



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE
TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DEL AGUA**



MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AGUA

***CARACTERIZACIÓN DE IDONEIDAD POR ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL
AGUA UTILIZANDO UN MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL***

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DEL AGUA PRESENTA:

JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MIGUEL ÁNGEL GÓMEZ ALBORES

CODIRECTOR DE TESIS

DRA. ROCIO BECERRIL PIÑA

Toluca, México, diciembre de 2020

Resumen.

La enfermedad diarreica aguda se transmite a través de agua y alimentos contaminados. El 94% de los casos se asocia a factores ambientales (Jackson et al., 2001). México, por su parte, presenta condiciones ambientales y socioeconómicas idóneas para la transmisión de estas patologías.

Ante esta problemática, se planteó como objetivo generar un modelo de distribución potencial de casos de mortalidad por enfermedades diarreicas agudas (EDAs) a nivel nacional durante el periodo [2000-2015]. Dicho modelo asociado a determinantes ambientales y socioeconómicas con el fin de identificar las zonas de idoneidad, basado en el método de máxima entropía, y el SIG TerrSet como herramienta.

El estudio de las EDAs permitió definir a la A02 (Salmonelosis), A04 (*Escherichia coli*) y A06 (Amebiasis) como causantes del mayor número de defunciones asociadas a determinantes ambientales y socioeconómicas.

Los resultados principales muestran la asociación entre las EDAs y las determinantes ambientales y socioeconómicas. Se observan, además, problemas de servicio de salud y drenaje, específicamente en regiones del Centro-sur y los litorales, con énfasis en las poblaciones indígenas.

Para el estudio de las EDAs de origen bacteriano se utilizaron 4 variables bioclimáticas (Isotermalidad [Bio3], Rango de temperatura anual [Bio7], precipitación del mes más húmedo [Bio13] y precipitación del trimestre más seco [Bio17]), contribuyendo con el 66% al rendimiento del modelo; así como 3 variables socioeconómicas (Servicio de drenaje, Población indígena y Servicio de salud), contribuyendo con el 44% al rendimiento del modelo.

Para la EDAs de origen protozario se utilizaron 4 variables bioclimáticas (temporada de temperatura [Bio4], Rango de temperatura anual [Bio7], Temperatura media del trimestre más cálido [Bio10] y Temperatura media del trimestre más frío [Bio11]), contribuyendo con el 75.9% al rendimiento del modelo; así como 3 variables socioeconómicas (Servicio de drenaje, Población indígena y Servicio de salud), contribuyendo con el 24.1% al rendimiento del modelo.

Abstract

Acute diarrheal diseases (ADDs) are transmitted through contaminated food and water. Actually, 94% of cases are associated to environmental factors (Jackson et al., 2001). Mexico itself presents ideal environmental and socioeconomic conditions for the transmission of these pathologies.

Given this problem, this research aims to generate a potential nationwide distribution model of mortality cases due to acute diarrheal diseases for the 2000 to 2015 period. These mortality cases are associated to environmental and socioeconomic determinants in order to identify suitability areas by using the maximum entropy method, and TerrSet GIS tool.

This ADDs study enabled defining A02, A04 and A06 as causing the greatest number of deaths associated to environmental and socioeconomic determinants.

The main results show an association between ADDs and environmental socioeconomic determinants. In addition, health service and drainage problems are observed in central-southern regions and on both coasts, specifically in indigenous populations.

Four bioclimatic variables were used for studying bacterial origin ADDs (Isothermality [Bio3], Annual Temperature Range [Bio7], Wettest Month Precipitation[Bio13], Driest Quarter Precipitation [Bio17]), which contributed with 66% to model performance. Three socioeconomic variables were used as well(Drainage Service, Indigenous Population, Health Service), which contributed with 44% to model performance.

Four bioclimatic variables were used for studying protozoan origin ADDs (Temperature Season [Bio4], Annual Temperature Range [Bio7], Warmest Quarter Average Temperature[Bio10], Coldest Quarter Average Temperature [Bio11]), which contributed with 75.9% to model performance. Three socioeconomic variables were used as well(Drainage Service, Indigenous Population, Health Service), which contributed with 24.1% to model performance.

Índice de contenido

| | |
|--|------|
| Agradecimientos | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Resumen. | iv |
| Abstract | v |
| Índice de figuras | viii |
| Índice de tablas | xii |
| Capítulo 1 Introducción..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 2 |
| 1.1.1. Globalización y su relación con las enfermedades | 5 |
| 1.1.2. Relación agua y salud | 6 |
| 1.1.3. Relación entre factores ambientales y la salud | 8 |
| 1.1.4. Los SIG y su aplicación en la salud humana | 13 |
| 1.1.5. Modelos de distribución potencial | 15 |
| 1.1.6. Efectos de las condiciones socioeconómicas en la calidad del agua y salud | 16 |
| 1.3. Hipótesis | 19 |
| 1.4. Objetivos | 19 |
| 1.4.1. Objetivo general | 19 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 19 |
| Capítulo 2 Marco teórico | 20 |
| 2.1. Definición de clima y variabilidad climática | 20 |
| 2.1.1. Características del clima en México | 20 |
| 2.1.2 Clasificación climática para México | 21 |
| 2.2. Salud desde el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) | 24 |
| 2.3. Características de las enfermedades diarreicas | 25 |
| 2.3.1. Sinonimia y concepto de las enfermedades diarreicas agudas | 25 |
| 2.3.2. Causas y factores de riesgo de las enfermedades diarreicas agudas | 27 |
| 2.3.3. Efectos de la temperatura en el crecimiento microbiano | 28 |
| 2.3.4. Retos y perspectivas en el combate de las enfermedades diarreicas agudas | 30 |
| 2.4. Definición de Epidemiología. Medidas de frecuencia | 30 |
| 2.5. Sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en la salud | 34 |

| | |
|---|-----|
| 2.6. Modelos de distribución potencial bajo enfoque <i>MaxEnt</i> | 35 |
| Capítulo 3 Metodología..... | 47 |
| 3.1. Zona de estudio..... | 47 |
| 3.2. Desarrollo metodológico | 48 |
| 3.3. Disponibilidad de datos | 49 |
| 3.3.1. Disponibilidad de datos de morbilidad y mortalidad | 49 |
| 3.3.2. Disponibilidad de datos de determinantes ambientales..... | 49 |
| 3.3.3. Disponibilidad de datos de determinantes socioeconómicas | 50 |
| 3.4. Procesamiento de bases de datos. | 51 |
| 3.4.1. Procesamiento de datos de morbilidad y mortalidad | 51 |
| 3.4.2. Procesamiento de datos de determinantes ambientales..... | 53 |
| 3.4.3. Procesamiento de datos de determinantes socioeconómicas | 57 |
| Capítulo 4 Resultados y discusión | 61 |
| 4.1. Resultados del procesamiento de las bases de datos de Egresos y Defunciones | 61 |
| 4.2. Resultados del procesamiento de las determinantes ambientales..... | 75 |
| 4.3. Resultados del procesamiento de las determinantes socioeconómicas | 82 |
| 4.4. Resultados de la modelación a nivel nacional..... | 96 |
| 4.4.1. Análisis de los modelos de distribución potencial para <i>Salmonella spp</i> | 96 |
| 4.4.2. Análisis de los modelos de distribución potencial para <i>E. coli</i> | 100 |
| 4.4.3. Análisis de los modelos de distribución potencial para <i>E. histolytica</i> | 103 |
| Conclusiones y recomendaciones | 107 |
| Bibliografía | 110 |
| Anexos..... | 123 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1-1. Etiología de las Enfermedades Diarreicas Agudas, (CEVECE, 2019b)..... | 3 |
| Figura 2-1. Clasificación del Clima de la República Mexicana, Köppen modificado por García (CONABIO, 1998)..... | 21 |
| Figura 2-2. Gráfica de temperaturas Cardinales (Madigan, Martinko, & Parker, 2001)..... | 28 |
| Figura 2-3. Gráfica de clases de microorganismos atendiendo a la temperatura óptima de crecimiento (Madigan et al., 2001)..... | 29 |
| Figura 2-4. Diagrama de BAM (Soberón y Peterson, 2005)..... | 36 |
| Figura 2-5. Representación vectorial (puntos, líneas y polígonos) | 41 |
| Figura 2-6. Representación vectorial versus raster | 41 |
| Figura 2-7. Gráfica de la Curva ROC..... | 45 |
| Figura 3-1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. República Mexicana, elaboración propia con base a (CONABIO, 1984)..... | 47 |
| Figura 3-2. Esquema Metodológico. | 48 |
| Figura 3-3. Esquema para convertir a raster a través del Módulo de Conversión GDAL del TerrSet. | 53 |
| Figura 3-4. Esquema para obtener promedios mensuales de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima por periodos. | 54 |
| Figura 3-5. Esquema de macro modeler para cambiar Sistema Referencial. | 54 |
| Figura 3-6. Módulo (CCAM) para generar Variables Bioclimáticas. | 55 |
| Figura 3-7. Módulo (PCA), aplicado a las variables bioclimáticas..... | 57 |
| Figura 3-8. Módulo Database Workshop, aplicado a la base de datos de indicador social del año 2000..... | 58 |
| Figura 3-9. Módulo (HBM) para generar <i>MaxEnt</i> | 59 |
| Figura 3-10. Esquema metodológico para establecer las clases en el mapa de distribución potencial..... | 60 |
| Figura 4-1. Mapa de casos confirmados por A02_A04_A06, por entidad federativa, del periodo 2000-2014..... | 62 |
| Figura 4-2. Gráfica de casos confirmados por A02_A04_A06, por entidad federativa, del periodo 2000-2014..... | 63 |

| | |
|---|----|
| Figura 4-3. Mapa de comportamiento nacional de la tasa de incidencia acumulada por 100,000 hab para A02_A04_A06 por Entidad Federativa. | 64 |
| Figura 4-4. Gráfica de comportamiento temporal de la tasa de incidencia acumulada por 100,000 hab, para A02_A04_A06, del 2000-2014..... | 65 |
| Figura 4-5. Gráfica de comportamiento de la tasa de incidencia acumulada por 100,000 hab y casos confirmados, por entidad federativa. | 65 |
| Figura 4-6. Mapa de defunciones confirmadas por A02_A04_A06, por entidad federativa, del periodo 2000-2015. | 66 |
| Figura 4-7. Gráfica de defunciones confirmadas por A02_A04_A06, por entidad federativa, del periodo 2000-2015. | 67 |
| Figura 4-8. Gráfica de defunciones por grupo de edad de la A02_A04_A06. | 67 |
| Figura 4-9. Mapa de municipios con más defunciones por A02_A04_A06, periodo 2000-2015. | 69 |
| Figura 4-10. Gráfica de defunciones confirmadas por A02, en la República mexicana, del 2000 al 2015..... | 69 |
| Figura 4-11. Gráfica de defunciones confirmadas por A04, en la república mexicana, del 2000 al 2015..... | 70 |
| Figura 4-12. Gráfica de defunciones confirmadas por A06, en la república mexicana, del 2000 al 2015..... | 70 |
| Figura 4-13. Mapa de tasa de mortalidad por 100,000 hab, para A02_A04_A06 por entidad federativa, del 2000 al 2015..... | 71 |
| Figura 4-14. Gráfica de comportamiento espacial de la tasa de mortalidad, por 100,000 hab, para A02_A04_A06 por entidad federativa, del 2000 al 2015. | 72 |
| Figura 4-15. Gráfica de comportamiento temporal de la tasa de mortalidad, por 100,000 hab, para A02_A04_A06, periodo del 2000 al 2015. | 73 |
| Figura 4-16. Mapa de tasa de letalidad, por A02_A04_A06, por entidad federativa. | 73 |
| Figura 4-17. Gráfica de comportamiento espacial de la tasa de letalidad, por A02_A04_A06, del 2000 al 2014. | 74 |
| Figura 4-18. Gráfica de comportamiento temporal de la tasa de letalidad, por A02_A04_A06, del 2000 al 2014. | 75 |

| | |
|--|----|
| Figura 4-19. Gráfica de porcentaje de contribución de variables Bioclimáticas, para <i>Salmonella spp.</i> | 78 |
| Figura 4-20. Gráfica de porcentaje de contribución de variables Bioclimáticas para <i>E. coli</i> | 79 |
| Figura 4-21. Gráfica de porcentaje de contribución de variables Bioclimáticas para la <i>E. histolytica</i> | 79 |
| Figura 4-22. Gráfica de temperatura máxima media mensual. | 80 |
| Figura 4-23. Gráfica de temperatura mínima media mensual. | 81 |
| Figura 4-24. Gráfica de precipitación media mensual. | 81 |
| Figura 4-25. Mapa del número de municipios indígenas por entidad federativa (INEGI,2010). | 83 |
| Figura 4-26. Gráfica del número de municipios total e indígenas por entidad federativa... .. | 83 |
| Figura 4-27. Mapa de Población indígena por entidad federativa, reportada para el año 2010. | 84 |
| Figura 4-28. Gráfica de número de habitantes y su porcentaje de población indígena por entidad federativa, reportada para el año 2010. | 85 |
| Figura 4-29. Mapa de porcentaje de población por municipios con carencia de servicios de salud. | 86 |
| Figura 4-30. Mapa de municipios de alta mortalidad y el porcentaje de su población sin acceso a servicios de salud..... | 88 |
| Figura 4-31. Mapa de porcentaje de población que carece servicios de drenaje, por municipios..... | 89 |
| Figura 4-32. Mapa de municipios de alta mortalidad y el porcentaje de su población sin acceso a servicios de drenaje | 91 |
| Figura 4-33. Gráfica de porcentaje de contribución de variables socioeconómicas <i>Salmonella spp.</i> | 93 |
| Figura 4-34. Gráfica de porcentaje de contribución de variables socioeconómicas <i>E. coli</i> .. | 93 |
| Figura 4-35. Gráfica de porcentaje de contribución de variables socioeconómicas <i>E. histolytica</i> | 94 |
| Figura 4-36. Mapa de distribución potencial y defunciones por Salmonelosis, periodo 2000-2015. | 97 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4-37. Mapa de distribución potencial por salmonelosis, 2000-2015..... | 98 |
| Figura 4-38. Gráfica del área bajo la curva (AUC), para la Salmonelosis. | 98 |
| Figura 4-39. Gráfica de tasa de mortalidad por Clases, para la Salmonelosis..... | 99 |
| Figura 4-40. Mapa de distribución potencial y defunciones por E. coli, periodo 2000-2015 | 101 |
| Figura 4-41. Mapa de distribución potencial por E. coli, 2000-2015..... | 101 |
| Figura 4-42. Gráfica del área bajo la curva (AUC), para la E. coli | 102 |
| Figura 4-43. Tasa de mortalidad por Clases, para la E. coli. | 103 |
| Figura 4-44. Mapa de distribución potencial y defunciones por Amebiasis, periodo 2000- 2015 | 104 |
| Figura 4-45. Mapa de distribución potencial por Amebiasis, 2000-2015 | 105 |
| Figura 4-46. Gráfica del área bajo la curva (AUC), para la Amebiasis..... | 105 |
| Figura 4-47. Gráfica de tasa de mortalidad por Clases, para la E. histolytica..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4-11. Estados de mayor población Indígena y sus indicadores epidemiológicos. | 95 |
| Tabla 4-12. Tasa de mortalidad por clases, para la salmonelosis. | 99 |
| Tabla 4-13. Tasa de mortalidad por clases, para la E. coli. | 102 |
| Tabla 4-14. Tasa de mortalidad por clases, para la E. histolytica. | 106 |

Acrónimos y definiciones.

| | |
|------------|--|
| Afecprin | Afección Principal |
| AUC | Area Under Curve |
| Causa_Def | Causa de Defunción |
| CCAM | Climate Change Adaptation Modeler |
| CDC | Conjunto de Datos bajo Control |
| CDR | Conjunto de Datos de Referencia |
| CEVECE | Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades |
| Clave_Loc | Clave de localidad |
| CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático |
| CONAPO | Consejo Nacional de Población |
| CV | Cross Validation |
| CVE_CIE-10 | Clasificación Internacional de Enfermedades |
| EDAs | Enfermedades Diarreicas Agudas |
| EHEC | Entero Hemorrágica <i>Escherichia coli</i> |
| EIEC | Entero Invasivas <i>Escherichia coli</i> |
| ENSO | Oscilación del Sur |
| Ent_Ocur | Entidad de ocurrencia |
| EPEC | Entero Patógenas <i>Escherichia coli</i> |
| EPOH | Enfermedades de Posible Origen Hídrico |
| ETEC | Entero Toxinógenas <i>Escherichia coli</i> |
| GIRH | Gestión Integrada de los Recursos Hídricos |
| GWP | Global Water Partnership, |
| HBM | Habitat and Biodiversity Modeler |
| Idrisi | Nombre de paquete SIG, no es acrónimo, sino un geógrafo árabe de la edad media |
| IITCA | Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua |
| INE | Instituto Nacional de Ecología |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática |
| INSP | Instituto Nacional de Salud Pública |
| IPCC | Panel Intergubernamental para el Cambio Climático |
| Loc_Ocur | Localidad de ocurrencia |

| | |
|-----------------|---|
| Logistic output | Salida Logística |
| <i>MaxEnt</i> | Máxima Entropía. |
| MDE | Modelo de Distribución de Especies |
| msnm | Metros Sobre el Nivel del Mar |
| Mun_Ocur | Municipio de Ocurrencia |
| NAAIS | Núcleo de Acopio y Análisis de la Información en Salud |
| NB | Natural Break |
| ODS | Objetivo de Desarrollo Sostenible |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| ONU | Organización de Naciones Unidas |
| OPS | Organización Panamericana de la Salud |
| OVSAAE | Porcentaje de ocupantes en viviendas sin agua entubada |
| OVSDSE | Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo |
| PIB | Producto Interno Bruto |
| PND | Plan Nacional de Desarrollo |
| Raw output | Salida Cruda |
| ROC | Receiver Operating Characteristic |
| SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales |
| SIG | Sistema de Información Geográfica |
| SIG-SP | Sistema de Información Geográfica en Salud Pública |
| SINAIS | Sistema Nacional de Información en Salud |
| SSA | Secretaría de Salud |
| TIA | Tasa de Incidencia Acumulada |
| Tmax | Temperatura máxima |
| Tmin | Temperatura mínima |
| UAEMex | Universidad Autónoma del Estado de México |
| UNICEF | Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia |
| USGS | United States Geological Service |
| VP_AGUENT | Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda. |
| VP_DREAGU | Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje conectado y también disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda. |

| | |
|-----------|--|
| VP_DRENAJ | Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje conectado. |
| VP_SERSAN | Viviendas particulares habitadas que disponen de servicio sanitario exclusivo. |

Capítulo 1 Introducción

Las enfermedades diarreicas cuentan con muchos antecedentes en la historia de la humanidad, y guardan una relación muy fuerte con las condiciones ambientales y de pobreza (Prüss-Üstün et al., 2016), los efectos seguirán aumentando a medida que el clima siga cambiando (Chan, 2015). De aquí que el cambio climático se convierte en una amenaza muy directa para la salud (Chang, 2008).

