltración, la transformación de lluvia-escurrimiento, la evaporación, la erosión, el transporte de sedimentos y la calidad del agua en una cuenca o conjunto de cuencas además de contar con herramientas de análisis para la optimización del modelo. Los resultados del modelo pueden ser útiles para el diseño de drenaje urbano, diseño de vertederos, reducción de daños por inundación, regulación de llanuras de inundación, etc. La **Figura 14** muestra el modelo de las microcuencas realizado con el modelo HEC HMS.

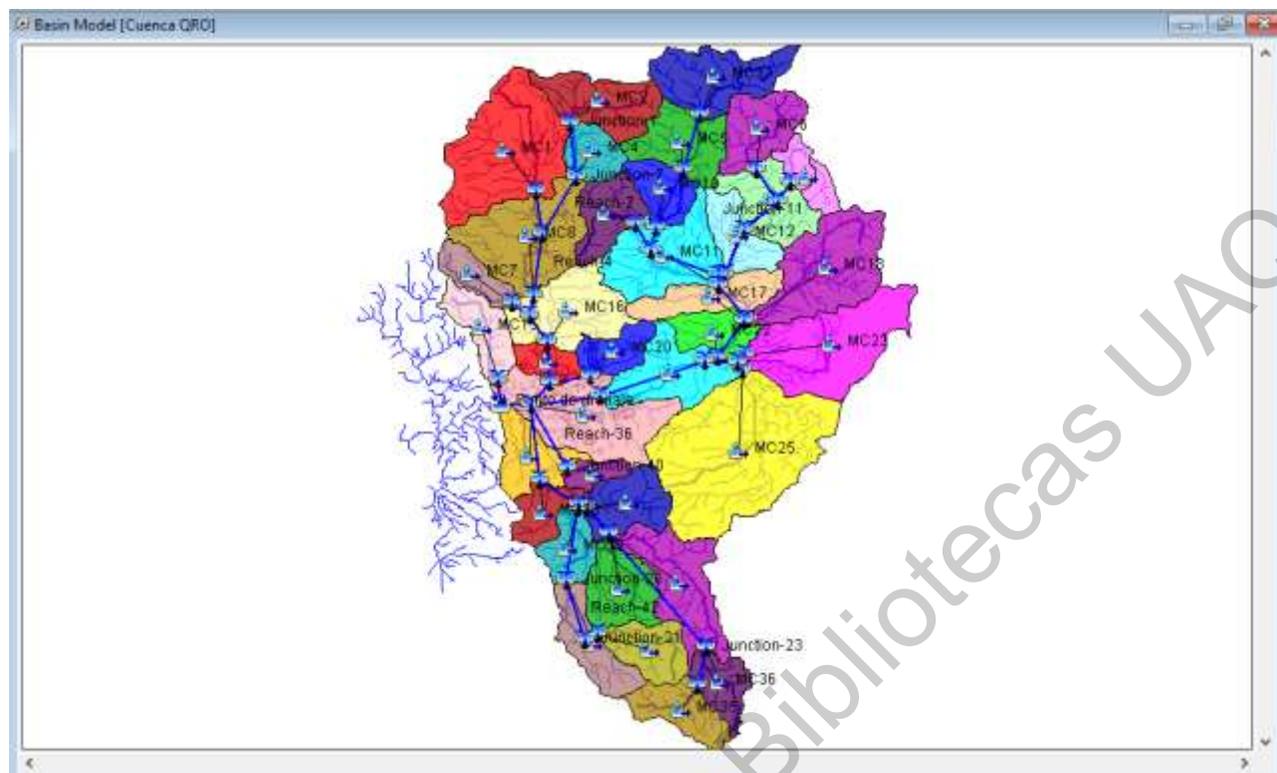


Figura 14. Modelo de microcuencas en HEC-HMS.

. En la primera fase el modelo separa la lluvia neta de la total (Loss Method), en la segunda calcula la escorrentía directa (Transform Method), en la tercera suma a la escorrentía directa la escorrentía básica (Baseflow Method) y en la última fase (Routing) transita los hidrogramas para obtener el hidrograma final. Los componentes básicos del programa son: el modelo de la cuenca (Basin Model Manager), el modelo meteorológico (Meteorological Model), los hidrogramas o tormentas de diseño (Time Series Data Manager) y las especificaciones de control (Control Specifications Manager). Para ver los detalles del modelo ver: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>.

La parametrización de la cuenca fue considerando las 36 microcuencas. El método (Loss Method) elegido fue del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), también conocido como el método de la curva numérica (CN), asimismo el método de transformación usado fue el del hidrograma unitario del SCS (NRC,1986) mientras que el método de escurrimiento base no fue tomado en cuenta, debido a que en ningún caso existen condiciones de río natural, las corrientes naturales, así como el río Querétaro han pasado a canales revestidos. Para el cálculo del número de curva (CN) se empleó la información cartográfica proporcionada por el INEGI, sobre edafología y usos de suelo y vegetación además de la condición hidrológica de su superficie.

El tiempo de retardo o lag time de los escurrimientos a causa de la regulación de los escurrimientos, se calculó como el 0.6 del tiempo de concentración. Para el tránsito de los hidrogramas fue elegido el método de Muskingum-Cunge. Las características geométricas sobre las secciones y pendientes de los canales, además de su rugosidad, se basaron en los valores proporcionados en la Actualización del Plan Maestro Pluvial de la Zona Metropolitana de Querétaro (2008-2025).

Los hietogramas utilizados fueron los sintéticos tipo II del SCS, disgregados para una duración de una hora y ponderados para toda la cuenca (NRS, 1986). Una vez identificados se crearon los modelos meteorológicos para cada evento analizado: 1) 12/octubre/1986, 2) 19/agosto/2003, 3) 03/julio/2004 y 4) 06/septiembre/2003 así como para distintos periodos de retorno. Enseguida, a cada uno de los eventos se le asignó el hietograma ponderado específico para la fecha analizada. Además, se introdujeron los caudales observados en la estación hidrométrica de Ameche para cada una de los eventos analizados con el objetivo de comparar el caudal modelado.

Cabe recalcar, que el gasto reportado se ajustó en forma proporcional al área de aportación a la estación de las Adjuntas, aproximadamente el 87% del caudal registrado en la estación hidrométrica de Ameche. El modelo se probó consecutivamente utilizando el número de curva (CN), la abstracción inicial (Ia) y la duración de la tormenta para calibrar el caudal pico a la salida de la cuenca, bajo la hipótesis que no hay retenciones significativas al interior de la misma y sin considerar las perdidas por interceptación de la vegetación ni evaporación.

7.2.8.2 *Hidrograma unitario triangular*

Para la modelación hidrológica de microcuencas de manera “independientes” fue necesario discretizar aún más algunas de las microcuencas analizadas con el objetivo de modelar de manera local. Para esta nueva caracterización de microcuencas se utilizó el Simulador de Flujos en Superficie (SIATL) de donde se obtuvieron parámetros básicos necesarios para la obtención de los caudales pico, como el área y el tiempo de concentración (Tc). Por el tamaño de las cuencas se consideró pertinente modelar los caudales por medio de hidrogramas sintéticos, en específico el del hidrograma unitario triangular (HUT). Donde la precipitación efectiva fue estimada a través de las curvas P-D-T obtenidas con el método propuesto por Emil Kuichling y C.E. Gransky.

7.2.9 *Modelación hidráulica*

La modelación hidráulica de la capacidad de los canales y drenes que atraviesan las microcuencas donde se localizan las zonas potenciales de inundación reportadas por el Atlas de

Riesgo del Municipio de Querétaro para el 2015, se realizó con el software Iber versión 2.4.3 (Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., Coll, 2014)

El Iber un modelo numérico de simulación del flujo turbulento bidimensional para la simulación de ríos desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (GEAMA, perteneciente a la Universidad de A Coruña), el Grupo FLUMEN (de la Universidad Politécnica de Cataluña y de la Universidad de Barcelona) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE, vinculado a la Universidad Politécnica de Catalunya). Las entradas del modelo están constituidas por la información topográfica (MDE), hidrogramas, rugosidad de los canales y ríos y el número de curva (CN).

Para el modelo se utilizó una rejilla de 20m, se consideró el número de curva (CN) calculado previamente en la calibración (subcapítulo “Modelación hidrológica de las microcuencas”, página 48), una altura de agua inicial de 0 (por no tener escurrimiento base) y una condición hidrológica antecedente normal. Las modelaciones se hicieron para los drenes que atravesaba las colonias de interés con base en la lluvia obtenida para un periodo de retorno igual a diez años variando el número de Manning “n” de acuerdo al tipo de superficie del río, utilizando valores desde 0.015 para ríos o canales revestidos con concreto y 0.028 para superficies de tierra. Los resultados de cada modelación se extrajeron en formato ráster para luego ser tratados en el programa QGis 3.4.4.

7.2.10 Mapeo de inundaciones

Para la caracterización de peligro de daños por inundación se utilizó la clasificación del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México (IIUAM) que se encuentra dentro de los Lineamientos para la Elaboración de Mapas por Inundación (CONAGUA, 2014) y tiene el objetivo de evaluar la severidad de eventos hidrometeorológicos además de ser el marco para la elaboración de mapas de peligro y riesgo. La clasificación se basa en la altura del tirante en metros como se muestra en la **Tabla 7**. La elección de esta escala permite definir el peligro de la población cuando se encuentra tanto dentro como fuera de sus viviendas con base en los daños en la infraestructura, siendo importante para el presente estudio puesto que al presentarse derrumbes de edificaciones hay mayor probabilidad de presentar cortaduras o abrasiones en la piel lo que está asociado con un mayor riesgo de contagio al estar en contacto con agua contaminada por patógenos causantes de enfermedades.

Tabla 7. Valoración de peligro por inundación (IUNAM).

Altura del tirante (Y) en metros	Peligro por inundación
$Y < 0.3$	Muy Bajo
$0.3 \leq Y \leq 0.8$	Bajo
$0.8 \leq Y \leq 1$	Medio
$1 \leq Y \leq 2$	Alto
$Y > 2$	Muy Alto

7.3 Diagnóstico de factores de vulnerabilidad asociados a la Leptospirosis en zonas propensas a inundación.

7.3.1 Selección de sitios

Para la realización del estudio se eligieron 60 colonias pertenecientes al municipio de Querétaro, capital del estado de Querétaro, sitios que en los últimos años han sido afectados por precipitaciones intensas e inundaciones recurrentes. La elección de las colonias se hizo empleando la información proporcionada por la modelación de peligro a inundación elaborada en el Atlas de Riesgo del Municipio de Querétaro del año 2015 en conjunto con información documental sobre zonas afectadas por inundaciones en los últimos diez años **Tabla 8**. Cabe mencionar que algunos sitios mencionados en el Atlas fueron excluidos de la investigación por las dificultades para ingresar en las zonas residenciales. En la **Tabla 9** se pueden observar las colonias seleccionadas para la investigación.

Tabla 8. Listado de Información documental sobre eventos de precipitaciones intensas e inundaciones en la ciudad de Querétaro extraída de fuentes digitales diversas.

Fuente	Fecha	Sitios afectados	Detalles
El Universal	23-ago-03	Más de 250 viviendas en la Colonia Carrillo Puerto afectadas. Además de daños por inundación en el Eco centro expositor y el estacionamiento subterráneo del Centro Cívico.	El tirante de agua alcanzo el metro de altura.
El Universal	25-ago-03	Afectaciones a más de 30 colonias en el municipio. Entre ellas: Felipe Carrillo Puerto, Obrera, Industrial y Del Sol.	Lluvias de 9h de duración con precipitación acumulada de 50mm provocaron serias inundaciones en 30% de la zona urbana de Querétaro. Los tirantes en algunas colonias rebasaron el metro de altura y dejaron un saldo de 4 personas fallecidas con pérdidas económicas de 30 millones de pesos.

La Jornada	07-sep-03	Afectaciones en 18 colonias de la ciudad entre las más perjudicadas Felipe Carillo Puerto. Además de daños en más de 5 mil viviendas de la zona norte y noreste de la ciudad.	Desbordamiento de tres drenes por lluvia intensa de 63mm/h correspondiendo a valores máximos históricos de 1921. Al menos 12 mil vehículos quedaron varados.
El Universal	17-ago-08	Santa Rosa Jáuregui	Inundaciones y daños además del descenso de varias personas debido a fuertes corrientes de agua.
El Universal	04-feb-10	Afectaciones a más de medio millón de viviendas, tierras de cultivo, carreteras y zonas urbanas. Colonias en Santa Rosa Jáuregui, Mompaní y Jurica Pueblo.	Desbordamiento de media docena de presas, tres ríos y un par de canales en diversos puntos de la entidad.
Diario de Querétaro	04-feb-10	Encharcamientos en algunos casos a nivel de altura de banqueta, sobre todo en vialidades como Bernardo Quintana, frente al Parque Querétaro 2000; Avenida 5 de febrero, a la altura de la entrada a Carrillo Puerto, así como en Avenida Zaragoza.	El Río Querétaro aumentó su tirante de agua en 20 cm, sin embargo, éste presenta buena fluidez de agua; el Bordo Argentina y el Dren Cimatario I se al 90% de su capacidad.
Noticieros Televisa	30-jun-2012	Afectaciones en la Av. 5 de febrero, Paseo de la Republica y Paseo Jurica, esta última con más de 70 vehículos varados en encharcamientos.	Inundación por lluvia intensa con altura de escurrimiento de hasta un metro.
El Universal	23-jul-13	La zona norte de la capital fue la más afectada con la presencia de las lluvias, sobre todo en las inmediaciones de Santa Rosa Jáuregui.	Un total de 29 viviendas que presentaron hasta 20 cm de acumulación de agua en su interior.
Quadratín	18-jun-14	La Av. Constituyentes fue cerrada al paso de vehículos, al igual que calles como Zaragoza, Juárez y Pasteur.	Rompimiento del Dren Cimatario I
Excélsior	19-ago-14	Afectaciones por inundaciones en Blvd. Bernardo Quintana y 5 de febrero, decenas de vehículos varados y más de 50 casas a las que entró el agua.	Una mujer fue arrastrada por el agua, una casa derrumbada, y cierres en vialidades. Las lluvias presentadas superaron los 80 milímetros.
El Universal Queretano	30-may-16	Colonia México.	Afectaciones y daños registrados en viviendas.
Código Querétaro	19-jul-17	Centro Histórico, Casa Blanca, Cimatario, San Pablo, Linda Vista, Barrio de la Cruz, El Retablo, Las Campanas, Santa María Magdalena, Villas del Sol y San Joaquín.	Drenaje ineficiente como causa de inundaciones.
El Universal	27-sep-17	Santa María Magdalena, Carillo Puerto, el Tintero, La Joya, Jurica Pueblo, Jurica Campestre, Ejido Modelo, Santa Rosa Jáuregui, cumbres del lago, Hércules, Huertas la Joya, Leyes de Reforma, San Antonio del Maurel, Bosques del Cimatario, y Paseos de San Miguel	Se reportaron 21 colonias afectadas y socavón en Pról. Camelinas. Tirante de más de 1m de altura en Santa María Magdalena y de 2mts en Leyes de Reforma.

Diario de Querétaro	27-sep-17	Santa María Magdalena, El Tintero, La Joya, Carrillo, Jurica Campestre, Ejido Modelo, Hércules, Huertas La Joya, Residencial Caletto, Cumbres del Lago, Leyes de Reforma, Loma Bonita, El Sol, Parque Industrial Benito Juárez y Santa Rosa Jáuregui.	Desbordamientos de los drenes Jurica, El Arenal y Tlacote. Hasta 137mm de lluvia. Bordos al 100% de capacidad. Socavones frente a plaza Antea y en Jurica.
Proceso	10-nov-17	San Pedrito Peñuelas.	Lluvia arrastro una docena de autos.
Código Informativo	11-abr-18	Afectaciones en Libramiento Fray Junípero Serra, Paseo Jurica, Jurica y los Tabachines. Av. 5 de febrero con Epigmenio González., colonias Calesa y Álamos	Corriente en Jardines de Santiago se lleva aún taxi Calle a la altura de calle Alcocer vega.
Región Querétaro	may-18	Satélite, el Tintero, Santa María Magdalena, Santa Mónica, Las Américas, Jurica y Juriquilla.	Inundación por basura. Lluvia de 2hr con carga de agua en 15 min.
Diario de Querétaro	10-jun-18	Huertas la Joya, Viñedos, Tlacote, San Antonio del Maurel, El Tintero, San Pablo, Santa Mónica, Santa María Magdalena, Felipe Carrillo Puerto, Misión de Bucareli, Av. 5 de febrero.	Lluvia acumulada desde los 6mm hasta los 29mm. Dren Cimatario (50%) y el río Querétaro a la altura de Santa María Magdalena (20%). Tirante a nivel de banqueta en Corregidora y Pasteur.
Diario de Querétaro	11-jun-18	El Tintero.	Inundación por taponamiento de infraestructura hidráulica con basura.
Excélsior	13-jun-18	Encharcamientos en Colonia Jardines de Santiago. Además de inundación en el puente Milenio III.	Deslave en Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ).
Publimetro	17-jul-18	Severas inundaciones en Bernardo Quintana y Pie de Cuesta, Fraccionamiento. Viñedos y Jardines de Santiago.	El dren el Cimatario registro escurrimientos importantes.
Quadratín	09-sep-18	Encharcamientos en Centro Histórico (Calle Juárez), tirantes a nivel de banqueta en colonia Girasoles, La Joya, San Antonio del Maurel, Las Plazas, Cimatario, Virreyes, Ninis Héroes, Felipe Carrillo Puerto.	Precipitación acumulada de 42mm en Juriquilla y 32mm en Cerro de las Campanas. Tirantes a nivel banqueta en Los Girasoles.

7.3.2 Delimitación de colonias y sectores.

Por medio de la aplicación de Google Maps se delimitaron las 60 colonias seleccionadas, confinando la totalidad de su superficie dentro de polígonos delimitados en el Sistema de Información Geográfico QGIS 3.4.4 (Quantum, 2012) (**Figura 15**). Paso seguido se propuso una sectorización de las colonias basada en la división política y administrativa de las siete Delegaciones del municipio de Querétaro. Es decir, el sector I se asoció con la Delegación “Centro Histórico”, el sector II con la Delegación “Josefa Vergara y Hernández”, el sector III con la Delegación “Cayetano Rubio”, el sector IV con la Delegación “Epigmenio González”, el sector V con la Delegación “Santa Rosa Jáuregui”, el sector VI con la Delegación “Felipe Carrillo Puerto” y por último el sector VII con la Delegación

“Félix Osores”. Una vez definidos los sectores se asignó a cada colonia el sector al que pertenecía (Tabla 9).

Tabla 9. Distribución de las colonias por sector de acuerdo con la división política y administrativa de las siete Delegaciones del municipio de Querétaro.

Sector	Colonias
I	Álamos 1era sección, Álamos 3era sección, Arquitos, Carretas, Centro Histórico, Cimatario, Constituyentes Fosssviste, El Marqués, El Retablo, Los Girasoles, La Florida, Las Palmas, Niños Héroeos y Prados de Tecnológico.
II	Bosques del Cimatario, La Joya, Las Plazas, Reforma Agraria 1era sección, Reforma Agraria 2da sección, y Vista Hermosa.
III	Calesa y Hércules.
IV	Arroyitos, Constituyentes, El Parque, Jardines de San José 1era sección, Jardines de Santiago, Las Américas, Las Arboledas, Lomas de San Pedrito sección portales, Menchaca I, Peñuelas, San Pedrito Peñuelas I, San Pedrito Peñuelas II y Vista 2000.
V	Continental, Lomas del Pedregal, Santa Lucía y Santa Rosa Jáuregui Centro.
VI	Demetrio Vallejo, Ejido Modelo, El Sol, Felipe Carrillo Puerto, Plutarco Elías Calles (Tintero), San Antonio del Maurel, Santa María Magdalena, Santa Mónica y Los Virreyes.
VII	Ampl. Loma Bonita, Colinas del Poniente, Geovillas, Jurica Pueblo, La Huerta, Industrial, Insurgentes, La Obrera, Leyes de Reforma, Loma Bonita, Prados de Loma Bonita y Satélite

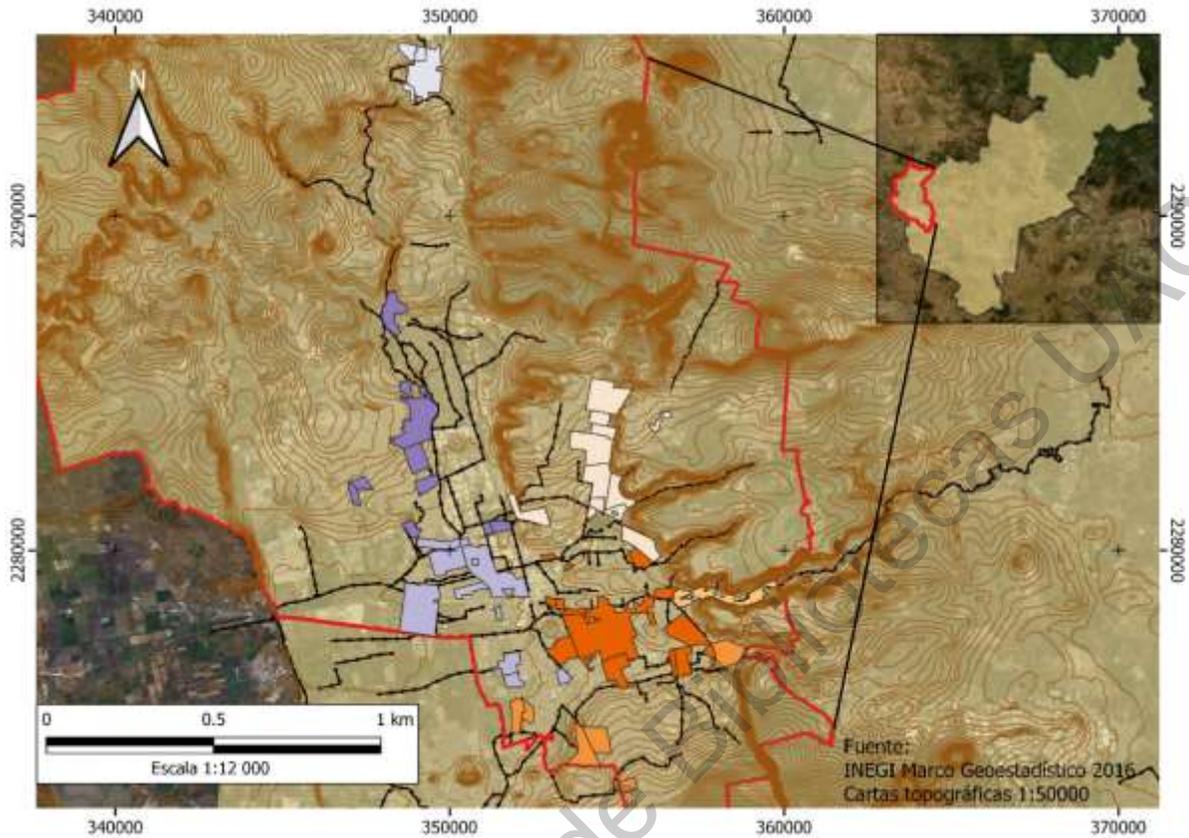


Figura 15. Mapa de ubicación de las colonias seleccionadas para la investigación.

7.3.3 Diseño y elaboración de cuestionario para la elaboración de Índice de Zonas Inundables Propensas a Leptospirosis (IZIPL).

Se diseñó una investigación de corte transversal entre los meses de marzo y junio de 2019 para obtener información prospectiva acerca de inundaciones y las fuentes de contaminación por

Leptospirosis para lo cual fue elaborado un cuestionario apoyándose en la literatura sobre factores riesgo para adquirir la Leptospirosis especialmente en zonas urbanas (Mwachui, Crump, Hartskeerl, & Zinsstag, 2015). De esta manera y con un panorama amplio se definieron las dimensiones del constructo o IZIPL siendo estas: 1) la propensión del sitio a inundarse (Inundación), 2) la presencia de cúmulos de basura y desechos sólidos (Foco de infección), 3) el estado y funcionamiento de los sistemas de alcantarillado y drenaje (Drenaje ineficiente), 4) medidas de prevención (Prácticas), 5) presencia de roedores (Vector I), 6) presencia de perros callejeros (vector II) y 7) presencia de sintomatología inicial de la enfermedad (Síntomas).

Una vez definidas las dimensiones del constructo fueron redactados los enunciados o ítems del instrumento, igualmente fue seleccionada la escala a utilizar (escala de Likert de cinco niveles) (Likert, 1932) y la forma en que sería conducido el cuestionario (entrevista personal). De esta manera el cuestionario quedó organizado en tres secciones. La primera sección con: datos generales de la enfermedad, el propósito de la encuesta y la solicitud de participación en la investigación; la segunda sección integra datos sociodemográficos de los participantes (edad, sexo, colonia) además de las coordenadas geográficas del sitio y la tercera sección con los 31 ítems sobre factores de vulnerabilidad asociados a la enfermedad (**Anexo 29**). Posteriormente se llevó a cabo una prueba piloto para medir la sensibilidad del cuestionario y la reacción de la población objetivo.

7.3.4 Prueba piloto

La prueba piloto fue realizada en febrero de 2019 encuestando a 30 personas en el Centro Histórico de la ciudad de Querétaro. Esta prueba sirvió para conocer el tiempo promedio de aplicación de la encuesta, errores en composición de ítems y medir las propiedades psicométricas del instrumento. Los resultados de las encuestas fueron tratados dentro del programa Rstudio (RStudio Team, 2015), aplicando las pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin, la prueba de esfericidad de Barlett, además del análisis de consistencia interna (Alpha de Cronbach) y el análisis a las propiedades de los ítems y de su varianza.

7.3.5 Muestreo

El muestreo se llevó a cabo con la técnica de muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional definiendo a las viviendas como la unidad para la realización del muestreo. Cada colonia representó un estrato y la sumatoria del número de viviendas de todas las colonias representó la población total del estudio (N). Para obtener el número de casas por colonia se empleó el Inventario Nacional de Viviendas 2016 de la página: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/inv/>. Dichos números

fueron proyectados para el año 2019 empleando una tasa de crecimiento promedio anual de viviendas de 4.2%, valor obtenido del Censo de Población y Vivienda 2010 disponible en la página: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/default.html#Datos_abiertos.

7.3.6 *Tamaño de la muestra*

Para calcular el tamaño de la muestra representativa utilizamos la función para poblaciones finitas. El cálculo de la muestra considero la población definida en el paso anterior para un nivel de confianza del 95% es decir, un valor de Z de 1.96 para una distribución normal estándar y un error permisible del 5%. Por otro lado, por carecer de información sobre probabilidad de ocurrencia o no ocurrencia, fue considerado como pertinente el criterio de máxima indeterminación proponiendo un 50% en ambos casos. Con lo anterior se obtuvo la muestra representativa del total de viviendas a entrevistar que después fue distribuida por colonia de manera proporcional de acuerdo al número de casas en cada colonia con respecto a la población total.

7.3.7 *Selección de la muestra*

La selección de las viviendas a entrevistar se realizó completamente al azar. El criterio de exclusión se basó en la disponibilidad de las personas para contestar la encuesta y en la edad de los encuestados, considerándose como aptos a todas las personas mayores de 15 años. A su vez, fueron tomadas sus coordenadas geográficas de cada una de las viviendas entrevistadas por medio de la aplicación de Google Maps para posteriormente ser visualizadas en un mapa **Figura 16**.

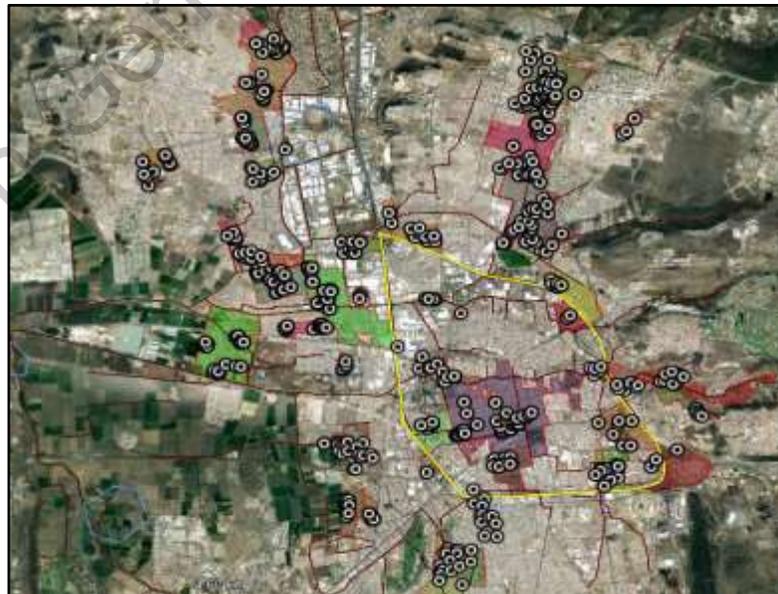


Figura 16. Georreferenciación de encuestas realizadas en las colonias de la ciudad de Querétaro. Los círculos blancos con negro representan la localización de las casas encuestadas, las líneas en color café los drenes de la ciudad y los polígonos en diversos colores las colonias.

7.3.8 *Índice de Zonas Inundables Propensas a Leptospirosis.*

Para la clasificación del IZIPL se utilizó el programa Rstudio (RStudio Team 2015) con el que se obtuvieron los descriptivos estadísticos de cada uno de los ítems y dimensiones además de las puntuaciones de cada encuesta, dando valor nulo a los ítems que no fueron contestados. Cada uno de los puntajes obtenidos por encuesta fue promediado con los puntajes de las demás encuestas realizadas en cada colonia obteniéndose así un puntaje promedio por colonia. Este puntaje promedio fue, a su vez, ponderado de acuerdo al área que las colonias ocupaban dentro de cada sector obteniéndose un puntaje ponderado promedio, al cual se le dio el nombre de IZIPL. Lo mismo se hizo con cada una de las dimensiones que se analizaron por separado, obteniéndose un puntaje ponderado promedio por dimensión, asignándole las iniciales DIZIPL.

Una vez obtenidas los IZIPL por colonia estos fueron clasificadas de acuerdo con cinco rangos o niveles de vulnerabilidad definidos con base en la máxima puntuación que se podría obtener en el cuestionario (155ptos) es decir, puntuaciones entre 0 y 31 se consideraron en un nivel de vulnerabilidad “Muy Baja”, de 31 y 62 “Baja”, de 62 a 93 “Media”, de 93 a 124 “Alta” y de 124 a 155 “Muy Alta”. De igual manera se estableció la clasificación de la contingencia a cada uno de los DIZIPL, pero tomando como la máxima puntuación la obtenida por la sumatoria de los ítems encargados de medir el rasgo. Por ejemplo, la Dimensión 1 (Inundación), con cinco ítems, el máximo valor a obtener en caso de contestar todas las preguntas con la puntuación más alta sería de 25 puntos, este puntaje se dividió entre el número de clases para clasificar la vulnerabilidad con lo que se obtuvieron rangos de 5 puntos para cada clasificación **Figura 17**.

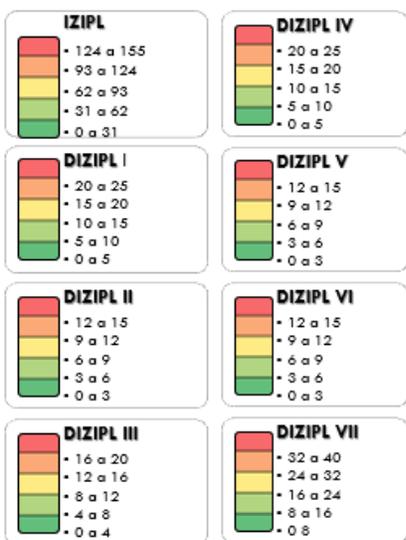


Figura 17. Escala de valoración de vulnerabilidad para el IZIPL y sus dimensiones. El nivel de vulnerabilidad se muestra en función del color donde el color rojo representa un nivel “Muy Alto”, el color naranja “Alto”, el color amarillo “Medio”, el color verde claro “Bajo” y el color verde “Muy Bajo”.

7.4 Mapeo de zonas con peligro a inundación e IZIPL

Una vez obtenidas el área inundada de las colonias se estimó el porcentaje de área inundada de las colonias modeladas y se obtuvo una clasificación de peligro ponderada (entre el 1 y 5) para esta misma área. En seguida a este resultado se le agrego la valoración del IZIPL obtenido anteriormente para obtener la puntuación total que comprende las dimensiones de Inundación-IZIPL y se valoró de acuerdo a la escala de la **Figura 18**.

Clasificación Inundación-IZIPL		
5	8 a 10	Muy Alto
4	6 a 8	Alto
3	4 a 6	Medio
2	2 a 4	Bajo
1	0 a 2	Muy Bajo

Figura 18. Escala de valoración de peligro por inundación y IZIPL

8. Resultados

8.1 Panorama de la Leptospirosis en la República Mexicana y Querétaro.

De acuerdo con los datos del Anuario de Morbilidad de la Dirección General de Epidemiología durante el periodo de 2000 a 2018 se presentaron un total de 4158 casos de Leptospirosis en el país. Los estados con mayor cantidad de casos registrados fueron: Tabasco con 1429 (34.4%), Veracruz

con 800 (19.2%), Sinaloa con 335 (8.1%), Chiapas con 229 (5.5%) e Hidalgo con 204 (4.9%), la mayoría de estados con climas cálidos que favorecen la supervivencia de la bacteria. Los estados que durante el periodo no registraron casos como lo fueron Durango y Zacatecas. En los **Anexos 15-18** se muestran los casos y la tasa de incidencia por entidad.

Por otro lado, Querétaro presentó dos casos (0.05%) durante los meses de julio y septiembre del año 2017, correspondiente a una tasa de incidencia de 0.10 por cada 100 000 habitantes. Hasta ese año en Querétaro no se habían presentado casos de Leptospirosis por lo que esta aparición inusual de la enfermedad podría considerarse como un brote de acuerdo con una definición operativa descrita en el Protocolo de Vigilancia de Brotes Epidémicos de Cualquier Etiología (2014) que considera un brote epidémico:

La aparición de un solo caso de cualquier enfermedad nueva *o problema de salud o riesgo no habitual en la zona*, independientemente de su etiología, además de las enfermedades que tengan consideración de enfermedad de declaración obligatoria urgente en los correspondientes protocolos de vigilancia (p.2).

El número de casos de Leptospirosis por año, en México, oscilo entre 40 y 681, con una mediana de 143 casos anuales mientras que la tasa de incidencia vario de 0.05 a 0.90 por cada 100 000 habitantes. Durante el periodo (2000–2018) el número de casos aumento 17 veces mientras que la tasa de incidencia 18 veces. Asimismo se observaron cuatro picos: el primero en el año 2007 con 223 casos (una tasa de incidencia de 0.19 por cada 100 000 habitantes), el segundo en el 2010 con 483 casos (una tasa de incidencia de 0.58 por cada 100 000 habitantes), el tercer pico en 2012 con 681 casos (una tasa de incidencia de 0.90 por cada 100 000 habitantes) y el ultimo pico en el año 2015 con 336 casos (una tasa de incidencia de 0.36 por cada 100 000 habitantes) (**Figura 19**).

La ocurrencia de estos picos en el comportamiento de la enfermedad podría ser explicado por la presencia de huracanes y tormentas tropicales que azotaron el país durante el periodo tanto en el océano Atlántico como en el océano Pacifico (Aghata, Paul, Manuel) por lo que un análisis de la temporalidad de estos eventos y su relación con el aumento de casos sería conveniente. Sin embargo, en los años recientes tanto el número de casos como la incidencia ha disminuido considerablemente posiblemente debido a que los sistemas de salud han mejorado la difusión de información referente a la enfermedad entre las poblaciones más vulnerables lo que se ha asociado con mayores medidas de prevención contra la enfermedad (Ricardo, Bergero, Bulgarella, & Previtali, 2018) o incluso pudiera

asociarse al uso de quimioprofilaxis como medida de prevención para contraer la enfermedad antes y después de desastres naturales como las inundaciones (Cristina et al., 2017).

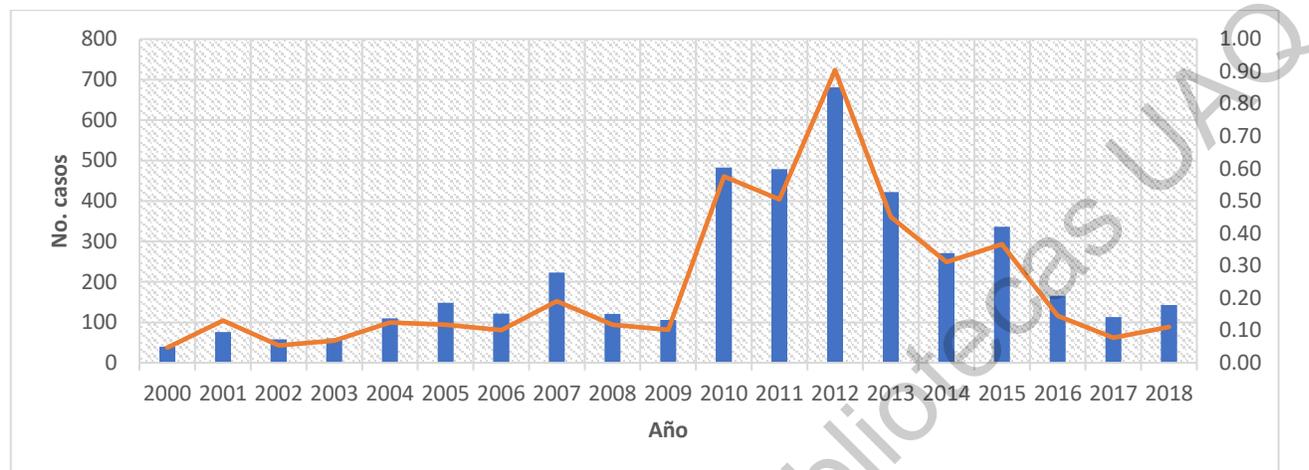


Figura 19. Distribución de casos y tasa de incidencia de la leptospirosis registrada en México durante el periodo de 2000-2018. El número de casos se muestra en barras de color azul y la tasa de incidencia se representa por la línea naranja. Fuente: Elaboración propia.

Además, durante el periodo (2000-2018) se observó que la mayoría de los casos en el país, se presentaron durante la temporada de lluvias y huracanes y con el aumento en el registro a partir del mes de mayo alcanzando el número más alto en el mes de octubre con 609 casos. Un aumento del doble de casos en el transcurso de los meses (**Figura 20**). Los resultados muestran una alta correlación con lo reportado en Brasil donde la mayoría de los casos ocurren en los meses lluviosos, incluso incrementando en 0.55 % por cada milímetro de lluvia (Kupek, de Sousa Santos Faversoni, & de Souza Philippi, 2000).

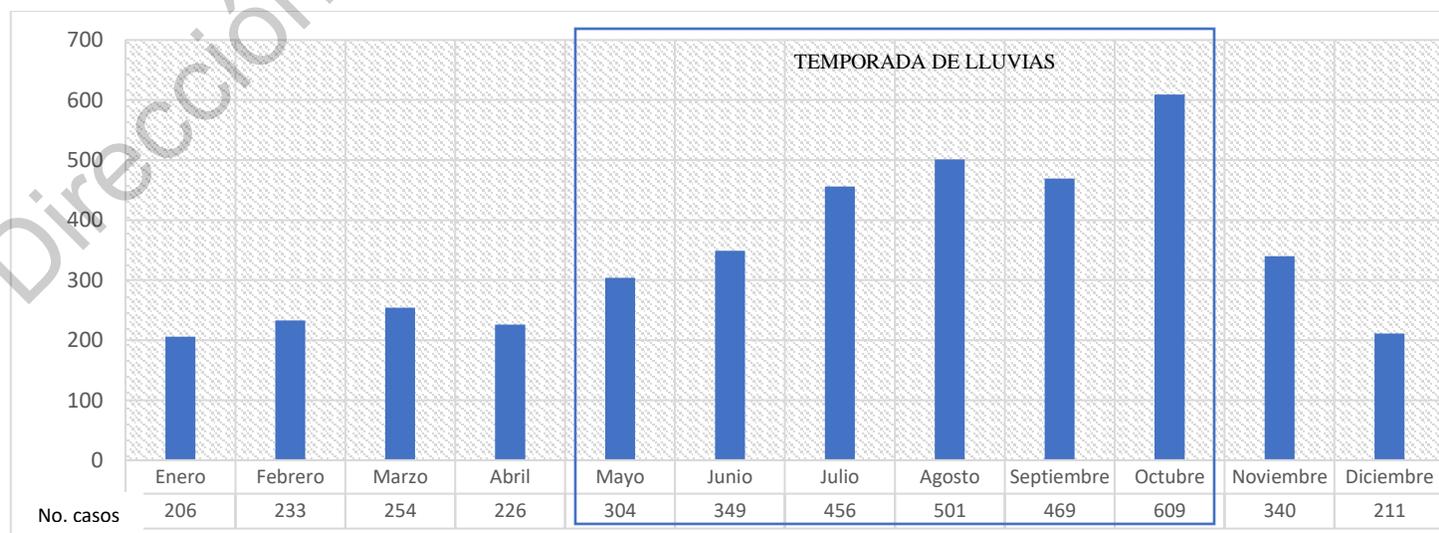


Figura 20. Distribución mensual de la leptospirosis en México durante el periodo 2000-2018. En el recuadro azul se enmarcan los meses correspondientes a la temporada de lluvias. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los casos por género en el periodo de (2003-2018) se registraron 2004 (50.3%) casos en hombres y 1980 (49.7%) casos en mujeres lo que no mostro diferencias significativas resultados similares a un estudio de la enfermedad realizado en Polonia (Wasiński et al., 2012) pero que contrasta con estudios realizados en otros países europeos (Habus et al., 2017) (**Tabla 10**). Cabe señalar que antes del 2003 la Secretaria de Salud notificaba sin distinguir el género. Los casos por grupo de edad se concentraron en el grupo entre 25-44 años con 1350 (33.9%) casos tanto en hombres como en mujeres seguido por el grupo de entre 50-59 años con 452 (11.3%) (**Figura 21**).

Tabla 10. Casos de leptospirosis de acuerdo al género durante el periodo de 2003-2018.

Año	Casos Hombres	% casos	Casos Mujeres	% casos
2003	36	1.79	24	1.21
2004	49	2.44	61	3.08
2005	81	4.04	67	3.38
2006	70	3.49	52	2.62
2007	131	6.53	92	4.64
2008	67	3.34	54	2.72
2009	61	3.04	45	2.27
2010	265	13.22	218	11.01
2011	211	10.52	268	13.53
2012	313	15.61	368	18.58
2013	187	9.33	235	11.86
2014	132	6.58	139	7.02
2015	167	8.33	169	8.53
2016	87	4.34	79	3.98
2017	67	3.34	46	2.32
2018	80	3.99	63	3.18

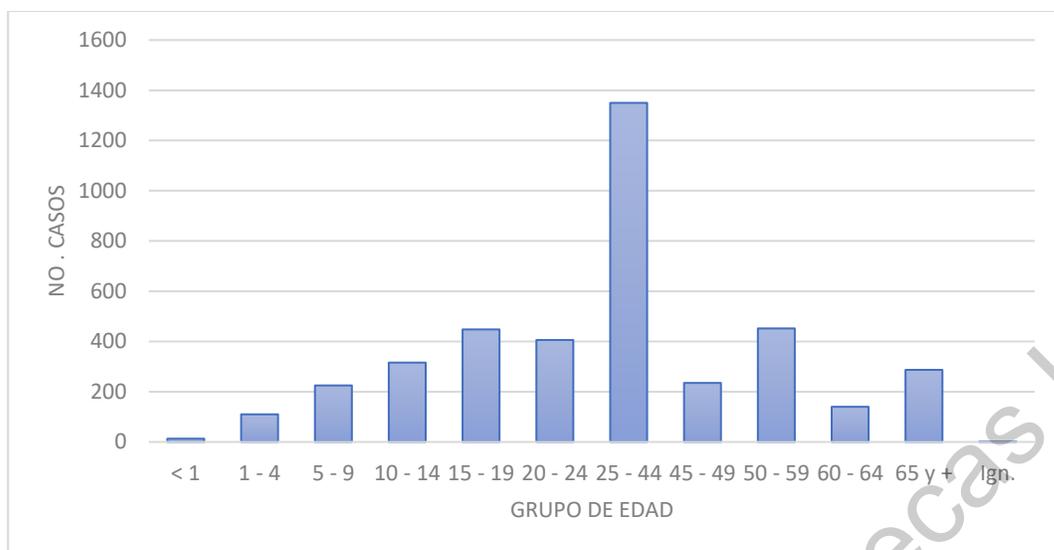


Figura 21. Casos de la infección de acuerdo al grupo de edad periodo (2000-2018).

Por otro lado, con base en la información de la Secretaría de Salud (SS) para el periodo de 2000 a 2014 se georreferenciaron un total de 528 casos de Leptospirosis en el país. Cabe mencionar que esta cifra no coincidió con los 3400 casos registrados en el Anuario de Morbilidad para el mismo periodo por lo que podríamos inferir que la información proporcionada por el sector salud presenta muchas inconsistencias. Los casos georreferenciados se distribuyeron por estado de la siguiente manera: Sinaloa (36.0%), Veracruz (18.7%), Tabasco (9.3%), Oaxaca (6.4%), Sonora (6.2%) y Guerrero (6.0%), representando casi el 83% de los casos mientras en el estado de Querétaro tan sólo se registró un caso de la enfermedad.

Un total de 146 defunciones fueron reportadas por el INEGI, lo que representa casi un 30% del total de pacientes infectados para el periodo (2000-2014). En cuanto a morbilidad, Sinaloa lideró los estados con mayor número de muertes (27.4%). Cabe recalcar que la ciudad de México mostró un porcentaje alto de mortalidad respecto a los casos reportados (13.7%), muy probablemente debido a la hospitalización de pacientes graves provenientes de zonas aledañas.

La modelación en MAXENT, considerando solo datos de presencia de la enfermedad y las 19 variables bioclimáticas relacionadas con la temperatura y precipitación, mostró un mejor ajuste en términos de: Bio2 (Rango diurno medio), Bio4 (Temperatura estacional), Bio3 (Isotermalidad), Bio9 (Temperatura media del trimestre más seco) y Bio7 (Rango de temperatura anual) con las contribuciones que se muestran en la **Tabla 11**. Todas ellas relacionadas con la temperatura, resultado que fue coincidente con lo reportado por Sánchez *et al.* (2015) quien indicó que las condiciones térmicas potencian la predisposición de casos de Leptospirosis más, sin embargo, la precipitación

pluvial y los desastres naturales como las inundaciones explican de mejor manera los brotes de la enfermedad. Asimismo, el modelo mostró que la ciudad de Querétaro se ubicada dentro de una zona propicia para la transmisión de la enfermedad (**Figura 22**).

Tabla 11. Contribución de las variables térmicas.

Variabes ambientales	Contribución (%)
Bio2 Rango diurno medio (temperatura media mensual mínima — temperatura media mensual máxima).	39.66
Bio4 Estacionalidad de temperatura (DE)	31.97
Bio3 Isotermalidad (Bio2 / Bio7)	15.86
Bio9 Temperatura media del cuarto más seco.	10.45
Bio7 Rango de temperatura anual	2.05

De acuerdo a los resultados del modelo es claro que la temperatura juega un papel importante en la incidencia y transmisión de la enfermedad pues países con climas tropicales y subtropicales suelen presentar mayor cantidad de casos en comparación con países con climas templados o secos (OMS/OPS, 2008). Además, se sabe que a temperaturas que rondan entre los 28-30°C la bacteria sobrevive en el ambiente por tiempo prolongado (meses), aumentando las probabilidades de una posible infección entre las personas expuestas, sin embargo, se ha demostrado la presencia de la bacteria a temperaturas de 4°C y la incertidumbre del tiempo de exposición y dosis suficiente para resultar contagiado aún se desconoce. De igual manera factores como la alcalinidad del ambiente en que habita la bacteria (suelo, agua, vegetación), las bajas concentraciones de sales y de bacterias heterótrofas y un alto nivel de oxígeno son factores determinantes para la supervivencia de la *Leptospira* patogénica (Andre-Fontaine, Aviat, & Thorin, 2015).

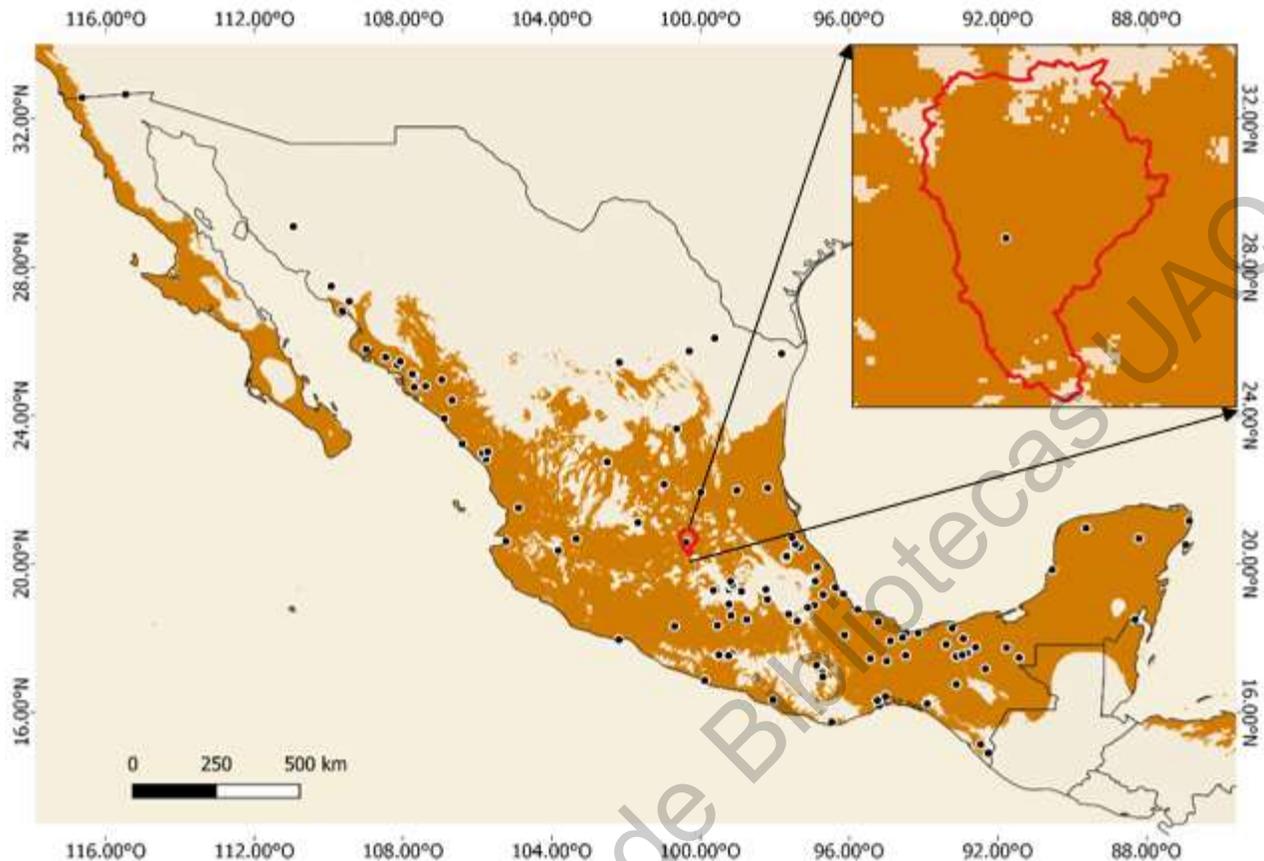


Figura 22. Mapa de distribución de la Leptospirosis para el periodo (2000-2014) con cinco variables bioclimáticas. Los puntos negros representan los casos de Leptospirosis, la superficie de color naranja representa las zonas con condiciones favorables para la enfermedad y el polígono rojo representa el parteaguas de la cuenca del río Querétaro.

A pesar que las condiciones climáticas explican en parte la distribución potencial de la Leptospirosis en el país, el modelo no refleja la complejidad de la transmisión de la enfermedad al no incluir: la distribución de patógenos, los vectores que participan en el ciclo de transmisión (agua, suelo, vegetación, mamíferos infectados, etc.) y los factores sociales como: el hacinamiento, las malas condiciones sanitarias, el tipo de vivienda y la mala disposición de los residuos sólidos, que son condiciones que incrementan el riesgo de contagio pero que son difíciles de representar (Oliveira, Guimarães, Portugal, & Medeiros, 2009).

8.2 Panorama de las inundaciones en México

En cuanto a la distribución de los casos de Leptospirosis y las zonas históricamente inundables consideradas por el PRONACCH, se observó que aproximadamente 360 (72%) de los casos se encontraron dentro estas, aunque esto no implica causalidad es un dato interesante para el estudio. Además, se pudo constatar que la ciudad de Querétaro está contemplada dentro de los sitios con propensión a inundación (**Figura 23**). Estos sitios desde hace décadas han sido considerados entre los

factores de riesgo más importantes para la transmisión de la Leptospirosis y la identificación y monitoreo de los mismos tras precipitaciones intensas son de carácter obligatorio en países considerados endémicos.

Con relación a estudios similares, como el realizado en Polonia, se ha demostrado que residentes de sitios inundables presentan una seropositividad menor en relación con personas que residen fuera de estos sitios (Wasiński et al., 2012) lo que podría ser explicado con el modelo presentado por Barcellos y Sabroza (2001) donde se infirió que personas frecuentemente expuestas a la bacteria tienden a desarrollar anticuerpos por lo que requieren de concentraciones más altas para contraer la infección comparados con aquellos que difícilmente tienen contacto con el patógeno.

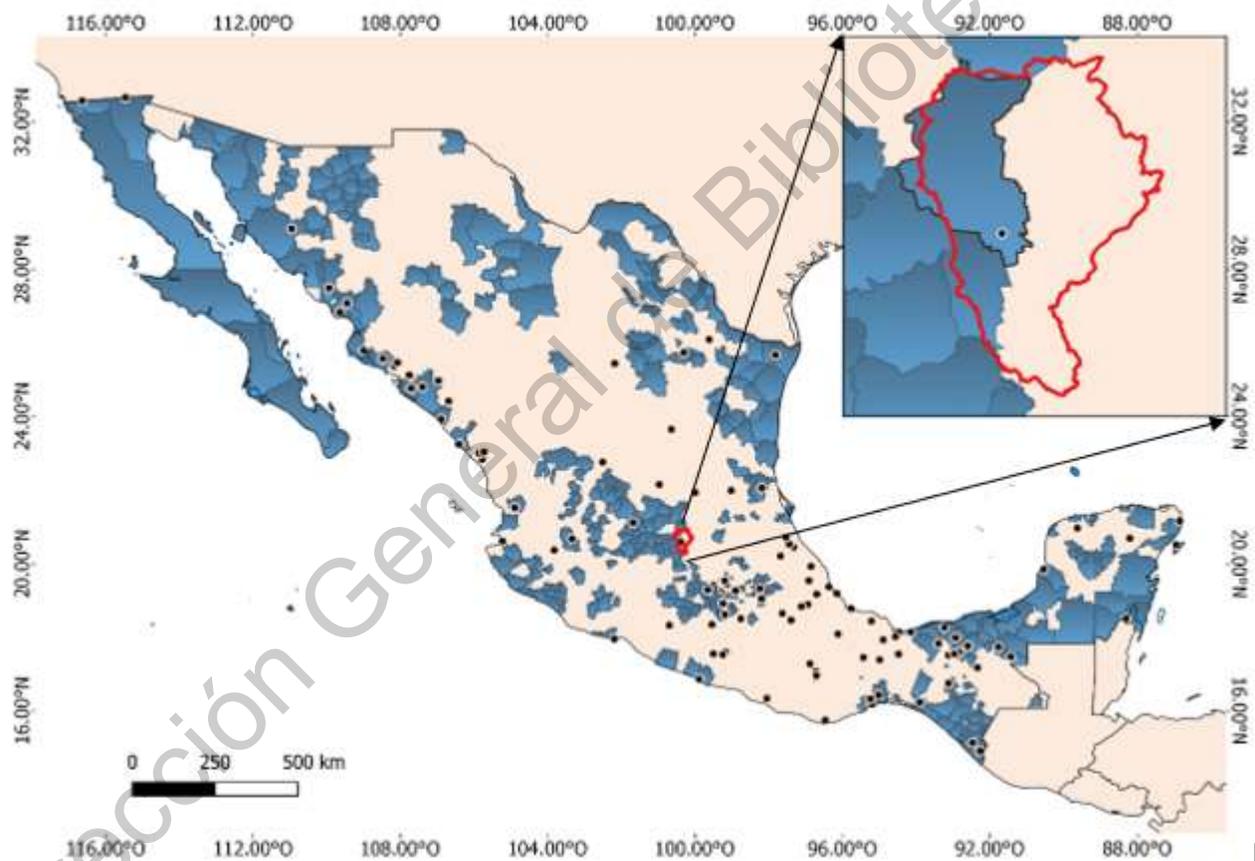


Figura 23. Mapa de relación entre la distribución de casos de Leptospirosis para el periodo (2000 al 2014) con las zonas históricamente inundables. Los puntos negros representan los casos de Leptospirosis, el polígono rojo representa el parteaguas de la cuenca del río Querétaro y el polígono negro el límite municipal de la ciudad de Querétaro.

Por otro lado, el número de defunciones dentro de las zonas de inundación representó el 20.33% del total con los estados de: Sinaloa (30.2%), Sonora (16.0%), Ciudad de México (14.2%), Tabasco (9.4%), Guerrero (6.6%) y Veracruz (5.6%) con poco más del 80% de las muertes registradas.

8.3 Leptospirosis e inundaciones

Una vez obtenidas las zonas con condiciones favorables para la presencia de la enfermedad y las zonas históricamente inundables se obtuvo el mapa con la intersección de ambas zonas (**Figura 24**). Los resultados mostraron que las zonas que se localizan dentro de los sitios históricamente inundables y que comparten, a su vez, las condiciones climáticas (temperatura y precipitación) propicias para la Leptospirosis abarcan el 17.3% del área del territorio nacional estando el 86.5% de la superficie de la ciudad de Querétaro se ubicada dentro de las mismas.

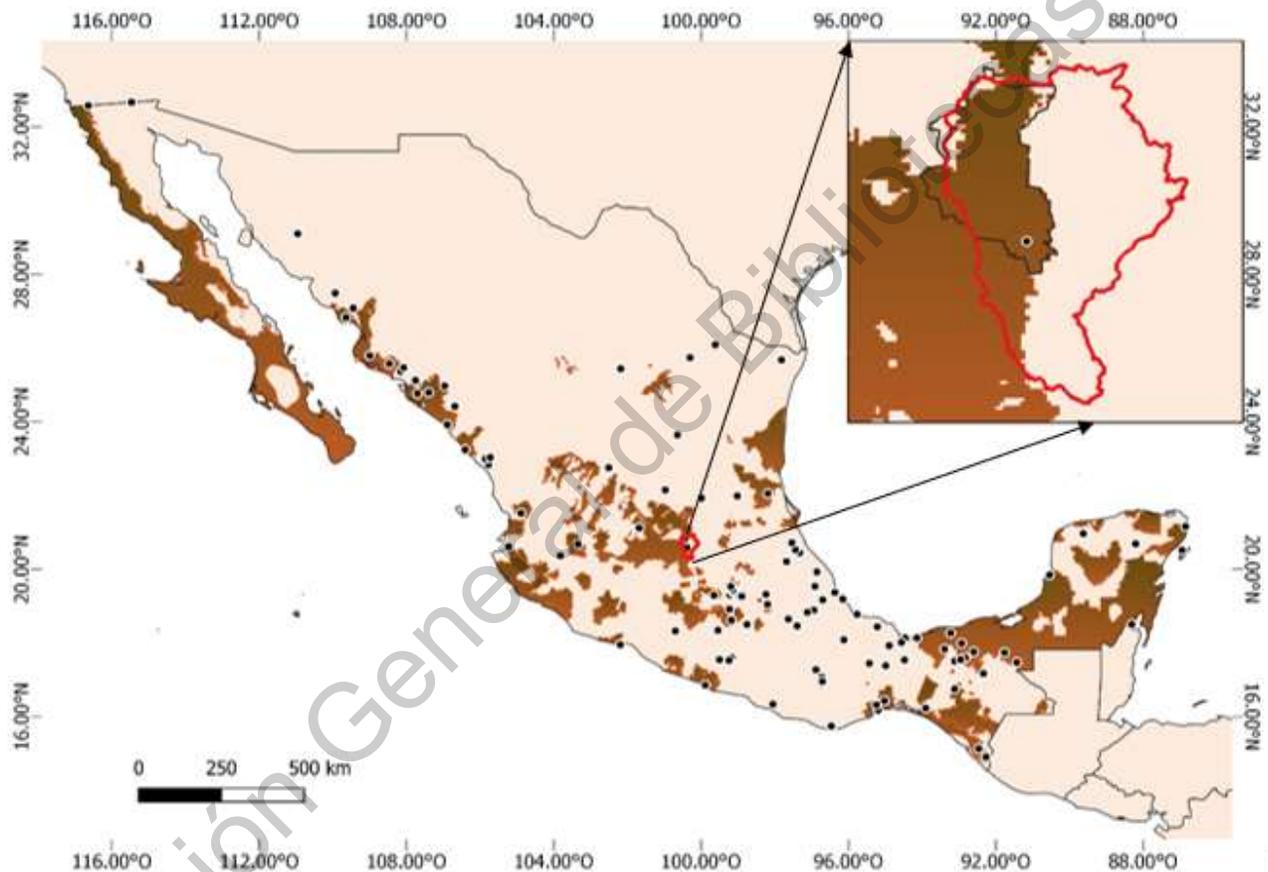


Figura 24. Mapa de zonas que comparten condiciones de temperatura y precipitación favorables para la enfermedad localizadas dentro de zonas históricamente inundables. Los puntos negros representan los casos de Leptospirosis, el polígono rojo representa el parteaguas de la cuenca del río Querétaro y el polígono negro el límite municipal de la ciudad de Querétaro.

8.4 Zonas potenciales de inundación en la ciudad de Querétaro

8.4.1 Geomorfología de la cuenca

De las 36 microcuencas que integran la cuenca del río Querétaro y que cubren la zona metropolitana, **Tabla 12** podemos destacar que la denominada Gral. Lázaro Cárdenas resultó la de mayor superficie (124km²) y la de Los Olvera la de menor área (15.23km²) mientras que el área media

fue de 59.5km². El área total para la cuenca del río Querétaro es de 2141km². Cabe destacar que el área es uno de los factores más significativos en la relación lluvia-escorrimento pues entre mayor área de aportación mayor el escurrimento generado. La pendiente media de las microcuencas es de 5.9% con un máximo de 13.53% y un mínimo de 0.94%, lo que lleva clasificar a la topografía de cuenca como una superficie medianamente accidentada (a mayor pendiente menor será el tiempo concentración en la cuenca).

Las características morfométricas presentaron los siguientes valores: el factor de forma (Ff) medio fue de 1 el cual está asociado a que tan alargada es la cuenca de acuerdo a los factores geológicos de la misma un valor mayor a la unidad nos indica un grado de achatamiento o la existencia de un río corto y como consecuencia de un tiempo de concentración menor reuniendo el escurrimento en poco tiempo, el índice de gravelius (Ig) promedio de 1.5 las cuencas con valores cercanos a la unidad tienden a presentar problemas de crecientes (gastos muy grandes, inundaciones) y el índice de elongación (Ie) de 1.1 valor que indica un relieve casi llano en la mayor parte de la cuenca. La densidad de drenaje resulto de 1.7km/km² valor que refleja área con suelos erosionables con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal. El orden de corrientes vario desde 3 hasta 6 siendo 7 el orden del cauce principal, es decir, del río Querétaro lo que indica un drenaje eficiente, entre más alto sea este valor indicará un drenaje que desalojara el agua rápidamente.

Tabla 12. Parámetros geomorfológicos de las microcuencas.

ID	Nombre	A (km ²)	Pe (km)	Lx (km)	Ltd (km)	Pc (°)	Pcp (m/m)	Ff	Ig	Ie	Dd (km/km ²)	Or	Rb
1	Buenavista	132.0	57.0	57.0	208.9	8.6	0.02	1.1	1.4	1.2	1.6	5	3.3
2	La Gotera	59.9	40.1	40.1	90.7	10.3	0.04	0.6	1.5	0.9	1.5	4	2.1
3	La Laborcilla	70.8	46.2	46.2	91.0	0.9	0.02	0.6	1.5	0.9	1.3	4	3.0
4	La Estacada	30.7	22.3	22.3	57.7	10.0	0.01	0.9	1.1	1.1	1.9	4	1.8
5	Matanzas	57.2	38.6	38.6	76.2	13.9	0.01	1.1	1.4	1.2	1.3	5	3.0
6	Puerto del Coyote	52.5	33.8	33.8	64.9	11.6	0.02	0.7	1.3	0.9	1.2	4	2.1
7	El Nabo	26.3	25.6	25.6	36.0	6.3	0.04	0.3	1.4	0.6	1.4	4	1.7
8	Santa Rosa	101.4	51.3	51.3	160.8	5.1	0.01	1.0	1.4	1.1	1.6	5	1.8
9	La Solana	43.7	32.2	32.2	74.8	5.9	0.01	0.9	1.4	1.0	1.7	4	2.4
10	Chichimequillas	34.4	25.9	25.9	58.3	11.1	0.01	0.9	1.2	1.1	1.7	5	3.1
11	Santa Cruz	85.1	49.8	49.8	221.1	2.6	0.00	1.1	1.5	1.2	2.6	5	2.0
12	San Miguel	38.8	33.5	33.5	108.0	4.1	0.00	1.4	1.5	1.3	2.8	5	1.7
13	Atongo	55.8	38.9	38.9	103.4	4.9	0.01	1.3	1.5	1.3	1.9	5	2.2
14	La Carbonera	27.2	26.6	17.8	38.8	9.6	0.03	0.8	1.4	1.0	1.4	3	1.7
15	Tlacote Bajo	39.7	34.0	34.0	69.4	4.4	0.01	0.4	1.5	0.7	1.7	4	1.8
16	San José el Alto	77.7	47.0	47.0	124.8	5.5	0.01	2.9	1.5	1.9	1.6	5	1.9

17	Amazcala	47.8	43.8	43.8	87.7	4.5	0.00	2.4	1.8	1.7	1.8	6	2.9
18	El Lobo	101.1	52.6	52.6	189.6	5.9	0.01	0.3	1.5	0.7	1.9	4	1.9
19	Colinas de Sta. Cruz 2da secc.	21.2	19.6	19.6	47.5	2.1	0.00	1.5	1.2	1.4	2.2	4	1.8
20	Col. Rancho Menchaca	29.2	27.3	27.3	52.5	4.5	0.04	1.4	1.4	1.3	1.8	4	2.1
21	La Cañada	67.2	49.3	49.3	132.0	4.1	0.00	0.4	1.7	0.7	2.0	6	1.7
22	La Griega	34.1	31.9	31.9	73.9	2.3	0.00	1.6	1.5	1.4	2.2	6	2.0
23	Galeras	117.2	55.8	55.8	248.8	3.0	0.01	1.5	1.5	1.4	2.1	4	2.0
24	Querétaro	107.2	61.5	61.5	222.6	2.4	0.00	1.2	1.7	1.2	2.1	6	2.7
25	Gral. Lázaro Cárdenas	214.0	69.3	69.3	266.0	3.0	0.01	1.2	1.3	1.2	1.2	5	5.0
26	El Pueblito	45.1	37.5	37.5	89.6	2.0	0.02	0.6	1.6	0.9	2.0	6	3.3
27	Los Olvera	15.2	19.2	19.2	20.2	7.3	0.03	0.4	1.4	0.7	1.3	3	1.9
28	Joaquín Herrera	30.8	31.1	31.1	52.3	7.9	0.01	1.0	1.6	1.1	1.7	5	2.2
29	La Noria	48.2	32.2	32.2	68.5	5.7	0.01	1.3	1.3	1.3	1.4	6	2.3
30	Puerta de San Rafael	33.0	27.1	27.1	58.6	3.5	0.02	0.6	1.3	0.9	1.8	4	2.6
31	El Vegil	53.0	36.3	36.3	93.9	5.4	0.02	0.6	1.4	0.9	1.8	6	3.3
32	Huimilpan	80.5	58.3	58.3	128.9	6.6	0.01	0.4	1.8	0.7	1.6	5	2.2
33	La Sabanilla	46.4	38.3	38.3	78.8	4.4	0.01	1.2	1.6	1.2	1.7	4	1.7
34	José Tepuzas	41.9	29.6	29.6	66.7	8.1	0.02	0.5	1.3	0.8	1.6	4	2.0
35	San Pedro	42.1	33.3	33.3	71.4	8.1	0.01	0.8	1.4	1.0	1.7	4	3.0
36	Neverias	32.9	29.9	29.9	51.5	7.8	0.01	0.4	1.5	0.7	1.6	5	2.8

Nota: "A" =Área, "Pe" =Perímetro, "Lx" =Long. Axial, "Ltd" = Long. total de la red de drenaje, "Pc" = pendiente de la cuenca, "Pcp" = pendiente del cauce ppal., "Ff"= factor de forma, "Ig"= índice de gravelius, "Ie"=índice de elongación, "Dd"=densidad de drenaje, "Or"=orden de corriente y "Rb"=relación de bifurcación.

Además, de los resultados relacionados con los escurrimientos mostrados en la **Tabla 13**, es pertinente señalar el tiempo de concentración promedio de 2.6 horas lo que indica que la mayoría de las microcuencas tienen una respuesta rápida y, por tanto, la generación de avenidas que provoquen inundaciones si no se cuenca con obras de regulación.

Tabla 13. Parámetros de las microcuencas asociadas con el escurrimiento.

ID	Nombre	Lcp (km)	E _{max_cppal} (m)	E _{min_cppal} (m)	Hc (m)	P _{cppal} m/m	tc (h)
1	Buenavista	18.5	2420	2002	418	0.02	2.68
2	La Gotera	12.9	2606	2053	553	0.04	1.59
3	La Laborcilla	14.9	2526	2169	357	0.02	2.23
4	La Estacada	7.2	2057	2015	42	0.01	2.18
5	Matanzas	11.7	2169	2059	110	0.01	2.64
6	Puerto del Coyote	14.3	2385	2062	323	0.02	2.21
7	El Nabo	11.4	2329	1887	442	0.04	1.51
8	Santa Rosa	15.2	1988	1860	128	0.01	3.39

9	La Solana	11.7	2062	1955	107	0.01	2.67
10	Chichimequillas	8.1	2059	1958	101	0.01	1.79
11	Santa Cruz	13.0	1959	1920	39	0.00	4.45
12	San Miguel	6.4	1950	1922	28	0.00	2.22
13	Atongo	10.8	2062	1949	113	0.01	2.39
14	La Carbonera	5.8	2270	2040	230	0.04	0.88
15	Tlacote Bajo	13.9	1968	1802	166	0.01	2.74
16	San José el Alto	6.6	1864	1816	48	0.01	1.87
17	Amazcala	7.8	1920	1902	18	0.00	3.34
18	El Lobo	21.4	2127	1902	225	0.01	4.03
19	Colinas de Sta. Cruz 2da secc.	6.0	1820	1805	15	0.00	2.61
20	Col. Rancho Menchaca	4.8	2016	1822	194	0.04	0.76
21	La Cañada	19.0	1890	1824	66	0.00	5.65
22	La Griega	5.6	1905	1888	17	0.00	2.34
23	Galeras	15.9	2079	1889	190	0.01	3.06
24	Querétaro	10.5	1825	1796	29	0.00	3.91
25	Gral. Lázaro Cárdenas	17.7	2121	1893	228	0.01	3.23
26	El Pueblito	10.7	1832	1795	37	0.00	3.64
27	Los Olvera	7.0	2053	1831	222	0.03	1.11
28	Joaquín Herrera	10.3	1910	1830	80	0.01	2.58
29	La Noria	6.4	1952	1901	51	0.01	1.76
30	Puerta de San Rafael	11.9	2092	1901	191	0.02	2.18
31	El Vegil	12.1	2218	1947	271	0.02	1.95
32	Huimilpan	23.3	2300	1954	346	0.01	3.77
33	La Sabanilla	10.3	2164	2092	72	0.01	2.68
34	José Tepuzas	13.7	2481	2184	297	0.02	2.17
35	San Pedro	8.1	2470	2369	101	0.01	1.79
36	Neverias	25.5	2643	2299	344	0.01	4.19

Nota: "lcp"= longitud del cauce principal, "Emax_cppal"= elevación máxima sobre el cauce principal, "Emín_cppal"= elevación mínima sobre el cauce principal, "Hc" = desnivel del cauce principal, "Pcppal"= pendiente del cauce principal " "tc" = tiempo de concentración.