Las enfermedades diarreicas son causas principales de morbilidad y mortalidad en la niñez en el mundo, y son consideradas un problema de salud pública que afecta principalmente a países en desarrollo. Desde 1978 la Organización Panamericana de la Salud (OPS), hace un llamado a los estados miembros para desarrollar acciones comunes para enfrentar y controlar estas patologías (CEVECE, 2019a).

Entre los factores que intervienen en los brotes de enfermedades intestinales encontramos: malas prácticas de higiene; el consumo de agua y alimentos contaminados que favorecen la proliferación de agentes patógenos; el aumento de la temperatura; la precipitación como evento extremo y la edad, siendo los más afectados los niños menores de 5 años y adultos mayores (SSA, 2019).

Debido a la variación tanto espacial como temporal de algunos de estos factores, el control, prevención e identificación, de áreas vulnerables adquiere un papel importante ante la presencia de enfermedades. El presente trabajo propone un análisis a nivel nacional de enfermedades vinculadas con el agua, y su asociación con determinantes ambientales (precipitación, temperatura) y socioeconómicos, mediante la modelación de tendencias espacio-temporal, con el propósito de espacializar las áreas de idoneidad socio-ambientales bajo un modelo de distribución potencial.

1.1 Antecedentes

Cada año, se presentan cerca de dos mil millones de casos de diarrea en el mundo, convirtiéndose en las primeras causas de mortalidad y morbilidad en la niñez. Aunado a esto, alrededor de mil millones de personas carecen de acceso a fuentes de agua mejoradas y unos 2,500 millones no tienen acceso a instalaciones básicas de saneamiento (CEVECE, 2019a).

Se han presentado brotes de enfermedades intestinales en muchos países, incluso países con estructuras de distribución de agua altamente desarrollada (Kistemann et al., 2001). En esta situación, se puede esperar que países con suministro restringido de agua, sistemas de alcantarillado en sus hogares y tratamientos de aguas residuales deficientes, sean más vulnerables.

En México, las enfermedades diarreicas son una causa importante de morbilidad y mortalidad infantil. En el año 2010 en el país, 1.39 millones de niños menores de 5 años enfermaron a causa de la diarrea, 852 niños menores de cinco años fallecieron por esta causa, siendo la quinta causa de muerte en este grupo de edad (CEVECE, 2019a).

Las enfermedades son clasificadas de acuerdo con el criterio de la Clave de la Clasificación de Enfermedades (CVE_CIE-10). Actualmente es la clasificación estándar para todos los propósitos epidemiológicos y de gestión sanitaria. Con ella se hace posible que los países archiven, y recuperen la información diagnóstica para propósitos clínicos y epidemiológicos, además, permite compilar estadísticas nacionales comparables de mortalidad y morbilidad (OPS, 2010). Para las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) la CIE-10 comprende de la clase A00 a la A09x (Chin, 2001).

Las EDAs son enfermedades cuya causa se encuentran asociadas a un posible origen hídrico (EPOH). En México se estima que entre el 70% y 80% de las infecciones son de origen viral (principalmente rotavirus), las bacterias causan un 15% y los parásitos el 5% restante, (CEVECE, 2019b) (Figura 1-1).

concepto ha evolucionado, y sus nociones han cambiado en las últimas décadas. Uno de los enfoques que ha cobrado fuerza es el que considera la influencia del cambio climático (Kundzewicz et al., 2007; Settles et al., 2014).

Los factores que forman la vulnerabilidad (Ecuación 1.2) son: exposición, susceptibilidad y resiliencia.

$$\text{VULNERABILIDAD} = \text{EXPOSICIÓN} \times \text{SUSCEPTIBILIDAD} / \text{RESILIENCIA} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

donde

Exposición: es la condición de desventaja debido a la ubicación, posición o localización de un sujeto, objeto o sistema expuesto al riesgo.

Susceptibilidad: es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para enfrentar una amenaza, y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento extremo.

Resiliencia: es la capacidad de un sistema, o comunidad expuestos a una amenaza para resistir, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas.

El riesgo no puede ser eliminado en su totalidad, por lo que, debe ser evaluado y gestionado a fin de reducir los desastres (Velásquez et al., 2011). El concepto de riesgo, asociado al de incertidumbre, se conoce como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, lo cual, hace necesario conocer el funcionamiento de la peligrosidad de los procesos naturales, su intensidad y su frecuencia en el tiempo.

El riesgo de contraer EDAs se establece por la relación de la probable presencia del agente patógeno, junto a la afectación climática, determinada por la temperatura y la precipitación, asociado a determinantes socioeconómicas. La vulnerabilidad está representada por la susceptibilidad de las poblaciones más pobres y sus diferentes grupos de edades, siendo los menores de 5 años y los mayores de 65 años, los más susceptibles. La exposición considera la ubicación y condiciones ambientales en que se encuentra la población. Como último componente encontramos la resiliencia, determinada por la capacidad para enfrentar y recuperarse de la amenaza, por ejemplo, la elaboración de programas educativos, de carácter preventivo y la aplicación de buenas prácticas alimentarias para disminuir el riesgo de contraer una EDAs.

Como consecuencia de lo anterior, es necesario definir el término idoneidad. Como tal se refiere a la aptitud, buena disposición, o capacidad que algo tiene para un fin determinado. Bajo este marco, la idoneidad para presentarse una enfermedad debe verse como el lugar en espacio y tiempo, donde intervienen factores peligrosos, y determinantes ambientales y socioeconómicas, que pueden desencadenar impactos negativos en la salud de las poblaciones, y como consecuencia problemas ambientales, sociales, y económicos.

1.1.1. Globalización y su relación con las enfermedades

La globalización es un término familiar y a la vez complejo. El concepto hace referencia al creciente proceso de desregularización económica y financiera en el mundo y como consecuencia un creciente flujo de información, bienes, capital y personas a través de fronteras económicas y políticas (Daulaire, 1999). La globalización significa cosas distintas para diferentes personas; una definición general es el creciente movimiento de la información, materiales y personas a través de fronteras (Walt, 2001).

Las consecuencias en el ámbito de la salud, que se derivan del proceso de globalización, han sido identificadas (Walt, 2001). Destacan los impulsos a los mercados de salud (hospitales seguros), y abandono de los sectores más pobres; la industria farmacéutica trabaja según las demandas del mercado y no por necesidades reales; nueva relación entre el sector público y privado, donde este último se ha visto fortalecido por la privatización de los bienes y servicios de la salud y finalmente un incremento de las enfermedades infecciosas en la población indígena, entre las que destacan las infecciones intestinales, la gripe y la neumonía (R. Castro et al., 2007).

Desde esta perspectiva, la Antropología y otras ciencias afines confirman que la condición de pobreza y marginación que caracteriza a los indígenas de México, impone umbrales de tolerancia frente al dolor y las enfermedades, superiores a las comunidades medias urbanas (V. Castro & del Carmen, 2002). Se trata en buena medida de una tolerancia impuesta por la restricción a los servicios de salud (Puente & Calva, 2017).

Elementos históricos de los efectos de la globalización han sido revelados en los trabajos de Puente (2017). Las poblaciones indígenas de América experimentaron tasas de mortalidad alta a partir del contacto con los europeos. Estudios de secuenciación masiva de ácidos

nucleicos, en muestras de pulpa dental de restos humanos, en un cementerio asociado a la epidemia del Cocoliztli (término Náhuatl que significa peste) localizado en Teposcolula-Yucundaa, Oaxaca, demuestran que la epidemia de 1545-1550, pudo ser provocada por la *Salmonella entérica* (Vågene et al., 2018).

Estudios en Noruega, a una joven probablemente enterrada en el año 1200, identifican a la *Salmonella entérica*, lo cual refuerza la hipótesis de que fueron probablemente portadores sanos europeos los que introdujeron ese tipo de enfermedades en la población indígena de América (Puente & Calva, 2017). Estos elementos demuestran que cepas potencialmente infecciosas se relacionan con cepas ancestrales, encontradas en restos de humanos antiguos en Europa.

Actualmente, los movimientos migratorios masivos, el comercio, la urbanización no planificada, la rápida conexión a través de los medios de transporte se muestran como elementos globalizadores y facilitadores de las epidemias. En este sentido la globalización ha alterado las condiciones ecológicas, biológicas y sociales (Saker et al., 2004).

La globalización por tanto, juega un papel importante en la transmisión de enfermedades. Las aproximaciones a través de modelos predictivos muestran la tendencia de las enfermedades, sin embargo los modelos socioeconómicos presentan indicadores de inequidad entre las regiones y la persistencia de determinadas patologías debido a las condiciones del sistema de salud (Valero-Bernal & Tanner, 2008).

Hoy día, el ejemplo más claro en la relación globalización-enfermedad es el brote de COVID-19. Algunas investigaciones recientes indican que la globalización hizo que la enfermedad fuera más contagiosa en países con economías complejas y con mayores interacciones (Luong, 2020).

1.1.2. Relación agua y salud

El origen etimológico del término salud se encuentra en el latín, y específicamente en la palabra “Salus”. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de enfermedades (OMS, 2018).

Esta definición fue el resultado de una evolución conceptual. A partir de la década del 50 del siglo pasado, la OMS revisó la definición de salud y finalmente la reemplazó por esta nueva, en la que la noción de bienestar trasciende lo meramente físico. La OPS aportó otro elemento: la salud tiene que ver con el medio ambiente que rodea a la persona.

La revista cubana de higiene y epidemiología define salud ambiental como la disciplina que comprende aspectos de la salud, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales físicos, químicos, biológicos y psicosociales (Pérez Jiménez et al., 2011).

El desarrollo humano y el crecimiento de la población ejerce presión en el acceso, calidad y cantidad de los recursos hídricos. En ningún otro aspecto existe tanta presión como en la interfaz agua y salud humana. Por tanto, las enfermedades infecciosas relacionadas con el agua son una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo (Water & World Health Organization, 2002).

Diversos estudios enfatizan que garantizar el acceso a todas personas a agua potable suficiente, saneamiento adecuado, alentando la higiene personal y comunitaria, mejora la salud y calidad de vida de millones de personas. Además se reduce la carga de morbilidad de infecciones diarreicas, respiratorias, desnutrición y aumenta el control de varias enfermedades en 149 países tropicales y subtropicales (World Health Organization, 2019).

Los problemas de la mala calidad del agua potable no son exclusivos de los países en desarrollo, ya que también se experimentan en varios países desarrollados. Por ejemplo, en abril de 1993, Estados Unidos de América (EUA) refirió el mayor brote de enfermedades transmitidas por el agua, que tuvo lugar en la ciudad de Milwaukee, Wisconsin (Dore, 2015).

En EUA, cerca de 63 millones de personas se encuentran expuestas a agua potencialmente contaminada, reportándose 64 brotes virales transmitidos por agua durante el periodo [1971-2006]. Europa reportó 136 brotes similares entre el periodo [2000-2007] (ENHIS, 2009).

Se considera dentro de los agentes etiológicos, que el *Vibrios cholerae*, ha sido responsable de epidemias mortales en todo el mundo durante siglos. Tres de las seis cepas de *Escherichia coli* (0127, 0148 y 0157) son las principales bacterias patógenas transmitidas por el agua.

Otras bacterias, como la *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* y la *Campylobacter spp.* también han sido patógenos causantes de muchos brotes transmitidos a través del agua (Izurieta, 2006).

Una preocupación creciente es la aparición de nuevas bacterias patógenas que se transmiten por el agua. Se ha encontrado en el agua potable la *Helicobacter pylori*, *Mycobacterium Avium Complex* (MAC) y la *Aeromonas hydrophyla* (Cabral, 2010).

México por su parte, muestra números significativos de casos de EDAs. Por ejemplo, la gastroenteritis infecciosa (387,639), la amebiasis (21,582), la salmonelosis (19,440) y la intoxicación alimentaria no especificada (10,312), son las causas que inciden mayoritariamente en los brotes de enfermedades diarreicas asociados al agua (INEGI, 2015).

1.1.3. Relación entre factores ambientales y la salud

Los efectos de los factores ambientales sobre la salud de las poblaciones abarca un amplio espectro de consideraciones, que puede resumirse como: incremento de la malnutrición; retraso en el crecimiento y desarrollo del niño; aumento del número de personas fallecidas por olas de calor, inundaciones, sequías, mala calidad o ausencia de agua y alimentos; agravamiento de la carga de enfermedades diarreicas y respiratorias, y el desplazamiento de áreas geográficas de algunos vectores de enfermedades infecciosa (Díaz et al., 2013).

De esta manera se hace necesario conocer cómo se presentan los factores ambientales, y su relación con las poblaciones, ya que juegan un papel fundamental en la transmisión de enfermedades que son transmitidas por el agua.

Las fuertes precipitaciones y las sequías crean ambientes propicios para la presentación y distribución de EDAs. Estos eventos extremos, provocan la contaminación y pérdida de calidad del agua, y ponen a las poblaciones en riesgo de contraer enfermedades diarreicas (Salazar-Ceballos et al., 2016).

De igual manera, el incremento de las temperaturas se considera un factor de gran importancia en la presentación y distribución de las enfermedades transmitidas por el agua, al tener una influencia directa con la sobrevivencia y el crecimiento de los agentes patógenos en el medio ambiente (Ezzati et al., 2004). De esta manera, el incremento de la temperatura se convierte en un peligro potencial para la salud humana (Hunter, 2003).

Mota (2011), desarrollada en el Centro Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (CIRA). Su propósito planteado fue, modelar espacial y temporalmente durante el periodo 1998-2006, el nivel de asociación entre enfermedades vinculadas con el agua, como infecciones intestinales y dengue, con determinantes ambientales.

Los resultados a nivel nacional demuestran que la tendencia de las EDAs es a disminuir, con 49.9 casos de incidencia acumulada por cada 10,000 habitantes. La probabilidad de morir también disminuyó en 0.01 casos por cada 10,000 habitantes. La variable más importante de la correlación fue la temperatura máxima, tanto para la incidencia acumulada, como para la probabilidad de morir, acentuando su presencia en los primeros meses de cada año (Najera Mota, N, 2011).

En una investigación realizada por Gómez Albores (2012) en el Centro Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (CIRA), se implementó dentro del SIG Idrisi un módulo de cálculo de indicadores de frecuencia y otro de asociación, que permitió modelar la distribución espacio-temporal de las enfermedades vinculadas con el agua. Los principales resultados muestran que espacialmente hay regiones con problemas de salud, en zonas del norte, centro y sur del país, problemas en servicios básicos, y comportamiento climático diferente (Gómez Albores, M A, 2012).

En México, el Instituto Nacional de Ecología (INE), junto al Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), realizaron un estudio a nivel nacional, encontrando que los Estados que muestran mayor incidencia para las EDAs fueron Chiapas, Guerrero, Oaxaca, y Puebla. Al relacionar la temperatura con la morbilidad por EDAs, durante el periodo 1998-2004, el coeficiente de correlación para Puebla fue 0.64; Chiapas 0.54; Oaxaca 0.23 y Guerrero 0.05. Respecto a la precipitación el coeficiente fue de 0.33; 0.47; 0.55 y 0.56, respectivamente. Los resultados muestran que existe relación entre ambos factores, excepto el estado de Guerrero que sólo presentó correlación con la precipitación (Rodríguez et al., 2006).

Lo anterior demuestra la importancia de la geomática en aspectos de salud, y como los SIG permiten explicar la presencia y frecuencia de presentación de las enfermedades vinculadas por el agua (Torres-Olave et al., 2008).

registros de presencia de las especies. Los resultados mostraron un buen desempeño con valores de AUC (Area Under Curve) superiores a 0.79 para las especies (R. Torres & Jayat, 2010).