8.4.2 Resultados de tormentas para la modelación

La consistencia y homogeneidad climática de las estaciones de la CONAGUA tomadas en cuenta por el estudio (1980-2010), fue analizada mediante el método de doble masa, que relaciona la PMA acumulada de los años de análisis para encontrar cambios en la pendiente con respecto a estaciones vecinas. Los resultados indican una tendencia monótona creciente sin evidencia de cambios significativos en la pendiente, como puede verse en la **Figura 25** por lo que se puede inferir que los datos pluviométricos de las estaciones son homogéneos y consistentes.

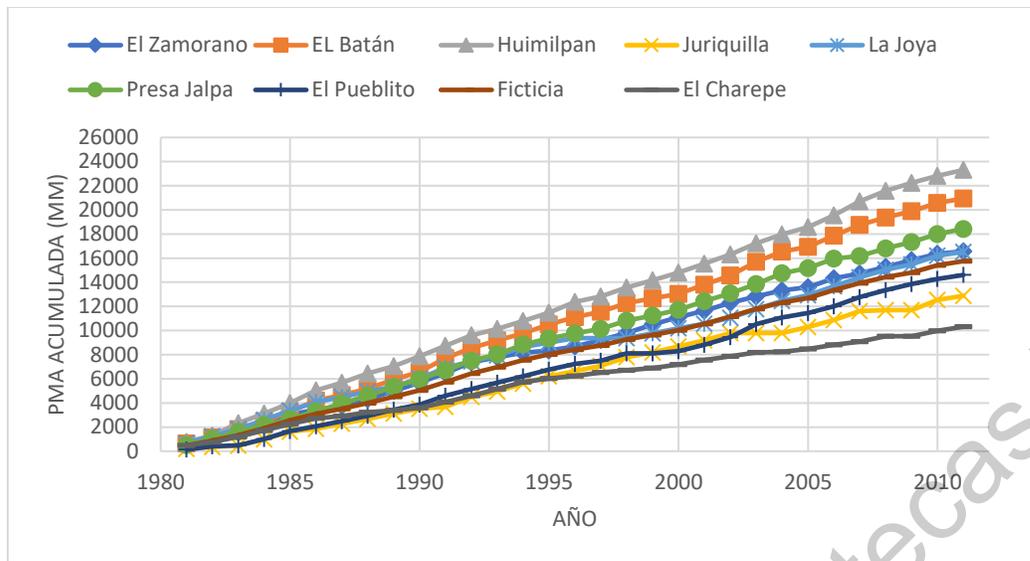


Figura 25. Curva masa doble de las estaciones elegidas para el estudio.

Por otra parte, en cuanto a la prospección de sus relaciones estocásticas a escala de 24 horas el ajuste de distribuciones de probabilidad fue realizado con programa AX.exe y se estimaron los valores de pronóstico PM_{24h} para años futuros o periodos de retorno (Tr) (Tabla 14).

Tabla 14. Funciones de distribución de probabilidad con mejor ajuste y valores de PM_{24h} estimados para diferentes periodos de retorno.

ESTACIONES	FUNCIÓN DE MEJOR AJUSTE	TR=2	TR=5	TR=10	TR=20	TR=25	TR=50	TR=100	TR=200	TR=500
EL CHARAPE	Exponencial (Momentos)	21.15	28.7	34.41	40.12	41.96	47.67	53.38	59.09	66.64
EL BATÁN	Gumbel (Momentos)	55.7	74.49	86.92	98.85	102.63	114.29	125.86	137.39	152.6
HUIMILPAN	Gamma (Momentos 2p)	59.72	76.14	85.79	94.33	96.92	104.57	111.78	118.62	127.27
LA JOYA	Gamma (Max, ver. 3P)	46.51	59.67	67.96	75.56	77.9	84.95	91.66	98.11	106.16
JURIQUILLA	Doble Gumbel	47.28	66.59	103.33	123.47	128.83	144.22	158.69	172.73	191.1
EL ZAMORANO	Log. normal (Max, ver. 3P)	40.43	59.09	71.87	84.39	88.43	101.04	113.87	126.99	144.91

Determinadas las PM_{24h} para diferentes periodos de retorno por estación, fue determinada la P_{24h} por microcuenca ponderando conforme al área de influencia de las estaciones (Figura 26), así como una ponderación de la P_{24h} para la cuenca completa para cada periodo de retorno, con una proporción por 1.13.

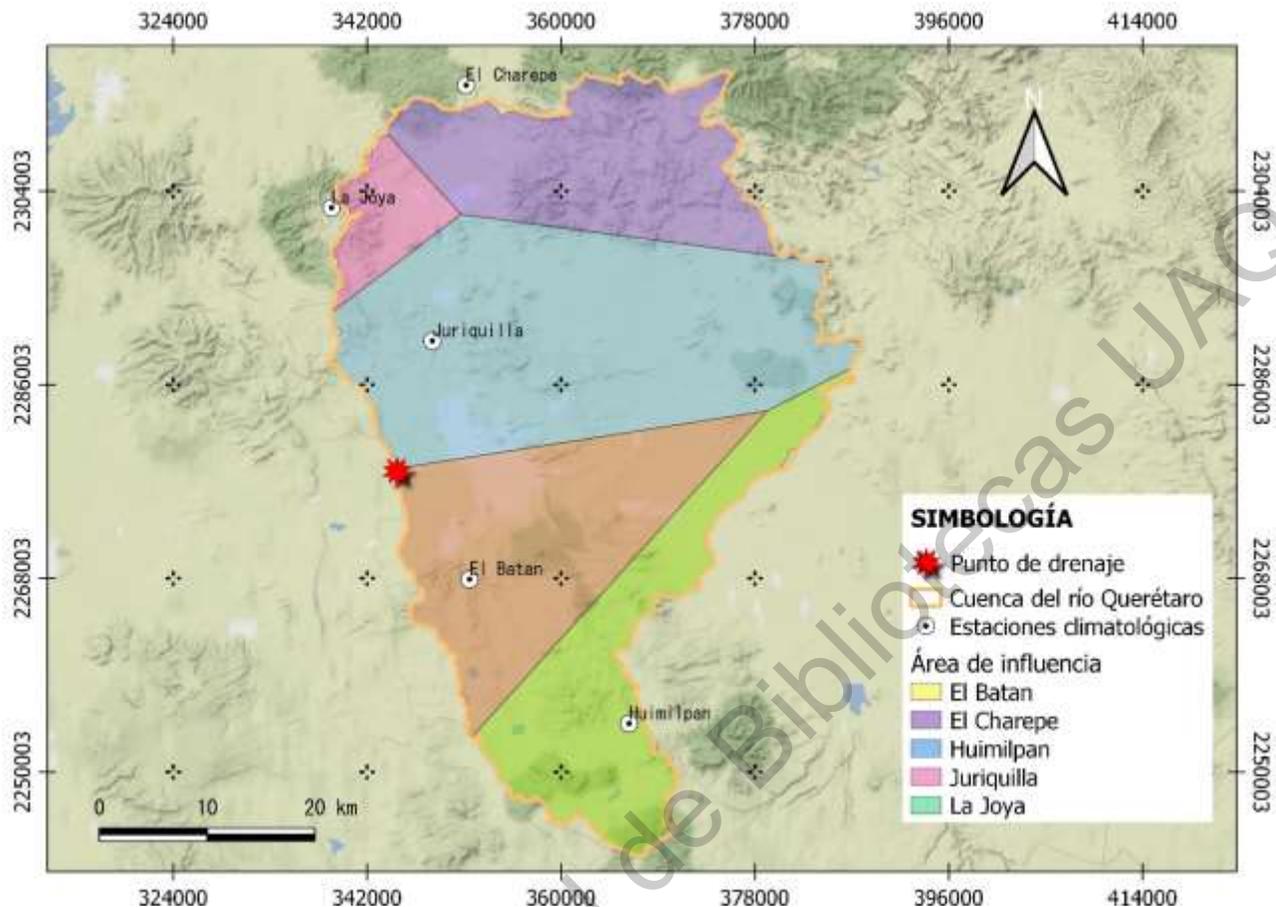


Figura 26. Influencia de las estaciones climatológicas seleccionadas en la cuenca de estudio.

De igual forma de procedió a ponderar los valores de precipitaciones de (1h) para diferentes periodos de retorno, obtenidas de las isoyetas de la SCT, tomados como precipitaciones de referencia a través de la cuenca del río Querétaro **Tabla 15**. La integración de los resultados permitió la construcción de las curvas I-D-T para cada una de las estaciones y la curva I-D-T ponderada para la cuenca con el criterio de Chen **Figura 27**. Donde se observó que las curvas I-D-T para cada estación no variaban mucho con respecto a las ponderadas de acuerdo al área de influencia.

Tabla 15. Precipitación ponderada para duraciones de 60 minutos y 24 horas para diferentes periodos de retorno con base al área de influencia de las estaciones.

Descripción	El Charape	El Batán	Huimilpan	La Joya	Juriquilla	El Zamorano	Precipitación ponderada	Corrección *1.13
Área de influencia	165.74	464.25	379.5	96.32	561.72	473.81	2141.34	
%	8%	22%	18%	4%	26%	22%	100%	
Ainfluencia								
P1_10	30.00	45.63	45.00	33.90	36.64	36.91	39.49	
P1_25	40.00	60.00	60.00	40.00	40.00	40.00	47.88	
P1_50	40.00	68.63	80.00	40.00	40.00	40.00	53.30	
P1_100	25.00	75.00	75.00	25.00	32.48	36.02	49.10	
P24_10	34.41	86.92	85.79	67.96	103.33	71.87	82.78	93.54

P24_25	41.96	102.63	96.92	77.90	128.83	88.43	99.54	112.48
P24_50	47.67	114.29	104.57	84.95	144.22	101.04	111.01	125.44
P24_100	53.38	125.86	111.78	91.66	158.69	113.87	122.18	138.06

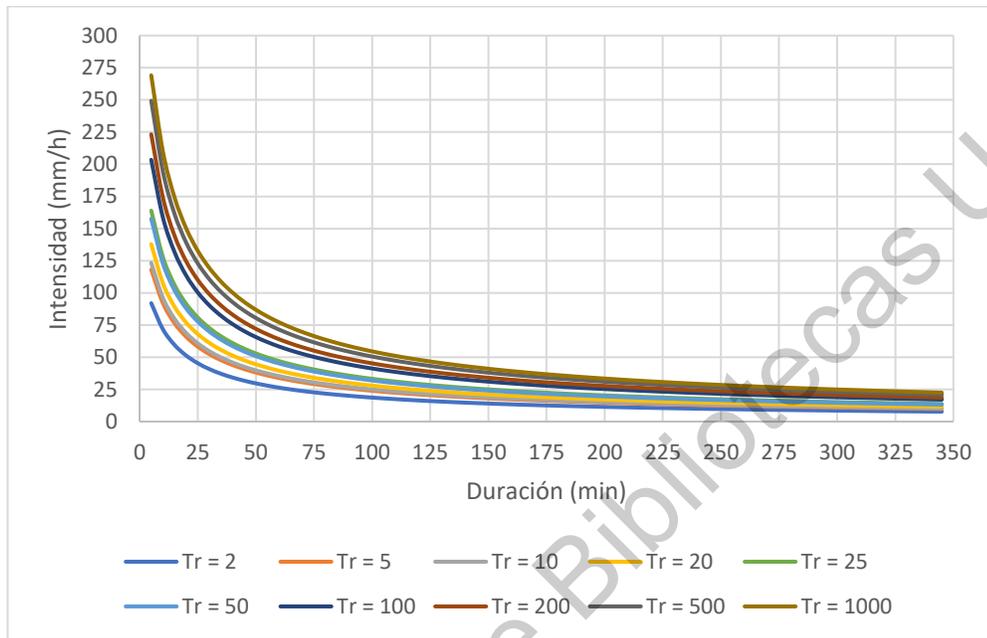


Figura 27. Curvas I-D-T obtenidas a partir de las isoyetas de la SCT.

8.4.3 Recurrencia de tormentas por estación de la CEA.

Del análisis de las tormentas se obtuvieron un total de 727 eventos para el total de años considerados de todas las estaciones, las cuales se distribuyeron como se muestra en **Tabla 16**. Mientras que el histograma de frecuencias de las tormentas por lámina de precipitación se muestra en la **Figura 28**. En este se observa que la mayoría de las tormentas que se presentaron en los años de análisis (602) tuvieron láminas medias de precipitación de 14mm, sin embargo, un número importante de lluvias por arriba de los 30mm, que podemos considerar potencialmente generadoras de inundaciones con base en la revisión documental. Asimismo, tormentas de 50mm (23) que provocan encharcamientos severos en la ciudad, de acuerdo a los eventos de inundación recopilados en la información documental.

Tabla 16. Número de tormentas registradas para las estaciones seleccionadas para el estudio

Estación	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Eventos
CEA Área Central	30	35	-	25	31	20	141
Centro Cívico					22	13	35
Juríca					27	14	41

La Obrero	4	18	37	15	74		
La Roquera			30	9	39		
Plaza Altamira		2	28	10	40		
Plaza Escobedo		16	19	5	40		
Protección civil			24	10	34		
San Antonio de la Punta		5	18	16	39		
Sta. Rosa Jáuregui	24	32	-	27	13	96	
TAQ		1	15	-	2	18	
TEC MTY		25	4	23	8	60	
UTEQ		22	19	17	12	70	
	30	59	84	104	303	147	727

Nota: el guion indica que ese año no fue analizado.

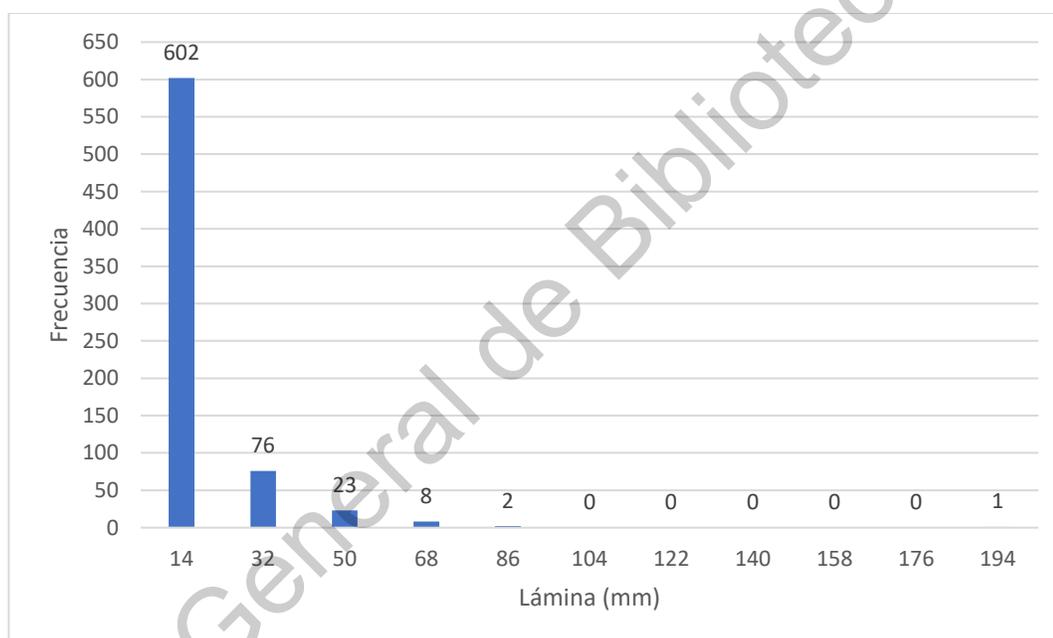


Figura 28. Histograma de frecuencias de las tormentas analizadas por lámina de precipitación.

Para las tormentas identificadas para cada estación (**Tabla 16**) de acuerdo al criterio descrito en el subcapítulo 7.2.7 fue determinado su periodo de retorno (T_r), considerando como referencia las curvas I-D-T, generadas a partir de las isoyetas de la SCT. Por ejemplo, de los 141 eventos identificados en la estación CEA-Área Central fueron identificadas dos tormentas que ocurrieron en forma consecutiva y prácticamente con igual periodo de retorno, tomando en cuenta la intensidad y las curvas IDT de la **Figura 27**, sin embargo, sus características son totalmente diferentes.

De igual forma en el año 2011 se presentaron dos tormentas con una probabilidad de ocurrencia de año y medio ($T_r=1.5$). En la estación Jurica en 2010 se presentaron cinco tormentas con un periodo de retorno asociado de 5 años ($T_r=5$) y en 2010 y 2011 dos tormentas con un periodo de retorno de

un año y medio ($Tr=1.5$). En 2010 en la estación Centro Cívico se registraron dos tormentas con periodo de retorno de un año y medio ($Tr=1.5$) al igual que en la estación La Obrera donde además se registraron lluvias con un periodo asociado de dos años ($Tr=2$) en tres años consecutivos (2009-2011).

En la estación Plaza Altamira fueron registradas dos tormentas con probabilidad de ocurrencia de tres años ($Tr=3$) en dos años consecutivos (2010 y 2011) además de que dos tormentas con periodo de retorno de dos años ($Tr=2$) ocurrieron en el mismo año (2011). En la estación Plaza Escobedo la recurrencia de tormentas con periodos de retorno de un año y medio ($Tr=1.5$) fue superada al presentarse tres a lo largo del año 2009. Mientras que, por otro lado, las estaciones de Santa Rosa y TEC MTY presentaron dos tormentas con periodo de retorno de año y medio en el transcurso del año 2008. Las estaciones UTEQ, TAQ, Protección civil, La Rochera y San Antonio presentaron lluvias con diferentes periodos de retorno, pero la recurrencia de estas no rebaso lo determinado a través de las curvas I-D-T generadas a partir de las isoyetas de la SCT.

8.4.4 *Recurrencia de tormentas por periodo de retorno*

Los resultados del análisis de recurrencia de eventos asociados a inundaciones se pueden observar en la **Tabla 17**. En el contexto de periodo retorno, concebido como la probabilidad de que al menos se presente un evento en acorde al periodo estimado, la Tabla 17 muestra que la recurrencia de lluvias asociadas a un periodo de retorno de un año ($Tr=1$) fue superada, pues a lo largo del 2006 se presentaron tres tormentas de tal dimensión al igual que en el año 2008 donde se presentaron dos. De igual manera la recurrencia de lluvias clasificadas con un periodo de retorno de un año y medio ($Tr=1.5$) se vio rebasada en el periodo de 2008 a 2011, con un promedio de cinco tormentas por año. Igualmente, para una probabilidad de ocurrencia de dos años ($Tr=2$) acontecieron tormentas en 2008 y 2009, es decir, en menos de dos años entre un evento y otro; igualmente en 2010 y 2011 se presentaron tres tormentas en cada año.

Asimismo, las tormentas asociadas a un periodo de retorno de tres años ($Tr=3$) ocurrieron un total de cinco veces tan solo en el año 2010 mientras que tormentas con periodo de retorno de cuatro años ($Tr=4$) se presentaron dos y tres veces en 2009 y 2011 respectivamente. Para las tormentas asociadas a periodos de retorno de cinco años ($Tr=5$) ocurrió en forma similar para 3 años, es decir, se presentaron tormentas de 2008 a 2010 siendo este último año donde la recurrencia fue de hasta tres tormentas, todas ellas registradas en la estación Jurica. De la misma manera, en el caso de tormentas con probabilidad de ocurrencia de seis años ($Tr=6$) eventos de tal magnitud ocurrieron en años

consecutivos (2006-2007) y ambos registrados en la estación CEA Área Central con intensidades medias de 22 y 29 mm/h.

Llama la atención los años 2010 y 2011, donde hubo una mayor recurrencia de tormentas asociadas a una variedad periodos de retorno. Asimismo, para el año 2010 la tormenta registrada el 03 de febrero en la estación de La Obrera, que provocó graves inundaciones y una lámina acumulada de 202mm, le fue asociado un periodo de retorno de 1000, es decir, una tormenta de igual magnitud debió presentarse teóricamente en el año 1010 antes de la conquista por parte de los españoles. En el año 2011 la tormenta del 02 de septiembre registrada en la estación Jurica se clasificó para un periodo de retorno de 10 años presentándose una lámina acumulada de 67mm. Ante la falta de una base de datos consistente de mayor cobertura temporal no fue posible identificar más eventos y el número de veces que aumento su recurrencia.

. Sin embargo, con los datos analizados, se pudo concluir que la recurrencia de tormentas con periodos de retorno de 5 y 6 años se presenta cada vez con mayor frecuencia lo que es preocupante ya que mucha de la infraestructura hidráulica diseñada para el desalajo de agua pluvial en las ciudades se diseñan a partir de las precipitaciones e intensidades de diseño estimadas a través de las curvas I-D-T que debido al cambio climático deban ajustarse para poder pronosticar eventos con un periodo de retorno adecuado, debido a que su ocurrencia está aumentando, potenciando la presencia de inundaciones en consecuencia potenciando los brotes de Leptospirosis.

Tabla 17. Recurrencia de tormentas asociados a distintos periodos de retorno de todas las estaciones analizadas.

PERIODO DE RETORNO (TR)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL
< 0.5	22	45	68	87	263	124	609
0.5 < TR < 1	1	13	6	9	19	8	56
1	3	0	2	0	1	1	7
1.5	1	0	5	4	5	6	21
2	0	0	1	1	3	3	8
2.5	1	0	0	0	2	0	3
3	1	0	0	0	5	1	7
4	0	0	1	2	0	3	6
5	0	0	1	1	3	0	5
6	1	1	0	0	1	0	3
10	0	0	0	0	0	1	1
1000	0	0	0	0	1	0	1
TOTAL	30	59	84	104	303	147	727

8.4.5 Modelación hidrológica de las cuencas

La modelación hidrológica fue realizada para los eventos del 12-octubre-1986 y 19-agosto-2003 ya que para esas fechas se contó con información del gasto reportado en la estación hidrométrica Ameche. La calibración se llevó a cabo ajustando el número de curva (CN), la abstracción inicial (Ia) y el caudal pico de las cuencas de aportación, variando las características morfométricas mostradas en la **Tabla 18**.

Tabla 18. Características morfométricas de las cuencas modeladas y eventos calibrados en HEC HMS 4.2.1.

Cuenca	Área (km ²)	Lcpal (km)	S (m/m)	Tc (horas)	CN	Ia (mm)	Área cuenca/Área cuenca total (%)	12-oct-86			19-ago-03				
								Caudal pico observado (m ³ /s)	Caudal pico (m ³ /s)	Caudal pico modelado (m ³ /s)	Error	Caudal pico observado (m ³ /s)	Caudal pico (m ³ /s)	Caudal pico modelado (m ³ /s)	Error
Sta Rosa	261.84	58.03	0.009	9.08	80	19	11%		11.17	9.40	1.77		1.32	2	-0.68
Hércules	1013.8	52.26	0.044	4.56	75	20	41%		43.27	43.70	-0.43		5.10	6.3	-1.20
Jurica	325.1	34.2	0.019	4.48	74	20	13%	104.52	13.87	13.60	0.27	12.32	1.64	2	-0.36
Carillo	423.87	43.73	0.016	5.77	75	19	17%		18.09	18.20	-0.11		2.13	3.8	-1.67

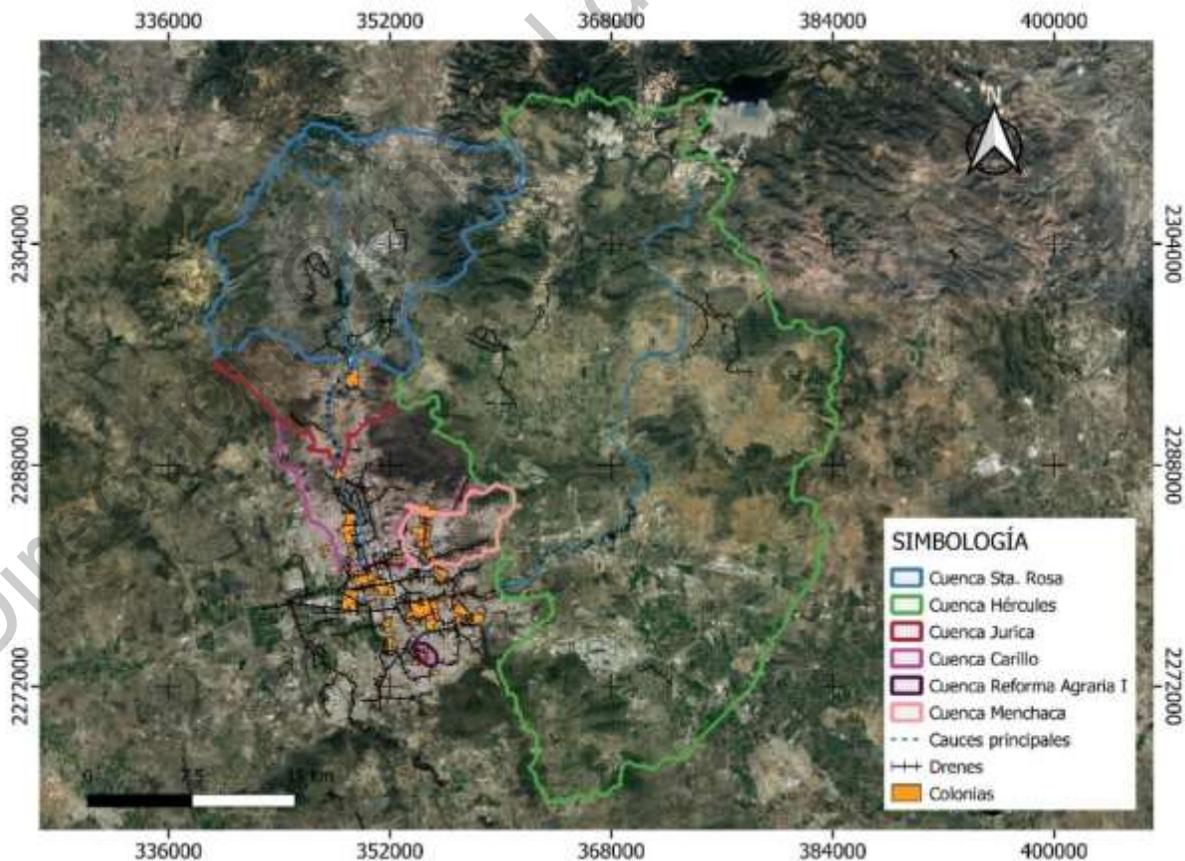


Figura 29. Cuencas de aportación elegidas para la modelación hidráulica.

8.4.6 Modelación hidráulica

Posteriormente se generaron los hidrogramas teóricos con el método del HUT para las subcuencas de la **Figura 29** obteniendo la precipitación efectiva (P_e) con el valor del número de curva (CN) estimado en la calibración realizada en el paso anterior. Los hidrogramas para diferentes periodos de retorno se muestran en las Figuras 30-35. En los **Anexos 9-14** son mostrados los datos utilizados para la elaboración de los hidrogramas de las cuencas.

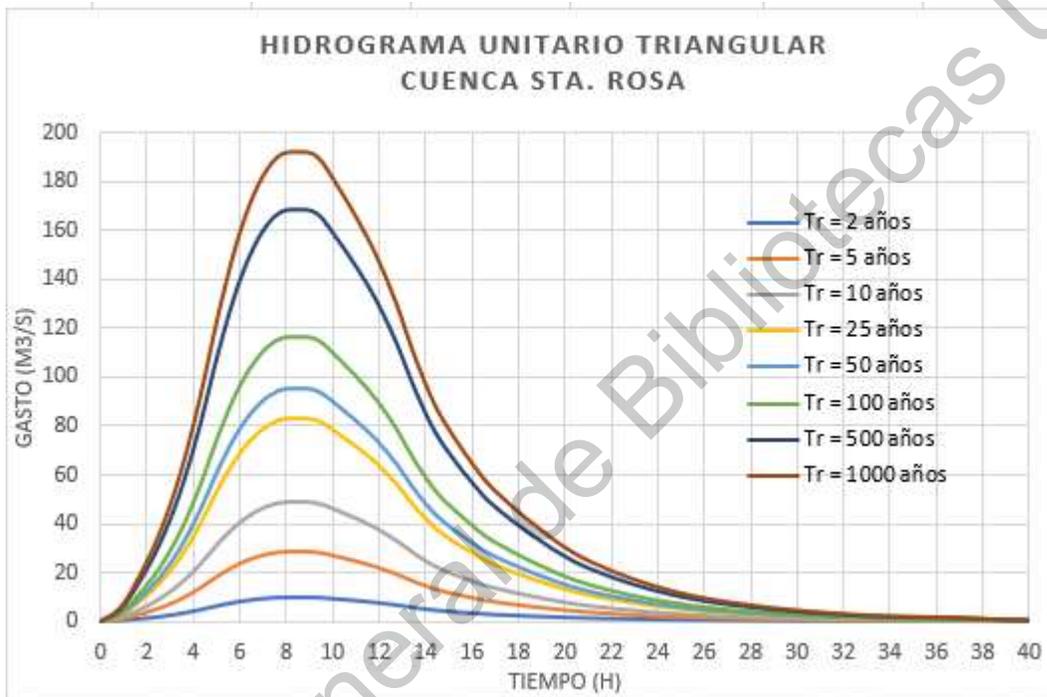


Figura 30. Hidrogramas de crecienté en condiciones actuales de la cuenca “Sta. Rosa” para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.

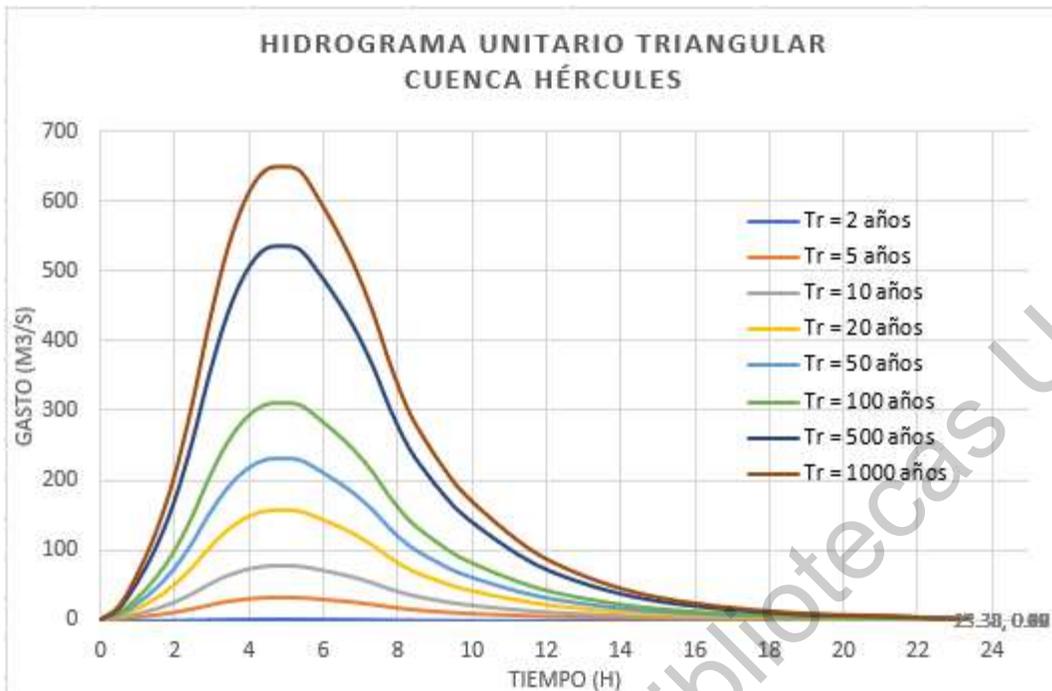


Figura 31. Hidrogramas de crecida en condiciones actuales de la cuenca "Hércules" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.

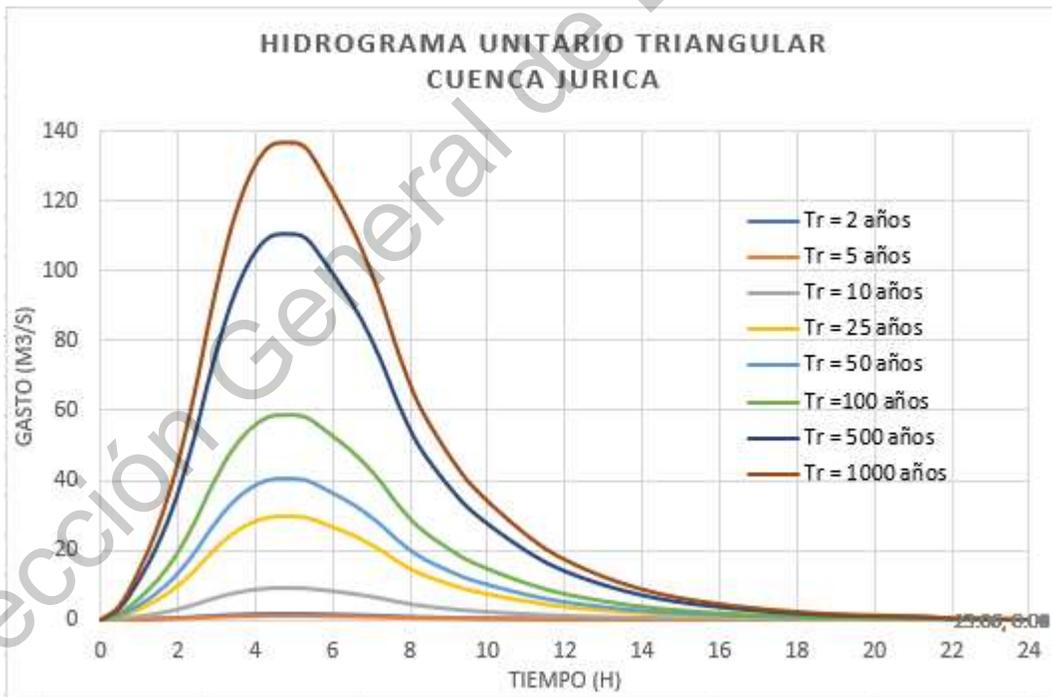


Figura 32. Hidrogramas de crecida en condiciones actuales de la cuenca "Jurica" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.