En México, Cruz-Cárdenas., et al, (2014) evaluaron una metodología para la selección de covariables utilizadas en el modelado. Se emplearon cinco especies características del bosque húmedo de montaña, 56 covariables ambientales, y se realizó el modelado de distribución potencial en *MaxEnt*. La precisión de los modelos generados se evaluó con intervalos de confianza de la ROC (Receiver Operating Characteristic), y no mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tres modelos predictivos generados (Cruz-Cárdenas et al., 2014).

Un estudio realizado en Mérida, Venezuela, evaluó la eficiencia de los modelos *GARP* y *MaxEnt*, para predecir la distribución potencial de las principales especies de *Lutzomyia*. Se utilizaron 190 puntos georreferenciados de presencia y variables bioclimáticas para la zona 23, con una resolución de 1km. Los resultados del *MaxEnt* generaron predicciones más ajustadas de probabilidad de ocurrencia en comparación con el *GARP*, y su distribución está más ajustada a la contribución de las variables bioclimáticas, aportando datos importantes para entender la dinámica de distribución de la especie (Rujano et al., 2015).

En México, en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA) se desarrolló una investigación, que se planteó como propósito, generar un modelo de distribución potencial de *Aedes aegypti*, utilizando *MaxEnt*, para identificar zonas vulnerables a la presencia de dengue. Sus principales resultados identificaron las condiciones de clima que son determinantes en la presencia de casos, a través del modelo de distribución potencial, que permitió identificar las áreas de predicción (Ordoñez Sierra, R, 2018).

1.1.6. Efectos de las condiciones socioeconómicas en la calidad del agua y salud

Los economistas han comprobado que el agua es un tipo peculiar de recurso. Es un factor de cohesión social, económico y ambiental, y puede verse desde diferentes perspectivas: como elemento de producción, como una cuestión financiera y como un recurso eco-social (Aguilera Klink, 2006).

En este sentido, la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU), en septiembre del 2015, adoptó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Se aprobaron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que abarcan las esferas económica, social y ambiental, con el compromiso universal de erradicar la pobreza (Anexo 1).

La mayoría de los países desarrollados cuenta con los recursos financieros y las tecnologías para mitigar los impactos del desarrollo industrial. También han desarrollado regulaciones legales necesarias que establecen los límites permisibles para la adecuación de las aguas residuales y las sustancias contaminantes que se generan a partir de diferentes procesos.

No obstante, los países en desarrollo no han contado con recursos suficientes, que permitan iniciar las inversiones y transferencias tecnológicas adecuadas para gestionar las cantidades suficientes y la calidad de su agua. Estos elementos merecen una atención de primer orden, para poder aspirar a que las naciones de todo el planeta garanticen la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, de acuerdo con el Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 6 de la agenda 2030.

La pobreza, el hambre, no tener acceso a sistemas de salud, la falta de empleo plenos y productivos, el alto crecimiento demográfico, la contaminación de las fuentes principales de agua potable, la falta de regulaciones legales y/o la falta de voluntad política para hacer cumplir las leyes y regulaciones oficiales empeoran la situación de los países con economías emergentes (Forde et al., 2019).

Contar con la voluntad política de los gobiernos es de suma importancia. De esta forma, es más factible que las sociedades logren contar con hábitats humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, de acuerdo con el Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 11 de la agenda 2030.

1.2. Justificación

El cambio climático es inequívoco y este a su vez tiene efectos en el comportamiento de las enfermedades (Patz et al., 1998). En este sentido el agua potable, el saneamiento e higiene son considerados factores de riesgos de mucha importancia causantes de EDAs (Manzollilo, 2019).

Eventos extremos como las sequías y las inundaciones, crean condiciones idóneas para la aparición de enfermedades transmitidas por el agua, siendo responsable de la muerte de alrededor de 2.2 millones de personas que mueren cada año por enfermedades diarreicas, donde la mayoría son niños menores de 5 años. Se estima que estos eventos causen anualmente unas 250,000 defunciones adicionales entre 2030 y 2050; de ellas 48,000 por diarreas (M. A. F. Torres et al., 2019).

En América latina y el Caribe, 34 millones de personas siguen usando fuentes no mejoradas de agua para el consumo y 18 millones aún practicaban la defecación al aire libre (Valinoti et al., 2019).

México, por su parte, muestra un incremento de casos de EDAS (31.3%,) en 10 de las 32 entidades federativas a finales del 2018. Destacando la mayor incidencia en Baja California Sur con 2.7 por cada 1,000 hab, y Zacatecas con 2.6 por cada 1,000 hab (SSA, 2018).

El número de estudios sobre modelación, análisis, comportamiento y control de las EDAs que existen actualmente en México aún sigue siendo limitado, y se realizan de forma aislada. Se cuentan con datos de precipitación y temperatura de 1910 al 2019, y no se asocian con variables socioeconómicas por periodos de 10 años o más, lo cual no permiten relacionar y explicar el comportamiento de las EDAs de forma integral.

La diversidad de fuentes de información y la falta de herramientas metodológicas adecuadas, hacen difícil crear una imagen donde se integren datos ambientales sociales y económicos. Las nuevas herramientas informáticas, cada vez más potentes, constituyen hoy en día una solución en cualquier proyecto, entre ellas destacan los SIG, ya que no solo permiten una óptima gestión de los datos procedentes de distintas fuentes, sino que los relaciona unos con otros de acuerdo con su localización real, permitiendo generar nuevos datos, análisis e informes (Seguí et al., 2012).

El presente trabajo pretende ser una herramienta de apoyo al sector salud en cuanto al monitoreo de la distribución de las EDAs, con la finalidad de ofrecer una metodología que ayude a las instituciones oficiales en la identificación de zonas idóneas para la presencia de EDAs.

media del mes más frío la encontramos entre -3 y 18° C. Ocupa el 20.5% del país. Se localiza en la mayor parte de las montañas del centro y sur de México, al sur de la Altiplanicie Mexicana, porciones norte y centro de la Sierra Madre Occidental y norte de la Sierra Madre Oriental.

El clima (Bw) Muy Seco, registra precipitaciones anuales promedio de 100 mm a 300 mm y temperatura promedio entre 18° C a 22° C. Ocupa cerca del 20.8% del país, se localiza en la parte norte de la Altiplanicie Mexicana a altitudes menores de 1,500 msnm, así como la llanura costera del Pacífico, situadas al norte del paralelo 25° N, y en las zonas litorales de la península de Baja California, si exceptuamos el extremo noreste de la misma donde es seco o árido.

El clima (Bs) Seco, registra precipitaciones de 300 a 600 mm anuales y la temperatura promedio oscila entre 18° C y 26° C. Ocupa cerca del 28% del país se encuentra bordeando los muy áridos, en la parte norte de la Altiplanicie, así como en los declives de la Sierra Madre Occidental, que se elevan de la llanura costera del Pacífico al norte del paralelo 23° N y en la porción central y noroeste de la península de Baja California. Además, lo encontramos en el centro y sur del país, por encontrarse menos expuesto a la influencia de los vientos húmedos del mar, en porciones de la parte sur de la Altiplanicie, en las partes más bajas de la cuenca del Balsas y cuencas de los ríos Verde, Mixteco, Tlapaneco y Papaloapan. Los climas secos en su conjunto se caracterizan por la circulación de los vientos, que provoca escasa nubosidad.

Los climas (E) frío, la temperatura media del mes más caliente es menor a 10° C, Se localiza en las altas montañas del centro del país, donde la temperatura media del mes más caliente desciende debido al aumento de altitud (García, 2004).

Variables bioclimáticas.

Los organismos se ven afectados por factores climáticos y no climáticos, lo cual puede imponer restricciones fisiológicas sobre las especies y verse afectado su distribución (O'Donnell & Ignizio, 2012). Por tanto las variables Bioclimáticas son herramientas que nos ayudan a analizar y predecir el comportamiento de las especies y son obtenidas de datos de

clima para una mejor representación de los tipos de tendencias estacionales para las restricciones fisiológicas de las diferentes especies (H. A. Nix, 1986).

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) ha desarrollado índices climáticos, conocidos como predictores o variables bioclimáticas (19) (Hijmans, 2004). Estos capturan la información sobre las condiciones anuales (temperatura media anual, precipitación anual, rango anual de temperatura y precipitación), así como las condiciones climáticas medias estacionales y la estacionalidad dentro del año (temperatura de los meses más fríos y cálidos, precipitación de los meses y trimestres más húmedos y secos) (O'Donnell & Ignizio, 2012). La descripción de las variables bioclimáticas y sus resultados proporcionan información climática importante para investigar las respuestas de las especies a las condiciones de temperatura y precipitación (Anexo 2-1 a 2-19).

2.2. Salud desde el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH)

De acuerdo con la definición de la Asociación Mundial para el Agua (GWP- Global Water Partnership, por sus siglas en inglés), la GIRH es un proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinada del agua, la tierra, y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas (Santos, 2019).

Otra definición la encontramos en la ley de Aguas Nacionales (DOF, 2016) en la cual se establece que la base de la política hídrica nacional es la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos por cuenca, considerando los aspectos ambientales, sociales (salud), políticos y económicos. Define la GIRH como el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

En los proyectos de enfoque GIRH (Soares et al., 2008), se menciona el aspecto de salud como un factor importante en el proceso de evaluación y toma de decisiones. Dentro de los trabajos que toman en cuenta los diferentes usos del agua, con enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos, encontramos el proyecto realizado por la Red Lerma (Díaz-Delgado et al., 2009), caracterizado por su sencillez en la aplicación de la GIRH, al brindar una

herramienta metodológica para la toma de decisiones, a través de un proceso de planeación estratégica participativa.

El acceso al agua potable y a un saneamiento adecuado, son de las formas más eficientes de mejorar la salud humana (Jackson et al., 2001). Resultados de estudios realizados a nivel mundial, muestran que las EDAs ocupan el primer lugar dentro de las enfermedades atribuibles al ambiente (Tabla 2-1).

Tabla 2-1. Enfermedades atribuibles a factores climáticos (Jackson et al., 2001).

| Enfermedad | Muertes (miles) | % total de carga atribuible a factores ambientales | Rutas ambientales |
|-----------------------------------|----------------------------|---|--|
| Diarreas | 1523 | 94 | Agua potable, saneamiento e higiene |
| Malnutrición | 863 | 50 | Agua potable, saneamiento e higiene, manejo de fuentes de agua |
| Nemátodos intestinales | 12 | 100 | Saneamiento |

2.3. Características de las enfermedades diarreicas

Las enfermedades diarreicas agudas, siguen siendo un problema de Salud pública a nivel mundial, siendo los niños los más vulnerables al igual que los adultos mayores (SSA, 2014).

2.3.1. Sinonimia y concepto de las enfermedades diarreicas agudas

Las EDAs se caracterizan por la presencia de evacuaciones líquidas o acuosas, y pueden contener moco y sangre (SSA, 2014). De acuerdo con la Clasificación Internacional (CIE-10), existen un número considerable de enfermedades que desencadenan en un cuadro de EDAs (Chin, 2001) (Tabla 2-2).

Otra definición plantea que la epidemiología es una ciencia que tiene como propósito describir y explicar la exposición en relación con la enfermedad, desde el contexto de la distribución poblacional, espacial y temporal, así como identificar los elementos que la componen y comprender las fuerzas que la gobiernan, a fin de desarrollar acciones tendientes a conservar y promover la salud de la población (Frumkin, 2010).

Las primeras descripciones de padecimientos que afectan a poblaciones enteras, lo encontramos en el papiro de Ebers, al mencionar unas fiebres pestilentes (probablemente malaria) que asolaron las márgenes del Nilo alrededor del año 2,000 a. C. Otros procesos morbosos colectivos se desarrollaron, destacando la plaga que obligó al faraón egipcio Mineptah, a permitir la salida de los judíos de Egipto, alrededor del año 1,224 a.C. Otro proceso morboso fue el acontecido en Atenas, durante la Guerra del Peloponeso, en el año 430 a.C (López-Moreno et al., 2000).

La palabra epidemiología proviene de los términos griegos “epi” (encima), “demos” (pueblo) y “logos” (estudio). Etimológicamente significa el estudio de “lo que está sobre las poblaciones”. La primera referencia propiamente médica se encuentra en Hipócrates (460-385 a.C.), quien usó las expresiones *epidémico* y *endémico* para referirse a los padecimientos según fueran o no propios de determinado lugar (López-Moreno et al., 2000).

A partir de estos inicios la epidemiología ha evolucionado, y actualmente ningún avance médico sería completo sin la participación de esta ciencia. La cuantificación en materia médica se hizo posible gracias al clínico francés Pierre Charles Alexander Louis, considerado uno de los primeros epidemiólogos modernos, quien, a partir de 1,830, condujo una gran cantidad de estudios de observación numérica.

Un alumno distinguido de Louis, el inglés William Farr, generalizó el uso de tasas de mortalidad, y el concepto de población bajo riesgo, también descubrió las relaciones entre prevalencia, incidencia y duración de la enfermedad. Además, fundamentó la necesidad de contar con grandes grupos de casos para lograr inferencias válidas. Asimismo, creó el concepto de *Fuerza de Mortalidad*, considerado uno de los primeros conceptos epidemiológicos altamente precisos, idéntico al que hoy conocemos como letalidad (López-Moreno et al., 2000).

accesibles a distribución de las especies de su área original. Este factor es importante para distinguir una especie, de su distribución actual y su potencial de distribución.

Un último factor es la capacidad de evolución y de adaptación de las especies a las nuevas condiciones. Este factor ha sido generalmente reservado de análisis, sin embargo, es un elemento importante para considerar al proyectar las posibilidades de distribución de la especie (Soberon & Peterson, 2005).

Máxima Entropía (MaxEnt)

La entropía es un concepto fundamental y es descrita como “una medida de cuánto está involucrada la elección en la selección de un evento” por tanto una distribución con alta entropía implica más opciones, es decir, menos restricciones (Shannon, 1948).

El rendimiento predictivo de *MaxEnt*, como ya se comentó en los antecedentes, es competitivo junto a modelos de alto rendimiento (Elith et al., 2006). Éste ha sido utilizado ampliamente desde el 2004 para el modelado de la distribución de especies, ya que cubre diversos objetivos, como el encontrar la correlación de presencia de especies, mapeo de distribuciones actuales, y predecir nuevos lugares. Este modelo ofrece mejores detalles, ya que su propósito es predecir la presencia de las especies en menos áreas (Townsend Peterson et al., 2007).

MaxEnt es un modelo de propósito general para hacer predicciones de informaciones incompletas. Su origen se encuentra en la combinación de la estadística mecánica, máxima entropía y métodos bayesianos (Jaynes, 1957). Además, estima las distribuciones de probabilidad sujeto a un conjunto de restricciones (Phillips et al., 2006).

Debemos partir de la probabilidad de estar en un píxel, dado que lo único que se sabe es que la especie está presente $p(x|y = 1) = f_i(x)$. La ecuación maximiza la entropía, manteniendo las medias de las variables, considerando los sitios de entrenamientos, y es así como surge la propuesta matemática expresada en la ecuación (2.4), donde la distribución $f_i(x)$ asigna valores positivos para cada píxel x . (Shannon, 1948).

$$H = - \sum_{i=1}^n f_i(x) \ln f_i(x) \qquad \text{Ec. (2.4)}$$

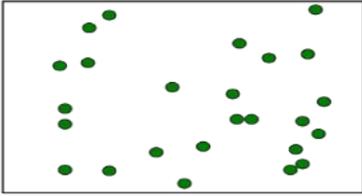
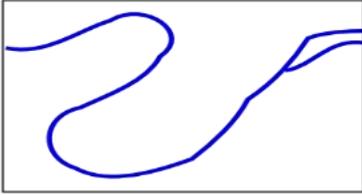
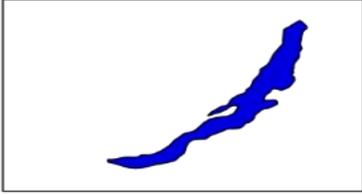
| <i>Primitiva</i> | <i>Entidad espacial</i> | <i>Representación</i> |
|------------------|---|--|
| Puntos |  |  |
| Líneas |  |  |
| Polígonos |  |  |

Figura 2-5. Representación vectorial (puntos, líneas y polígonos)

En las representaciones raster, la zona de estudio se define con una matriz (No de columnas y renglones) de celdas o píxeles para representar los objetos del mundo real, y donde cada pixel lleva implícito un valor. En la figura 2-6 se muestra la diferencia entre una imagen vectorial y una imagen raster.