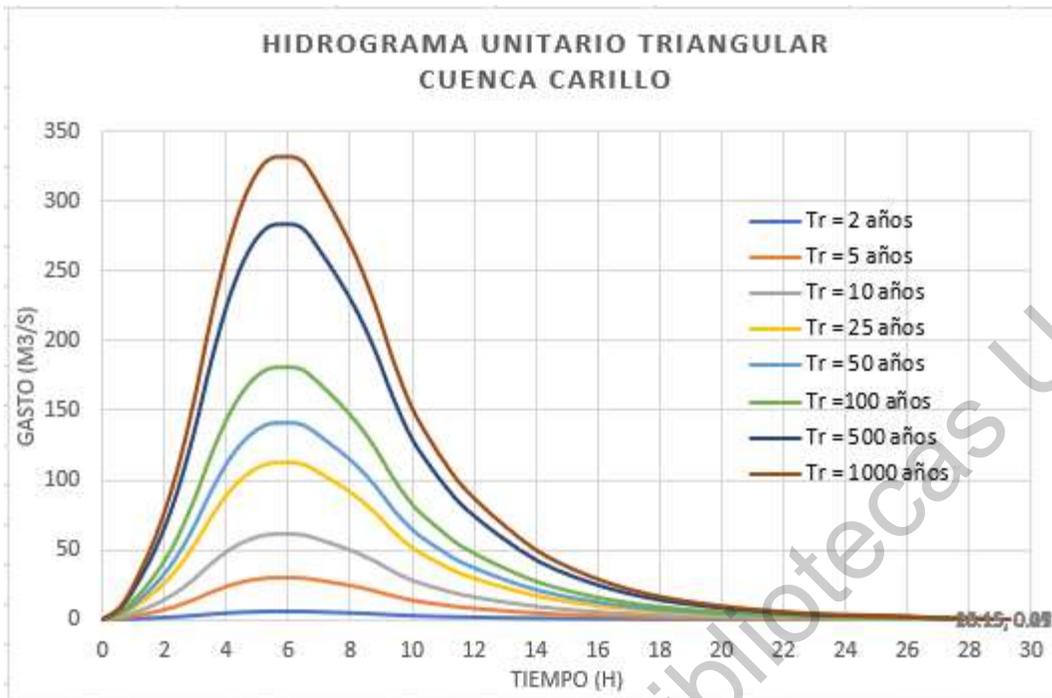


Figura 33. Hidrogramas de crecienta en condiciones actuales de la cuenca "Carillo" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.

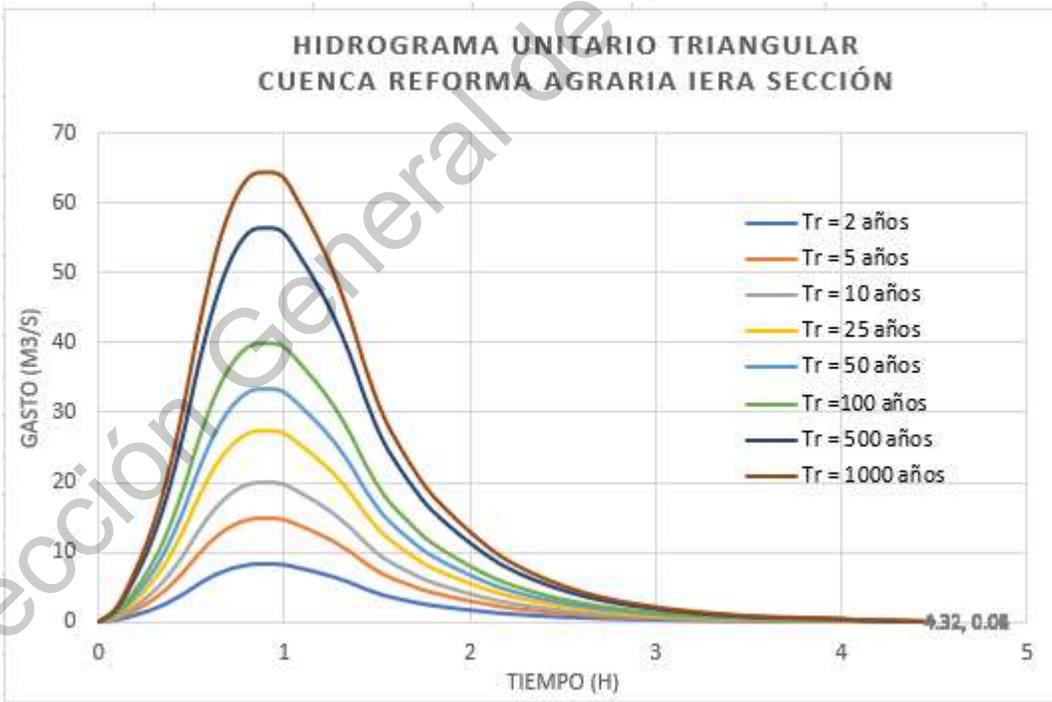


Figura 34. Hidrogramas de crecienta en condiciones actuales de la cuenca "Reforma Agraria I sección" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.

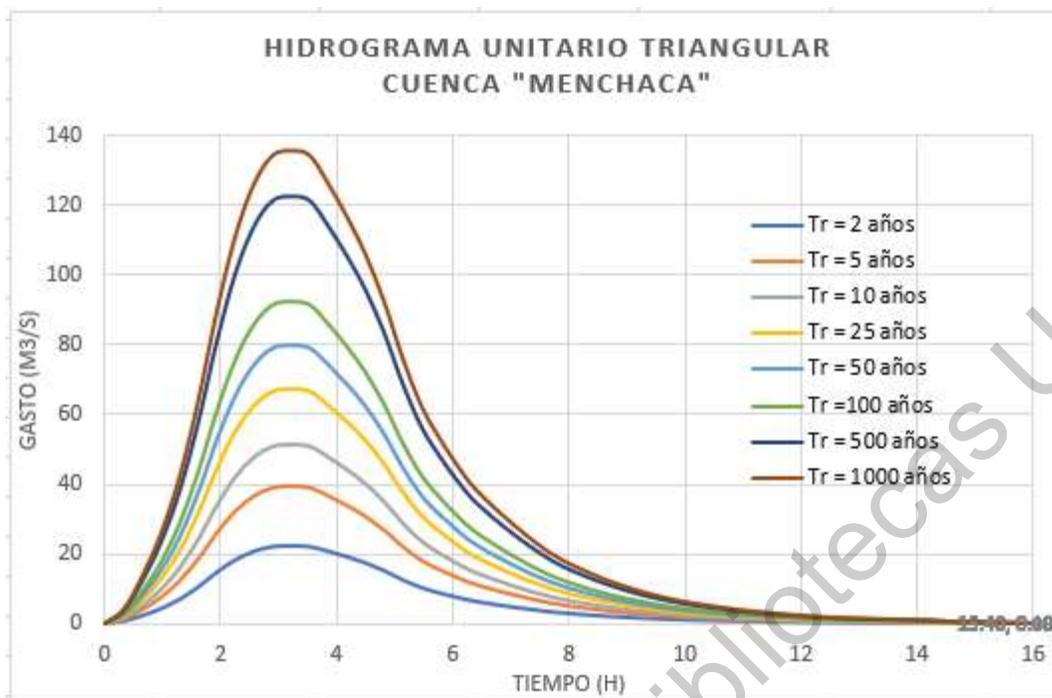


Figura 35. Hidrogramas de creciente en condiciones actuales de la cuenca "Menchaca" para diferentes periodos de retorno obtenidos con el método del HUT.

La modelación de la superficie inundable se realizó en el modelo Iber con los hidrogramas asociados a un periodo de retorno ($Tr = 10$) para las subcuencas: "Sta. Rosa", "Hércules", "Jurica", "Reforma Agraria I" y "Menchaca". Cabe mencionar que la modelación no se consideró la urbanización. Las profundidades medias y máximas para los diferentes drenes y arroyos fueron: 11.45 m y 23.73 m para la subcuenca Sta. Rosa inundando gran parte de las márgenes del cauce como puede apreciarse en la **Figura 36**; 0.43 m y 5.11 m para la subcuenca Hércules inundando gran parte de la colonia Centro con alturas máximas del tirante en la colonia Hércules (**Figura 37**), 0.148m y 1.85m para la subcuenca Jurica afectando una gran área de las márgenes del cauce pero con un tirante pequeño representando afectaciones a la infraestructura de media a muy baja (**Figura 38**), 0.20m y 2.5 m para la subcuenca Reforma Agraria inundando las casas cercanas al dren como puede apreciarse en la **Figura 39** y 0.62 m y 2.1 m para la subcuenca Menchaca con casi todo el cauce y sus márgenes clasificados como zona de Alto y muy Alto peligro (**Figura 40**).

Por otro lado, la velocidad media y máxima para cada dren y/o arroyo fue: 3.73m/s y 16.91m/s para la subcuenca Sta. Rosa, 0.97m/s y 3.71m/s para la subcuenca Hércules, 0.16m/s y 1.16m/s para la subcuenca Jurica, 0.51m/s y 1.2m/s para la subcuenca Reforma Agraria I y 0.66m/s y 2.20m/s para la subcuenca Menchaca.

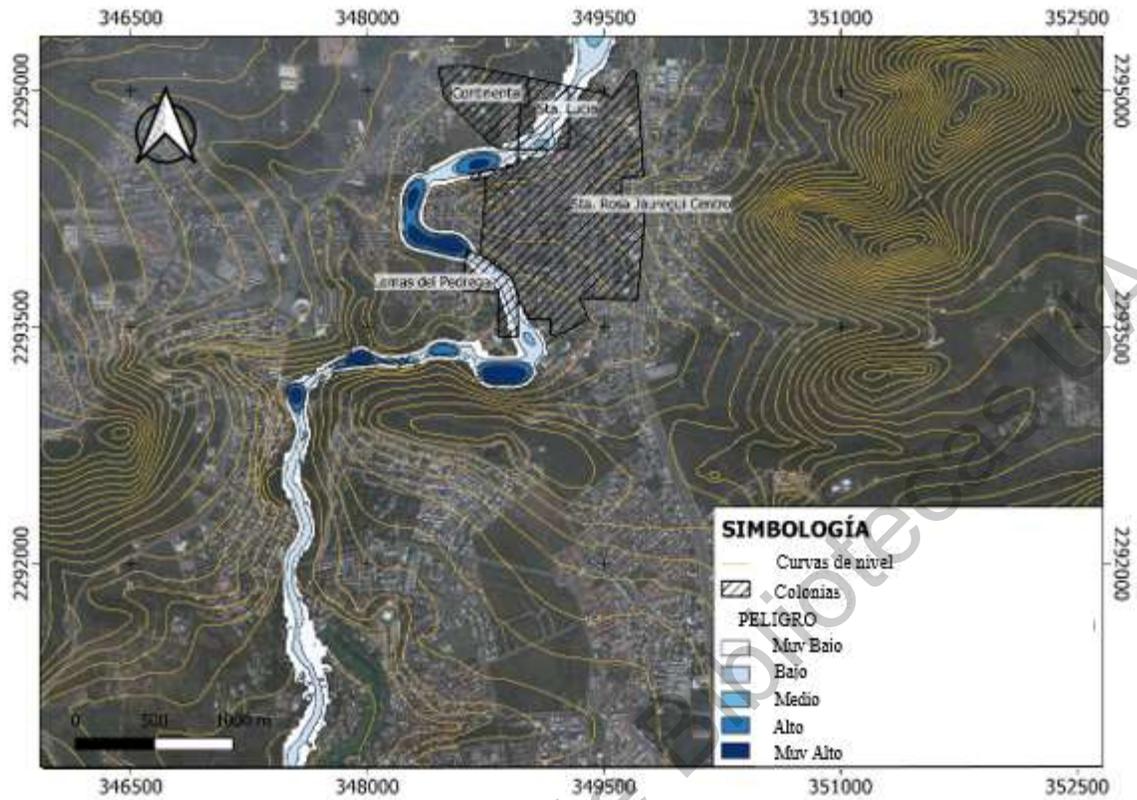


Figura 36. Mapa zonas inundables de la cuenca "Sta. Rosa" para un $Tr = 10$ años.

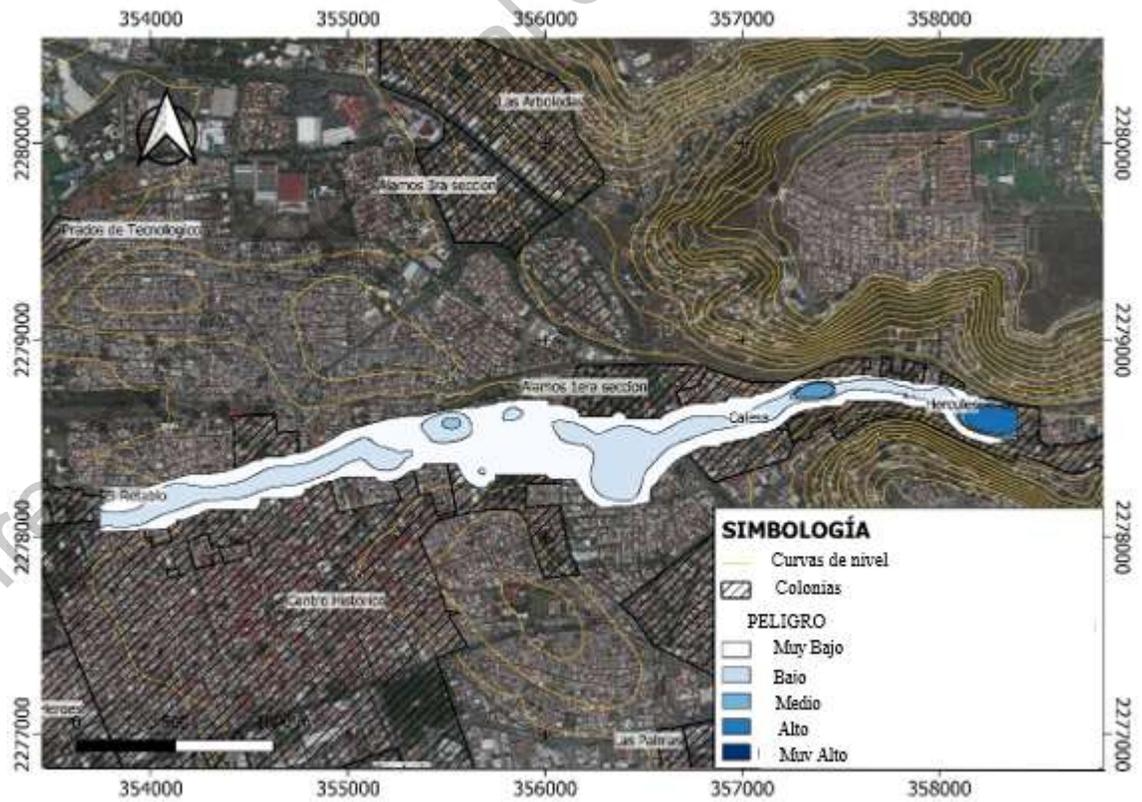


Figura 37. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Hércules" para un $Tr = 10$ años.

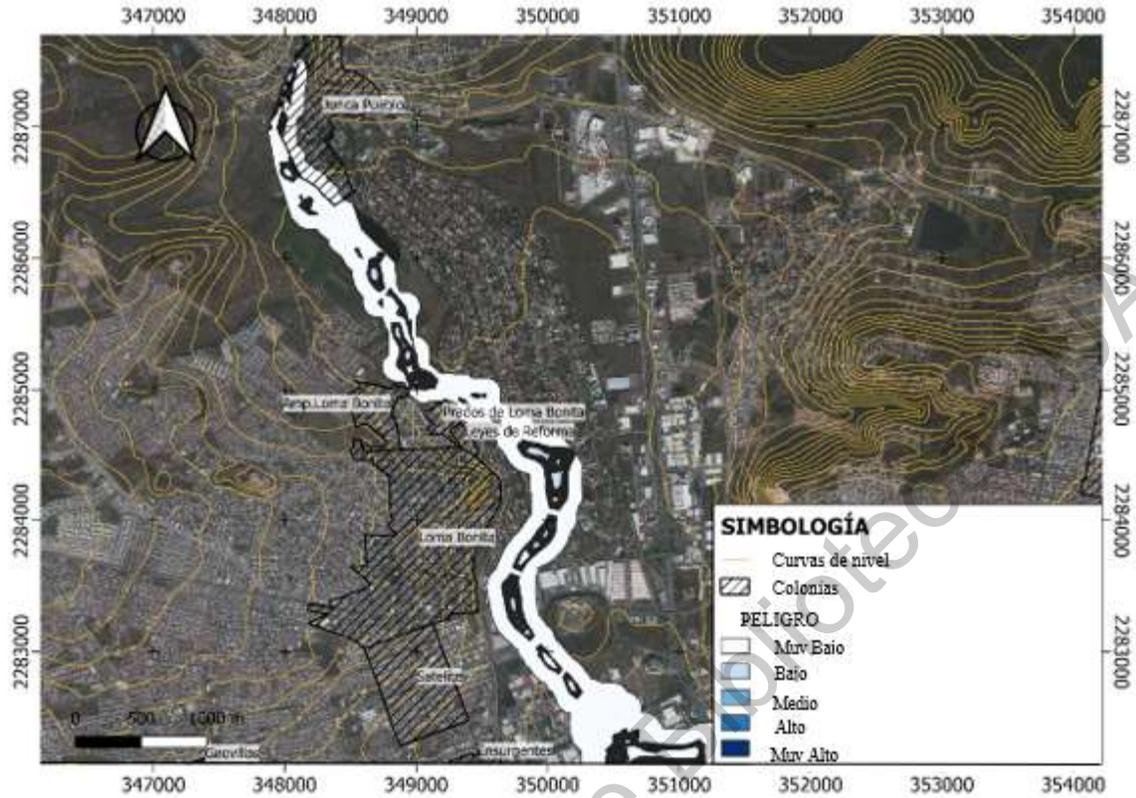


Figura 38. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Jurica" para un $Tr = 10$ años

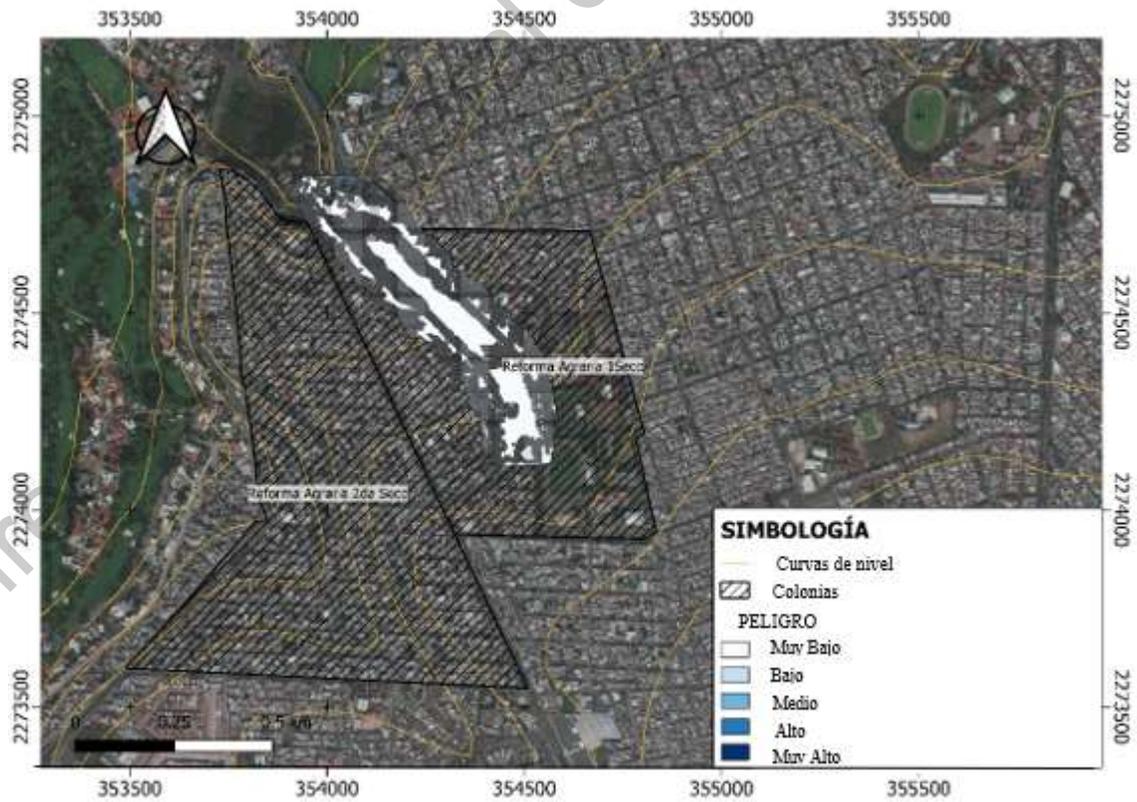


Figura 39. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Reforma Agraria I sección" para un $Tr = 10$ años

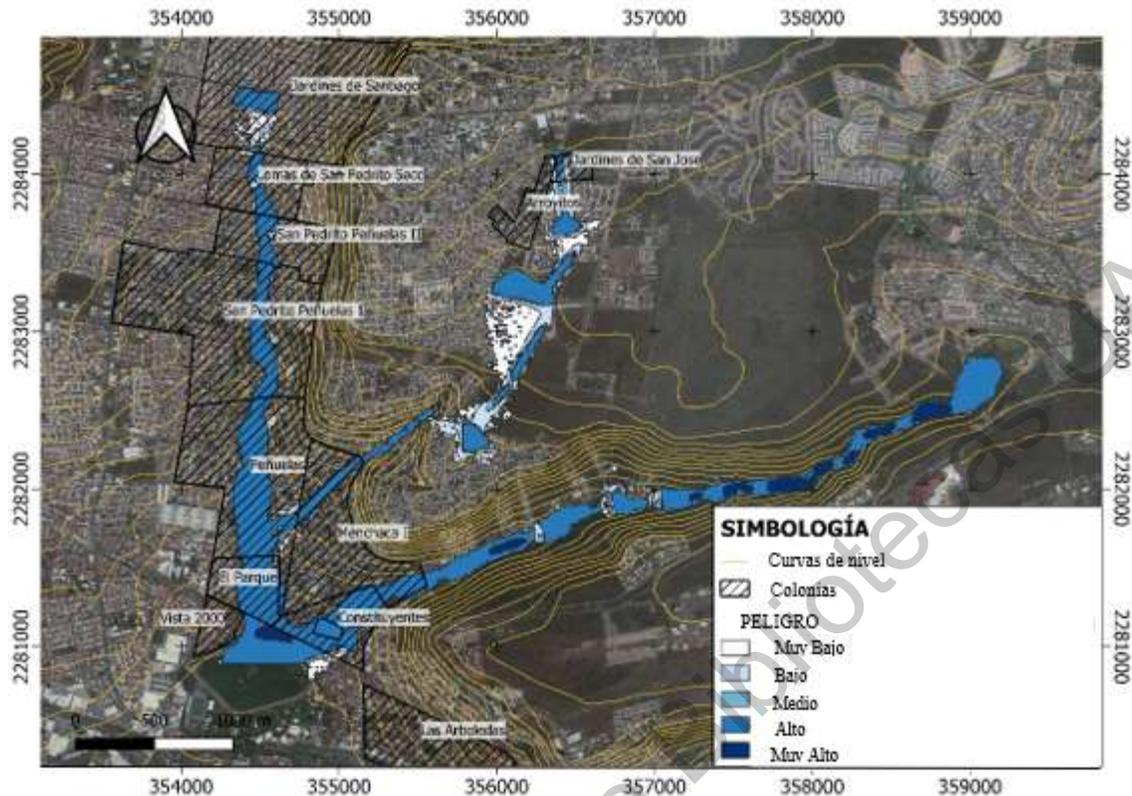


Figura 40. Mapa de zonas inundables de la cuenca "Menchaca" para un $Tr = 10$ años

8.5 Aplicación de un cuestionario sobre factores de vulnerabilidad de la Leptospirosis (IZIPL).

Descriptivos: La encuesta se aplicó a 484 residentes de las 60 colonias seleccionadas donde 254 (52%) fueron mujeres y 230 (46%) hombres (**Anexo 19**). La edad promedio de los entrevistados fue de 42 años con una mínima de 15 años y una máxima de 88. La distribución de las encuestas en los diversos sectores se dio de la siguiente manera: un total de 94 (19.7%) encuestas se aplicaron en el sector I, 40 (8.3%) encuestas en el sector II, 16 (3.3%) en el sector III, 121 (25.0%) en el sector IV, 19 (3.9%) en el sector V, 111 (22.9%) en el sector VI y 83 (17.1%) en el sector VII. En el **Anexo 20** se muestran las medias y desviaciones de cada ítem y dimensiones para la muestra total de colonias encuestadas. Asimismo, en la **Tabla 19** se muestra la frecuencia de respuesta de cada ítem y en el **Anexo 30** las gráficas de pastel correspondientes a las mismas.

Las pruebas estadísticas de Kaiser-Meyer-Olkin y la prueba de esfericidad de Barlet mostraron un valor de $KMO = 0.79$ y un valor de p menor a 0.005 respectivamente, que indicó la posibilidad de realizar un análisis factorial, relacionado con la validez del instrumento. La fiabilidad del cuestionario se comprobó a través del cálculo del coeficiente de Alpha de Cronbach el cual arrojó un valor de 0.825,

lo que indico que la confiabilidad para el instrumento (IZIPL) era buena (Cronbach, 1951). Por último, con respecto a la correlación de los ítems con la puntuación total del instrumento es importante señalar que la correlación más elevada ($r = 0.728$) fue la del ítem 3 relacionada con el drenaje mientras que la más baja ($r = 0.27$) del ítem 18 relacionada con las prácticas (**Anexo 21**).

Tabla 19. Frecuencia de respuesta para cada ítem del cuestionario (n=484).

		N=484				
Ítem		5	4	3	2	1
1	Su colonia se inunda frecuentemente	99 (20.5%)	58 (12%)	70 (14.5%)	101 (20.9%)	156 (32.2%)
2	Su hogar experimenta daños tras una inundación.	159 (32.9%)	124 (25.6%)	85 (17.6%)	59 (12.2%)	57 (11.87%)
3	La altura del agua de inundación alcanza los 30 cm.	135 (27.9%)	48 (9.9%)	67 (13.8%)	85 (17.65)	149 (30.8%)
4	El servicio de recolección de basura de su localidad es eficiente.	237 (49.0%)	140 (28.9%)	73 (15.1%)	22 (4.5%)	12 (2.5%)
5	El sistema de alcantarillado y drenaje de su colonia tiene buen funcionamiento.	98 (20.2%)	78 (16.1%)	105 (21.7%)	114 (23.6%)	89 (18.4%)
6	Acostumbra usar botas de plástico cuando hay una inundación en su colonia.	80 (16.5%)	53 (11.0%)	59 (12.2%)	94 (19.4%)	198 (40.9%)
7	Considera que el control de roedores en su colonia es eficiente.	93 (19.2%)	52 (10.7%)	104 (21.5%)	106 (21.9%)	129 (26.7%)
8	Suele recolectar el agua producto de inundación.	304 (62.8%)	118 (24.4%)	23 (4.8%)	18 (3.7%)	21 (4.3%)
9	En su colonia se puede observar la presencia de perros callejeros en los alrededores.	104 (21.5%)	71 (14.7%)	70 (14.5%)	78 (16.1%)	161 (33.3%)
10	El agua de inundación frecuentemente entra en su hogar.	179 (37.0%)	95 (19.6%)	90 (18.6%)	61 (12.6%)	59 (12.2%)
11	Ha notado la presencia de “cúmulos/aglomeraciones de basura” en las calles de su colonia.	79 (16.3%)	81 (16.7%)	93 (19.2%)	95 (19.6%)	136 (28.1%)
12	El tiempo que dura el agua estancada tras un evento de lluvia supera los 30min.	76 (15.7%)	47 (9.7%)	60 (12.4%)	130 (26.9%)	171 (35.3%)
13	Es normal que en su colonia los sistemas de desalojo de agua pluviales se ven rebasados en su capacidad.	102 (21.1%)	53 (11.0%)	85 (17.6%)	107 (22.1%)	137 (28.3%)
14	Cuando hay encharcamientos o inundaciones en su colonia, suele estar en contacto directo con agua de inundación.	181 (37.4%)	81 (16.7%)	89 (18.4%)	70 (14.5%)	63 (13.0%)
15	Tiene o ha tenido contacto con roedores en época de lluvias e inundaciones.	207 (42.8%)	98 (20.2%)	82 (16.9%)	45 (9.3%)	52 (10.7%)
16	El control de caninos “perrera” es bueno en su colonia.	100 (20.7%)	68 (14.0%)	100 (20.7%)	94 (19.4%)	122 (25.2%)
17	Utiliza el agua de inundación para otros usos, por ejemplo, regar, lavar, sanitario u otros.	268 (55.4%)	106 (21.9%)	49 (10.1%)	19 (3.9%)	42 (8.7%)
18	Suele usar chanclas o zapatos abiertos cuando desaloja agua de inundación de su hogar.	164 (33.9%)	77 (15.9%)	76 (15.7%)	71 (14.7%)	96 (19.8%)
19	Considera que las calles de su colonia se limpian con la frecuencia necesaria.	107 (22.1%)	82 (16.9%)	98 (20.2%)	81 (16.7%)	116 (24.0%)
20	Ha visto roedores cerca de su hogar o a los alrededores durante una inundación.	170 (35.1%)	64 (13.2%)	113 (23.3%)	59 (12.2%)	78 (16.1%)

21	Camina descalzo en zonas que fueron afectadas por el agua de inundación.	320 (66.1%)	111 (22.9%)	40 (8.3%)	6 (1.2%)	7 (1.4%)
22	Suele tener contacto con perros callejeros de su colonia.	259 (53.5%)	92 (19.0%)	68 (14.0%)	28 (5.8%)	37 (7.6%)
23	Ha observado en su localidad sistemas de desalojo de aguas residuales “abiertos”.	118 (24.4%)	45 (9.3%)	98 (20.2%)	99 (20.5%)	124 (25.6%)
<i>Sintomatología después de una inundación</i>						
24	Experimenta fiebre de origen desconocido	4 (0.8%)	4 (0.8%)	4 (0.8%)	32 (6.6%)	440 (90.9%)
25	Presenta dolores de cabeza	5 (1.0%)	4 (0.8%)	10 (2.1%)	41 (8.5)	424 (87.6%)
26	Sufre de dolores musculares	7 (1.4%)	3 (0.6%)	14 (2.9%)	31 (6.4%)	429 (88.6%)
27	Muestra dolores en las articulaciones	9 (1.9%)	5 (1.0%)	15 (3.1%)	48 (9.9%)	407 (84.1%)
28	Advierte nauseas	4 (0.8%)	1 (0.2%)	8 (1.7%)	41 (8.5%)	430 (88.8%)
29	Experimenta vómitos	1 (0.2%)	5 (1.0%)	8 (1.7%)	24 (5.0%)	446 (92.1%)
30	Presenta salpullido	6 (1.2%)	5 (1.0%)	14 (2.9%)	43 (8.9%)	416 (86.0%)
31	Sufre diarrea	2 (0.4%)	2 (0.4%)	17 (3.5%)	40 (8.3%)	423 (87.4%)

Nota: Los encabezados de la tabla dados por los números del 1 al 5 indican la respuesta en la escala de Likert elegida por los encuestados que va desde Totalmente de acuerdo (5) hasta Totalmente en desacuerdo (1).

Del análisis general de las encuestas sobre factores asociados a la vulnerabilidad de la enfermedad se encontró que poco más de la tercera parte de los encuestados 157 (32.5%) consideraba que su colonia no era un sitio expuesto a las inundaciones, aunque en el Atlas de Riesgo Municipal se indicaba lo contrario. Sin embargo, aproximadamente 243 (50.4%) de los colonos contestaron de manera negativa a preguntas relacionadas con el funcionamiento y condiciones de la infraestructura hidráulica de sus colonias, lo que está fuertemente relacionado con encharcamientos e inundaciones en época de lluvias.

Con respecto al manejo adecuado de la basura se mostró un descontento generalizado contra las autoridades encargadas de su disposición final pues 377 (77.9%) de las personas que atendieron el cuestionario calificaron el servicio como deficiente. El hecho de que la basura permanezca en las calles por largos periodos ha sido relacionado con la presencia de ratas y ratones, portadores asintomáticos de *Leptospira*, que pueden excretar durante toda su vida la bacteria a través de su orina representando un riesgo para las población sobre todo durante la época de lluvias cuando la bacteria puede viajar grandes distancias con ayuda del agua (Socolovschi et al., 2011). Sin embargo, sorpresivamente las preguntas sobre presencia de roedores en los sitios no fueron coincidentes.

En el caso de las preguntas relacionadas con el contacto con perros callejeros se encontró que aproximadamente 239 (49.4%) de los encuestados habían observado al menos uno de ellos en los

alrededores de sus hogares sin embargo una gran proporción 351 (72.5%) mencionaron no haber tenido contacto con ellos. Las preguntas relacionadas con las prácticas y hábitos de riesgo mostraron de manera general, que a pesar de no contar con un conocimiento profundo o incluso desconocer la enfermedad los habitantes de las colonias encuestadas llevan a cabo buenos manejos. En el caso de las preguntas sobre sintomatología inicial de la enfermedad se probó que aproximadamente 435 (90%) encuestados no habían presentado ninguno de los síntomas tras eventos de inundación, sin embargo, esto podría estar relacionado con el desconocimiento de la enfermedad entre la población o inclusive con la presencia de la enfermedad de manera subclínica, pues estudios realizados en personas aparentemente sanas han demostrado hasta un 7% de seropositividad a Leptospirosis (Gavaldón et al., 1995).

8.5.1 *Resultados del IZIPL y DIZIPL por sector*

La media del puntaje total obtenido en las 484 encuestas fue de 72.17 con un IZIPL en un nivel Medio para el total de las colonias. Asimismo, se encontraron 19 (32%) colonias con un IZIPL en un nivel Bajo, 40 (67%) en un nivel Medio y tan solo una colonia (Lomas del Pedregal) en un nivel Alto. Lo cual podría estar relacionado con su cercanía a cuerpos de agua y alto grado de marginación en que cohabita su población que, a su vez, se relaciona con un manejo inadecuado de los desechos sólidos urbanos y una resiliencia baja contra eventos de inundación como se ha encontrado en estudios realizados en Malasia y Brasil (Baquero & Machado, 2018; Hassan et al., 2018) en contraste con la colonia con el menor IZIPL (Vista Hermosa) donde el grado de marginación entre la población es muy bajo.

Con base en la sectorización del IZIPL seis de los siete sectores (I, III, IV, V, VI y VII) se encuentran en un nivel de vulnerabilidad Medio mientras que tan sólo el sector II se clasificó en un nivel Bajo. Lo que pudiera explicarse por la topografía de la zona sur de la ciudad de Querétaro, donde eventos de inundación no afectan de manera regular pues los escurrimientos confluyen a zonas más bajas (**Figura 41h**) (Hagan et al., 2016).

Con respecto a cada una de las dimensiones medidas en el cuestionario se obtuvo un índice para cada una de las colonias y sectores, denominado como “DIZIPL”. La **Tabla 20** muestra el nivel vulnerabilidad por sector de acuerdo al rasgo o dimensión medida y al puntaje obtenido a nivel global o IZIPL. Los resultados mostraron que el DIZIPL3 (Drenaje ineficiente), se clasificó en un nivel de vulnerabilidad Alto en casi todos los sectores (I, III, IV, VI y VII) denotando la principal causa de las inundaciones en la ciudad, mientras que el DIZIPL7 (Sintomatología) obtuvo los puntajes más bajos.

Lo que podría estar relacionado con el desconocimiento de la población sobre la enfermedad, o bien, a la presencia de la enfermedad de manera asintomática entre la población por lo que la realización de pruebas serológicas podría ayudar a corroborar la presencia de la infección.

Tabla 20. Nivel de vulnerabilidad de los sectores a nivel global (IZIPL) y por dimensión (DIZIPL). El rango de clasificación va del 1 al 5 donde: “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

SECTOR	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
I	3	3	4	3	3	2	2	3
II	2	2	3	2	2	2	1	2
III	4	3	4	3	3	4	2	3
IV	3	4	4	3	3	3	2	3
V	3	3	3	3	3	3	2	3
VI	4	3	4	3	4	4	2	3
VII	4	3	4	3	4	4	2	3

Las colonias por sector que obtuvieron el mayor y menor IZIPL fueron: en el sector I la colonia Prados de Tecnológico, ubicada sobre la calle Epigmenio González donde encharcamientos e inundaciones se presentan de manera regular, mostró un IZIPL en un nivel Alto mientras que la colonia Los Arquitos obtuvo el puntaje más bajo. En el sector II las colonias Reforma Agraria 1era y 2da secc. mostraron un IZIPL con nivel Medio mientras que la colonia Vista Hermosa el más bajo. La colonia Hércules, en el sector III, mostró un IZIPL más alto en comparación a la colonia Calesa. En el sector IV las colonias Menchaca I y Vista 2000 obtuvieron el IZIPL más alto y bajo respectivamente. En el sector V el IZIPL más alto fue la colonia Lomas del Pedregal y el más bajo la colonia Continental. En el sector VI el IZIPL con nivel bajo se presentó en la colonia Los Virreyes en tanto que la colonia Plutarco Elías Calles (El Tintero) obtuvo el más alto, seguido por colonias como: Santa María Magdalena con un grado de marginación de medio a alto y en donde los sistemas de desalojo de agua de lluvia son frecuentemente rebasados. Por último, en el sector VII la colonia Colinas del Poniente mostró el puntaje más bajo mientras que la colonia Satélite el más alto, sin embargo, cabe mencionar que todas las colonias de este sector fueron clasificadas con un IZIPL en nivel Medio.

Para la dimensión 1 (Inundación) de las 60 colonias del estudio 21 (35%) mostraron un DIZIPL1 entre Muy Bajo y Bajo, 18 (30%) un nivel Medio y las 21 (35%) restantes, se clasificaron en un nivel entre Alto y Muy Alto. Las colonias con DIZIPL1 más bajos y más altos por sector se ubicaron en el sector II y VI respectivamente, siendo la colonia de Vista Hermosa la de menor índice y el Marqués la de mayor índice. Esta última colonia caracterizada por sufrir de inundaciones

recurrentes, debido a lluvias intensas y a la falta de capacidad hidráulica de sus canales y colectores circunstancias que incrementan el riesgo de contagio principalmente en sujetos con abrasiones y cortaduras en la piel (Lau et al., 2010; Leal-Castellanos et al., 2015). Por sectores los resultados del DIZIPL1 (Inundación) mostraron un nivel Bajo en el sector II mientras que en el sector I, IV y V se registró un nivel Medio y en los sectores III, VI y VII un nivel Alto (**Figura 41a**) destacando las colonias de: La Obrera, Jurica Pueblo, Loma Bonita, Satélite, Felipe Carrillo Puerto, El Tintero y Santa María Magdalena.

Para la dimensión 2 (Foco de infección) de las 60 colonias 9 (15%) mostraron un DIZIPL2 entre Muy Bajo y Bajo, 35 (58%) un nivel Medio y 16 (27%) un nivel Alto. Entre las colonias con un DIZIPL2 Alto se encontraron las colonias: Peñuelas, Menchaca I, San Pedrito Peñuelas II, Jardines de San José, Santa María Magdalena, Demetrio Vallejo, La Obrera, El Marqués y El Retablo por mencionar algunas, mientras que los índices más bajos se ubicaron en colonias: Álamos 3era secc. Santa Mónica y Vista Hermosa. Por sectores los resultados del DIZIPL2 mostraron un nivel Medio en los sectores (I, III, V, VI y VII) y un DIZIPL2 Alto en el sector IV de la Delegación Epigmenio González (**Figura 41b**). Este último sector caracterizado por colonias con alta densidad de población, enormes rezagos sociales y malas condiciones sanitarias donde las acumulaciones de basura en las calles son un tema común, situaciones por las que pudiera inferirse la presencia de una gran cantidad de roedores infectados con la bacteria (Barcellos & Sabroza, 2001; Socolovschi et al., 2011).

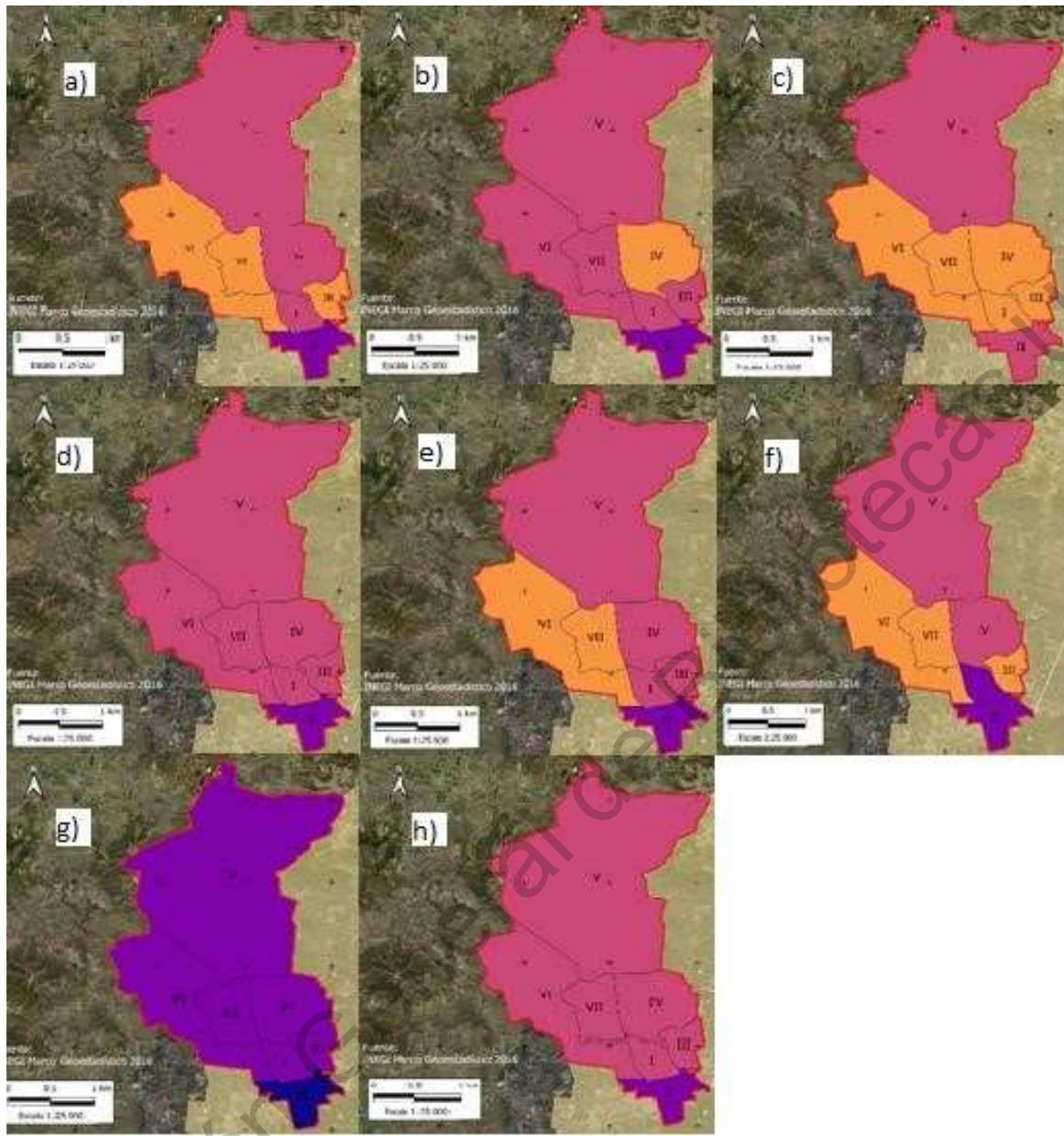


Figura 41. Mapas del DIZIPL e IZIPL obtenido para los diferentes sectores. La escala de colores muestra en color azul el nivel de peligro Muy Bajo, en color morado el nivel de peligro Bajo, en color rosa el nivel de peligro Medio, en naranja el nivel de peligro Alto y en amarillo el nivel de peligro Muy Alto. a) Mapa del DIZIPL 1, b) Mapa del DIZIPL 2, c) Mapa del DIZIPL 3, d) Mapa del DIZIPL 4, e) Mapa del DIZIPL 5, f) Mapa del DIZIPL 6, g) Mapa del DIZIPL 7 y h) Mapa del IZIPL.

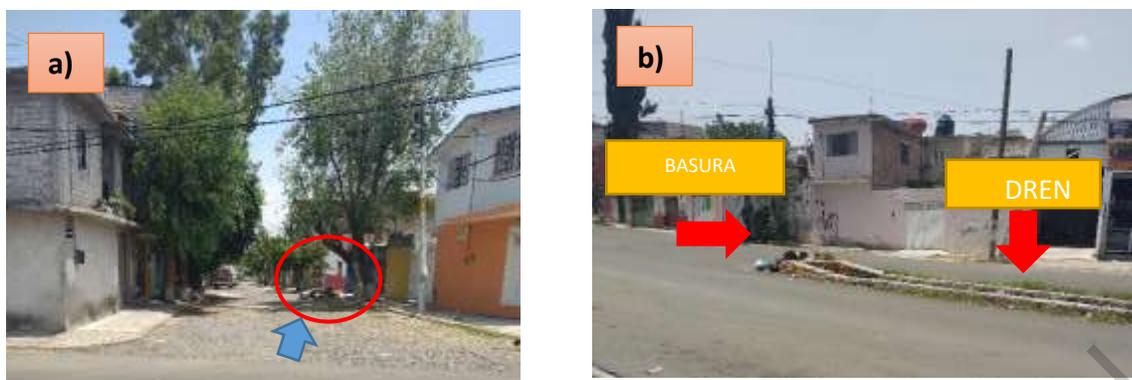


Figura 42. a) Lugar de acumulación de desechos en calles de la colonia Sta. Lucía. b) Cúmulos de basura cerca del dren en la colonia Reforma Agraria 1era sección.

Para la dimensión 3 (Drenaje ineficiente) de las 60 colonias 6 (10%) mostraron un DIZIPL3 Bajo, 22 (37%) Medio y 32 (53%) entre Alto y Muy Alto, destacando las colonias de El Marqués, Menchaca I, Peñuelas, El Tintero e Industrial, ubicadas en los sectores I, IV, VI y VII. Por sectores los resultados del DIZIPL3 mostraron al sector II y V en un nivel Medio mientras que los demás sectores (I, III, IV, VI y VII) obtuvieron un nivel Alto (**Figura 41c**). Un hallazgo importante fue que 32 de las 60 colonias del estudio (53.33%) fueron clasificadas con un nivel Alto. Lo anterior, muestra la importancia de la canalización de las alcantarillas, canales y drenes en las zonas altas de la cuenca con el fin de evitar la confluencia de aguas en las partes bajas que en la mayoría de los casos no pueden ser desalojadas de manera eficiente por la infraestructura pluvial, lo cual es en parte el principal factor que influye en las inundaciones de la ciudad de Querétaro.

Para la dimensión 4 (Prácticas), relacionada con los hábitos y conductas de riesgo, de las 60 colonias 12 (20%) mostraron un DIZIPL4 entre Muy Bajo y Bajo, 38 (63%) obtuvieron un DIZIPL4 en nivel Medio y 10 (17%) un nivel Alto. Por sectores los resultados del DIZIPL4 mostraron a seis de los sectores en un nivel de peligro Medio (I, III, IV, V, VI y VII) mientras que tan solo el sector II presentó un DIZIPL4 en nivel Bajo (**Figura 41d**).

La dimensión 5 (Vector I), relacionado con la presencia de roedores en las cercanías, manifestó que de las 60 colonias 12 (20%) mostraron un DIZIPL5 entre Muy Bajo y Bajo, 32(53%) un nivel Medio y las 16 colonias restantes (27%) un nivel de peligro entre Alto y Muy Alto. Siendo las colonias con mayores puntuaciones: Lomas del Pedregal, El Marqués, Arroyitos, Felipe Carrillo Puerto, Geovillas, Leyes de Reforma, Peñuelas, San Pedrito Peñuelas I y II, El Tintero, Prados de Tecnológico, Santa María Magdalena y Satélite mientras las colonias con puntajes más bajo fueron: Vista 2000 y Vista Hermosa, localizadas en el sector II y IV. Por sectores los resultados del DIZIPL5

mostraron al sector II en un nivel Bajo, los sectores I, III, IV y V con un nivel Medio y los sectores VI y VII con un nivel de peligro Alto (**Figura 41e**). Estos últimos sectores con colonias con características de pobreza muy marcadas, como es el caso de la colonia Santa María Magdalena en el sector VI y Loma Bonita en el sector VII.

Para la dimensión 6 (Vector II), relacionado con la presencia de perros callejeros, los resultados mostraron que 12 (20%) de las colonias 60 se clasificaron con un DIZIPL6 en un nivel entre Muy Bajo y Bajo, 26 (43%) en un nivel Medio y los 22 restantes (37%) en un nivel Alto (**Figura 41e**). La colonia con el nivel más Alto fue Jurica Pueblo mientras que las colonias con los puntajes más bajos fueron Vista Hermosa, Las Arboledas y Cimatario. Con base en la sectorización el sector I y II mostraron un DIZIPL6 Bajo, los sectores IV y V un DIZIPL con un nivel de peligro Medio y los sectores III, VI y VII un DIZIPL6 en un nivel de peligro Alto (**Figura 41f**).

Por último, la dimensión 7 (Síntomas) de las 60 colonias, 20 (33%) mostraron un DIZIPL7 en un nivel Muy Bajo y las 40 colonias restantes (67%) un DIZIPL7 con un nivel de peligro Bajo (**Figura 41g**) lo que podría entenderse debido al desconocimiento de la población sobre la enfermedad, la confusión con otros padecimientos o incluso la presencia de manera subclínica o asintomática de la enfermedad que puede pasar desapercibida. La valoración de las colonias por IZIPL y DIZIPL de cada uno de los sectores se puede revisar con más detalle en el los **Anexos (22-28)**.

8.6 Identificación de zonas inundables con peligro potencial a brotes de Leptospirosis

De acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL de las 24 colonias modeladas hidráulicamente, un total de 5 colonias se catalogaron con peligro Bajo entre ellas: Ampl. Loma Bonita, Centro Histórico, Continental, Hércules y Jardines de San José; 12 colonias se clasificaron con peligro Medio entre ellas: Álamos 1era sección, Arroyitos, Calesa, Constituyentes, El Parque, El Retablo, Jardines de Santiago, Jurica Pueblo, Lomas de San Pedrito sección portales, Santa Lucía, Sta. Rosa Jauregui y Vista 2000; mientras las 7 colonias restantes: Lomas del Pedregal, Menchaca I, Peñuelas, Prados de Loma Bonita, Reforma Agraria I sección, San Pedrito Peñuelas I y San Pedrito Peñuelas II se encontraron en un peligro Alto (**Tabla 21**).

Tabla 21. Clasificación de colonias en peligro por inundación-IZIPL con base en las modelaciones hidráulicas de las cuencas.

Colonia	Sector	Área de la colonia (km2)	Área inundada (km2)	%Área inundada	Peligro por inundación ponderado	IZIPL	Inundación-IZIPL	Clasificación
Álamos 1era sección	I	0.19	0.035	18.4%	2.25	3.29	5.54	Medio
Ampliación Loma Bonita	VII	0.14	0.001	0.7%	1.11	2.29	3.40	Bajo
Arroyitos	IV	0.09	0.017	18.9%	1.30	2.86	4.15	Medio
Calesa	III	0.22	0.085	38.6%	1.58	3.14	4.72	Medio
Centro Histórico	I	3.05	0.293	9.6%	1.13	2.86	3.99	Bajo
Constituyentes	IV	0.18	0.117	65.0%	1.01	3.14	4.15	Medio
Continental	V	0.2	0.005	2.5%	1.00	2.86	3.86	Bajo
El Parque	IV	0.15	0.098	65.3%	1.00	3.14	4.14	Medio
El Retablo	I	0.13	0.045	34.6%	1.32	3.00	4.32	Medio
Hércules	III	0.63	0.157	24.9%	1.56	2.29	3.84	Bajo
Jardines de San José	IV	0.04	0.002	5.0%	1.20	2.14	3.34	Bajo
Jardines de Santiago	IV	0.99	0.08	8.1%	1.33	2.86	4.19	Medio
Jurica Pueblo	VII	0.54	0.14	25.9%	1.53	3.86	5.39	Medio
Lomas de San Pedrito sección portales	IV	0.23	0.04	17.4%	2.48	3.00	5.48	Medio
Lomas del Pedregal	V	0.09	0.06	66.7%	3.77	3.57	7.34	Alto
Menchaca I	IV	0.47	0.083	17.7%	3.73	3.57	7.31	Alto
Peñuelas	IV	0.67	0.242	36.1%	3.58	3.14	6.72	Alto
Prados de Loma Bonita	VII	0.05	0.0001	0.2%	3.97	3.43	7.40	Alto
Reforma Agraria I	II	0.48	0.083	17.3%	3.85	3.43	7.28	Alto
San Pedrito Peñuelas I	IV	0.92	0.09	9.8%	3.94	2.71	6.65	Alto
San Pedrito Peñuelas II	IV	0.23	0.034	14.8%	3.83	2.57	6.40	Alto
Santa Lucia	V	0.13	0.07	53.8%	4.00	1.71	5.71	Medio
Sta. Rosa Jáuregui	V	1.12	0.027	2.4%	2.59	2.86	5.45	Medio
Vista 2000	IV	0.07	0.003	4.3%	3.00	2.71	5.71	Medio

Sin embargo, a pesar de que el valor de IZIPL fue estimado por colonia es importante mencionar que con el proceso de muestreo (al azar sin sesgar el muestreo hacia las conas inundables reportadas en el Atlas de Riesgo Municipal de 2015) no se abarcó toda el área de las mismas, lo cual podría influir de alguna manera en los resultados. Además, de que para la elección del tamaño de la muestra representativa se consideraron todas las casas que se encontraban dentro de cada colonia y no solo aquellas que se encontraban en el área inundable de las mismas. Con base en los resultados de la puntuación Inundación-IZIPL se corroboró que la mayoría de las colonias ubicadas en el sector IV: Peñuelas, Menchaca I, San Pedrito Peñuelas I y San Pedrito Peñuelas II, colonias marginadas, tienen un potencial alto de presentar casos de la enfermedad si se llegaran a propiciar las condiciones climáticas adecuadas y eventos de inundación se presentaran en un futuro. Las **Figuras 43-47** se aprecian los mapas Inundación-Leptospirosis.

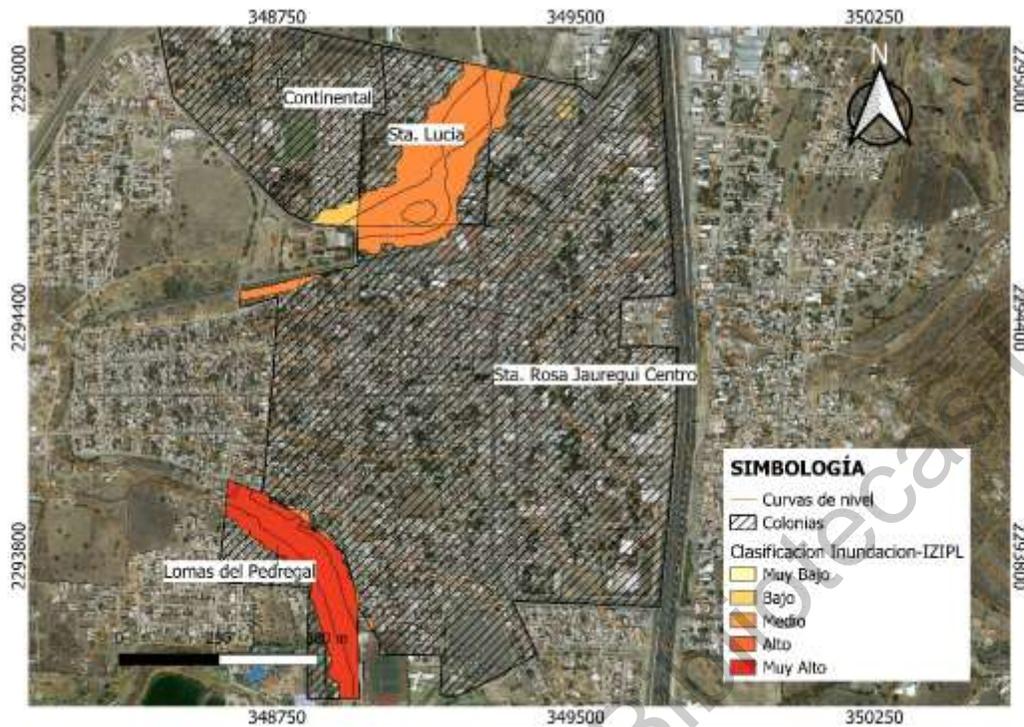


Figura 43 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca "Sta. Rosa". Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.

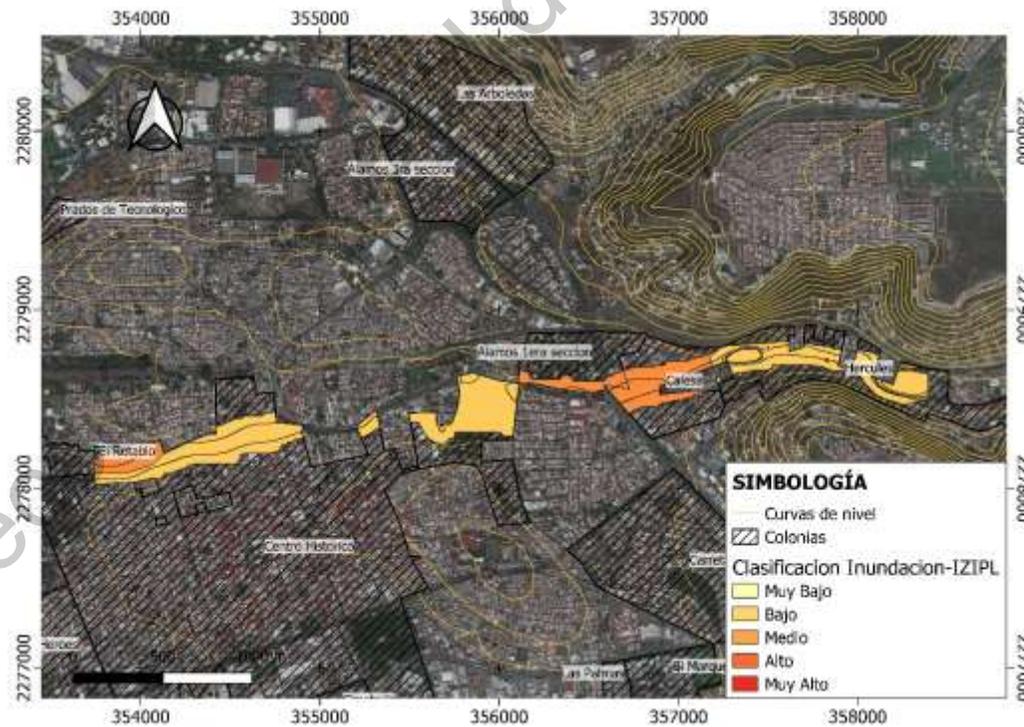


Figura 44 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca "Hércules". Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.

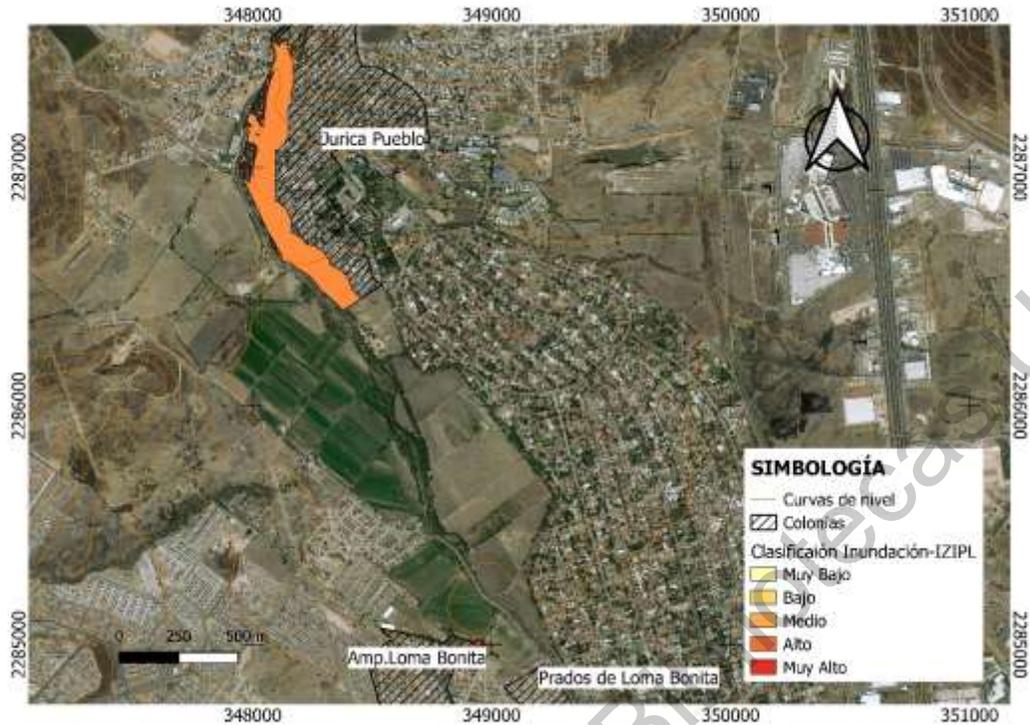


Figura 45 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca “Jurica”. Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.

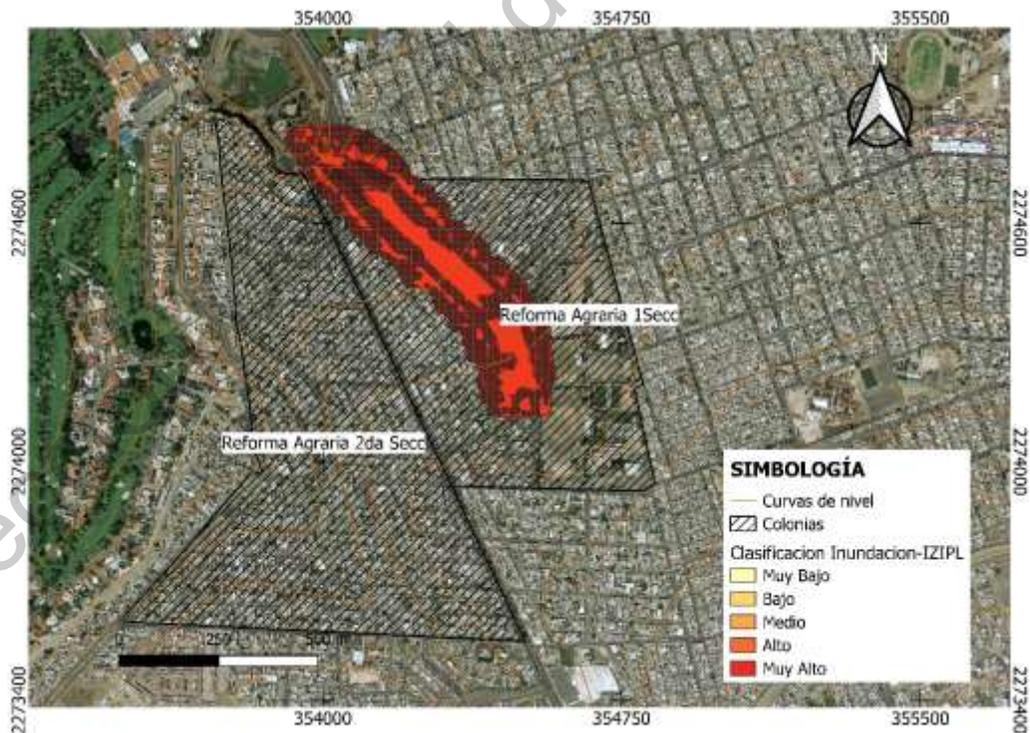


Figura 46 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca “Reforma Agraria P”. Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.



Figura 47 Mapa Inundación-Leptospirosis para la cuenca “Menchaca”. Las áreas coloreadas representan zonas con potencialidad de peligro de la enfermedad de acuerdo con la clasificación Inundación-IZIPL.

9. Conclusiones

El presente trabajo se enfocó en la determinación de las principales zonas de peligro potencial por transmisión de la Leptospirosis, así como su asociación a variables hidrológicas y sociales medidas a través del uso de un cuestionario. Se analizó desde un punto genérico transversal de país a la ciudad de Querétaro teniendo en cuenta las variables medioambientales (temperatura y precipitación) y el concepto de nicho ecológico con el que fue posible obtener un panorama general de la distribución de la enfermedad. Con base en el análisis de la información sobre casos de Leptospirosis en México se pudo constatar que la mayoría de los casos en el país fueron registrados en la temporada de lluvias y huracanes, muchas veces asociados a eventos de inundación.

Es preciso mencionar que hasta el 2018 la ciudad de Querétaro no mostraba más de tres casos acumulados de la enfermedad lo que podría ser considerado como brote de acuerdo con una definición operacional pues la presencia de una enfermedad en un lugar donde antes no se contaba con registro es asunto que requiere de vigilancia epidemiológica inmediata. Además, de que como ha mostrado un estudio anterior realizado por Sánchez-Montes *et. al* (2015) y parte de este trabajo la ciudad de Querétaro está dentro de las zonas con condiciones favorables para la Leptospirosis.

Del análisis de tormentas de las estaciones de la Comisión Estatal de Aguas (CEA) se mostró que tormentas asociadas a periodos de retorno mayores ($Tr = 3,4,5$) han aumentado su ocurrencia según las curvas I-D-T lo que pudiera explicar en parte los encharcamientos e inundaciones de la ciudad, sin embargo, los años analizados pudiera ser una limitante para la identificación de un alto incremento de la recurrencia, a pesar que la estadística del periodo estudiado confirma el incremento de eventos generadores de inundación.

Uno de los resultados esperados era confirmar que las colonias con mayores grados de marginación en la ciudad de Querétaro: Hércules, Menchaca I, Peñuelas, Lomas del Pedregal, Sta. María Magdalena, Loma Bonita y Satélite coincidieran con las zonas con un Alto IZIPL, ya que la Leptospirosis es una enfermedad que desde hace décadas ha sido asociada con zonas altamente pobladas con infraestructura hidráulica deficiente, malas condiciones sanitarias y de higiene, relacionadas con el inadecuado manejo de la basura y alta densidad animales portadores. Debido a este resultado, es conveniente poner especial atención en colonias segregadas de la ciudad de Querétaro que se ven amenazadas por eventos meteorológicos asociados con el agua.

Por otro lado, la modelación hidráulica permitió conocer la superficie inundable de algunas de las colonias del estudio. Los resultados de la modelación hidráulica ayudaron a detectar las colonias con Alto potencial para presentar brotes de Leptospirosis como: Menchaca I, Peñuelas, San Pedrito Peñuelas I, San Pedrito Peñuelas II, Lomas del Pedregal, Prados de Loma Bonita y Reforma Agraria 1 era sección.

Los resultados son congruentes con la relación inundación-Leptospirosis, a pesar de las limitaciones para llevar a cabo el presente trabajo, por la dificultad para acceder a las bases de datos del sector salud, el sub registro de casos, las inconsistencias en la información disponible y la falta de recursos para la realización de pruebas confirmatorias de la enfermedad entre la población queretana y reservorios como las ratas. Sin embargo, aún quedan preguntas por responder sobre la cantidad de personas y/o vectores como las ratas con la enfermedad de manera asintomática.

Es recomendable la realización de estudios periódicos que incluyan un mayor número de encuestas aplicadas de manera aleatoria sobre las áreas inundables de las colonias con peligro a inundación definidas por las autoridades, pues tanto la recurrencia de inundaciones en un sitio como los aspectos sociales tienen un comportamiento dinámico, así como también es conviene la introducción del estudio de otras enfermedades asociadas al agua en dichas zonas.

10. Bibliografía

- Alderman, K., Turner, L. R., & Tong, S. (2012). Floods and human health: A systematic review. *Environment International*, 47, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.06.003>
- Alexander, A. D., & City, K. (1960). La distribución de la leptospirosis en América Latina. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana*, 149–164.
- Allan, K. J., Biggs, H. M., Halliday, J. E. B., Kazwala, R. R., Maro, V. P., Cleaveland, S., & Crump, J. A. (2015). Epidemiology of Leptospirosis in Africa: A Systematic Review of a Neglected Zoonosis and a Paradigm for ‘One Health’ in Africa. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 9(9), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003899>
- Amilasan, A. S. T., Ujiie, M., Suzuki, M., Salva, E., Belo, M. C. P., Koizumi, N., ... Ariyoshi, K. (2012). Outbreak of leptospirosis after flood, the Philippines, 2009. *Emerging Infectious Diseases*, 18(1), 91–94. <https://doi.org/10.3201/eid1801.101892>
- Andre-Fontaine, G., Aviat, F., & Thorin, C. (2015). Waterborne Leptospirosis: Survival and Preservation of the Virulence of Pathogenic *Leptospira* spp. in Fresh Water. *Current Microbiology*. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0836-4>
- Anil K. Gupta, & Sreeja S. Nair. (2011). Urban floods in Bangalore and Chennai: risk management challenges and lessons for sustainable urban ecology. *Current Science*, 100(11), 1638–1645.
- Aparicio Mijares, F. J. (1989). *Fundamentos De Hidrología De Superficie*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Baquero, O. S., & Machado, G. (2018). Spatiotemporal dynamics and risk factors for human Leptospirosis in Brazil. *Scientific Reports*, 8(1), 15170. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33381-3>
- Barcellos, C., & Sabroza, P. C. (2001). The place behind the case: leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro. *Cadernos de Saúde Pública*, 17(suppl), S59–S67. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000700014>
- Bhardwaj, P., Kosambiya, J., & Desai, V. (2008). A case control study to explore the risk factors for acquisition of leptospirosis in Surat city, after flood. *Indian Journal of Medical Sciences*, 62(11), 431. <https://doi.org/10.4103/0019-5359.48454>
- Bharti, A. R., Nally, J. E., Ricaldi, J. N., Matthias, M. A., Diaz, M. M., Lovett, M. A., ... Vinetz, J. M. (2003). Leptospirosis: a zoonotic disease of global importance. *The Lancet Infectious Diseases*, 3(12), 757–771.
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., Coll, A. (2014). Two-dimensional modelling of large wood transport during flash floods. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39(4), 438–449. <https://doi.org/10.1002/esp.3456>
- Bruce, M. G., Sanders, E. J., Leake, J. A. D., Zaidel, O., Bragg, S. L., Aye, T., ... Ashford, D. A. (2005). Leptospirosis among patients presenting with dengue-like illness in Puerto Rico. *Acta Tropica*, 96(1), 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2005.07.001>
- Campos Aranda, D. F. (2010). *Introducción a la Hidrología Urbana*.
- Candelario-Mejía, G., Rodríguez-Rivas, A., Muñoz-Urías, A., Ibarra-Montoya, J. L., Chavéz-Lopez, C., Mosso-González & Ramírez-García, S. A. (2015). Estudio ecológico mixto en México de la distribución de *Aedes aegypti* implicaciones en las políticas públicas. *Revista Medica MD*, 6(1), 13-19.
- CDC. (1998). Outbreak of Acute Febrile Illness Among Athletes Participating in Triathlons — Wisconsin and Illinois, 1998. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, pp. 1473–1475.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). (2014). *Inundaciones*.
- Chen, C. S., & Brown, S. J. (1983). Estimation Risk and Simple Rules for Optimal Portfolio Selection.