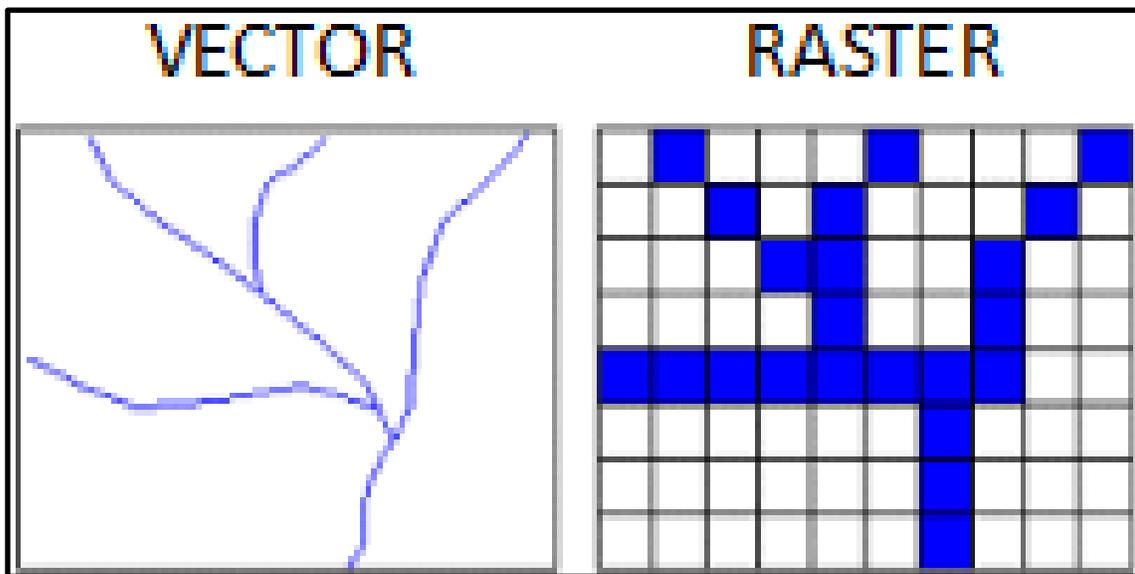


Figura 2-6. Representación vectorial versus raster

Eliminación del efecto de correlación espacial

La disminución espacial de los registros de ocurrencia ayuda a enfrentar los problemas asociados con el sesgo del muestreo espacial. Usando un enfoque aleatorio y la función Thin del paquete spThin R, nos devuelve un conjunto de datos con el número máximo de registros para una distancia de Thining dada. El centro de este método es un algoritmo implementado en la programación R (R Core Team) que elimina aleatoriamente registros que violan la restricción de distancia mínima al vecino más cercano (Robert P. AndersonM., 2015).

El paquete spThin identifica la distancia mínima de 2 puntos. Una vez identificada elimina uno de los 2 puntos cuando no cumplan con la distancia establecida y guarda el otro, esto para n (número editable) cantidad de veces. Se generan archivos .csv que contienen las posibles combinaciones de puntos que se encuentran fuera del rango del buffer, y se selecciona el archivo que contienen más puntos.

Formatos de salida del MaxEnt

Crudo (Raw output)

La salida primaria del *MaxEnt* es la función exponencial $q\lambda(x)$, que asigna una probabilidad a cada sitio utilizado durante el modelo de entrenamiento, llamados crudo o valor bruto (raw). Estos valores son de difícil interpretación, y dependen de la escala, ya que al utilizar más background (datos de fondo), da como resultado valores raw más pequeños, ya que suman 1 sobre un número mayor de datos de fondo. Por estas razones, los valores raw son convertidos a formato acumulativo (Phillips & Dudík, 2008b).

El formato acumulativo está definido en términos de tasas de omisión, predichas por la distribución *MaxEnt* $q\lambda$. Considera de 0 a 1 las reglas de predicción, para el umbral de salida raw a un nivel p . Cada umbral de datos raw p es transformado dentro de un porcentaje de omisión $c(p)$, predicho por $q\lambda$ (Phillips & Dudík, 2008b) Ecuación (2.8).

$$c(p) = 100 \sum_{x:q\lambda(x) \leq p} q\lambda(x) \tag{Ec. (2.8)}$$

donde

$c(p)$ = porcentaje de omisión

3.4. Procesamiento de bases de datos.

En esta etapa de la metodología se describe los tratamientos realizados a las bases de datos de: Mortalidad, Morbilidad, Población, determinantes ambientales, y las determinantes socioeconómicas, para generar modelos de distribución potencial, utilizando el SIG TerrSet (Eastman, 2015).

3.4.1. Procesamiento de datos de morbilidad y mortalidad

Una vez descargadas las bases de datos de morbilidad y mortalidad, se ubicaron las enfermedades de acuerdo con la Clasificación Internacional de Enfermedades de la Organización Mundial de la Salud en su décima revisión, (CIE-10), para el caso de las EDAs, comprenden de la A00 hasta la A09.

Se utilizó el producto Access de Microsoft (versión 2016) para estructurar y depurar los datos. Se generó una *Clave_Loc*, compuesta de 9 dígitos, multiplicándose el Campo *Entidad* por 1,000, más el Campo *Municipio*. El resultado de la suma de estos dos campos se multiplica por 10,000, se le suma el Campo *Localidad*, y se obtiene de esta forma la *Clave_Loc*.

Se procesó la información de las bases de datos de mortalidad y morbilidad para el periodo 2000-2015, buscando caracterizar el comportamiento por años, y de cada clave de enfermedad por años, y así determinar las claves de enfermedades de mayor peso para nuestro trabajo de investigación.

Para el cálculo de las Tasas de Incidencia Acumulada, Tasas de Mortalidad y Letalidad, se generó un archivo en Access para cada año del periodo 2000-2015, y se importaron las tablas de las enfermedades de mayor peso (A02_ A04_A06). Además de la tabla de datos de población del año 2000 para ser ocupada en el periodo 2000-2004; la tabla de datos de población del año 2005 para ser ocupada en el periodo 2000-2009 y la tabla de datos de población del año 2010 para ser ocupada en el periodo 2010-2015.

Se creó una consulta para las tablas de Egresos y Defunciones, ocupando los campos que llevan la información de interés. Para la ubicación espacial se seleccionaron los campos *Ent_Ocur* (Entidad de ocurrencia), *Mun_Ocur* (Municipio de ocurrencia), y *Loc_Ocur* (Localidad de ocurrencia). Para causa de la enfermedad se seleccionaron los campos *Afecprin*

o *Causa_Def*, y se generó una *Clave_Loc*. En el campo *Afecprin* o *Causa_Def*, se ocupó los criterios de enfermedades (ej. A020; A029...). Se ejecutó, guardó la consulta y se creó una tabla. Una vez creado el campo con la referencia espacial y la causa de defunción, se realizó el conteo de casos por localidad.

Posteriormente se vinculó la tabla de población por localidad, y con estos elementos se calculó la incidencia acumulada por localidad, la cual se llevó a cabo mediante un generador de expresiones (campo *CuentaDeClaveloc* / campo *SumaDePobtot*), multiplicado por el factor de 100,000 hab. Se utilizó la misma expresión, pero aplicado a las defunciones, y se calculó la tasa de mortalidad.

Para calcular la Letalidad, se vinculó la tabla de tasa de mortalidad y la tabla de tasas de incidencia acumulada, mediante un generador de expresiones (campo *CuentaDeClvMnc_Mort* /campo *CuentaDeClvMnc_TIA*), multiplicado por el factor 100 considerando solo 2 decimales.

Esta metodología se aplicó para todas las EDAs, se analizó y se obtuvo las tasas de incidencia acumulada, tasas de mortalidad y la Letalidad, así como defunciones acumuladas durante el periodo 2000-2015, estandarizada por estados y grupo de edad.

Posteriormente se generó un archivo Access para cada enfermedad seleccionada, y se importó al SIG TerrSet las tablas de tasas de mortalidad por años del periodo 2000-2015, para convertir de formato tabular a formato vectorial.

Se integraron 3 periodos: Periodo 2000-2004: anexando las tablas del año 2002; 2003 y 2004. Periodo de 2005-2009: anexando las tablas del año 2005; 2006; 2007; 2008 y 2009. Periodo de 2010-2015: anexando las tablas del año 2010; 2011; 2013; 2014 y 2015. Se realizó un proceso de depuración de la información por periodo, de las localidades que repiten casos, y poblaciones menores de 500 habitantes, ya que éstas aumentaban significativamente los resultados de los indicadores de frecuencia, al presentar poblaciones de bajo número de habitantes.

Eliminación del efecto de correlación espacial

Se aplicó un Buffer de 20 km a los datos, utilizando el paquete spThin en el software R. (Robert P. AndersonM., 2015), se realizó con el propósito de eliminar la correlación espacial

de los puntos, evitando no subestimar el modelo resultante debido a una densidad mayor en ciertas zonas.

3.4.2. Procesamiento de datos de determinantes ambientales

Se descargaron las imágenes Daymet en formato (.tif), de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, y posteriormente se importaron al módulo GDAL, del SIG TerrSet, para convertirlas a formato (.rst) (Figura 3-3).

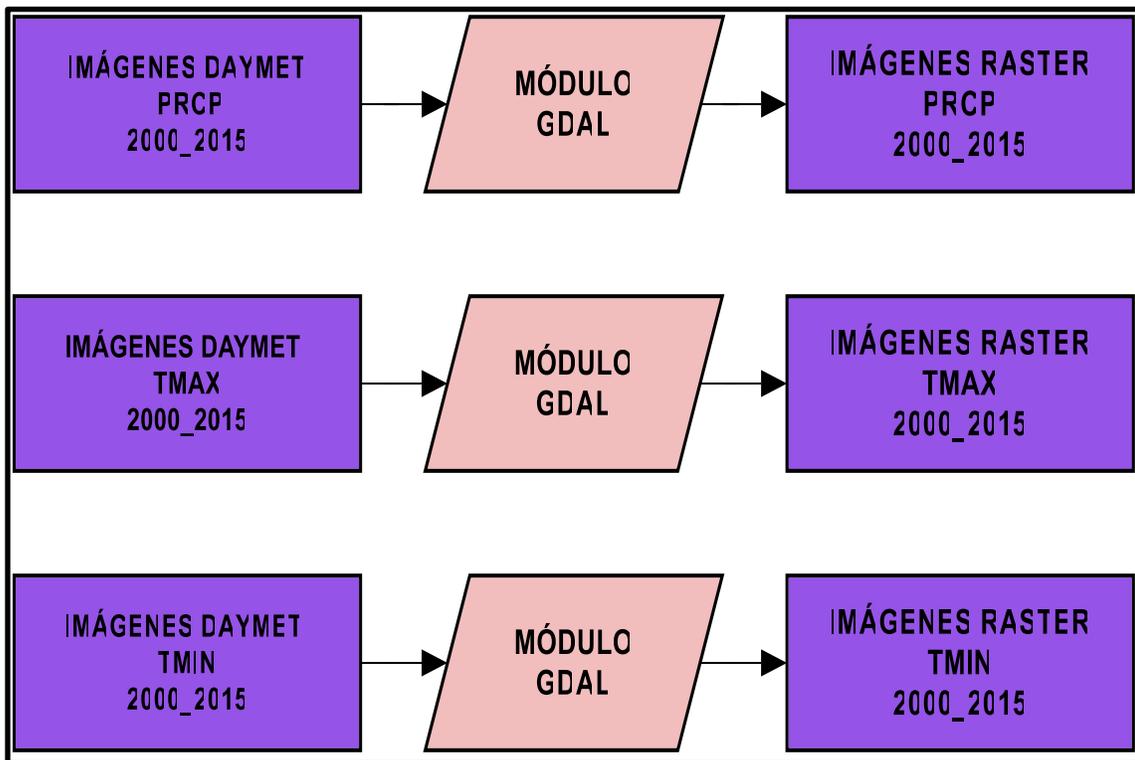


Figura 3-3. Esquema para convertir a raster a través del Módulo de Conversión GDAL del TerrSet.

Con todos los datos en formato raster, se conformaron *grupos raster* por variables: precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, para los periodos 2000-2004; 2005-2009 y 2010-2015. Se activó el Macro Modeler, para obtener el promedio mensual para los periodos antes mencionados. Se sumó con la opción *add* todos los meses de un periodo, y con la opción *scalar* se dividió entre el número de meses (5), y se obtiene los promedios mensuales de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, para cada periodo. Se conformaron grupos raster [Prp], [Tmax] y [Tmin] para los periodos 2000-2004; 2005-

2009 y 2010-2015. Por último se cambió el sistema referencial de Daymet a coordenadas geográficas (Figura 3-4 a 3-5).

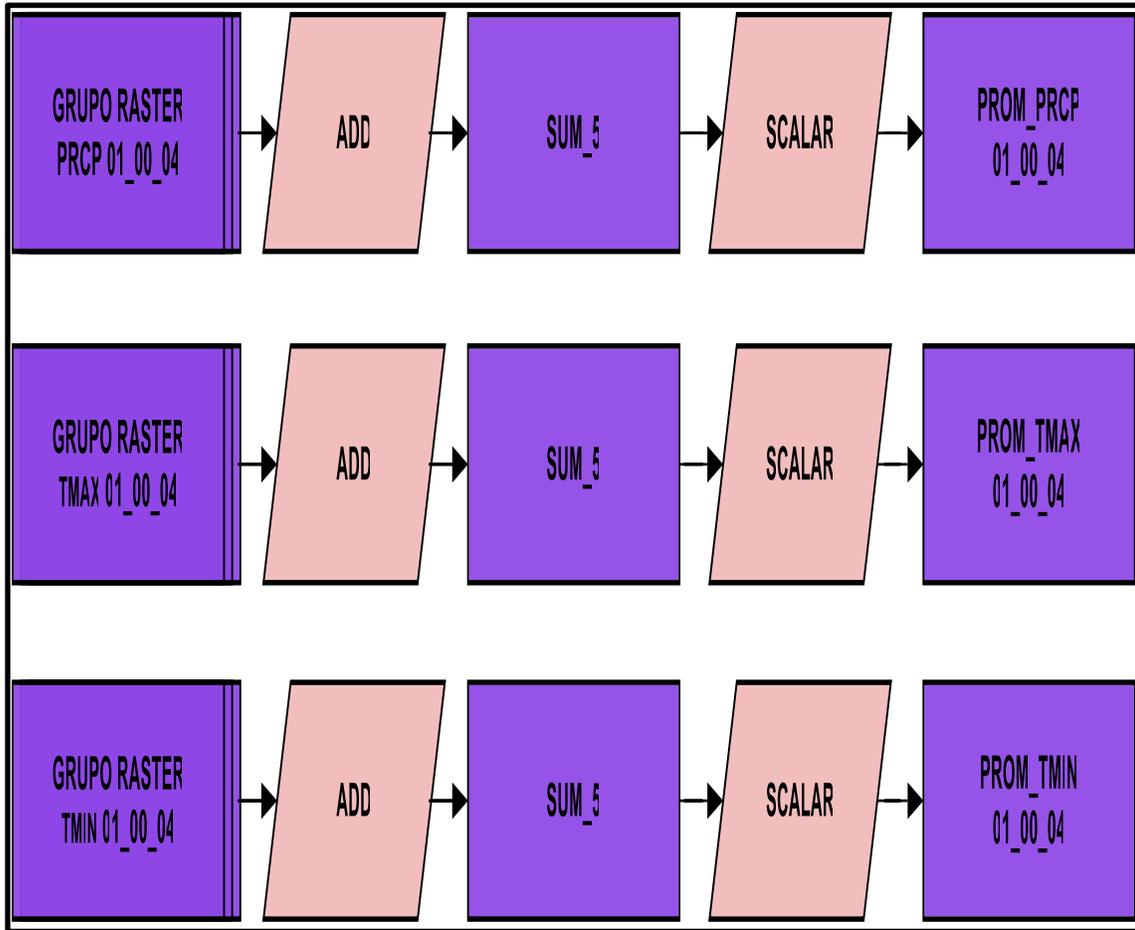


Figura 3-4. Esquema para obtener promedios mensuales de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima por periodos.

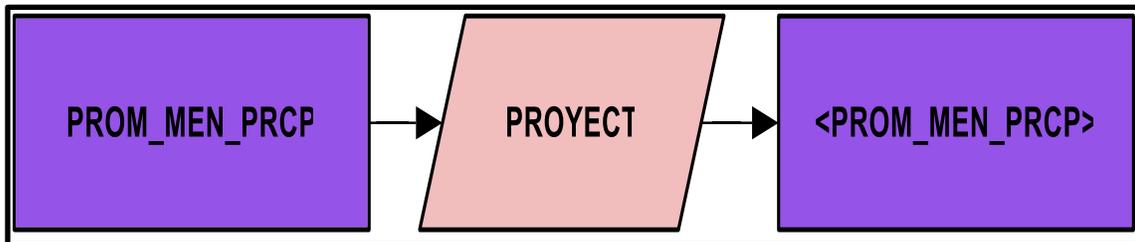


Figura 3-5. Esquema de macro modeler para cambiar Sistema Referencial.

Se utilizó el módulo Climate Change Adaptation Modeler (CCAM), *Impact Analysis, Bioclimatic Variables*, esta es una herramienta dentro del TerrSet (Eastman, 2015). Los datos

de entrada son precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, para los periodos 2000-2004; 2005-2009 y 2010-2015 (Figura 3-6).