- The Journal of Finance*, 38(4), 1087–1093. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1983.tb02284.x>
- Chen, Y., Zhou, H., Zhang, H., Du, G., & Zhou, J. (2015). Urban flood risk warning under rapid urbanization. *Environmental Research*, 139, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.02.028>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. *Hidrología Aplicada*. Retrieved from [http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=158911&indexSearch=ID%5Cnhttp://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BINAI.xis&method=post&formato=2&cantidad=](http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=158911&indexSearch=ID%5Cnhttp://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BINAI.xis&method=post&formato=2&cantidad=CONAGUA.Lineamientos para la Elaboración de Mapas de Peligro por Inundación (2014).)
- CONAGUA. Lineamientos para la Elaboración de Mapas de Peligro por Inundación (2014).
- Costa, F., Hagan, J. E., Calcagno, J., Kane, M., Torgerson, P., Martinez-Silveira, M. S., ... Ko, A. I. (2015). Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 9(9), 0–1. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003898>
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). (2017). *Economic losses, poverty and disasters (1998-2017)*. Retrieved from <http://www.albayan.ae>
- Cristina, M., Velasco-Hernandez, J., Min, K. D., Leonel, D. G., Baca-Carrasco, D., Gompper, M. E., ... Munoz-Zanzi, C. (2017). The use of chemoprophylaxis after floods to reduce the occurrence and impact of leptospirosis outbreaks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph14060594>
- Cuervo-Robayo, A. P., Téllez-Valdés, O., Gómez-Albores, M. A., Venegas-Barrera, C. S., Manjarrez, J., & Martínez-Meyer, E. (2014). An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, 34(7), 2427–2437. <https://doi.org/10.1002/joc.3848>
- Dechet, A. M., Parsons, M., Rambaran, M., Mohamed-Rambaran, P., Florendo-Cumbermack, A., Persaud, S., ... Mintz, E. D. (2012). Leptospirosis outbreak following severe flooding: A rapid assessment and mass prophylaxis campaign; Guyana, January-February 2005. *PLoS ONE*, 7(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039672>
- Dudley, P. R. S. F., Brown, H. C., & Ch, B. (1937). The epidemiology of the Weil's Disease. *Proceeding of the Royal Society Medicine*, 30, 47–62.
- Dupouey, J., Faucher, B., Edouard, S., Richet, H., Kodjo, A., Drancourt, M., & Davoust, B. (2014). Human leptospirosis: An emerging risk in Europe? *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 37(2), 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2013.12.002>
- Edre, M. A., Hayati, K. S., Salmiah, M. S., & Sharifah Nor Khadijah, S. I. (2018). Spatial distribution of knowledge, attitude and practice on leptospirosis prevention and its predictors using stratum risk identification methods among residents in a flood prone area in Kuantan, Pahang, Malaysia. *Asian Journal of Agriculture and Biology, Special Is*(June), 103–107.
- Epidemiologica, R. de V. (2004). Protocolo de vigilancia de Brotes Epidémicos de cualquier etiología.
- Felzemburgh, R. D. M., Ribeiro, G. S., Costa, F., Reis, R. B., Hagan, J. E., Melendez, A. X. T. O., ... Ko, A. I. (2014). Prospective Study of Leptospirosis Transmission in an Urban Slum Community: Role of Poor Environment in Repeated Exposures to the Leptospira Agent. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002927>
- Franchini, M., & Mannucci, P. M. (2015). Impact on human health of climate changes. *European Journal of Internal Medicine*, 26(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2014.12.008>
- Garba, B., Bahaman, A. R., Khairani-Bejo, S., Zakaria, Z., & Mutalib, A. R. (2017). Retrospective Study of Leptospirosis in Malaysia. *EcoHealth*. <https://doi.org/10.1007/s10393-017-1234-0>
- Gavaldón, D. G., Cisneros, M. A., Rojas, N., & Moles Cervantes, L. P. (1995). La importancia de la leptospirosis humana en México: detección de anticuerpos antileptospira en una población de donadores de sangre. *Gac Med Mex*, 131(3), 289–292. Retrieved from

<http://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-174056>

- Gaynor, K., Katz, A. R., Park, S. Y., Nakata, M., Clark, T. A., & Effler, P. V. (2007). Leptospirosis on Oahu: An outbreak associated with flooding of a university campus. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 76(5), 882–885. <https://doi.org/76/5/882> [pii]
- González-Sosa, E. (2018). Propensión de las inundaciones históricas de los últimos 100 años en Querétaro, 11(1), 178–192.
- Gutiérrez, J. D., & Martínez-Vega, R. A. (2018). Spatiotemporal dynamics of human leptospirosis and its relationship with rainfall anomalies in Colombia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 112(3), 115–123. <https://doi.org/10.1093/trstmh/try032>
- Haake, D. A., & Levett, P. N. (2015). Leptospirosis in humans. *Current Topics in Microbiology and Immunology*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45059-8_5
- Haake, D. A., & Levett, P. N. (2016). Género *Leptospira* (leptospirosis). In *Mandell, Douglas y Bennett. Enfermedades infecciosas. Principios y práctica* (pp. 2864–2871). Elsevier España#241;a, S.L.U. <https://doi.org/10.1016/B978-84-9022-917-0/00241-9>
- Habus, J., Persic, Z., Spicic, S., Vince, S., Stritof, Z., Milas, Z., ... Turk, N. (2017). New trends in human and animal leptospirosis in Croatia, 2009–2014. *Acta Tropica*, 168, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.01.002>
- Haines, A., Kovats, R. S., Campbell-Lendrum, D., & Corvalan, C. (2006). Climate change and human health: Impacts, vulnerability and public health *, 585–596. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.01.002>
- Hassan, H. A., Daud, A., Ismail, A. F., Aziz, N. R. A., A, F., Shafei, M. N., ... Mohamad, W. M. Z. W. (2018). A Geographical Information System on Related Environmental Factors of Leptospirosis in Northeastern State Malaysia. *International Journal of Rural Development, Environment and Health Research*, 2(1), 26–36. <https://doi.org/10.22161/ijreh.2.1.4>
- Hu, W., Lin, X., & Yan, J. (2014). *Leptospira* and leptospirosis in China. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 27(5), 432–436. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000097>
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los {Estados} {Unidos} {Mexicanos}, 9.
- IPCC. (2013). *Cambio climático 2013*.
- Javier, L., Ramos, S., Lázaro, P. M., Barbosa, S., & Cardona, C. P. (2018). Análisis espacial y epidemiológico sobre leptospirosis humana en Puerto Rico, 1996 a 2014, 227–251.
- Jena, A. B., Mohanty, K. C., & Devadasan, N. (2004). An outbreak of leptospirosis in Orissa, India: The importance of surveillance. *Tropical Medicine and International Health*, 9(9), 1016–1021. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2004.01293.x>
- Johnson, M. A. S., Smith, H., Joseph, P., Gilman, R. H., Bautista, C. T., Campos, K. J., ... Vinetz, J. M. (2004). Environmental exposure and leptospirosis, Peru. *Emerging Infectious Diseases*, 10(6), 1016–1022. <https://doi.org/10.3201/eid1006.030660>
- Karande, S., Kulkarni, H., Kulkarni, M., De, A., & Varaiya, A. (2002). Leptospirosis in children in Mumbai slums. *Indian Journal of Pediatrics*, 69(10), 855–858. <https://doi.org/10.1007/BF02723705>
- Kupek, E., de Sousa Santos Faversoni, M. C., & de Souza Philippi, J. M. (2000). The relationship between rainfall and human leptospirosis in Florianópolis, Brazil, 1991–1996. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 4(3), 131–134. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=med4&AN=10934496>
- Lau, C. L., Smythe, L. D., Craig, S. B., & Weinstein, P. (2010). Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: Fuelling the fire? *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 104(10), 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2010.07.002>

- Lau, C. L., Watson, C. H., Lowry, J. H., David, M. C., Craig, S. B., Wynwood, S. J., ... Nilles, E. J. (2016). Human Leptospirosis Infection in Fiji: An Eco-epidemiological Approach to Identifying Risk Factors and Environmental Drivers for Transmission. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *10*(1), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004405>
- Leal-Castellanos, C. B., García-Suárez, R., González-Figueroa, E., Fuentes-Allen, J. L., & Escobedo de la Peña, J. (2015). Risk factors and the prevalence of leptospirosis infection in a rural community of Chiapas, Mexico. *Epidemiology and Infection*, *131*(3), 1149–1156. <https://doi.org/10.1017/S0950268803001201>
- Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group (LERG). (2011). Report of the Second Meeting of the Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group, 1–37. [https://doi.org/ISBN 978 92 4 1501521](https://doi.org/ISBN%20978%20924%201501521)
- Levett, P. N. (2001). Leptospirosis. *Clinical Microbiology*, *14*(2), 296–326. <https://doi.org/10.1128/CMR.14.2.296>
- Levett, Paul N. (2004). Leptospirosis: A forgotten zoonosis? *Clinical and Applied Immunology Reviews*, *4*(6), 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.cair.2004.08.001>
- Likert, R. (1932). A technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, *140*. <https://doi.org/10.4135/9781412961288.n454>
- Lindo, J., Brown, P. D., Vickers, I., Brown, M., Jackson, S. T., & Lewis-Fuller, E. (2013). Leptospirosis and malaria as causes of febrile illness during a dengue epidemic in Jamaica. *Pathogens and Global Health*, *107*(6), 329–334. <https://doi.org/10.1179/2047773213Y.0000000112>
- Londe, L. de R., da Conceição, R. S., Bernardes, T., & Dias, M. C. de A. (2016). Flood-related leptospirosis outbreaks in Brazil: perspectives for a joint monitoring by health services and disaster monitoring centers. *Natural Hazards*, *84*(2), 1419–1435. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2493-8>
- Maciel, E. A. P., de Carvalho, A. L. F., Nascimento, S. F., de Matos, R. B., Gouveia, E. L., Reis, M. G., & Ko, A. I. (2008). Household transmission of *Leptospira* infection in urban slum communities. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *2*(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000154>
- Mayfield, H. J., Lowry, J. H., Watson, C. H., Kama, M., Nilles, E. J., & Lau, C. L. (2018). Use of geographically weighted logistic regression to quantify spatial variation in the environmental and sociodemographic drivers of leptospirosis in Fiji: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, *2*(5), e223–e232. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30066-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30066-4)
- Muñoz-Zanzi, C., Mason, M. R., Encina, C., Astroza, A., & Romero, A. (2014). *Leptospira* contamination in household and environmental water in rural communities in southern Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *11*(7), 6666–6680. <https://doi.org/10.3390/ijerph110706666>
- Mwachui, M. A., Crump, L., Hartskeerl, R., & Zinsstag, J. (2015). Environmental and Behavioural Determinants of Leptospirosis Transmission: A Systematic Review, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003843>
- Nájera, S., Alvis, N., Babilonia, D., Alvarez, L., & Máttar, S. (2005). Leptospirosis ocupacional en un región del Caribe Colombiano. *Salud Pública de México*, *47*(3), 240–244. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342005000300008>
- Nakamura, M., Taira, K., Itokazu, K., KUDAKA, J., ASATO, R., KISE, T., & KOIZUMI, N. (2006). Sporadic Cases and an Outbreak of Leptospirosis Probably Associated with Recreational Activities in Rivers in the Northern Part of Okinawa Main Island. *Journal of Veterinary Medical Science*, *68*(1), 83–85. <https://doi.org/10.1292/jvms.68.83>
- Navarrete-Espinosa, J., Acevedo-Vales, J. A., Huerta-Hernández, E., Torres-Barranca, J., Gavaldón-

- Rosas, D. G., Veterinarias, D. C., ... Flores, A. R. (2013). Estudio de casos clínicos e incidencia de leptospirosis humana en el estado de Yucatán , México durante el período 1998 Artículo Original. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 30(1), 47–55. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2007000300011>
- Nichols, G., Lake, I., & Heaviside, C. (2018). Climate Change and Water-Related Infectious Diseases. *Atmosphere*, 9, 1–59. <https://doi.org/10.3390/atmos9100385>
- NRCS. (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55. USDA Natural Resource Conservation Service Conservation Engineering Division Technical Release 55, pp. 164. [https://doi.org/Technical Release 55](https://doi.org/Technical%20Release%2055)
- Oliveira, D. S. C., Guimarães, M. J. B., Portugal, J. L., & Medeiros, Z. (2009). The socio-demographic, environmental and reservoir factors associated with leptospirosis in an urban area of north-eastern Brazil. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 103(2), 149–157. <https://doi.org/10.1179/136485909X398221>
- OMS/OPS. (2008). Leptospirosis Humana: Guía Para El Diagnóstico, Vigilancia Y Control. *Organización Mundial de La Salud*, 1–127. Retrieved from <http://www1.paho.org/hq/dmdocuments/WHO-Guia-Lepto-2003-Spa.pdf>
- Panti-May, J. A., Carvalho-Pereira, T. S. A., Serrano, S., Pedra, G. G., Taylor, J., Pertile, A. C., ... Costa, F. (2016). A Two-Year Ecological Study of Norway Rats (*Rattus norvegicus*) in a Brazilian Urban Slum. *Plos One*, 11(3), e0152511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152511>
- Pappas, G., Papadimitriou, P., Siozopoulou, V., Christou, L., & Akritidis, N. (2008). The globalization of leptospirosis: worldwide incidence trends. *International Journal of Infectious Diseases*, 12(4), 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2007.09.011>
- Peters, A., Vokaty, A., Portch, R., & Gebre, Y. (2017). Leptospirosis in the Caribbean: a literature review. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 1–9. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2017.166>
- Peterson, A. T. (2014). *Mapping disease transmission risk : enriching models using biogeography and ecology*. United States of America: Johns Hopkins University.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887–893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Quantum, G. I. S. (2012). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- R Core Team. (2018). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
- Reis, R. B., Ribeiro, G. S., Felzemburgh, R. D. M., Santana, F. S., Mohr, S., Melendez, A. X. T. O., ... Ko, A. I. (2008). Impact of environment and social gradient on *Leptospira* infection in urban slums. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2(4), 11–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000228>
- Renato, Z. C. I., & Janett, C. L. (2013). Panorama epidemiológico de la leptospirosis, Estados Unidos Mexicanos 2000-2010. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 33(2), 71–76.
- Ribeiro, P., Bhatt, N., Ali, S., Monteiro, V., da Silva, E., Balassiano, I. T., ... Gudo, E. S. (2017). Seroepidemiology of leptospirosis among febrile patients in a rapidly growing suburban slum and a flood-vulnerable rural district in Mozambique, 2012–2014: Implications for the management of fever. *International Journal of Infectious Diseases*, 64, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.08.018>
- Ricardo, T., Bergero, L. C., Bulgarella, E. P., & Previtali, M. A. (2018). Knowledge, attitudes and

- practices (KAP) regarding leptospirosis among residents of riverside settlements of Santa Fe, Argentina. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 12(5), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006470>
- Rivera Flores, A., De la Peña Moctezuma, A., Roa Riol, M. de los A., & Ordoñez Badillo, M. L. (1999). Seroprevalencia del leptospirosis en perros callejeros del norte de la ciudad de México. *Vet. Méx.*, 30(1), 105–107. Retrieved from <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-1999/vm991n.pdf>
- Sánchez-Montes, S., Espinosa-Martínez, D. V., Ríos-Muñoz, C. A., Berzunza-Cruz, M., & Becker, I. (2015). Leptospirosis in Mexico: Epidemiology and potential distribution of human cases. *PLoS ONE*, 10(7), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133720>
- Schneider, M. C., Leonel, D. G., Hamrick, P. N., Pacheco De Caldas, E., Velásquez, R. T., Mendigaña Paez, F. A., ... Mc, S. (2017). Leptospirosis in Latin America: exploring the first set of regional data Suggested citation. *Rev Panam Salud Publica Pan American Journal of Public Health*, 41, 1–9. Retrieved from <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/34131/v41a812017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sejvar, J., Bancroft, E., Winthrop, K., Bettinger, J., Bajani, M., Bragg, S., ... Rosenstein, N. (2003). Leptospirosis in “Eco-Challenge” athletes, Malaysian Borneo, 2000. *Emerging Infectious Diseases*, 9(6), 702–707. <https://doi.org/10.3201/eid0906.020751>
- Sepúlveda, A., Dimas, J., & Preciado, F. (2002). La rata y el perro, importantes vectores de la leptospirosis en explotaciones pecuarias de Cd. Guzmán, Jalisco. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 54(1), 21–23.
- SNET (2008). Atlas de Información Territorial para el Desarrollo Sostenible y la Reducción del Riesgo. Disponible en el sitio de internet <http://atlas.snet.gob.sv/atlas/?q=node/98>
- SIGEMA SA. de CV. (2015). *Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Querétaro 2015*. Retrieved from http://www.anr.gob.mx/Docs/31038_HUNUCMA.pdf
- Smith, J. K. G., Young, M. M., Wilson, K. L., & Craig, S. B. (2013). Leptospirosis following a major flood in Central Queensland, Australia. *Epidemiology and Infection*, 141(3), 585–590. <https://doi.org/10.1017/S0950268812001021>
- Socolovschi, C., Angelakis, E., Renvoisé, A., Fournier, P. E., Marié, J. Lou, Davoust, B., ... Raoult, D. (2011). Strikes, flooding, rats, and leptospirosis in Marseille, France. *International Journal of Infectious Diseases*, 15(10), 710–715. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2011.05.017>
- Teng, J., Jakeman, A. J., Vaze, J., Croke, B. F. W., Dutta, D., & Kim, S. (2017). Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental Modelling and Software*, 90, 201–216. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.006>
- Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. *Procedia Engineering*, 32, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1233>
- UAQ, C. (2009). Actualización del Plan Maestro Pluvial de la zona metropolitana de Querétaro. Gobierno del Estado de Querétaro Comisión Estatal de Infraestructura Universidad Autónoma de Querétaro.
- Vado-solís, I. a, Cárdenas-marrufo, M. F., Laviada-molina, H., Vargas-puerto, F., Jiménez-delgadillo, B., & Zavala-velázquez, J. E. (2002). Estudio de casos clínicos e incidencia de leptospirosis humana en el estado de Yucatán , México durante el período 1998, 13(3), 157–164. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2007000300011>
- Vado-Solís, I., Cárdenas-Marrufo, M. F., Jiménez-Delgadillo, B., Alzina-López, A., Laviada-Molina, H., Suarez-Solís, V., & Zavala-Velázquez, J. E. (2002). Clinical-epidemiological study of leptospirosis in humans and reservoirs in Yucatán, México. *Revista Do Instituto de Medicina*

- Tropical de Sao Paulo*, 44(6), 335–340. <https://doi.org/10.1590/S0036-46652002000600008>
- Vega-Corredor, M., & Opadeyi, J. (2014). Hydrology and public health: linking human leptospirosis and local hydrological dynamics in Trinidad, West Indies. *Earth Perspectives*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1186/2194-6434-1-3>
- Vitale, M., Agnello, S., Chetta, M., Amato, B., Vitale, G., Bella, C. D., ... Presti, V. D. M. L. (2018). Human leptospirosis cases in Palermo Italy. The role of rodents and climate. *Journal of Infection and Public Health*, 11(2), 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2017.07.024>
- Wasiński, B., Sroka, J., Wójcik-Fatla, A., Zajac, V., Cisak, E., Knap, J. P., ... Dutkiewicz, J. (2012). Seroprevalence of leptospirosis in rural populations inhabiting areas exposed and not exposed to floods in Eastern Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 19(2), 285–288. <https://doi.org/1001810> [pii]
- Watson, J. T., Gayer, M., & Connolly, M. A. (2007). Epidemics after natural disasters, 13(1), 1–5. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.3201/eid1301.060779>.
- World Health Organisation. (2010). *Report of the First Meeting of the Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group, Geneva. Who.* [https://doi.org/ISBN 978 92 4 1501521](https://doi.org/ISBN%20978%2092%204%201501521)
- Zavala-Velázquez, J., Caballero-Guerrero, C., & Sánchez-Vázquez, I. (1976). Leptospirosis en el estado de Chiapas, México. *Salud Pública de México*, 18(6), 989–998.

Dirección General de Bibliotecas UNQ

11. Anexos

Anexo 1. Información general sobre la Leptospirosis.

10.1 La Leptospirosis

11.1.1 Historia de la Leptospirosis

La Leptospirosis es una enfermedad zoonótica ampliamente distribuida causada por una infección con leptospiras patogénicas. El espectro de la enfermedad causada por la bacteria es muy amplio y abarca desde una enfermedad asintomática hasta un severo cuadro que afecta a múltiples órganos, entre ellos: el hígado, el riñón y los pulmones dejando tasas de mortalidad que van desde el 5 hasta el 40% (P N Levett, 2001).

El nombre dado a la manifestación más severa de la enfermedad se remonta a 1886 cuando el Dr. Adolf Weil de la Universidad de Heidelberg en Alemania trataba a un paciente con una enfermedad febril caracterizada por ictericia profunda y deterioro de la función renal, descubriendo que se trataba de una nueva enfermedad, aunque en ese momento no fue posible definir ni el agente infeccioso ni su base anatómica el padecimiento tomo el nombre de “enfermedad de Weil” por más de 30 años (Dudley, Brown, & Ch, 1937).

Sin embargo, casos de un síndrome parecido al descrito por Weil se habían registrado años atrás entre grupos de trabajadores de alcantarillas mientras que en la vieja China la enfermedad se había relacionado con sectores de la población dedicados al cultivo del arroz, los cuales pasan gran tiempo bajo el agua ya que el crecimiento y nutrición del arroz se ve favorecido en ambientes inundados. Por lo que se sabe que la presencia de casos de leptospira icterica se remontan a principios del siglo XIX (P N Levett, 2001).

En 1907 el agente etiológico fue examinado por primera vez en el tejido de un paciente diagnosticado con fiebre amarilla y ocho años más tarde, en 1915, el profesor Inada y algunos de sus colaboradores de la Universidad de Kyushu en Japón cultivaron por primera vez la bacteria nombrándola *Spirochaeta icterohaemorrhagiae*, misma que fue relacionada con la enfermedad descrita por Weil años atrás y encontrando además en 1917 que la rata café o *Rattus norvergicus* es un reservorio natural de la misma (Haake & Levett, 2016). Años más tarde, Stimson observo con tinción argéntica que las espiroquetas tenían sus extremos en forma de gancho por lo que les nombró *Spirochaetas Interrogants* debido a la forma de signo de interrogación que estas mostraban. ´

11.1.2 Etiología

El agente causal de la Leptospirosis pertenece al orden de los *Spirochaetales*, de la familia de *Leptospiraceae* y género *Leptospira*. De acuerdo con su significado etimológico la palabra *Leptospira* deriva del griego *leptos* (delgado) y del latín *spira* (enroscado) lo que tiene relación con la estructura helicoidal y de extremos curvos o sus ganchos característicos mismos que han sido observados a través del microscopio de campo oscuro. El diámetro de las espiroquetas varía desde 0.1 μm por 6 hasta 0.1 por 20 μm mientras que su amplitud va desde 0.1 a 0.15 μm con una longitud de onda de 0.5 μm (**Figura 48**) (Haake & Levett, 2016).

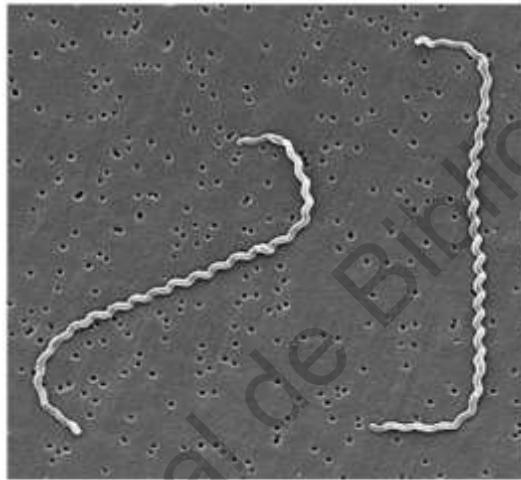


Figura 48 Micrografía electrónica de barrido de células de *Leptospira interrogans* que muestra la estructura helicoidal y los extremos curvados. Fuente: (P N Levett, 2001).

11.1.3 Ecología

Estudios realizados en diversas partes del mundo han encontrado que las condiciones ambientales para que la bacteria puede sobrevivir en el medio acuático están relacionadas con sus características y propiedades. Se sabe que la *Leptospira* puede sobrevivir por largos periodos de tiempo en agua con: un pH ligeramente alcalino, bajas concentraciones de bacterias heterótrofas, alto nivel de oxígeno, temperatura entre 4 y 30°C y bajas concentraciones de sal, sin disminuir su virulencia (Andre-Fontaine, Aviat, & Thorin, 2015).

11.1.4 Clasificación serológica

A lo largo de la historia, la bacteria se ha clasificado de acuerdo a su patogenicidad en dos especies, *L. Interrogans* y *L. Biflexa*, compuestas por cepas patogénicas y no patogénicas, respectivamente. En la actualidad se han identificado un total de 21 especies de leptospiras, de las cuales 11 son patogénicas, 6 no patogénicas y 4 de patogenicidad no determinada (**Tabla 22**). Estas

especies, además, han sido clasificadas en diferentes serogrupos de acuerdo a la aglutinación compartida de sus antígenos siendo el serovar o serotipo la unidad taxonómica de agrupación (Haake & Levett, 2016).

Tabla 22. Listado de especies de leptospira con sus respectivos serovares. Fuente: (Haake & Levett, 2016)

Especie	Serovares patogénicos seleccionados
<i>L. interrogans</i>	Icterohaemorrhagiae, Copenhageni, Canícola, Pomona, Australis, Autumnalis, Pyrogenes, Bratislava, Lai
<i>L. noguchii</i>	Panama, Pomona
<i>L. borgpetersenii</i>	Ballum, Hardjo, Javanica
<i>L. santarosai</i>	Bataviae
<i>L. kirschneri</i>	Bim, Bulgarica, Grippytyphosa, Cynopteri
<i>L. weilii</i>	Celledoni, Sarmin
<i>L. alexanderi</i>	Manhao 3
<i>L. alstonii</i>	Sichuan
<i>L. meyen</i>	Sofia
<i>L. wolffii</i>	Khorat
<i>L. kmetyi</i>	Manilae
<i>L. wolbachii</i>	No patógeno
<i>L. biflexa</i>	No patógeno
<i>L. vanthiellii</i>	No patógeno
<i>L. terpstrae</i>	No patógeno
<i>L. yanagawae</i>	No patógeno
<i>L. idonii</i>	No patógeno
<i>L. inadai</i>	No determinado
<i>L. fainei</i>	No determinado
<i>L. broomii</i>	No determinado
<i>L. licerasiae</i>	No determinado

Los serogrupos varían de manera considerable de acuerdo a la patogenicidad y severidad en afectan al organismo infectado. Hasta el momento se han descrito un total de 250 serovares de leptospiras patogénicas *L. Interrogans*, mientras que, tan solo 60 serovares han sido asociados con la especie *L. Biflexa*. Cabe señalar además que diversos autores han encontrado una relación entre el tipo de serovar y el reservorio de mantenimiento, por ejemplo, la rata café o rata de alcantarilla conocida por su nombre científico como *Rattus norvergicus* ha sido vinculada con los serovares *Icterohaemorrhagiae* y *Copenhageni* responsables de la manifestación de la enfermedad en su forma más severa (enfermedad de Weil) sobre todo en entornos urbanos con considerables afecciones y mortalidad entre los animales y el hombre (**Tabla 23**) (Bharti et al., 2003).

Tabla 23. Listado de reservorios típicos de serovares leptospirales. Fuente:(Bharti et al., 2003)

Reservorio típico	Serovar (es)
Cerdos	Pomona, Tarassovi
Vacas	Hardjo, Pomona
Caballos	Bratislava
Perros	Canícola
Ovejas	Hardjo
Mapaches	Grippotyphosa
Ratas	Icterohaemorrhagiae, Copenhageni
Ratones	Ballum, Arborea, Bim
Marsupiales	Grippotyphosa
Murciélagos	Cynoptery, Wolffii

11.1.5 Epidemiología

La Leptospirosis es una zoonosis de distribución mundial que se presenta tanto en entornos urbanos como rurales de países desarrollados y en desarrollo. Actualmente la enfermedad se plantea como un problema global y se cree que anualmente se presentan 1.03 millones de casos en humanos de los cuales 58 900 resultan letales. Sin embargo, estas cifras son inexactas debido, en gran medida, a que el subregistro de la enfermedad y la dificultad para realizar un diagnóstico certero por la mimetización de la enfermedad con otros padecimientos de tipo febril es algo común (Costa et al., 2015).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS/OPS, 2008) la enfermedad se presenta con mayor frecuencia durante la estación lluviosa en países con climas tropicales y subtropicales con una incidencia anual que va desde 10 a 100 casos por cada 100 000 habitantes mientras que en países con climas templados la enfermedad solo acontece anualmente de 0.1 a 1 casos por cada 100 000 habitantes a finales de otoño, lo cual se explica por las condiciones ambientales que favorecen su presencia en el entorno, especialmente debido a la humedad y la temperatura.

Tradicionalmente la Leptospirosis era reconocida como una enfermedad ocupacional, que afectaba especialmente a los agricultores, los mataderos, los comerciantes de mascotas, los veterinarios, los recolectores de roedores y los trabajadores de las alcantarillas, sin embargo, en la actualidad eso ha cambiado debido al gran número de casos reportados a lo largo del mundo de personas sin relación con actividades de este tipo.

Una vez dentro del organismo, la bacteria se disemina por todo el cuerpo a través del torrente sanguíneo alcanzándose niveles de hasta 10^6 leptospiras por milímetro de sangre. Los patógenos atraviesan las membranas tisulares e invaden el sistema nervioso central y del humor acuoso del ojo. Todo esto es facilitado por una vasculitis sistémica pudiendo producirse lesión vascular grave dando lugar a hemorragias pulmonares, isquemia de la corteza renal, necrosis de las células epiteliales tubulares y destrucción de la estructura hepática, que produce ictericia y lesión hepatocelular (Haake & Levett, 2016).

11.1.7 Reservorios

La mayoría de los mamíferos pueden albergar la enfermedad entre ellos: los roedores, las mascotas (perros y gatos), el ganado y animales de la vida silvestre, por lo que el contacto entre las poblaciones humanas, animales y sus hábitats puede conducir a un mayor riesgo de contraer la enfermedad. En zonas urbanas la rata y el perro han sido relacionados con la presencia de casos de la enfermedad (Sepúlveda, Dimas, & Preciado, 2002) mientras que en zonas rurales el ganado es el reservorio principal.

La enfermedad se mantiene en el ambiente por la infección renal crónica de los animales portadores, que excretan el organismo a través de la orina y contaminan el entorno (suelo, agua, vegetación). En numerosos estudios se ha asociado a las ratas como el reservorio de mayor peligrosidad para el humano debido a la proliferación de su especie y su proximidad con los asentamientos humanos además de que al ser considerados como portadores asintomáticos que pueden excretar la bacteria por el resto de su vida. Por otro lado, los humanos son considerados como un huésped accidental (Bharti et al., 2003).

11.1.8 Manifestaciones clínicas

La infección con leptospira se ha asociado con un amplio espectro de manifestaciones clínicas que van desde una enfermedad subclínica sin signos visibles seguida de una seroconversión hasta dos síndromes clínicamente reconocidos: una enfermedad sistémica autolimitada, que se presenta en el 90% de los casos, y una enfermedad severa con múltiples fallas orgánicas con potencial mortal, que compromete el buen funcionamiento del riñón, el hígado, los pulmones y el cerebro causando insuficiencia renal, insuficiencia hepática e insuficiencia respiratoria además de hemorragias pulmonares y daños en las meninges dejando tasas de mortalidad del 5 al 40% (Paul N. Levett, 2004).

El periodo de incubación de la enfermedad varía de 5 a 14 días, con un rango de 2 a 30 días, coincidiendo los picos de la incidencia de casos tras eventos de inundación (OMS/OPS, 2008; Togami

et al., 2018). La enfermedad consta de dos fases la llamada leptospiremia y la leptospiruria e inmunidad. La primera fase comienza abruptamente con manifestaciones clínicas muy variables caracterizadas por: fiebre alta (38 a 40°C), cefaleas, escalofríos, dolores musculares y de las articulaciones, vómito, conjuntivitis, dolor abdominal, diarrea, rash, pudiendo incluir ictericia siendo su tiempo de duración de entre 5 y 7 días.

La fase inmunitaria por lo regular se prolonga de 4 a 30 días. En esta fase las leptospiras y el Líquido cefalorraquídeo (LCR) desaparecen de la sangre coincidiendo con la aparición de anticuerpos IgM. Durante esta fase es posible detectar, durante varias semanas, en casi todos los órganos, tejidos y en la orina los microorganismos. Algunos de los signos y síntomas presentes durante esta fase son: ictericia, insuficiencia renal, arritmias cardíacas, síntomas pulmonares, meningitis aséptica (80% de los casos), derrame conjuntival, fotofobia, dolor muscular, dolor ocular a la palpación, adenopatías y hepatoesplenomegalia (Haake & Levett, 2016). Las fases de la enfermedad y estudios complementarios de la enfermedad se pueden observar en la **Figura 50**.

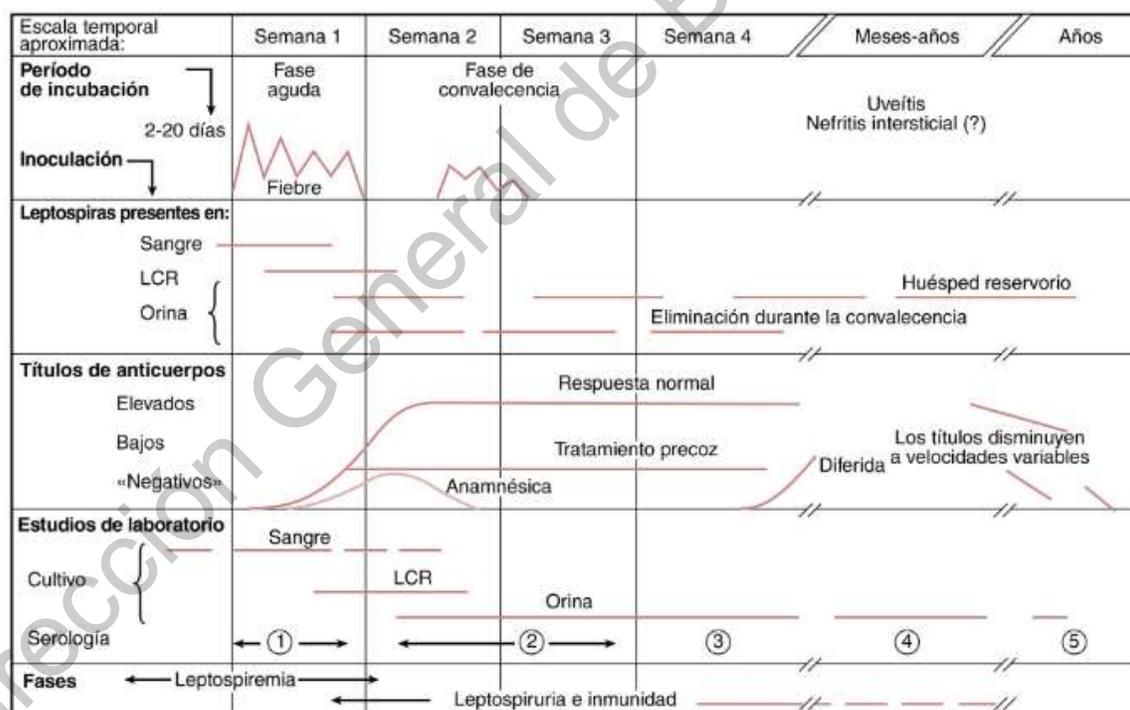


Figura 50 Naturaleza bifásica de la Leptospirosis. Las muestras 1 y 2 para serología son muestras de fase aguda, 3 es una muestra de fase convaleciente que puede facilitar la detección de una respuesta inmune retardada, y 4 y 5 son muestras de seguimiento que pueden proporcionar información epidemiológica, como el presunto serogrupo infectante. Fuente: (Haake & Levett, 2016).

11.1.9 Diagnóstico

El diagnóstico de la enfermedad se hace a través de la detección de anticuerpos, el cultivo de la bacteria a partir de muestras de sangre, orina o tejidos. En México los casos de acuerdo con la Norma PROY-NOM-029-SSA2-2014 para la prevención y control de la Leptospirosis en el humano, indica que títulos de anticuerpos 1:80 con una confirmación en una segunda muestra cuatro veces mayor al valor inicial. La **Tabla 24** se muestran las diferentes pruebas utilizadas para la detección de leptospiras, así como sus características.

Tabla 24. Pruebas diagnósticas utilizadas comúnmente para la detección de la Leptospirosis. Fuente: (Haake & Levett, 2016).