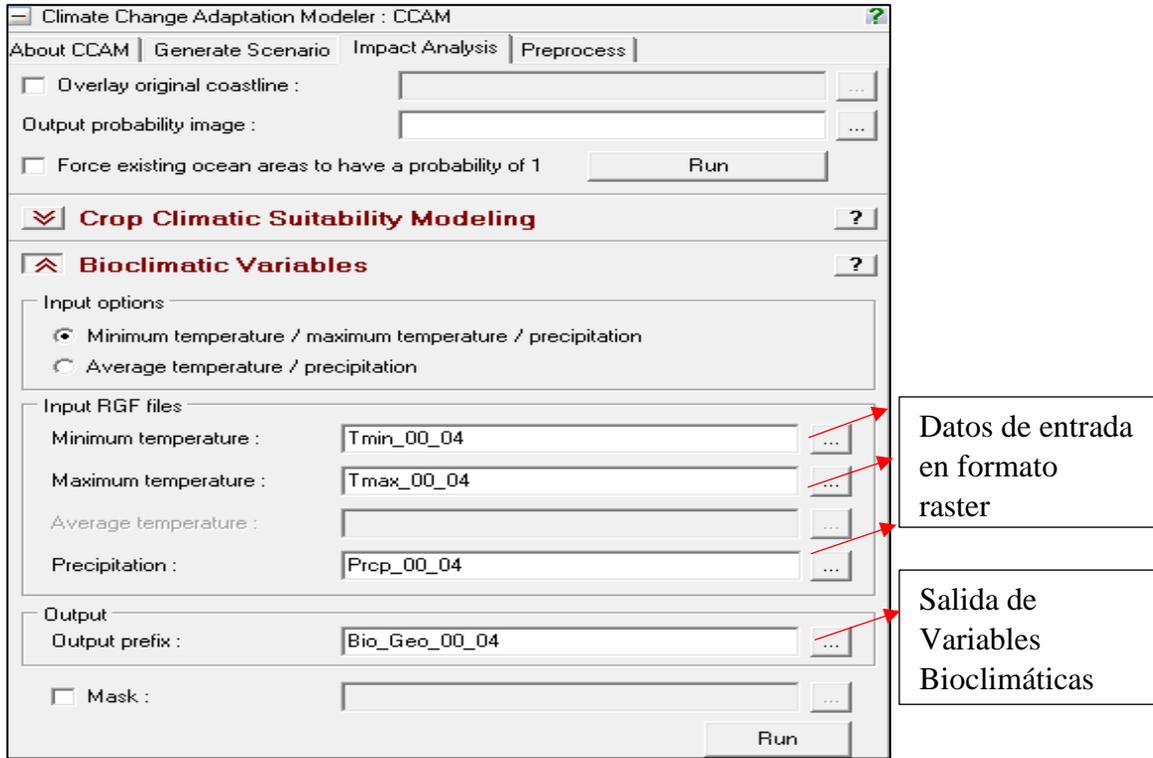


Figura 3-6. Módulo (CCAM) para generar Variables Bioclimáticas.

El resultado del módulo son 19 variables bioclimáticas para los periodos 2000-2004; 2005-2009 y 2010-2015, generadas a partir de los datos de entrada en formato (.rst), de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima.

Las variables bioclimáticas capturan información sobre las condiciones anuales (temperatura media anual, precipitación anual, rango anual de temperatura y precipitación), así como las condiciones climáticas medias estacionales y la estacionalidad dentro del año (temperatura de los meses más fríos, y cálidos, precipitación de los trimestres más húmedos y secos) (O'Donnell & Ignizio, 2012). (Tabla 3.5).

Tabla 3-5. Relación de Variables Bioclimáticas.

| Variables Bioclimáticas | Descripción |
|--------------------------------|---|
| BIO1 | Temperatura media anual |
| BIO2 | Intervalos diurno medio: (Promedio de la temperatura mensual (temperatura máxima-temperatura mínima)) |
| BIO3 | Isotermalidad: (BIO2/BIO7) *100 |
| BIO4 | Temporada de temperatura (Desviación estándar*100) |
| 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 total |
| BIO13 | Precipitación del mes más húmedo |
| BIO14 | Precipitación del mes más seco |
| BIO15 | Temporada de precipitación: (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 |

De las relaciones que se establecen entre las variables bioclimáticas y la distribución de especies, se desprenden informaciones importantes para los tomadores de decisiones, de los efectos del clima sobre las especies (O'Donnell & Ignizio, 2012).

De acuerdo con Peterson & Soberón (2012a), se recomienda no modelar con muchas variables, ya que pueden sobre estimar el modelo, al incrementar el área geográfica y predecir menos puntos.

Otro aspecto para tener en cuenta es la correlación entre variables. Se generó una matriz de correlación y las variables que presentaran una alta correlación ($r > 0.8$) fueron eliminadas,

bajo la consideración de que si dos variables presentaron una alta correlación, se eliminó la de menor contribución al modelo (Figura 3-7).

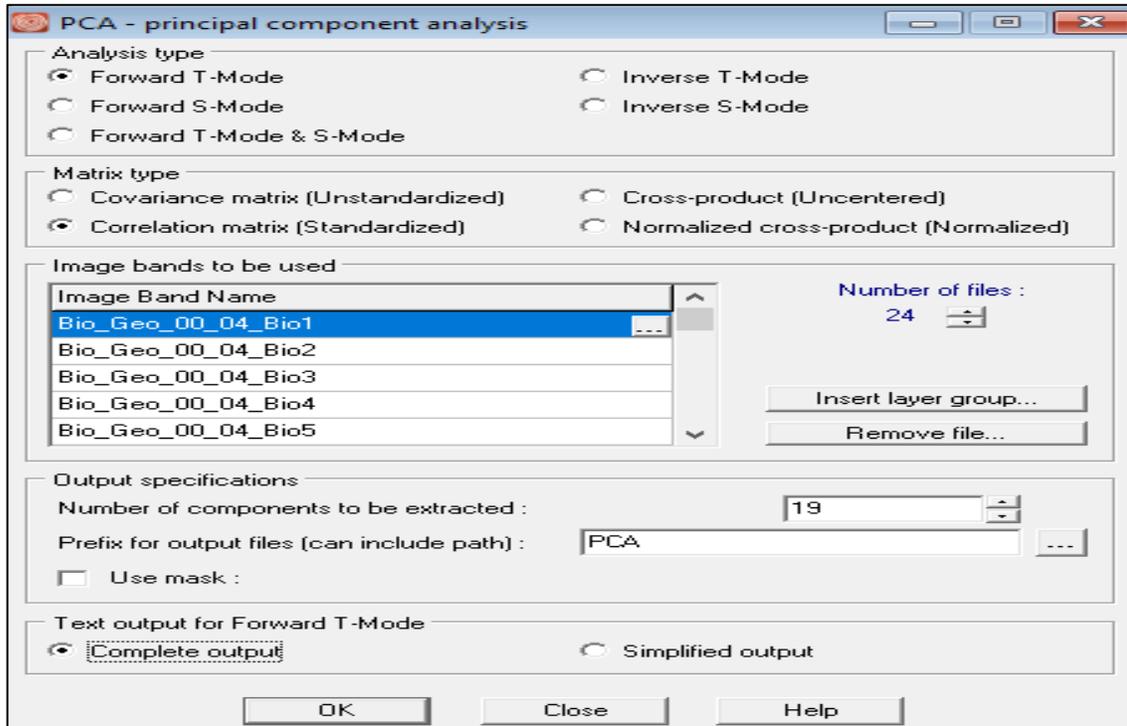


Figura 3-7. Módulo (PCA), aplicado a las variables bioclimáticas.

Como resultado se obtuvo las variables bioclimáticas (7) para generar el modelo, y fueron la Isotermalidad [Bio3], temporada de temperatura [Bio4], rango de temperatura anual [Bio7], temperatura media del trimestre más cálido [Bio10], temperatura media del trimestre más frío [Bio11], precipitación del mes más húmedo [Bio13], precipitación del mes más seco [Bio17].

3.4.3. Procesamiento de datos de determinantes socioeconómicas

Una vez descargadas las bases de datos socioeconómicas del sitio oficial de INEGI se espacializaron. Se ocupó el *Database Workshop*, y se convirtieron a ráster, debido a que los datos de entrada del *MaxEnt* son en formato ráster (*Create Idrisi Raster image/Background (0) /Reference Parametres/ Copy from existing file*).

Como resultado de las primeras modelaciones, se obtuvo las variables socioeconómicas no correlacionadas y de mayor contribución para evitar sobre estimar el modelo (Soberon & Peterson, 2005), (Townsend Peterson et al., 2007), (Peterson & Soberón, 2012b). Fueron

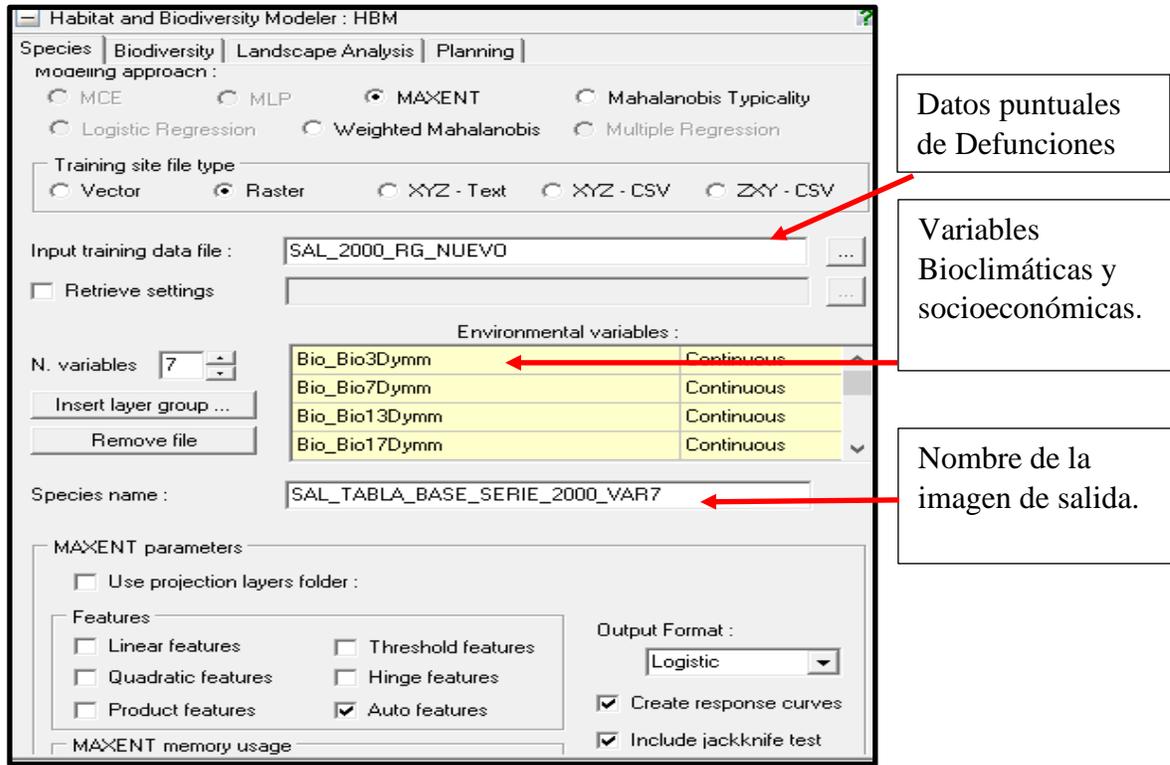


Figura 3-9. Módulo (HBM) para generar *MaxEnt*.

En la figura 3-10 se muestran los procesos que se siguieron para la obtención de las clases en el mapa de distribución potencial. En primer término, se presentan los insumos requeridos, que en este caso son los sitios de entrenamientos, los cuales pasan por un proceso de conversión de ráster a vector.

Posterior a ello se exporta a *Shapefile* el vector que ha sido generado, y así poder importarlo al Arcgis. Sobre la capa importada vamos a: *properties / layer properties / symbology / Quantiles / Graduated colors / classes / Break values*, y clasificamos las clases (4), asumiendo el primer valor del resultado del 10 percentil. Finalmente se toma los valores para cada clase y se reclasifica la imagen de distribución potencial en TerrSet por los valores resultantes del *Natural Break (NB)*.

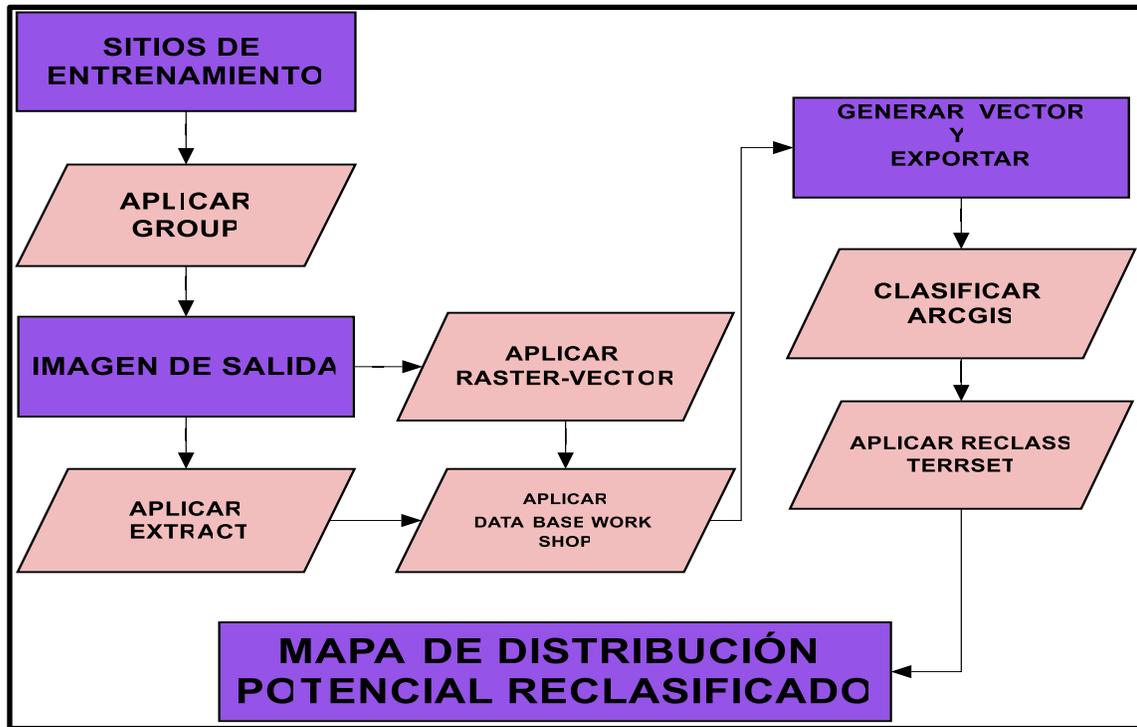


Figura 3-10. Esquema metodológico para establecer las clases en el mapa de distribución potencial

Capítulo 4 Resultados y discusión

4.1. Resultados del procesamiento de las bases de datos de Egresos y Defunciones

Para el desarrollo de la investigación se analizó el comportamiento de todas las EDAs del grupo A [A00 a A09x], (Anexo 4-1 a 4-2), y se seleccionaron las EDAs de interés para nuestro trabajo. Se aprecia un número alto de casos confirmados para la causa A09 (387,639), pero sus causas no son específicas. Mientras tanto el número de defunciones de origen bacteriano (4,794), está representado por la *E. coli* [A04] (2,180) y la *Salmonella spp.* [A02] (1,145) y ambas muestran el 69.3% del total de defunciones de esta causa. Dentro de las EDAs de origen protozoario, la *E. histolytica* [A06] (1,655) muestra el 99% del total para esta causa. (Tabla 4-1 a 4-2).

Tabla 4-1. Casos confirmados, egresos hospitalarios y defunciones de las EDAs [A00-A09x]

| Causa | Descripción | Casos confirmados | Egresos hospitalarios | Defunciones |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| Bacterias | | | | |
| A00 | Cólera | 372 | 372 | 0 |
| A01 | Fiebre Tifoidea y Paratifoidea | 9,972 | 9,014 | 958 |
| A02 | Salmonelosis | 19,440 | 18,295 | 1,145 |
| A03 | Shigelosis | 741 | 595 | 146 |
| A04 | <i>Escherichia coli</i> | 6,319 | 4,139 | 2,180 |
| A05 | Intoxicación bacteriana | 10,312 | 9,947 | 365 |
| Protozoo | | | | |
| A06 | Amebiasis | 21,582 | 19,937 | 1,645 |
| A07 | Protozoarios | 1,204 | 1,194 | 10 |
| Virus | | | | |
| A08 | Enteritis Viral | 19,430 | 18,967 | 463 |
| No específicas | | | | |
| A09 | Gastroenteritis no específica | 387,639 | 337,271 | 50,368 |
| Total | | 477,011 | 419,731 | 57,280 |

Tabla 4-2. Casos confirmados de las EDAs A02; A04; A06, periodo 2000-2014

| Causa | Nombre | Casos confirmados | Defunciones |
|--------------|------------------------------|-------------------|-------------|
| A02 | <i>Salmonella spp</i> | 19,440 | 1, 145 |
| A04 | <i>Escherichia coli</i> | 6,319 | 2, 180 |
| A06 | <i>Entamoeba histolytica</i> | 21,582 | 1, 645 |
| Total | | 47,341 | 4, 970 |

Durante el periodo 2000-2014, el acumulado de casos confirmados para las tres causas fue de 47,341, distribuido por: *Salmonella spp.* (19,440), *E. coli* (6,319) y *E. histolytica* (21,582). Las entidades federativas con mayor carga de casos confirmados son: Chiapas (6,759), Veracruz (4,108) y Puebla (3,030) (Figura 4-1 a 4-2).

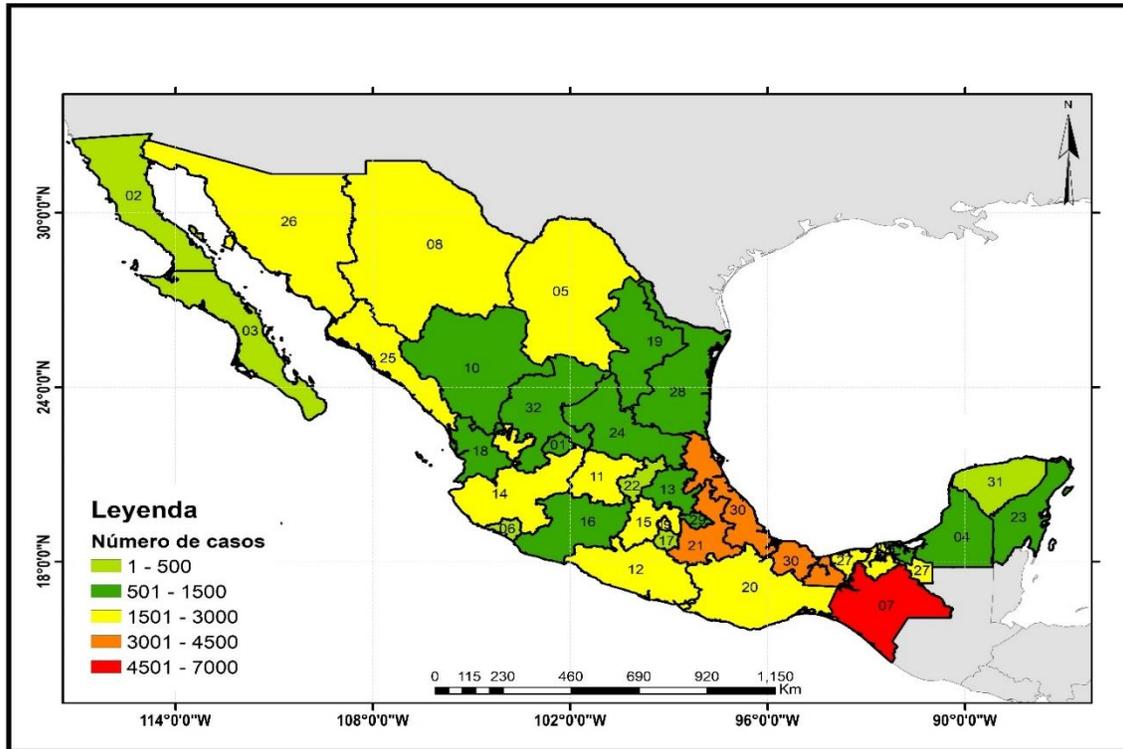


Figura 4-1. Mapa de casos confirmados por A02_A04_A06, por entidad federativa, del periodo 2000-2014.

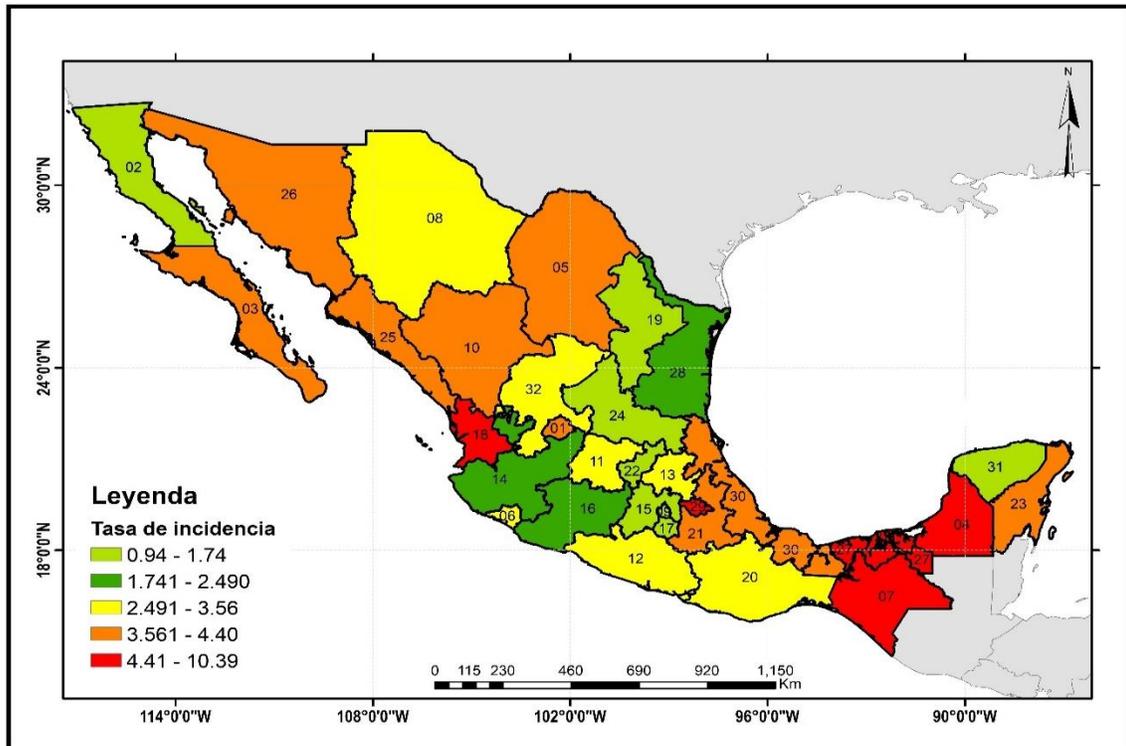


Figura 4-3. Mapa de comportamiento nacional de la tasa de incidencia acumulada por 100, 000 hab para A02_A04_A06 por Entidad Federativa.

En la figura 4-4, se aprecia el comportamiento temporal para la *Salmonella spp.*, *E. coli* y *E. histolytica*, a nivel nacional del periodo 2000-2014. En el periodo 2000-2008 se presentaron valores altos comprendidos entre 3.12 y 3.34 por 100,000 habitantes y valor absoluto de 3.41 por 100,000 habitantes en el año 2002. Continúa con un decremento en el periodo 2009-2011, con tasas de 2.86; 2.36 y 2.34 por 100,000 habitantes respectivamente. Luego se observa un incremento en los años 2012; 2013 y 2014 con tasas por 100,000 habitantes de 2.59; 2.80 y 2.93 respectivamente, mostrando una tendencia creciente en el número de personas contagiadas.

Se muestran las entidades federativas con mayor número de defunciones, durante el periodo 2000-2015, para la *Salmonella spp.*, *E. coli* y *E. histolytica*. Destacan, Estado de México (576), Chiapas (540), Ciudad de México (461), Veracruz (399), Oaxaca (388), Puebla (376) (Figura 4-6 a 4-7).

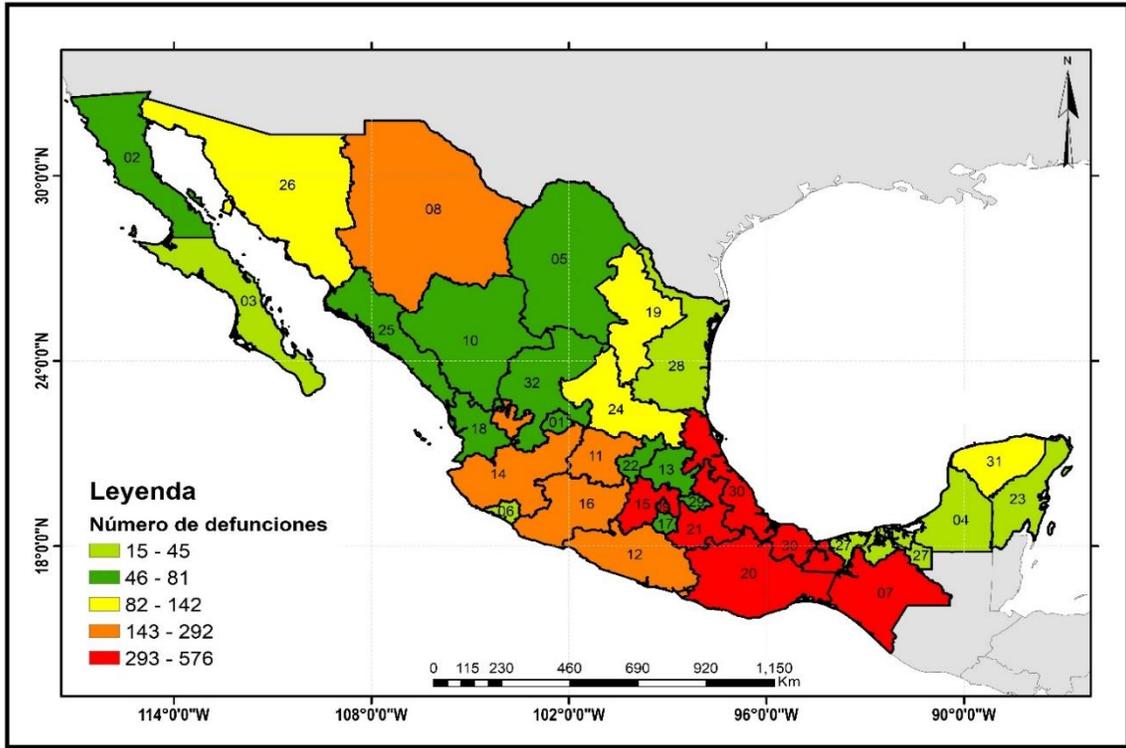


Figura 4-6. Mapa de defunciones confirmadas por A02_A04_A06, por entidad federativa, del periodo 2000-2015.

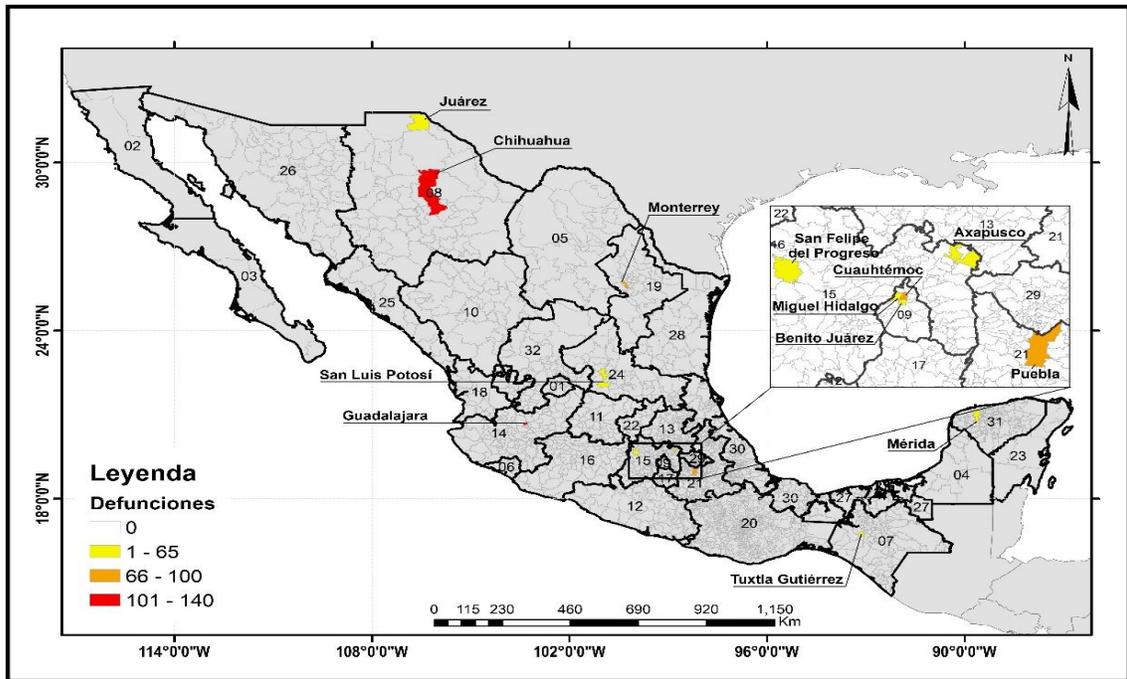


Figura 4-9. Mapa de municipios con más defunciones por A02_A04_A06, periodo 2000-2015.

Los datos del número de defunciones por causa fueron procesados, para determinar su comportamiento. La Salmonelosis (1,190), representa el 22.3 % del total de defunciones (5,318). El año de mayor número de muertes fue el 2000 (134), y el año de menor número de muertes fue el 2015 (45). Estos datos indican tendencia a disminuir con algunas oscilaciones (Figura 4-10).

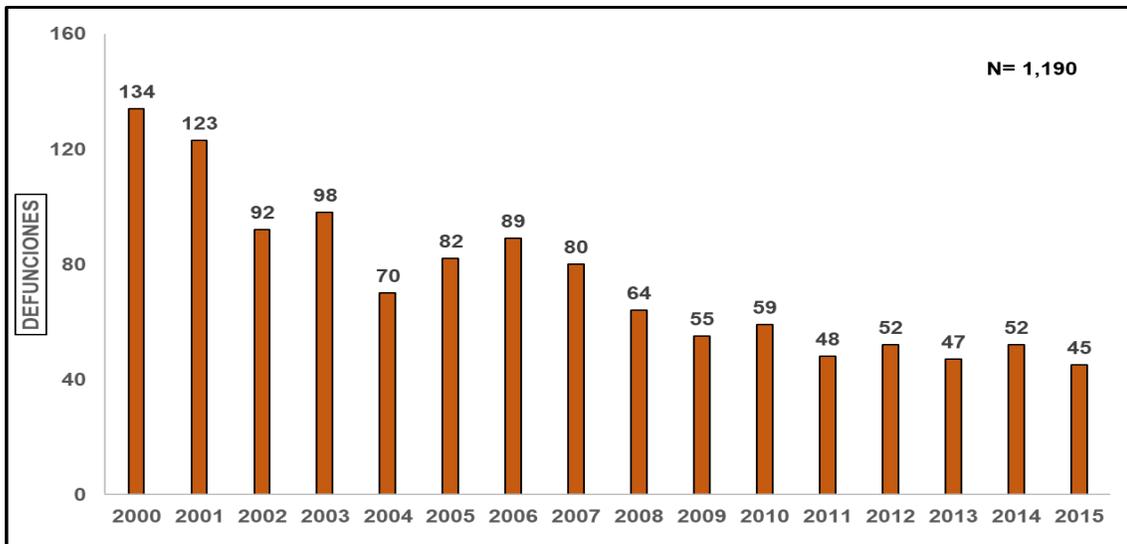


Figura 4-10. Gráfica de defunciones confirmadas por A02, en la República mexicana, del 2000 al 2015.

Se aprecia un decremento en el comportamiento de las causas A02 (*Salmonella spp.*), y A06 (*E. histolytica*), durante el periodo 2000-2015. Estos resultados, bajo condiciones de estudio similares, nos indican la eficacia de las medidas tomadas por las autoridades de salud en México, al lograr controlar, y disminuir el número de defunciones por EDAs. La causa A04 (*E. coli*), muestra un incremento, estando influenciado por la presencia de serotipos (ECTS), que pueden provocar cuadros gastrointestinales graves, en poblaciones y grupos de edad de riesgo.

Con el objetivo de definir el comportamiento de la mortalidad en las poblaciones, se calculó la tasa de mortalidad por 100,000 habitantes para el periodo 2000-2015 (figura 4.-13). Los resultados muestran una tasa nacional de 0.32 por 100,000 habitantes, con valores que van desde 0.09 hasta 0.77. Los estados de Chiapas (0.77); Oaxaca (0.67) y Chihuahua (0.51), son las que destacan con mayor tasa de mortalidad. Las entidades federativas de Hidalgo (0.15); Tabasco (0.11) y Tamaulipas (0.09), son las que exhiben menor tasa de mortalidad.

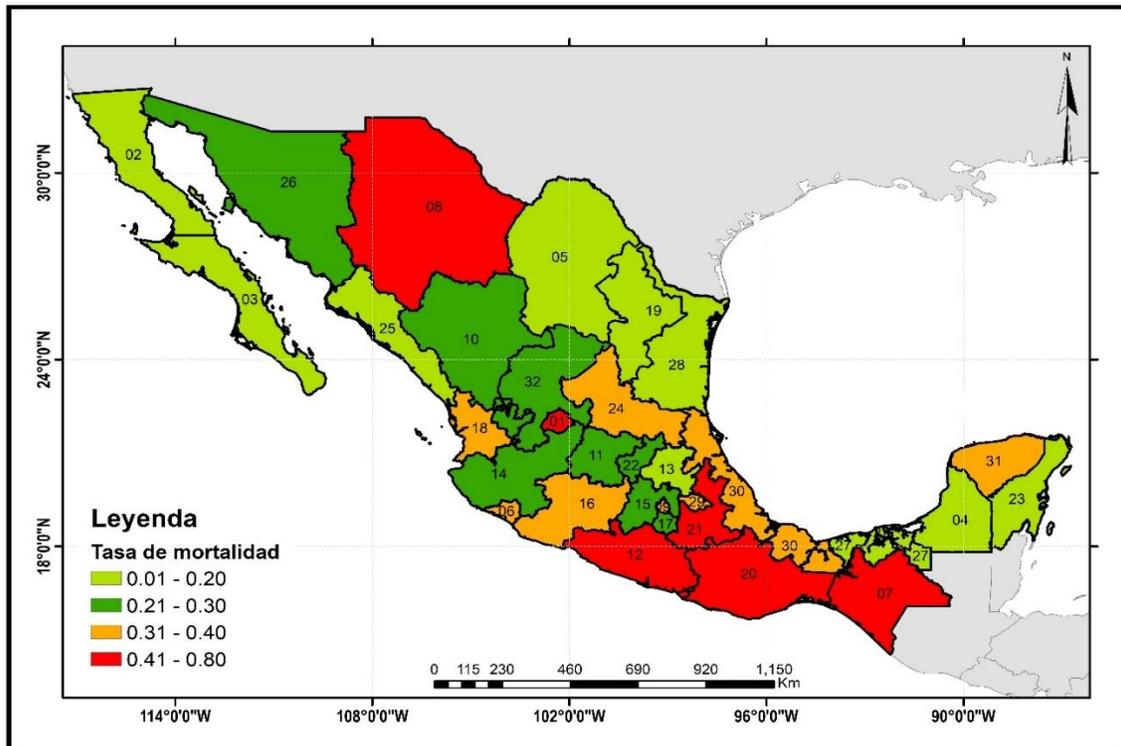


Figura 4-13. Mapa de tasa de mortalidad por 100,000 hab, para A02_A04_A06 por entidad federativa, del 2000 al 2015.