Prueba	Sensibilidad	Especificidad	Coste	Ventajas	Inconvenientes
Cultivo	5 a 50%	100%	++	Ofrece evidencia definitiva	Lento, requiere mucha experiencia.
Microscopia de campo oscuro	10 bacterias/ml	Baja	+	Diagnóstico rápido y sencillo	Poco fiable, requiere confirmación
Aglutinación microscópica (MAT)	90%	>90%	+++	Prueba de referencia.	Requiere un panel de antígenos vivos, difícil y laboriosa.
Análisis de inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA)	>90%	85-95%	++	Rentable y relativamente rápido (1 -2 h)	Serología, requiere confirmación mediante MAT
Aglutinación látex	82%	95%	++	Fácil, rápido (30 s) rentable.	Serología, requiere confirmación mediante MAT
Flujo lateral	81%	96%	++	Fácil, rápido (10min), sangre capilar rentable	Serología, requiere confirmación mediante MAT
Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR) en tiempo real	100%	93%	+++	Diagnóstico precoz.	Pocas pruebas validadas, sofisticada, equipamientos costosos

11.1.10 Tratamiento

El tratamiento para los pacientes infectados con Leptospirosis varía considerablemente de acuerdo con la gravedad de su presentación. En casos severos, la penicilina intravenosa suele ser el medicamento más usado, mientras que los casos leves son tratados con: amoxicilina, ampicilina, doxiciclina eritromicina o cefalosporinas de tercera generación. En la **Tabla 25** se muestran los antimicrobianos y quimioprofilaxis recomendados para el tratamiento de la enfermedad, así como la dosis requerida en cada caso.

Tabla 25. Antimicrobianos recomendados para el tratamiento y la quimioprofilaxis de la Leptospirosis. Fuente: (Haake & Levett, 2016).

Indicación	Compuesto	Dosis recomendada
Quimioprofilaxis	Doxiciclina	200 mg v. o una vez a la semana
	Doxiciclina	100 mg 2 veces al día v. o
Tratamiento de la Leptospirosis leve	Ampicilina	500 – 750 mg c/6 horas v. o
	Amoxicilina	500 mg c/6 horas v. o
Tratamiento de la Leptospirosis moderada o grave	Penicilina G	1,5 MU i. v. c/6 horas
	Ceftriaxona	1 g i. v. c/24 horas
	Ampicilina	0,5 – 1 g i. v c/6 horas

11.1.11 Factores de riesgo asociados a la Leptospirosis

De acuerdo con el Grupo de Referencia de Epidemiología de la Carga de Leptospirosis (LERG, por sus siglas en inglés) los factores de riesgo más importantes para la transmisión de este padecimiento son el aumento de las lluvias e inundaciones, sistemas de drenaje ineficientes, viviendas en condiciones precarias, proximidad a alcantarillas abiertas, el hacinamiento de la población, la exposición y contacto con animales infectados, malas condiciones de higiene y saneamiento y la exposición ocupacional (Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group (LERG), 2011).

Anexo 2. Brotes de leptospirosis relacionados con contacto con agua contaminada por inundaciones.

Lugar	Año	Evento
Iowa, Estados Unidos	1993	Inundación debido a daños en los sistemas de alcantarillado y desbordamiento del río provocó un brote de Leptospirosis. Los casos confirmados estuvieron relacionados con contacto con agua de inundación.
Nicaragua	1995	Tras lluvias inusuales 2254 residentes de zonas rurales presentaron síntomas de enfermedad febril de las cuales se reportaron 48 muertes por hemorragia pulmonar e insuficiencia respiratoria.
El Salvador, Brasil	1996	Inundaciones repentinas en época de lluvias provocaron un brote de Leptospirosis con 326 casos registrados y 50 muertos.
Puerto Rico	1996	Tras el huracán Hortensia, que provocó graves inundaciones, se registró un brote de Leptospirosis y de Dengue en la región.
Santa Fe, Argentina	1998	Inundación provocada por fuertes lluvias y falta de capacidad de los sistemas de desalojo de agua pluvial dio lugar a un brote de Leptospirosis, con 12 casos confirmados relacionados con contacto con agua de inundación y ubicación cercana a basureros con gran cantidad de perros callejeros y roedores.
India	1999	Tras el ciclón Orissa que provocó la inundación de varios distritos de la India se registró un brote de Leptospirosis en personas que estuvieron en contacto con aguade inundación y suelo húmedo.
Mumbai, India	2001	Fuertes lluvias e inundaciones provocadas por la estación del Monzón dieron lugar a un brote de leptospirosis entre 30 niños de barrios pobres.
Taiwán	2001	Tras el tifón Nali que provocó fuertes lluvias e inundaciones en el noreste se registraron 16 pacientes confirmados con leptospirosis que estuvieron en contacto con agua contaminada.

Oahu, Hawái	2004	Inundación en la Universidad registro dos infectados que tuvieron contacto con agua al realizar tareas de limpieza.
Guyana	2005	Inundación severa provocó la infección de 232 personas que tuvieron contacto con agua contaminada con <i>Leptospira</i> .
Surat, India	2006	Tras inundación en la ciudad se confirmaron 62 casos de leptospirosis relacionados con contacto con agua de inundación.
Tabasco, México	2007	Tras el desbordamiento de tres ríos que provocaron inundaciones, se presentaron 12 casos de leptospirosis entre personas que habían tenido contacto con el agua.
Manila, Filipinas	2009	Tras el tifón Ketsana ocurrió un brote de leptospirosis dejando a 471 hospitalizadas y 51 muertos.
Marsella, Francia	2009	Inundación provocada por fuertes lluvias de 34.6mm/día, 79.2mm/día, 137mm/día y 63mm/3h provocaron casos de leptospirosis asociados a su vez con la proliferación de ratas y acumulación de basura en las calles.
Palermo, Italia	2009	Inundación provocada por clima de moderado a húmedo, acumulación de basura y alta seropositividad de roedores dio lugar a dos casos de leptospirosis.
Queensland, Australia	2010	Inundación debido a lluvias inusuales dio lugar a un brote de leptospirosis con 7 casos confirmados.
Anuradhapura, Sri Lanka	2011	Inundación provocada por lluvias inusuales en una zona con clima seco provocó un brote de leptospirosis con un total de 33 casos confirmados. Los casos estuvieron relacionados con la exposición a ambientes inundados y diversas fuentes de agua (desagües, ríos, campos de cultivo).
Islas Fiji	2012	Una depresión tropical provocó fuertes lluvias e inundaciones que dieron lugar a cientos de casos de personas con leptospirosis y 44 personas fallecidas que tuvieron contacto con agua contaminada con la bacteria.

Anexo 3. Tormenta del 12 de octubre de 1986 con el cálculo de la precipitación ponderada para toda la cuenca.

Evento del 12-oct-86	P24h (mm)	P24h estimado (mm)	A (km ²)	P * A (mm/km ²)
El Charepe	0.0	0.0	165.7	0.0
El Batán	46.7	46.7	464.3	21680.5
Huimilpan	60.6	60.6	379.5	22997.7
La Joya	10.9	10.9	96.3	1049.9
Juriquilla	NA	17.4	561.7	9773.9
El Zamorano	NA	6.6	473.8	3127.1
Σ			2141.3	58629.1
			P ponderada	27.4

Anexo 4. Tormenta del 06 de septiembre de 2003 con el cálculo de la precipitación ponderada para toda la cuenca.

Evento del 06-sep-03	P24h (mm)	P24h estimado (mm)	A (km ²)	P * A (mm/km ²)
El Charepe	22.0	22.0	165.7	3646.3
El Batán	53.5	53.5	464.3	24837.4
Huimilpan	47.0	47.0	379.5	17836.5
La Joya	26.0	26.0	96.3	2504.3

Juriquilla	NA	82.7	561.7	46471.1
El Zamorano	26.0	26.0	473.8	12319.1
Σ			2141.3	107614.6
			P ponderada	50.3

Anexo 5. Tormenta del 19 de agosto de 2003 con el cálculo de la precipitación ponderada para toda la cuenca.

Evento del 19-ago-03	P24h (mm)	P24h estimado (mm)	A (km²)	P * A (mm/km²)
El Charepe	22.0	22.0	165.7	3646.3
El Batan	28.6	28.6	464.3	13277.6
Huimilpan	11.0	11.0	379.5	4174.5
La Joya	41.0	41.0	96.3	3949.1
Juriquilla	NA	33.7	561.7	18930.0
El Zamorano	10.0	10.0	473.8	4738.1
Σ			2141.3	48715.5
			P ponderada	22.7

Anexo 6. Tormenta del 03 de julio de 2004 con el cálculo de la precipitación ponderada para toda la cuenca.

Evento del 03-jul-04	P24h (mm)	P24h estimado (mm)	A (km²)	P * A (mm/km²)
El Charepe	NA	7.2	165.7	1193.3
El Batan	21.6	21.6	464.3	10027.8
Huimilpan	31.5	31.5	379.5	11954.3
La Joya	3.0	3.0	96.3	288.9
Juriquilla	NA	23.5	561.7	13200.4
El Zamorano	0.0	0.0	473.8	0.0
Σ			2141.3	36664.7
			P ponderada	17.1

Anexo 7. Caudales para el 12 de octubre de 1986 y el 19 de agosto de 2003 con valores nulos interpolados.

Fecha	Hora	Q (m3/s)	Fecha	Hora	Q (m3/s)
12-oct-86	1	79.67	19-ago-03	1	4.57
12-oct-86	2	83.37	19-ago-03	2	6.22
12-oct-86	3	87.06	19-ago-03	3	7.30
12-oct-86	4	91.26	19-ago-03	4	8.24
12-oct-86	5	95.68	19-ago-03	5	9.17
12-oct-86	6	100.10	19-ago-03	6	10.24
12-oct-86	7	104.52	19-ago-03	7	11.28
12-oct-86	8	100.10	19-ago-03	8	12.32
12-oct-86	9	95.68	19-ago-03	9	11.94

12-oct-86	10	91.26	19-ago-03	10	11.56
12-oct-86	11	87.06	19-ago-03	11	11.16
12-oct-86	12	83.37	19-ago-03	12	10.84
12-oct-86	13	79.67	19-ago-03	13	10.52
12-oct-86	14	75.27	19-ago-03	14	10.08
12-oct-86	15	70.86	19-ago-03	15	9.75
12-oct-86	16	66.46	19-ago-03	16	9.43
12-oct-86	17	62.06	19-ago-03	17	9.26
12-oct-86	18	57.65	19-ago-03	18	9.09
12-oct-86	19	53.47	19-ago-03	19	8.87
12-oct-86	20	50.82	19-ago-03	20	8.72
12-oct-86	21	48.17	19-ago-03	21	8.72
12-oct-86	22	45.52	19-ago-03	22	8.65
12-oct-86	23	42.87	19-ago-03	23	8.65
12-oct-86	24	40.23	19-ago-03	24	8.65

Anexo 8. Caudales para el 06 de septiembre de 2003 y el 03 de junio de 2004 con valores nulos interpolados.

Fecha	Hora	Q (m³/s)	Fecha	Hora	Q (m³/s)
06-sep-03	1	16.31	03-jun-04	0	3.33
06-sep-03	2	19.01	03-jun-04	1	4.24
06-sep-03	3	21.95	03-jun-04	2	5.14
06-sep-03	4	26.19	03-jun-04	3	6.04
06-sep-03	5	30.42	03-jun-04	4	10.78
06-sep-03	6	37.96	03-jun-04	5	15.41
06-sep-03	7	37.96	03-jun-04	6	18.68
06-sep-03	8	39.35	03-jun-04	7	18.68
06-sep-03	9	40.74	03-jun-04	8	17.15
06-sep-03	10	42.13	03-jun-04	9	15.49
06-sep-03	11	43.52	03-jun-04	10	13.83
06-sep-03	12	44.91	03-jun-04	11	12.29
06-sep-03	13	44.58	03-jun-04	12	10.63
06-sep-03	14	43.92	03-jun-04	13	9.10
06-sep-03	15	43.58	03-jun-04	14	7.44
06-sep-03	16	43.58	03-jun-04	15	5.91
06-sep-03	17	43.58	03-jun-04	16	5.91
06-sep-03	18	43.25	03-jun-04	17	5.60
06-sep-03	19	41.14	03-jun-04	18	5.30
06-sep-03	20	38.62	03-jun-04	19	4.99
06-sep-03	21	36.47	03-jun-04	20	4.69
06-sep-03	22	34.32	03-jun-04	21	4.38
06-sep-03	23	32.01	03-jun-04	22	4.08
06-sep-03	24	29.94	03-jun-04	23	3.88

Anexo 9. Datos para la obtención de los hidrogramas de la cuenca “Sta. Rosa” con el método del HUT.

Tiempo (h)	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años	1000 años
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.85	0.30	0.85	1.48	2.48	2.85	3.49	5.05	5.77
1.69	0.99	2.85	4.92	8.28	9.51	11.62	16.85	19.23
2.54	1.89	5.41	9.35	15.73	18.08	22.07	32.01	36.53
3.38	3.08	8.83	15.26	25.66	29.49	36.01	52.22	59.60
4.23	4.67	13.38	23.14	38.90	44.71	54.60	79.18	90.36
5.08	6.55	18.79	32.50	54.63	62.79	76.67	111.18	126.89
5.92	8.14	23.35	40.37	67.88	78.01	95.26	138.14	157.65
6.77	9.24	26.48	45.79	76.98	88.48	108.04	156.67	178.80
7.62	9.83	28.19	48.74	81.95	94.18	115.01	166.78	190.34
8.46	9.93	28.48	49.24	82.78	95.14	116.17	168.46	192.26
9.31	9.83	28.19	48.74	81.95	94.18	115.01	166.78	190.34
10.15	9.24	26.48	45.79	76.98	88.48	108.04	156.67	178.80
11.00	8.54	24.49	42.34	71.19	81.82	99.91	144.88	165.35
11.85	7.75	22.21	38.40	64.57	74.21	90.61	131.40	149.96
12.69	6.75	19.36	33.48	56.29	64.69	79.00	114.55	130.74
13.54	5.56	15.95	27.57	46.35	53.28	65.06	94.34	107.67
14.38	4.57	13.10	22.65	38.08	43.76	53.44	77.49	88.44
15.23	3.87	11.11	19.20	32.28	37.10	45.31	65.70	74.98
16.08	3.28	9.40	16.25	27.32	31.39	38.34	55.59	63.45
16.92	2.78	7.97	13.79	23.18	26.64	32.53	47.17	53.83
18.61	2.06	5.89	10.19	17.13	19.69	24.05	34.87	39.80
20.31	1.46	4.19	7.24	12.17	13.98	17.08	24.76	28.26
22.00	1.06	3.05	5.27	8.86	10.18	12.43	18.03	20.57
23.69	0.76	2.19	3.79	6.37	7.33	8.95	12.97	14.80
25.38	0.55	1.57	2.71	4.55	5.23	6.39	9.27	10.57
27.08	0.40	1.14	1.97	3.31	3.81	4.65	6.74	7.69
28.77	0.29	0.83	1.43	2.40	2.76	3.37	4.89	5.58
30.46	0.21	0.60	1.03	1.74	2.00	2.44	3.54	4.04
32.15	0.15	0.43	0.74	1.24	1.43	1.74	2.53	2.88
33.85	0.11	0.31	0.54	0.91	1.05	1.28	1.85	2.11
37.23	0.07	0.20	0.34	0.58	0.67	0.81	1.18	1.35
38.92	0.03	0.09	0.15	0.25	0.29	0.35	0.51	0.58
40.61	0.01	0.04	0.07	0.12	0.14	0.17	0.25	0.29
42.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 10. Datos para la obtención de los hidrogramas de la cuenca “Hércules” con el método del HUT.

Tiempo (h)	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años	1000 años
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.49	0.00	0.96	2.35	4.74	6.90	9.36	16.11	19.48
0.97	0.02	3.21	7.84	15.79	23.02	31.21	53.69	64.93
1.46	0.03	6.09	14.89	30.00	43.73	59.29	102.02	123.37
1.95	0.05	9.94	24.29	48.95	71.35	96.74	166.45	201.28
2.44	0.08	15.07	36.83	74.22	108.17	146.67	252.36	305.17
2.92	0.11	21.16	51.72	104.22	151.90	205.96	354.37	428.54
3.41	0.14	26.29	64.26	129.48	188.73	255.89	440.28	532.43
3.90	0.15	29.81	72.88	146.85	214.04	290.22	499.35	603.85
4.38	0.16	31.74	77.58	156.33	227.85	308.94	531.56	642.81
4.87	0.17	32.06	78.36	157.91	230.15	312.06	536.93	649.30
5.36	0.16	31.74	77.58	156.33	227.85	308.94	531.56	642.81
5.85	0.15	29.81	72.88	146.85	214.04	290.22	499.35	603.85
6.33	0.14	27.57	67.39	135.80	197.93	268.37	461.76	558.40
6.82	0.13	25.00	61.12	123.17	179.52	243.41	418.81	506.45
7.31	0.11	21.80	53.29	107.38	156.50	212.20	365.11	441.52
7.79	0.09	17.95	43.88	88.43	128.89	174.75	300.68	363.61
8.28	0.08	14.75	36.05	72.64	105.87	143.55	246.99	298.68
8.77	0.06	12.50	30.56	61.58	89.76	121.70	209.40	253.23
9.26	0.05	10.58	25.86	52.11	75.95	102.98	177.19	214.27
9.74	0.05	8.98	21.94	44.21	64.44	87.38	150.34	181.80
10.72	0.03	6.64	16.22	32.69	47.64	64.60	111.14	134.41
11.69	0.02	4.71	11.52	23.21	33.83	45.87	78.93	95.45
12.67	0.02	3.43	8.38	16.90	24.63	33.39	57.45	69.48
13.64	0.01	2.47	6.03	12.16	17.72	24.03	41.34	50.00
14.61	0.01	1.76	4.31	8.68	12.66	17.16	29.53	35.71
15.59	0.01	1.28	3.13	6.32	9.21	12.48	21.48	25.97
16.56	0.00	0.93	2.27	4.58	6.67	9.05	15.57	18.83
17.54	0.00	0.67	1.65	3.32	4.83	6.55	11.28	13.64
18.51	0.00	0.48	1.18	2.37	3.45	4.68	8.05	9.74
19.49	0.00	0.35	0.86	1.74	2.53	3.43	5.91	7.14
21.43	0.00	0.22	0.55	1.11	1.61	2.18	3.76	4.55
22.41	0.00	0.10	0.24	0.47	0.69	0.94	1.61	1.95
23.38	0.00	0.05	0.12	0.24	0.35	0.47	0.81	0.97
24.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 11. Datos para la obtención de los hidrogramas de la cuenca “Jurica” con el método del HUT.

Tiempo (h)	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años	1000 años
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.48	0.06	0.04	0.28	0.89	1.22	1.77	3.32	4.10
0.96	0.19	0.13	0.92	2.97	4.06	5.88	11.06	13.66
1.44	0.35	0.25	1.74	5.64	7.71	11.18	21.02	25.95
1.92	0.58	0.40	2.84	9.21	12.58	18.24	34.30	42.35
2.40	0.87	0.61	4.31	13.96	19.07	27.65	52.00	64.20
2.88	1.23	0.86	6.06	19.60	26.78	38.83	73.03	90.16
3.36	1.52	1.07	7.53	24.36	33.28	48.24	90.73	112.01
3.84	1.73	1.21	8.53	27.62	37.74	54.72	102.90	127.04
4.32	1.84	1.29	9.09	29.40	40.18	58.25	109.54	135.24
4.80	1.86	1.30	9.18	29.70	40.58	58.83	110.64	136.60
5.29	1.84	1.29	9.09	29.40	40.18	58.25	109.54	135.24
5.77	1.73	1.21	8.53	27.62	37.74	54.72	102.90	127.04
6.25	1.60	1.12	7.89	25.54	34.90	50.60	95.15	117.48
6.73	1.45	1.01	7.16	23.17	31.65	45.89	86.30	106.55
7.21	1.26	0.88	6.24	20.20	27.60	40.01	75.24	92.89
7.69	1.04	0.73	5.14	16.63	22.73	32.95	61.96	76.50
8.17	0.85	0.60	4.22	13.66	18.67	27.06	50.90	62.84
8.65	0.72	0.51	3.58	11.58	15.83	22.95	43.15	53.27
9.13	0.61	0.43	3.03	9.80	13.39	19.42	36.51	45.08
9.61	0.52	0.36	2.57	8.32	11.36	16.47	30.98	38.25
10.57	0.38	0.27	1.90	6.15	8.40	12.18	22.90	28.28
11.53	0.27	0.19	1.35	4.37	5.97	8.65	16.26	20.08
12.49	0.20	0.14	0.98	3.18	4.34	6.30	11.84	14.62
13.45	0.14	0.10	0.71	2.29	3.12	4.53	8.52	10.52
14.41	0.10	0.07	0.50	1.63	2.23	3.24	6.09	7.51
15.37	0.07	0.05	0.37	1.19	1.62	2.35	4.43	5.46
16.34	0.05	0.04	0.27	0.86	1.18	1.71	3.21	3.96
17.30	0.04	0.03	0.19	0.62	0.85	1.24	2.32	2.87
18.26	0.03	0.02	0.14	0.45	0.61	0.88	1.66	2.05
19.22	0.02	0.01	0.10	0.33	0.45	0.65	1.22	1.50
21.14	0.01	0.01	0.06	0.21	0.28	0.41	0.77	0.96
22.10	0.01	0.00	0.03	0.09	0.12	0.18	0.33	0.41
23.06	0.00	0.00	0.01	0.04	0.06	0.09	0.17	0.20
24.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 12. Datos para la obtención de los hidrogramas de la cuenca “Carillo” con el método del HUT.

Tiempo (h)	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años	1000 años
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.59	0.17	0.91	1.83	3.37	4.24	5.43	8.52	9.97
1.17	0.56	3.05	6.08	11.24	14.13	18.11	28.39	33.22
1.76	1.07	5.79	11.56	21.36	26.84	34.41	53.94	63.11
2.35	1.75	9.45	18.86	34.85	43.80	56.14	88.01	102.97
2.93	2.65	14.33	28.60	52.84	66.41	85.11	133.43	156.12
3.52	3.72	20.12	40.16	74.21	93.25	119.52	187.37	219.23
4.10	4.62	25.00	49.89	92.20	115.86	148.49	232.79	272.38
4.69	5.24	28.36	56.59	104.56	131.40	168.41	264.02	308.92
5.28	5.58	30.18	60.24	111.31	139.88	179.28	281.05	328.85
5.86	5.64	30.49	60.85	112.44	141.29	181.09	283.89	332.17
6.45	5.58	30.18	60.24	111.31	139.88	179.28	281.05	328.85
7.04	5.24	28.36	56.59	104.56	131.40	168.41	264.02	308.92
7.62	4.85	26.22	52.33	96.69	121.51	155.73	244.14	285.67
8.21	4.40	23.78	47.46	87.70	110.21	141.25	221.43	259.09
8.80	3.83	20.73	41.38	76.46	96.08	123.14	193.04	225.88
9.38	3.16	17.07	34.07	62.96	79.12	101.41	158.98	186.02
9.97	2.59	14.03	27.99	51.72	64.99	83.30	130.59	152.80
10.56	2.20	11.89	23.73	43.85	55.10	70.62	110.72	129.55
11.14	1.86	10.06	20.08	37.10	46.63	59.76	93.68	109.62
11.73	1.58	8.54	17.04	31.48	39.56	50.70	79.49	93.01
12.90	1.17	6.31	12.60	23.27	29.25	37.48	58.76	68.76
14.07	0.83	4.48	8.94	16.53	20.77	26.62	41.73	48.83
15.25	0.60	3.26	6.51	12.03	15.12	19.38	30.38	35.54
16.42	0.43	2.35	4.69	8.66	10.88	13.94	21.86	25.58
17.59	0.31	1.68	3.35	6.18	7.77	9.96	15.61	18.27
18.77	0.23	1.22	2.43	4.50	5.65	7.24	11.36	13.29
19.94	0.16	0.88	1.76	3.26	4.10	5.25	8.23	9.63
21.11	0.12	0.64	1.28	2.36	2.97	3.80	5.96	6.98
22.28	0.08	0.46	0.91	1.69	2.12	2.72	4.26	4.98
23.46	0.06	0.34	0.67	1.24	1.55	1.99	3.12	3.65
25.80	0.04	0.21	0.43	0.79	0.99	1.27	1.99	2.33
26.97	0.02	0.09	0.18	0.34	0.42	0.54	0.85	1.00
28.15	0.01	0.05	0.09	0.17	0.21	0.27	0.43	0.50
29.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 13. Datos para la obtención de los hidrogramas de la cuenca “Reforma Agraria I sección” con el método del HUT.

Tiempo (h)	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años	1000 años
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.25	0.44	0.60	0.82	1.00	1.19	1.69	1.93
0.18	0.82	1.48	2.00	2.74	3.34	3.98	5.63	6.42
0.27	1.56	2.81	3.79	5.20	6.34	7.57	10.71	12.21
0.36	2.54	4.58	6.19	8.48	10.34	12.35	17.47	19.92
0.45	3.85	6.94	9.39	12.86	15.68	18.72	26.48	30.20
0.54	5.41	9.75	13.18	18.06	22.02	26.29	37.19	42.40
0.63	6.72	12.11	16.37	22.43	27.36	32.66	46.20	52.68
0.72	7.62	13.74	18.57	25.44	31.03	37.04	52.40	59.75
0.81	8.11	14.62	19.77	27.08	33.03	39.43	55.78	63.61
0.90	8.19	14.77	19.97	27.36	33.37	39.83	56.34	64.25
0.99	8.11	14.62	19.77	27.08	33.03	39.43	55.78	63.61
1.08	7.62	13.74	18.57	25.44	31.03	37.04	52.40	59.75
1.17	7.05	12.70	17.17	23.53	28.70	34.25	48.46	55.25
1.26	6.39	11.52	15.58	21.34	26.03	31.07	43.95	50.11
1.35	5.57	10.04	13.58	18.60	22.69	27.08	38.31	43.69
1.44	4.59	8.27	11.18	15.32	18.69	22.30	31.55	35.98
1.53	3.77	6.79	9.19	12.58	15.35	18.32	25.92	29.55
1.62	3.20	5.76	7.79	10.67	13.01	15.53	21.97	25.06
1.71	2.70	4.87	6.59	9.03	11.01	13.14	18.59	21.20
1.80	2.29	4.14	5.59	7.66	9.34	11.15	15.78	17.99
1.98	1.70	3.06	4.13	5.66	6.91	8.24	11.66	13.30
2.16	1.20	2.17	2.94	4.02	4.91	5.85	8.28	9.44
2.34	0.88	1.58	2.14	2.93	3.57	4.26	6.03	6.87
2.52	0.63	1.14	1.54	2.11	2.57	3.07	4.34	4.95
2.70	0.45	0.81	1.10	1.50	1.84	2.19	3.10	3.53
2.88	0.33	0.59	0.80	1.09	1.33	1.59	2.25	2.57
3.06	0.24	0.43	0.58	0.79	0.97	1.15	1.63	1.86
3.24	0.17	0.31	0.42	0.57	0.70	0.84	1.18	1.35
3.42	0.12	0.22	0.30	0.41	0.50	0.60	0.85	0.96
3.60	0.09	0.16	0.22	0.30	0.37	0.44	0.62	0.71
3.96	0.06	0.10	0.14	0.19	0.23	0.28	0.39	0.45
4.14	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.17	0.19
4.32	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10
4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 14. Datos para la obtención de los hidrogramas de la cuenca “Menchaca” con el método del HUT.

Tiempo (h)	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años	1000 años
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.32	0.68	1.18	1.54	2.02	2.39	2.77	3.67	4.06
0.64	2.25	3.92	5.14	6.74	7.98	9.24	12.24	13.55
0.96	4.28	7.46	9.76	12.81	15.17	17.56	23.25	25.74
1.28	6.99	12.16	15.93	20.91	24.75	28.65	37.94	42.00
1.60	10.60	18.44	24.15	31.70	37.52	43.43	57.52	63.68
1.93	14.88	25.90	33.91	44.51	52.69	60.99	80.77	89.43
2.25	18.49	32.18	42.13	55.30	65.46	75.78	100.35	111.11
2.57	20.97	36.49	47.78	62.72	74.24	85.94	113.81	126.01
2.89	22.32	38.85	50.87	66.76	79.03	91.49	121.16	134.14
3.21	22.55	39.24	51.38	67.44	79.83	92.41	122.38	135.50
3.53	22.32	38.85	50.87	66.76	79.03	91.49	121.16	134.14
3.85	20.97	36.49	47.78	62.72	74.24	85.94	113.81	126.01
4.17	19.39	33.75	44.19	58.00	68.65	79.48	105.25	116.53
4.49	17.59	30.61	40.08	52.60	62.27	72.08	95.46	105.69
4.81	15.33	26.68	34.94	45.86	54.28	62.84	83.22	92.14
5.13	12.63	21.97	28.77	37.76	44.70	51.75	68.53	75.88
5.45	10.37	18.05	23.64	31.02	36.72	42.51	56.29	62.33
5.78	8.79	15.30	20.04	26.30	31.13	36.04	47.73	52.84
6.10	7.44	12.95	16.96	22.25	26.34	30.50	40.39	44.71
6.42	6.31	10.99	14.39	18.88	22.35	25.88	34.27	37.94
7.06	4.67	8.12	10.64	13.96	16.52	19.13	25.33	28.05
7.70	3.31	5.77	7.55	9.91	11.73	13.58	17.99	19.92
8.34	2.41	4.20	5.50	7.22	8.54	9.89	13.09	14.50
8.98	1.74	3.02	3.96	5.19	6.15	7.12	9.42	10.43
9.63	1.24	2.16	2.83	3.71	4.39	5.08	6.73	7.45
10.27	0.90	1.57	2.06	2.70	3.19	3.70	4.90	5.42
10.91	0.65	1.14	1.49	1.96	2.32	2.68	3.55	3.93
11.55	0.47	0.82	1.08	1.42	1.68	1.94	2.57	2.85
12.19	0.34	0.59	0.77	1.01	1.20	1.39	1.84	2.03
12.84	0.25	0.43	0.57	0.74	0.88	1.02	1.35	1.49
14.12	0.16	0.27	0.36	0.47	0.56	0.65	0.86	0.95
14.76	0.07	0.12	0.15	0.20	0.24	0.28	0.37	0.41
15.40	0.03	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.20
16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 15. Distribución de casos y tasa de incidencia por estado para el periodo de 2000-2004.

Estado	2000		2001		2002		2003		2004	
	No. Casos	Incidencia								
Aguascalientes	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Baja California	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Baja California Sur	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.20
Campeche	1	0.14	9	1.24	0	0.00	3	0.40	1	0.13
Coahuila	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Colima	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.17	0	0.00
Chiapas	2	0.05	0	0.00	1	0.02	0	0.00	8	0.18
Chihuahua	1	0.03	0	0.00	0	0.00	1	0.03	1	0.03
Distrito Federal	5	0.06	3	0.03	3	0.03	9	0.10	12	0.14
Durango	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Guanajuato	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Guerrero	1	0.03	0	0.00	1	0.03	4	0.12	2	0.06
Hidalgo	1	0.04	7	0.30	8	0.34	5	0.21	8	0.34
Jalisco	0	0.00	2	0.03	1	0.02	1	0.01	0	0.00
México	1	0.01	0	0.00	0	0.00	1	0.01	2	0.01
Michoacán	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Morelos	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Nayarit	1	0.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.20
Nuevo León	1	0.03	1	0.03	0	0.00	0	0.00	1	0.02
Oaxaca	2	0.06	1	0.03	0	0.00	1	0.03	14	0.38
Puebla	1	0.02	1	0.02	0	0.00	1	0.02	0	0.00
Querétaro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Quintana Roo	4	0.49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.09
San Luis Potosí	3	0.12	18	0.73	0	0.00	3	0.13	0	0.00
Sinaloa	1	0.04	1	0.04	0	0.00	3	0.11	6	0.22
Sonora	0	0.00	0	0.00	4	0.17	4	0.17	29	1.18
Tabasco	0	0.00	0	0.00	13	0.65	2	0.10	3	0.15
Tamaulipas	3	0.11	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tlaxcala	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Veracruz	12	0.17	5	0.07	25	0.35	14	0.19	10	0.14
Yucatán	0	0.00	28	1.65	2	0.12	7	0.40	9	0.50
Zacatecas	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Total Global	40	0.05	76	0.13	58	0.05	60	0.07	110	0.12

Anexo 16. Distribución de casos y tasa de incidencia por estado para el periodo de 2005-2009.

Estado	2005		2006		2007		2008		2009	
	No. Casos	Incidencia								
Aguascalientes	0	0.00	0	0.00	1	0.09	0	0.00	0	0.00
Baja California	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Baja California Sur	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Campeche	1	0.13	1	0.13	2	0.26	0	0.00	0	0.00
Coahuila	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.04
Colima	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.17
Chiapas	13	0.29	10	0.22	6	0.14	24	0.54	4	0.09
Chihuahua	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.03	0	0.00
Distrito Federal	8	0.09	11	0.12	12	0.14	2	0.02	10	0.11
Durango	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Guanajuato	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Guerrero	0	0.00	0	0.00	4	0.13	10	0.32	23	0.73
Hidalgo	13	0.54	20	0.83	25	1.04	9	0.37	3	0.12
Jalisco	0	0.00	2	0.03	0	0.00	0	0.00	1	0.01
México	18	0.12	17	0.11	3	0.02	5	0.03	0	0.00
Michoacán	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Morelos	0	0.00	0	0.00	1	0.06	0	0.00	3	0.18
Nayarit	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Nuevo León	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Oaxaca	40	1.08	5	0.13	24	0.68	3	0.08	2	0.06
Puebla	0	0.00	7	0.13	2	0.04	3	0.05	1	0.02
Querétaro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Quintana Roo	0	0.00	2	0.18	1	0.08	2	0.16	2	0.15
San Luis Potosí	2	0.08	1	0.04	0	0.00	7	0.28	1	0.04
Sinaloa	5	0.18	20	0.72	21	0.79	16	0.60	15	0.57
Sonora	20	0.80	7	0.28	5	0.20	1	0.04	2	0.08
Tabasco	0	0.00	1	0.05	15	0.74	15	0.74	9	0.44
Tamaulipas	0	0.00	1	0.03	9	0.29	1	0.03	0	0.00
Tlaxcala	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.18	0	0.00
Veracruz	26	0.36	16	0.22	89	1.23	19	0.26	26	0.36
Yucatán	1	0.06	0	0.00	3	0.16	1	0.05	2	0.10
Zacatecas	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Total Global	148	0.12	122	0.10	223	0.19	121	0.12	106	0.10

Anexo 17. Distribución de casos y tasa de incidencia por estado para el periodo de 2010-2014.