En las figuras 4-14 a 4-15, se muestra el comportamiento espacial de la tasa de mortalidad por entidades federativas y el comportamiento temporal por 100,000 habitantes para el periodo 2000-2015. En el análisis espacial destacan las entidades federativas de Chiapas (0.77); Oaxaca (0.67) y Chihuahua (0.51), como los estados de mayor tasa de mortalidad, estos resultados se aproximan a los mostrados por la SSA (2010). El comportamiento temporal señala que el año 2000 (0.47) exhibe la mayor tasa de mortalidad, y el año 2006 (0.24) la menor tasa de mortalidad. Hubo una tendencia a la disminución en el periodo 2000-2006, para luego mantener un comportamiento estable cercano a la media nacional de 0.32.

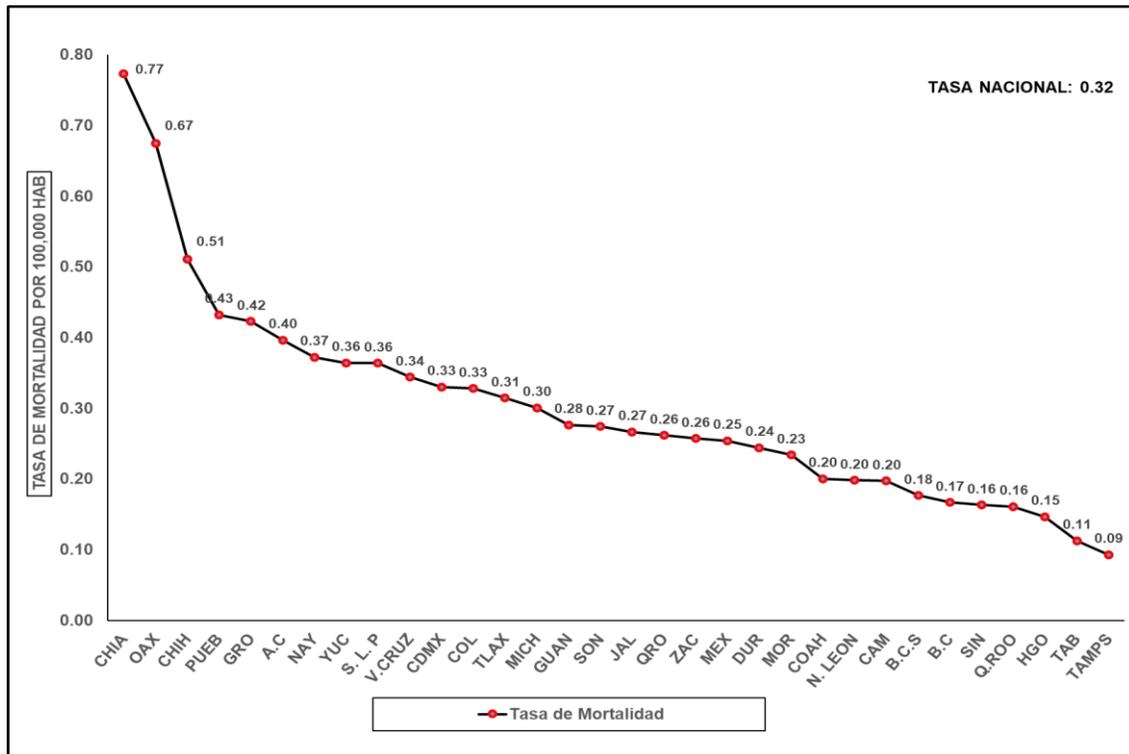


Figura 4-14. Gráfica de comportamiento espacial de la tasa de mortalidad, por 100,000 hab, para A02_A04_A06 por entidad federativa, del 2000 al 2015.

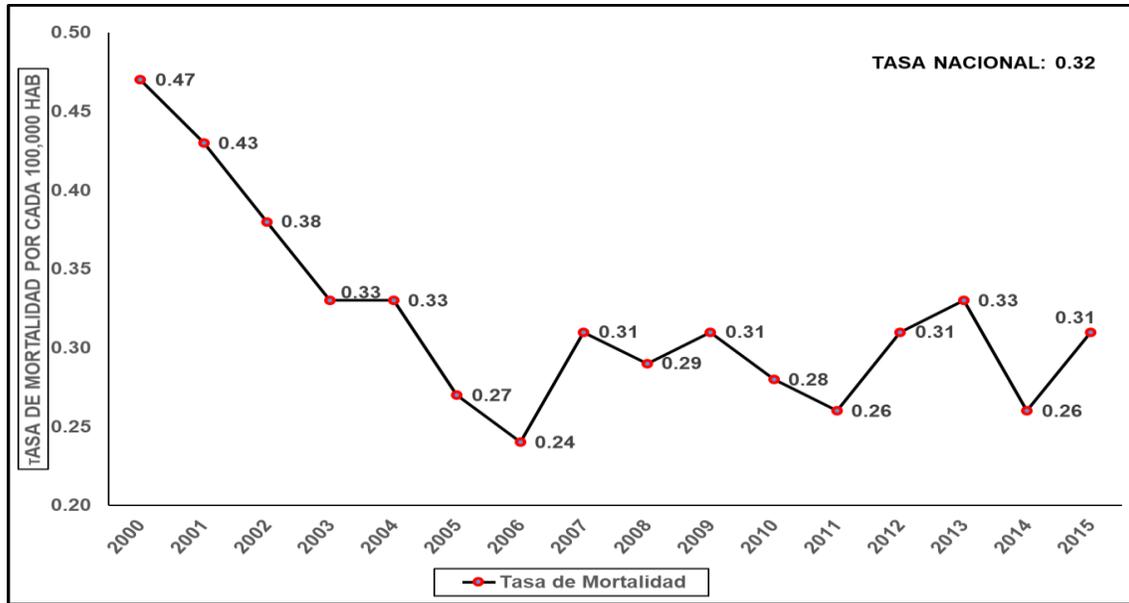


Figura 4-15. Gráfica de comportamiento temporal de la tasa de mortalidad, por 100,000 hab, para A02_A04_A06, periodo del 2000 al 2015.

Con la finalidad de determinar la importancia de las enfermedades en términos de su capacidad para producir la muerte, se calculó la tasa de letalidad nacional por entidad federativa, del 2000 al 2014. Cabe destacar que la tasa de letalidad nacional es de 10.5%, con valores que van desde 1.94% hasta 23.09% (Figura 4-16).

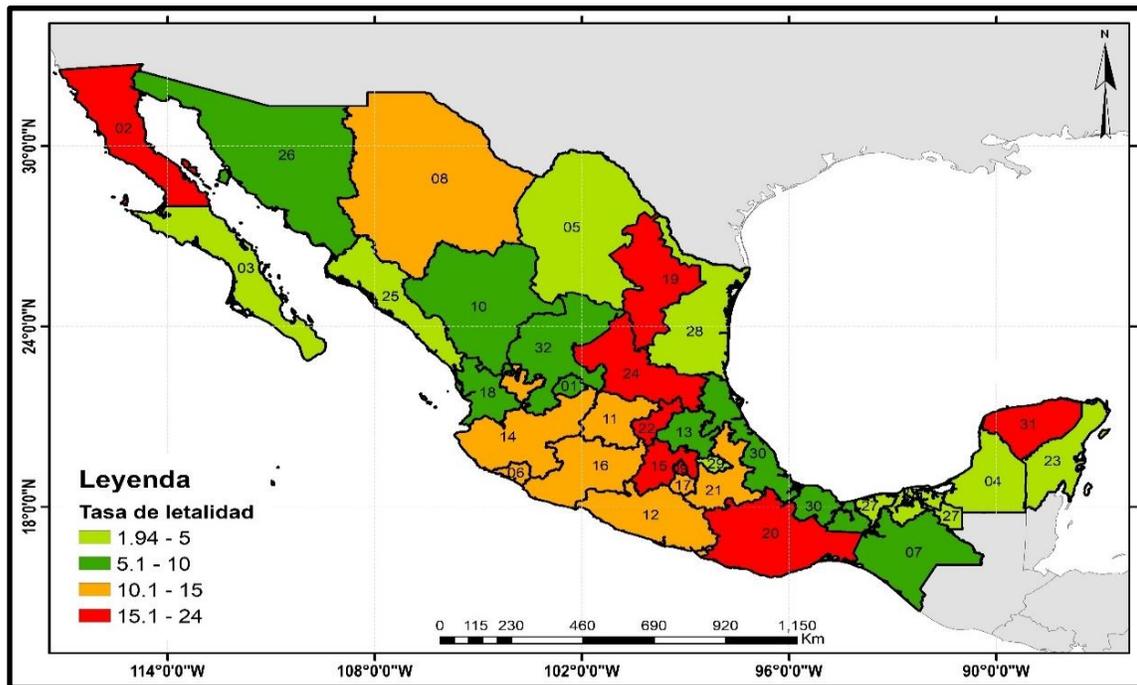


Figura 4-16. Mapa de tasa de letalidad, por A02_A04_A06, por entidad federativa.

En las figuras 4-17 a 4-18, se muestra el comportamiento espacial de la tasa de letalidad por entidades federativas y el comportamiento temporal por 100 habitantes para el periodo 2000-2014. Los estados de San Luis Potosí (23.09%); Yucatán (22.80%) y Estado de México (21.02%), muestran mayor porcentaje de letalidad., estos resultados se aproximan a los mostrados por la SSA (2010). El comportamiento temporal señala que el año 2000 (14.15%) exhibe la mayor tasa de letalidad y el año 2006 (7.42%) la menor tasa de letalidad, existiendo correspondencia con los valores de la tasa de mortalidad. Hubo una tendencia a la disminución en el periodo 2000-2006, para luego mantener un comportamiento en el periodo de 2007-2014 con una media de 10.6%, cercano a la media nacional de 10.5%.

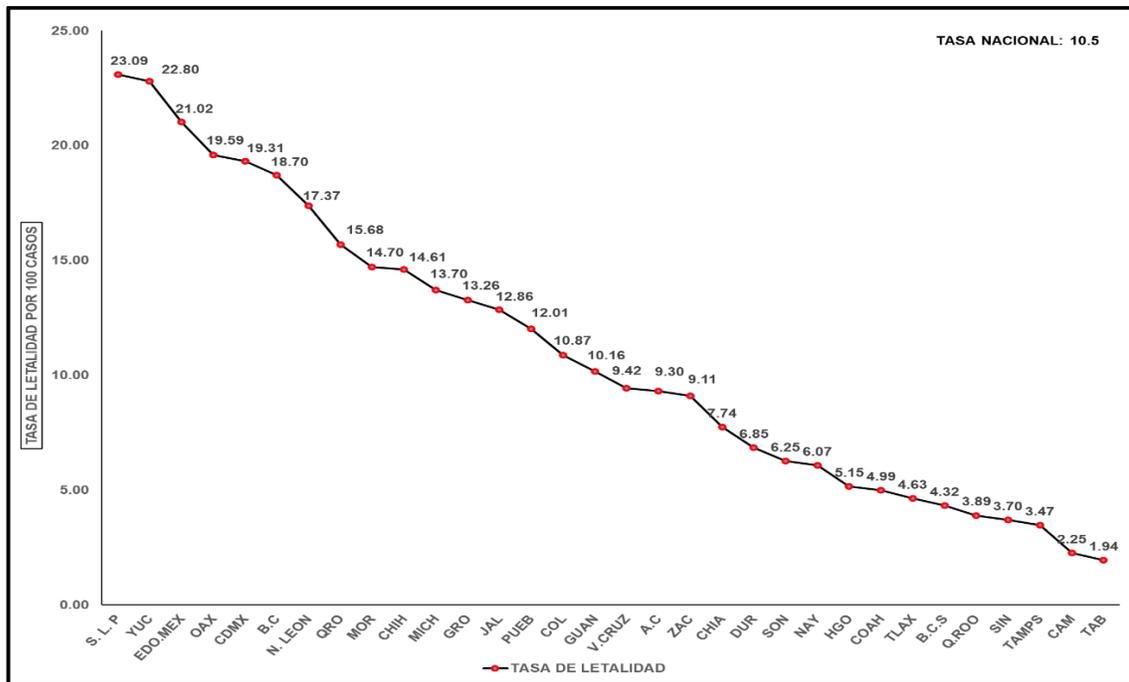


Figura 4-17. Gráfica de comportamiento espacial de la tasa de letalidad, por A02_A04_A06, del 2000 al 2014.

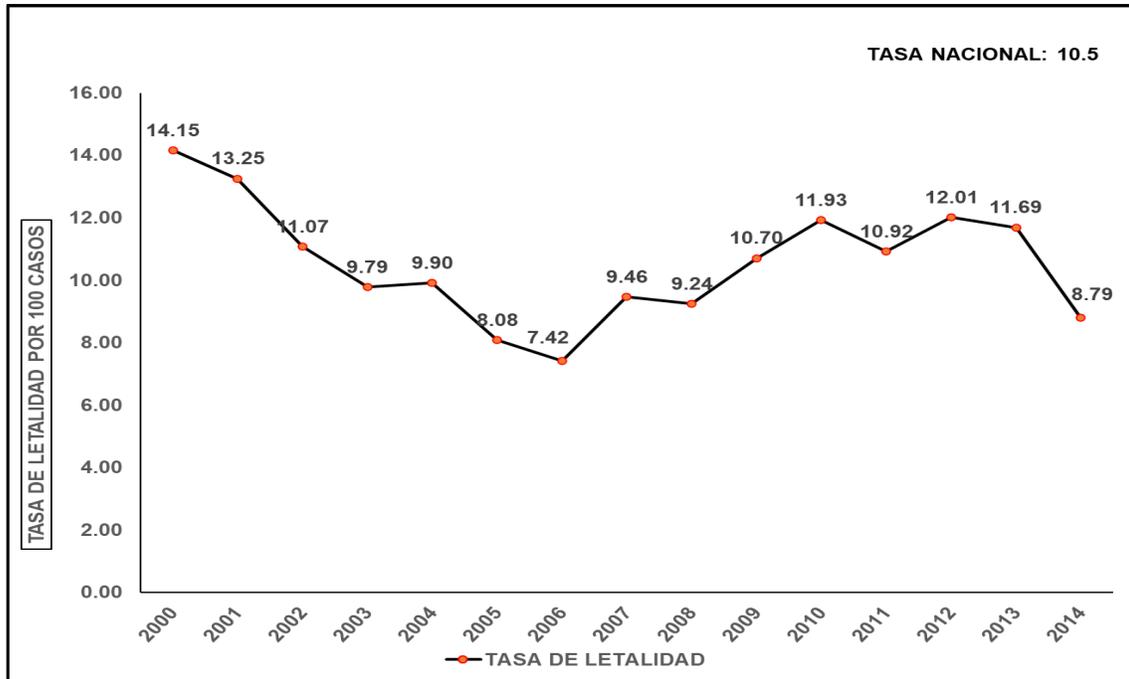


Figura 4-18. Gráfica de comportamiento temporal de la tasa de letalidad, por A02_A04_A06, del 2000 al 2014.

los resultados indican que el estado de Chiapas (67,859) muestra el mayor número de casos confirmados, y la tasa de incidencia acumulada más elevada (10,39 por cada 100,000 habitantes). El análisis de la carga de defunciones por entidad federativa revela a los estados de México (576) y Chiapas (540) con la mayor carga de defunciones. Cabe destacar que el estado de Chiapas (0.77 por cada 100,000 habitantes), tiene la tasa de mortalidad más alta. El análisis temporal refleja que es el año 2000 el de mayor tasa de mortalidad y letalidad, con una tendencia al decremento hasta el año 2006, para luego mantener valores cercanos a la media nacional de ambos indicadores.

La causa fundamental de las 5,318 muertes es la *E. coli*, la cual es responsable de 2,444 fallecimientos, incidiendo en los grupos de edad de menores de 1 año (608), y el grupo de edad de mayores de 65 años (1,145), constituyendo estos grupos de edad los de más alto riesgo en la república mexicana.

4.2. Resultados del procesamiento de las determinantes ambientales

Se utilizó el SIG TerrSet, módulo *Habitat and Biodiversity Modeler* (HBM), / *Habitat Suitability/Species Distribution Modeling* (Eastman, 2015). Se identificaron 7 variables no correlacionadas, que se obtuvieron de la matriz de correlación. (Tabla 4-4).