Estado	2010		2011		2012		2013		2014	
	No. Casos	Incidencia								
Aguascalientes	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.08	0	0.00
Baja California	0	0.00	4	0.12	5	0.15	0	0.00	2	0.06
Baja California Sur	4	0.69	2	0.34	1	0.14	0	0.00	0	0.00
Campeche	5	0.62	3	0.37	2	0.23	1	0.11	2	0.22
Coahuila	3	0.11	0	0.00	1	0.04	0	0.00	2	0.07
Colima	4	0.66	1	0.16	5	0.73	0	0.00	1	0.14
Chiapas	7	0.15	28	0.61	4	0.08	13	0.25	22	0.42
Chihuahua	0	0.00	1	0.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Distrito Federal	5	0.06	1	0.01	3	0.03	1	0.01	0	0.00
Durango	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Guanajuato	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.02	0	0.00
Guerrero	20	0.64	5	0.16	1	0.03	4	0.11	12	0.34
Hidalgo	17	0.70	8	0.33	26	0.94	7	0.25	12	0.42
Jalisco	3	0.04	7	0.10	0	0.00	3	0.04	0	0.00
México	0	0.00	1	0.01	5	0.03	5	0.03	0	0.00
Michoacán	1	0.03	3	0.08	2	0.04	0	0.00	0	0.00
Morelos	1	0.06	7	0.41	106	5.74	41	2.19	18	0.95
Nayarit	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Nuevo León	0	0.00	2	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Oaxaca	7	0.20	8	0.23	4	0.10	4	0.10	4	0.10
Puebla	0	0.00	109	1.89	10	0.17	1	0.02	1	0.02
Querétaro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Quintana Roo	4	0.29	4	0.28	0	0.00	2	0.13	0	0.00
San Luis Potosí	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Sinaloa	41	1.54	43	1.62	14	0.48	10	0.34	16	0.54
Sonora	20	0.79	2	0.08	6	0.21	4	0.14	3	0.10
Tabasco	202	9.80	168	8.11	445	19.28	205	8.78	143	6.06
Tamaulipas	2	0.06	0	0.00	0	0.00	2	0.06	0	0.00
Tlaxcala	1	0.09	1	0.09	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Veracruz	135	1.85	68	0.93	41	0.52	109	1.38	30	0.38
Yucatán	1	0.05	3	0.15	0	0.00	8	0.39	3	0.14
Zacatecas	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Total Global	483	0.58	479	0.50	681	0.90	422	0.45	271	0.31

Anexo 18. Distribución de casos y tasa de incidencia por estado para el periodo de 2015-2018.

Estado	2015		2016		2017		2018	
	No. Casos	Incidencia						
Aguascalientes	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Baja California	8	0.23	7	0.20	4	0.11	3	0.09
Baja California Sur	0	0.00	1	0.13	0	0.00	0	0.00
Campeche	2	0.22	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Coahuila	2	0.07	1	0.03	0	0.00	0	0.00
Colima	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Chiapas	25	0.48	21	0.39	14	0.26	27	0.49
Chihuahua	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Distrito Federal	4	0.05	1	0.01	0	0.00	0	0.00
Durango	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Guanajuato	0	0.00	0	0.00	2	0.03	1	0.02
Guerrero	21	0.59	2	0.06	6	0.17	15	0.41
Hidalgo	15	0.52	9	0.31	2	0.07	9	0.30
Jalisco	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00
México	3	0.02	0	0.00	1	0.01	1	0.01
Michoacán	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Morelos	4	0.21	4	0.21	1	0.05	1	0.05
Nayarit	0	0.00	1	0.08	0	0.00	8	0.64
Nuevo León	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.02
Oaxaca	0	0.00	0	0.00	1	0.02	1	0.02
Puebla	1	0.02	0	0.00	1	0.02	0	0.00
Querétaro	0	0.00	0	0.00	2	0.10	0	0.00
Quintana Roo	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.12
San Luis Potosí	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Sinaloa	30	1.01	66	2.19	21	0.69	6	0.19
Sonora	1	0.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tabasco	185	7.76	8	0.33	7	0.29	8	0.32
Tamaulipas	1	0.03	2	0.06	1	0.03	3	0.08
Tlaxcala	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Veracruz	32	0.40	40	0.49	49	0.60	54	0.64
Yucatán	1	0.05	3	0.14	0	0.00	3	0.14
Zacatecas	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Total Global	336	0.37	166	0.14	113	0.08	143	0.11

Anexo 19. Muestra, medias, desviaciones típicas y errores de la media por grupo.

Estadísticos de grupo					
Sexo		N (484)	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Puntaje	Mujer	254 (52%)	75.80	16.08	1.01
	Hombre	230 (48%)	72.32	15.78	1.06

Anexo 20. Medias y desviaciones típicas de los 31 ítems, las dimensiones y el IZIPL de la muestra total (N=484).

No.	Media	Desv. típ.	No.	Media	Desv. típ.	No.	Media	Desv. típ.
Ítem 1	3.32	1.53	Ítem 14	2.49	1.44	Ítem 27	1.27	0.74
Ítem 2	2.44	1.36	Ítem 15	2.25	1.37	Ítem 28	1.16	0.53
Ítem 3	3.13	1.62	Ítem 16	3.14	1.47	Ítem 29	1.12	0.48
Ítem 4	1.83	1.01	Ítem 17	1.89	1.26	Ítem 30	1.23	0.67
Ítem 5	3.04	1.39	Ítem 18	2.71	1.54	Ítem 31	1.18	0.54
Ítem 6	3.57	1.51	Ítem 19	3.04	1.48	DIZIPL 1	13.82	5.71
Ítem 7	3.26	1.45	Ítem 20	2.61	1.47	DIZIPL 2	8.12	2.61
Ítem 8	1.62	1.04	Ítem 21	1.49	0.82	DIZIPL 3	12.99	4.23
Ítem 9	3.25	1.56	Ítem 22	1.95	1.26	DIZIPL 4	11.27	3.23
Ítem 10	2.43	1.41	Ítem 23	3.14	1.51	DIZIPL 5	8.11	3.25
Ítem 11	3.26	1.44	Ítem 24	1.14	0.54	DIZIPL 6	8.34	3.2
Ítem 12	3.56	1.45	Ítem 25	1.19	0.61	DIZIPL 7	9.48	2.88
Ítem 13	3.26	1.5	Ítem 26	1.2	0.66	IZIPL	72.17	15.81

Anexo 21. Estadísticos de fiabilidad de los ítems de la escala.

No Ítem	Media de la escala excluyendo el ítem	Varianza de la escala excluyendo el ítem	Correlación elemento-total corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach excluyendo el ítem
Ítem 1	71.07	221.69	0.64	0.72	0.81
Ítem 2	71.78	225.73	0.61	0.65	0.81
Ítem 3	71.37	216.12	0.73	0.75	0.80
Ítem 4	72.53	254.48	-0.06	0.28	0.83
Ítem 5	71.24	238.80	0.30	0.42	0.82
Ítem 6	70.65	243.28	0.16	0.37	0.83
Ítem 7	71.17	231.84	0.42	0.41	0.82
Ítem 8	72.78	244.65	0.27	0.25	0.82

Ítem 9	71.44	231.25	0.41	0.53	0.82
Ítem 10	71.83	227.94	0.56	0.64	0.81
Ítem 11	71.28	228.95	0.52	0.54	0.81
Ítem 12	70.83	222.68	0.64	0.61	0.81
Ítem 13	71.22	230.54	0.45	0.62	0.82
Ítem 14	71.83	228.99	0.54	0.54	0.81
Ítem 15	72.06	233.82	0.41	0.45	0.82
Ítem 16	71.35	240.96	0.23	0.48	0.82
Ítem 17	72.41	239.98	0.30	0.52	0.82
Ítem 18	71.54	249.85	0.03	0.26	0.83
Ítem 19	71.27	259.13	-0.16	0.35	0.84
Ítem 20	71.92	231.30	0.48	0.50	0.82
Ítem 21	72.77	243.02	0.37	0.35	0.82
Ítem 22	72.52	234.97	0.48	0.47	0.82
Ítem 23	71.30	228.09	0.52	0.39	0.81
Ítem 24	73.17	251.97	0.09	0.61	0.83
Ítem 25	73.11	250.04	0.15	0.66	0.83
Ítem 26	73.11	249.51	0.19	0.59	0.82
Ítem 27	73.05	247.56	0.26	0.57	0.82
Ítem 28	73.17	249.93	0.28	0.34	0.82
Ítem 29	73.25	252.35	0.14	0.10	0.83
Ítem 30	73.14	251.69	0.08	0.46	0.83
Ítem 31	73.16	249.16	0.27	0.28	0.82

Anexo 22. Nivel de peligro para las colonias del sector I. “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

COLONIA	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
Álamos 1era secc.	2	3	2	3	2	2	2	2
Álamos 3ra secc.	2	2	2	3	3	3	1	2
Arquitos	2	3	2	2	3	2	1	2
Carretas	2	3	3	3	3	3	1	2
Centro Histórico	4	3	4	2	3	2	2	3
Cimatario	2	3	3	2	2	1	1	2
Constituyentes Fovissste	3	2	3	3	3	3	2	3
El Marqués	5	4	5	3	4	3	1	3
El Retablo	4	4	4	3	3	3	1	3
La Florida	2	2	3	2	3	3	2	2
Las Palmas	4	4	3	3	3	3	2	3
Los Girasoles	3	4	3	3	3	3	2	3
Niños Heroes	2	3	3	3	3	3	2	2
Prados de Tecnológico	4	4	4	3	4	4	1	3

Anexo 23. Nivel de peligro para las colonias del sector II. “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

COLONIA	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
Bosques del cimatario	2	3	2	3	2	2	2	2
La Joya	2	2	3	3	2	2	1	2
Las Plazas	2	3	3	3	2	2	1	2
Reforma Agraria 1era secc.	2	3	3	2	4	4	2	3
Reforma Agraria 2da secc.	3	3	3	3	3	3	2	3
Vista Hermosa	1	1	2	2	1	1	1	2

Anexo 24. Nivel de peligro para las colonias del sector III. “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

COLONIA	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
Calesa	3	3	4	3	3	3	2	3
Hércules	4	3	4	3	3	4	2	3

Anexo 25. Nivel de peligro para las colonias del sector IV. “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

COLONIA	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
Arroyitos	2	3	3	3	4	4	1	3
Constituyentes	3	3	3	2	2	3	2	2
El Parque	2	3	4	3	3	3	1	2
Jardines de San Jose	2	4	2	3	3	4	1	3
Jardines de Santiago	3	3	3	3	3	4	2	3
Las Americas	3	4	3	3	3	4	2	3
Las Arboledas	2	3	3	2	2	1	1	2
Lomas de San Pedrito Secc. Portales	2	4	4	3	3	4	2	3
Menchaca I	4	4	5	3	3	4	2	3
Peñuelas	4	4	5	2	4	4	2	3
San Pedrito Peñuelas I	4	4	4	3	4	3	2	3
San Pedrito Peñuelas II	3	4	4	3	4	4	2	3
Vista 2000	2	2	2	2	1	2	1	2

Anexo 26. Nivel de peligro para las colonias del sector V. “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

COLONIA	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
Continental	2	3	3	1	2	3	1	2
Lomas del Pedregal	5	4	4	3	5	4	2	4

Santa Lucía	2	2	4	2	3	2	1	2
Sta Rosa Jauregui Centro	3	3	3	3	3	3	2	3

Anexo 27. Nivel de peligro para las colonias del sector VI. “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

COLONIA	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
Demetrio Vallejo	4	4	4	3	3	3	2	3
Ejido Modelo	3	3	3	3	3	3	2	3
El Sol	3	3	4	3	3	4	2	3
Felipe Carrillo Puerto	4	3	4	3	4	4	2	3
Los Virreyes	2	3	3	3	2	2	1	2
Plutarco Elías Calles	4	3	5	3	4	3	2	3
San Antonio del Maurel	3	3	4	3	3	4	2	3
Santa Maria Magdalena	4	4	4	3	4	4	2	3
Santa Monica	3	2	4	3	3	3	2	3

Anexo 28. Nivel de peligro para las colonias del sector VII. “1=Muy Bajo”, “2=Bajo”, “3=Medio”, “4=Alto” y “5=Muy Alto”.

COLONIA	DIZIPL1	DIZIPL2	DIZIPL3	DIZIPL4	DIZIPL5	DIZIPL6	DIZIPL7	IZIPL
Amp. Loma Bonita	3	2	4	3	3	4	1	3
Colinas del poniente	3	3	3	2	3	3	1	2
Geovillas	3	3	4	3	4	4	2	3
Industrial	4	3	5	3	2	3	2	3
Insurgentes	4	3	4	3	4	3	2	3
Jurica Pueblo	4	3	4	2	3	4	2	3
La Huerta	4	3	4	3	3	3	2	3
La Obrera	4	4	4	3	3	3	2	3
Leyes de Reforma	3	3	4	3	4	3	2	3
Loma Bonita	4	3	4	3	4	4	2	3
Prados de Loma Bonita	3	3	4	3	3	4	2	3
Satélite	4	3	4	3	4	4	2	3

Anexo 29. Instrumento para identificar Zonas Inundables Propensas a Leptospirosis (IZIPL).



Estimado(a) Señor/Señora/Participante:

La Universidad Autónoma de Querétaro está realizando un proyecto de investigación **titulado “Identificación de Zonas Potenciales a Brotes Epidémicos de Leptospirosis Asociadas a Inundaciones”** el cual está a cargo de la Ing. Laura Cano Romero, actualmente estudiante de la Maestría en Ciencias con línea terminal en Hidrología Ambiental. El objetivo del estudio es conocer las características de las que viven en regiones con mayor propensión a inundaciones en época de lluvias de la ciudad de Querétaro.

Procedimientos: Si Usted acepta participar en el estudio, le haremos preguntas acerca de las inundaciones que han tenido en su vivienda y área vecina, y si a partir de ellas pueden describir por ejemplo la altura que el agua alcanzo y el tipo de enfermedades que se presentaron.

Beneficios: Si usted acepta participar, estará colaborando con la Universidad Autónoma de Querétaro para la identificación de áreas de inundación que deben eliminarse con la finalidad de proteger a la población de contraer enfermedades tales como la leptospirosis. El beneficio para las y los participantes en el estudio entonces estará ligado con los resultados que se presentarán en foros académicos y ante tomadores de decisiones, con la finalidad de que se dé prioridad a la atención de las colonias que sufren inundaciones en época de lluvias.

Confidencialidad: Toda la información que Usted nos proporcione para el estudio será de carácter estrictamente confidencial, será utilizada únicamente por el equipo con fines de investigación. Las respuestas obtenidas en esta investigación se informarán solo en forma agregada; por lo tanto, su información será codificada y permanecerá confidencial.

Riesgos Potenciales/Compensación: No existen riesgos potenciales en su participación en este estudio. Si alguna de las preguntas le hicieran sentir incómodo(a), tiene el derecho de no responderla. Usted no recibirá ninguna compensación económica por participar en el estudio, y tampoco implicará algún costo para usted

Participación Voluntaria/Retiro: La participación en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted está en plena libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento.

Dudas o comentarios: Si tiene preguntas en cualquier momento sobre la encuesta, los procedimientos o resultados; puede comunicarse con la encargada de la investigación, Ing. Laura Cano Romero, a la dirección de correo electrónico que se especifica a continuación: lauracano7@gmail.com De antemano muchas gracias por su tiempo y apoyo.

DATOS INFORMATIVOS	
Localidad:	_____
Coordenadas:	_____
Latitud _____	Longitud _____
Género:	<input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Femenino
Edad:	_____

El siguiente recuadro muestra la escala usada para contestar las preguntas que se enlistarán en el siguiente cuestionario, usted deberá encerrar dentro de un círculo o marcar con una × el recuadro que contenga el número que concuerde con su opinión. Donde el valor más alto indica que usted comparte de manera absoluta lo que el enunciado menciona, mientras que el valor más bajo indica lo opuesto.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

1. Su colonia se inunda frecuentemente.
2. Su hogar experimenta daños tras una inundación.
3. La altura del agua de inundación alcanza los 30 cm.
4. El servicio de recolección de basura de su localidad es eficiente.
5. El sistema de alcantarillado y drenaje de su colonia tiene buen funcionamiento.
6. Acostumbra usar botas de plástico cuando hay una inundación en su colonia.
7. Considera que el control de roedores en su colonia es eficiente.
8. Suele recolectar el agua producto de inundación.
9. En su colonia se puede observar la presencia de perros callejeros en los alrededores.
10. El agua de inundación frecuentemente entra en su hogar.
11. Ha notado la presencia de “cúmulos/aglomeraciones de basura” en las calles de su colonia.
12. El tiempo que dura el agua estancada tras un evento de lluvia supera los 30min.
13. Es normal que en su colonia los sistemas de desalojo de agua pluviales se ven rebasados en su capacidad.
14. Cuando hay encharcamientos o inundaciones en su colonia, suele estar en contacto directo con agua de inundación.
15. Tiene o ha tenido contacto con roedores en época de lluvias e inundaciones.
16. El control de caninos “perrera” es bueno en su colonia.
17. Utiliza el agua de inundación para otros usos, por ejemplo, regar, lavar, sanitario u otros.
18. Suele usar chanclas o zapatos abiertos cuando desaloja agua de inundación de su hogar.
19. Considera que las calles de su colonia se limpian con la frecuencia necesaria.
20. Ha visto roedores cerca de su hogar o a los alrededores durante una inundación.
21. Camina descalzo en zonas que fueron afectadas por el agua de inundación.
22. Suele tener contacto con perros callejeros de su colonia.
23. Ha observado en su localidad sistemas de desalojo de aguas residuales “abiertos”.

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

El siguiente recuadro muestra la escala usada para contestar las preguntas que se enlistarán en el siguiente cuestionario, usted deberá encerrar dentro de un círculo o marcar con una × el recuadro que contenga el número que concuerde con su opinión. Donde el valor más alto indica que usted comparte de manera absoluta lo que el enunciado menciona, mientras que el valor más bajo indica lo opuesto.

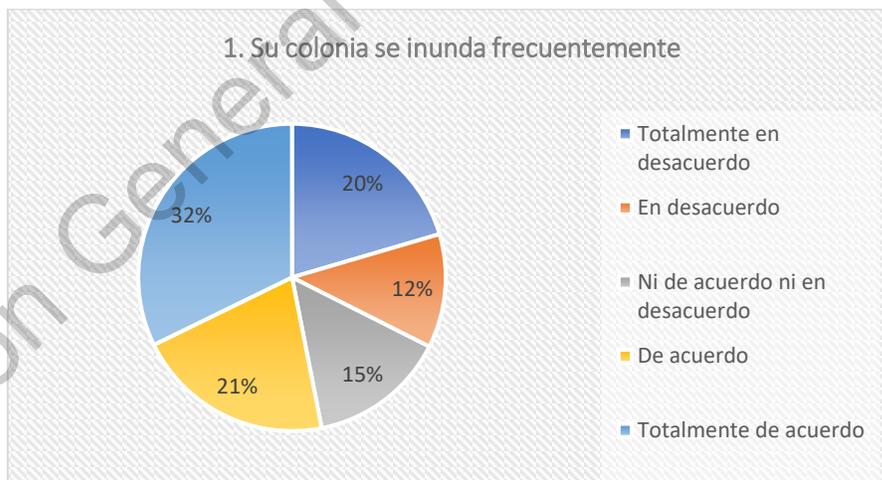
Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
1	2	3	4	5

Tras un **evento de inundación**, días después usted:

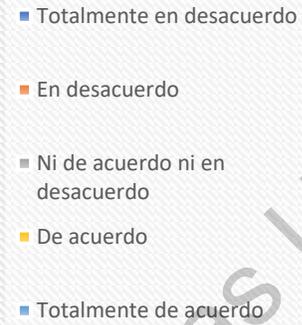
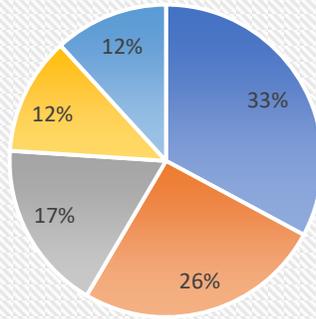
- 24. Experimenta fiebre de origen desconocido
- 25. Presenta dolores de cabeza
- 26. Sufre de dolores musculares
- 27. Muestra dolores en las articulaciones
- 28. Advierte náuseas
- 29. Experimenta vómitos
- 30. Presenta salpullido
- 31. Sufre de diarrea

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

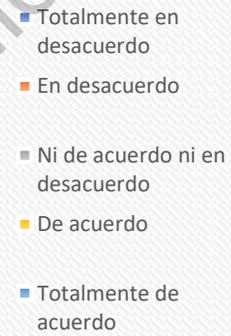
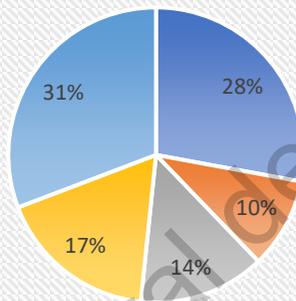
Anexo 30. Frecuencia de respuestas de los ítems del cuestionario empleado.



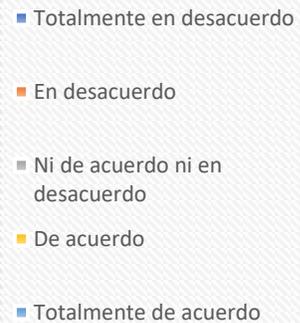
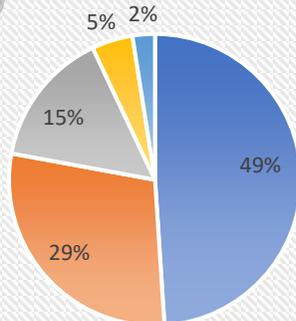
2. Su hogar experimenta daños tras una inundación



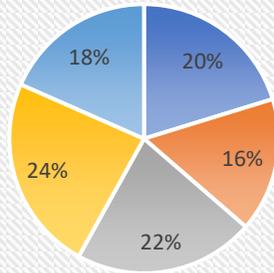
3. La altura del agua de inundación alcanza los 30cm



4. El servicio de recolección de basura de su localidad es eficiente

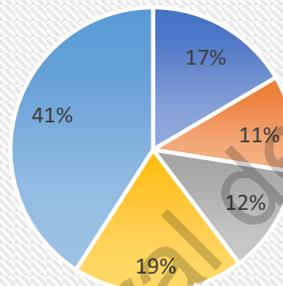


5. El sistema de alcantarillado y drenaje de su colonia tiene un funcionamiento eficiente



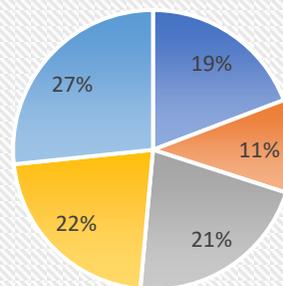
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. Acostumbra usar botas de plastico cuando hay una inundacion en su colonia



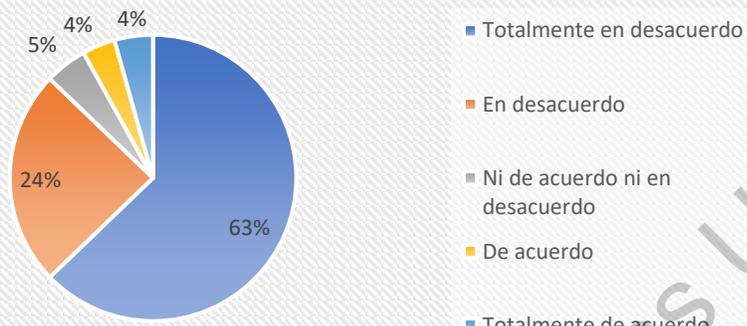
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

7. Considera que el control de plagas de roedores de su colonia es eficiente

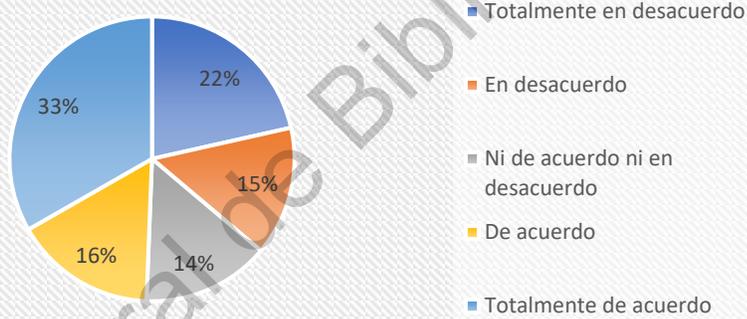


- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

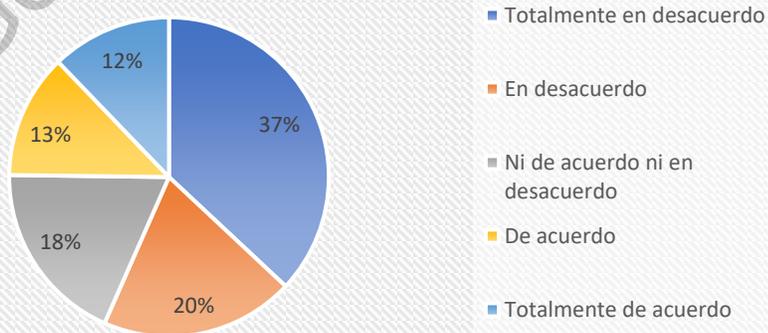
8. Suele recolectar agua de inundacion



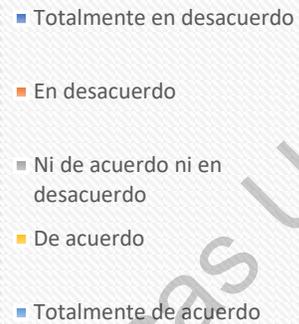
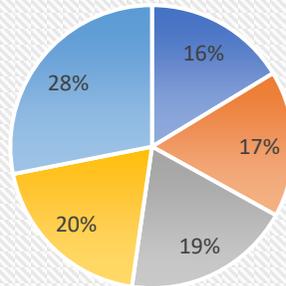
9. En su colonia se puede observar la presencia de perros callejeros en los alrededores



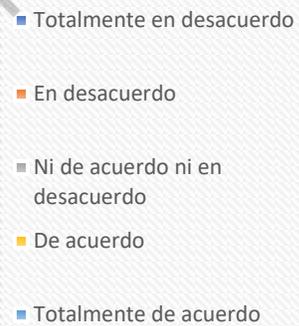
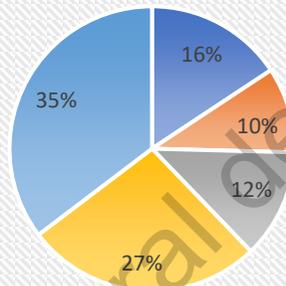
10. El agua de inundacion frecuentemente entra en su hogar



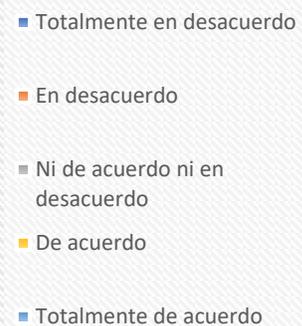
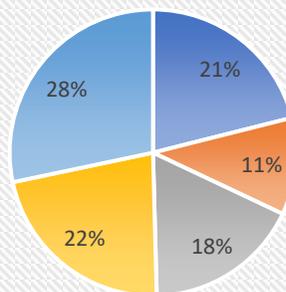
11. Ha notado la presencia de "cumulos o aglomeraciones" de basura en las calles de su colonia



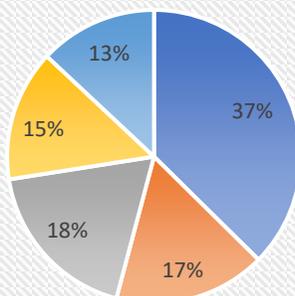
12. El tiempo que dura el agua estancada tras un evento de lluvia supera los 30min



13. Es comun que los sistemas de desalojo de agua de lluvia de su colonia se ven rebasados en su capacidad (se desborden)

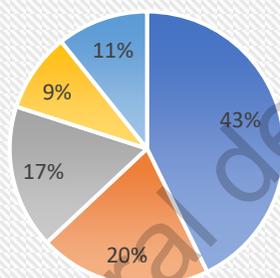


14. Cuando hay encharcamientos e inundaciones en su colonia suele estar en contacto directo con agua de inundacion



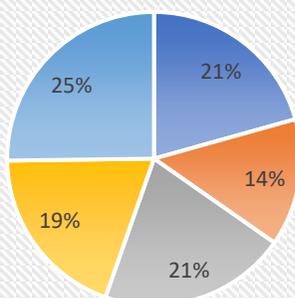
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

15. Tiene o ha tenido contacto con ratas y ratones en epoca de lluvias e inundaciones



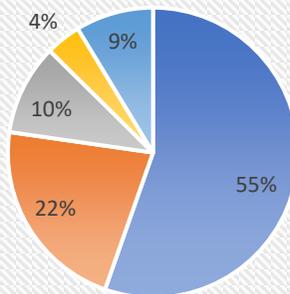
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

16. Considera que la perrera lleva un control de los perros callejeros de su colonia



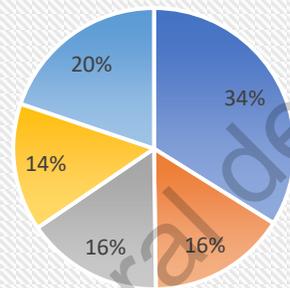
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

17. Utiliza agua de inundacion para otros usos. Por ejemplo:
lavar, regar, etc



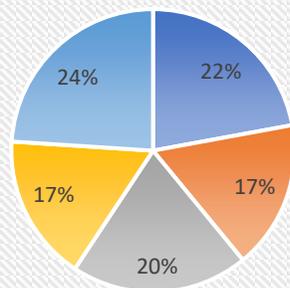
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

18. Suele usar chancas y zapatos abiertos cuando desaloja
agua de inundacion de su hogar



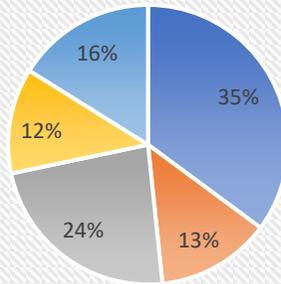
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

19. Considera que las calles de su colonia se limpian con la
frecuencia necesaria



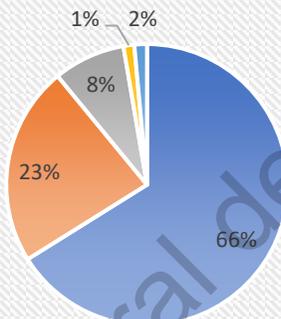
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

20. Ha visto roedores cerca de su hogar o en los alrededores durante una inundación



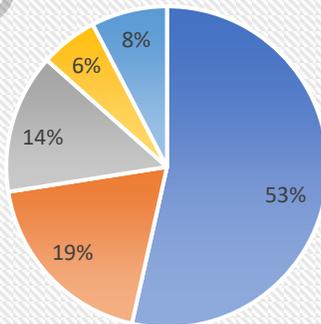
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

21. Camina descalzo en zonas que fueron afectadas por agua de inundación



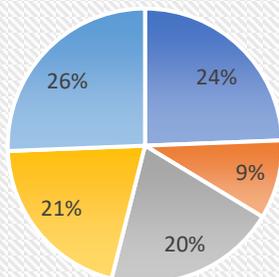
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

22. Suele tener contacto con los perros callejeros de su colonia



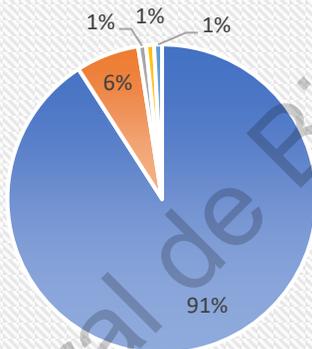
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

23. Ha observado en su localidad alcantarillas "abiertas" o coladeras sin tapa



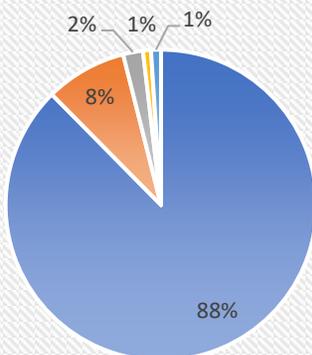
- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

24. Ha experimentado fiebre de origen desconocido



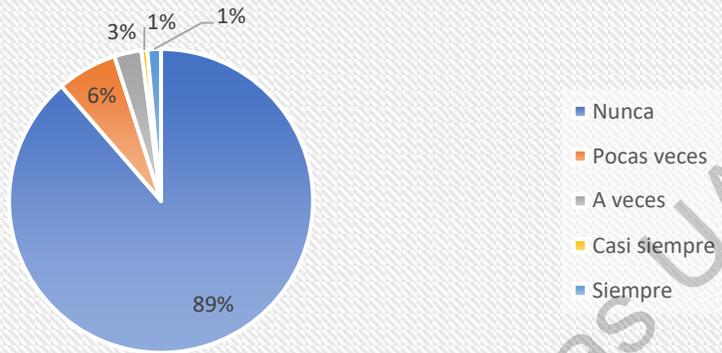
- Nunca
- Pocas veces
- A veces
- Casi siempre
- Siempre

25. Ha presentado dolores de cabeza

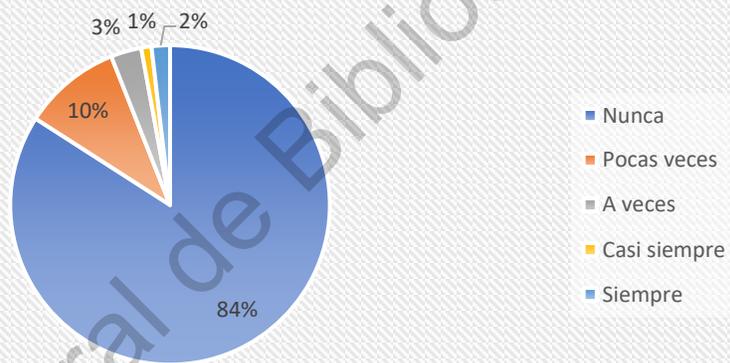


- Nunca
- Pocas veces
- A veces
- Casi siempre
- Siempre

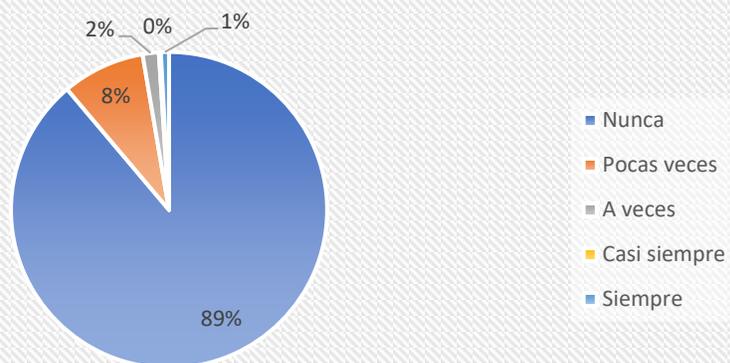
26. Ha sufrido dolores musculares



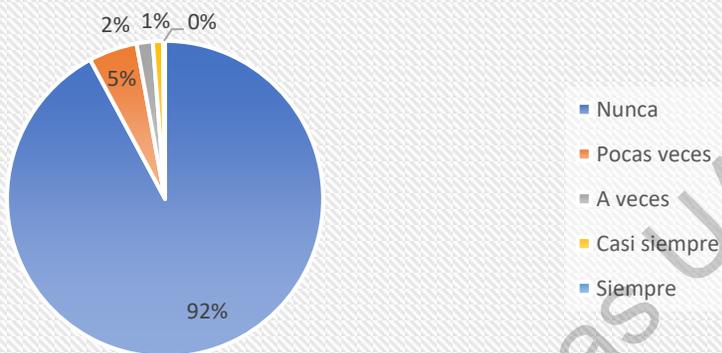
27. Ha experimentados dolores en las articulaciones



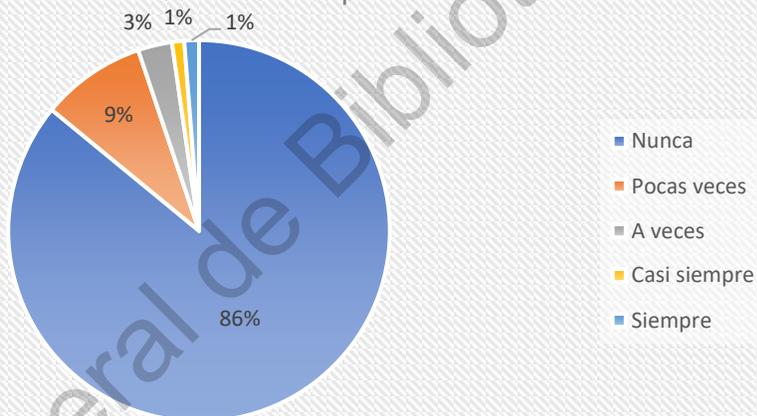
28. Ha advertido nauseas



29. Ha experimentado vomitos



30. Presenta salpullido



31. Ha sufrido diarrea