Tabla 4-4. Variables Bioclimáticas empleadas en la modelación.

| Variables Bioclimáticas | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Bio3 | Isotermalidad: (BIO2/BIO7) *100 |
| Bio4 | Temporada de temperatura (Desviación estándar*100) |
| Bio7 | Rango de temperatura anual: (BIO5-BIO6) |
| Bio10 | Temperatura media del trimestre más cálido |
| Bio11 | Temperatura media del trimestre más frío |
| Bio13 | Precipitación del mes más húmedo |
| Bio17 | Precipitación del trimestre más seco |

La tabla 4-5 muestra los porcentajes de contribuciones de las variables bioclimáticas al modelo de distribución para la *Salmonella spp.*, la *E. coli* y la *E. histolytica*. Esta contribución se generó con el modelo obtenido con MaxEnt. Se mostró que las variables bioclimáticas de temperatura son las que más determinan en la distribución potencial de todas las causas, y son la Isotermalidad [Bio3]; Temporada de temperatura [Bio4]; Rango de temperatura anual [Bio7]; Temperatura media del trimestre más cálido [Bio10]; Temperatura media del trimestre más frío [Bio11], con contribuciones entre 2.4% y 52.1%, coincidiendo estos resultados con estudios previos que refieren a la temperatura como el factor decisivo en el crecimiento de los microorganismos (Madigan et al., 2001).

Las variables bioclimáticas de precipitación son las que menos determinan en el modelo de distribución potencial de todas las causas, y son la Precipitación del mes más húmedo [Bio13] y Precipitación del trimestre más seco [Bio17] con contribuciones entre 5% y 9.4%. Cabe destacar que la *Salmonella spp.* y la *E. coli* se multiplican rápidamente a temperaturas entre 35°C-43°C y muestran resistencia a la sequía (Elika, 2013b). Comportamiento diferente muestra la *E. histolytica* al mostrar sensibilidad a la desecación, y multiplicarse rápidamente a temperaturas entre -4°C y 0°C (INSST, 2015). De acuerdo con estos resultados, en su

conjunto, las variables bioclimáticas con 66% contribuyeron significativamente al rendimiento del modelo.

La variable bioclimática más determinante para la *Salmonella spp.*, y la *E. coli*, fue Rango de temperatura anual [Bio7], con contribuciones entre 31.5% y 47.0%. Para la *E. histolytica* la variable bioclimática más determinante fue Temporada de temperatura [Bio4], con contribuciones entre 31.9% y 63.6%.

También se observó que cada causa tiene un comportamiento particular con relación a las variables bioclimáticas (Figura 4-19 a 4-21). Para la *Salmonella spp.*, la segunda variable en orden de importancia fue la Isotermalidad [Bio3] con 14%, seguida de Precipitación del mes más húmedo [Bio13] con 12%, y Precipitación del trimestre más seco [Bio17] con 6.8%. El periodo 2005-2009 con 69% es el de más contribución al modelo. Para la *E. coli* la segunda variable bioclimática en orden de importancia fue la Precipitación del mes más húmedo [Bio13] con 6.2%, seguida de Precipitación del trimestre más seco [Bio17] con 5% y la Isotermalidad [Bio3] con 2.4%. De igual manera para el periodo 2005-2009 con 64.9% es el de más contribución al modelo. Para la *E. histolytica* la segunda variable bioclimática en orden de importancia fue la Precipitación del trimestre más seco [Bio17] con 9.4%, seguida de Rango de temperatura anual [Bio7] con 8.9% y Precipitación del mes más húmedo [Bio13] con 5.5%. De igual manera el periodo 2005-2009 con 83.3% es el de más contribución al modelo.

Tabla 4-5. Contribución porcentual de las variables Bioclimáticas al modelo de distribución por causa.

| Causa | Periodo | Porcentaje de contribución | | | | % Total |
|-------|-----------|----------------------------|------|-------|-------|---------|
| | | Bio3 | Bio7 | Bio13 | Bio17 | |
| A02 | 2000-2004 | 6.7 | 43.2 | 5.7 | 2.7 | 58.3 |
| | 2005-2009 | 11.2 | 42.4 | 10.7 | 4.6 | 69.0 |
| | 2010-2015 | 10.2 | 38.1 | 8.5 | 4.1 | 60.9 |
| | 2000-2015 | 14 | 44.3 | 12 | 6.8 | 77.1 |
| A04 | 2000-2004 | 9.1 | 44.5 | 5.5 | 3.8 | 62.9 |
| | 2005-2009 | 3.6 | 47.0 | 9.9 | 4.4 | 64.9 |
| | 2010-2015 | 1.3 | 31.5 | 4.9 | 3.9 | 41.6 |
| | 2000-2015 | 2.4 | 42.4 | 6.2 | 5 | 56 |

Tabla 4-5. Continuación

| | Periodo | Bio4 | Bio7 | Bio10 | Bio11 | % Total |
|------------|-----------|------|------|-------|-------|---------|
| A06 | 2000-2004 | 33.2 | 11.0 | 5.6 | 9.3 | 59.1 |
| | 2005-2009 | 63.6 | 3.1 | 10.3 | 6.3 | 83.3 |
| | 2010-2015 | 31.9 | 0.5 | 8.9 | 10.2 | 75.9 |
| | 2000-2015 | 52.1 | 8.9 | 5.5 | 9.4 | 75.9 |

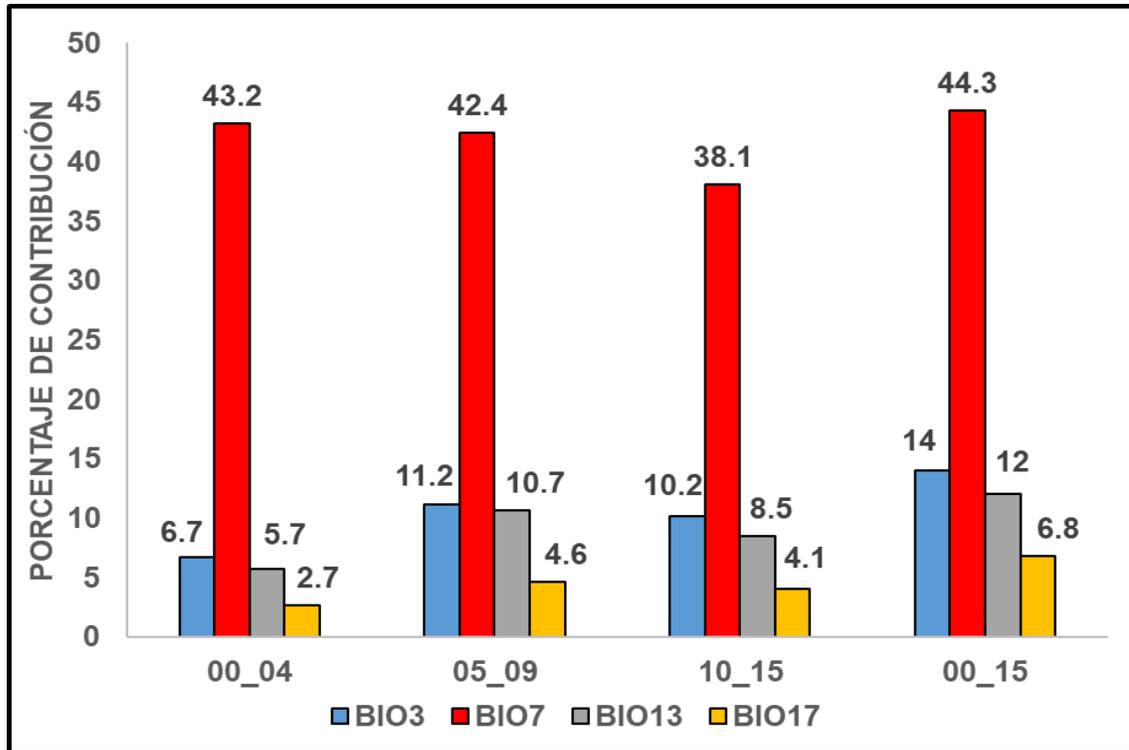


Figura 4-19. Gráfica de porcentaje de contribución de variables Bioclimáticas, para *Salmonella spp.*

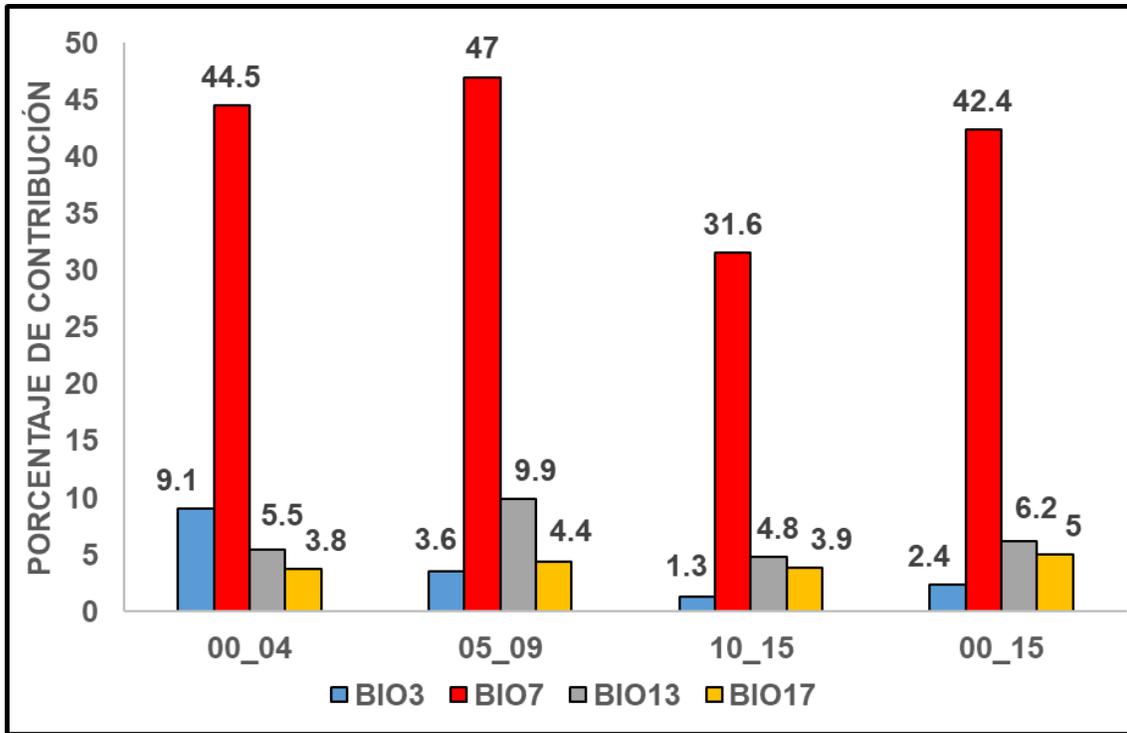


Figura 4-20. Gráfica de porcentaje de contribución de variables Bioclimáticas para *E. coli*

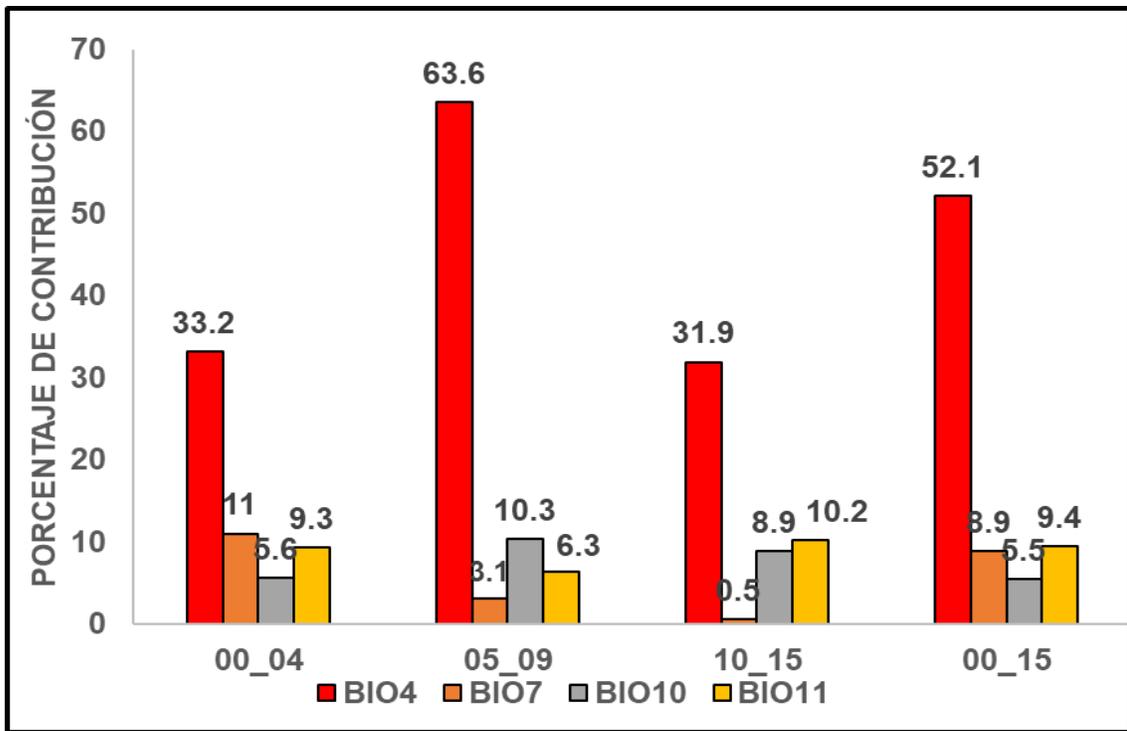


Figura 4-21. Gráfica de porcentaje de contribución de variables Bioclimáticas para la *E. histolytica*.

A continuación, se muestra el comportamiento promedio mensual de las variables ambientales, para los periodos 2000-2004; 2005-2009 y 2010-2015 (Figura 4-22 a 4-24). Se aprecia en la curva de temperatura máxima que los valores se distribuyen casi simétricamente alrededor del valor medio (32°) para el mes de junio. En el caso del periodo 2010-2015, muestra una curva bimodal, con picos en los meses de junio y agosto. Por su parte la temperatura mínima muestra un comportamiento similar, pero con un ligero desplazamiento hacia la derecha del valor medio (17°). La precipitación media, muestra una curva bimodal, con picos máximos en los meses de julio y septiembre, durante los periodos 2000-2004 y 2010-2015, no siendo así en el periodo 2005-2009, donde su comportamiento muestra un ligero desplazamiento hacia la derecha del valor medio (160 mm). Además se observó que los valores máximos de las medias mensuales de temperatura máxima y precipitación durante el periodo 2000-2015, en los meses (mayo-agosto), coinciden con la ocurrencia del evento del Niño (7) [2002 (2); 2004 (1); 2009 (1); 2015 (3)] y el paso de ciclones (96), por la costa del Pacífico (56), y por el Atlántico (40), influyendo con sus fuertes lluvias. Además, la Tasa de Incidencia Acumulada, mostró sus valores más altos durante el periodo 2000-2008, con su valor absoluto en el año 2002 (3.41 por cada 100,000 habitantes), encontrándose relación con los años de ocurrencia de El Niño (22), y del paso de ciclones (48).

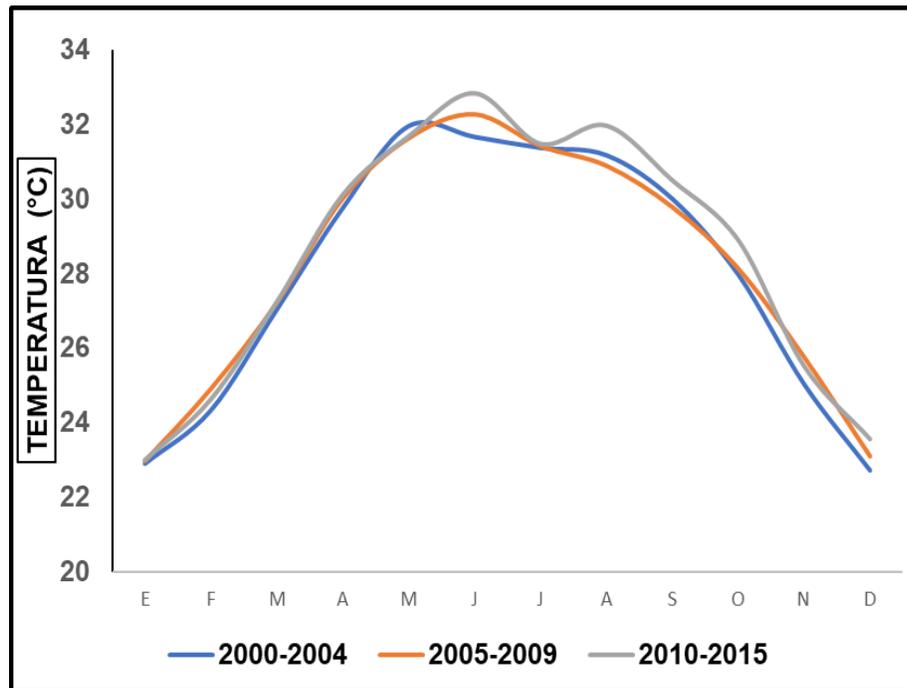


Figura 4-22. Gráfica de temperatura máxima media mensual.

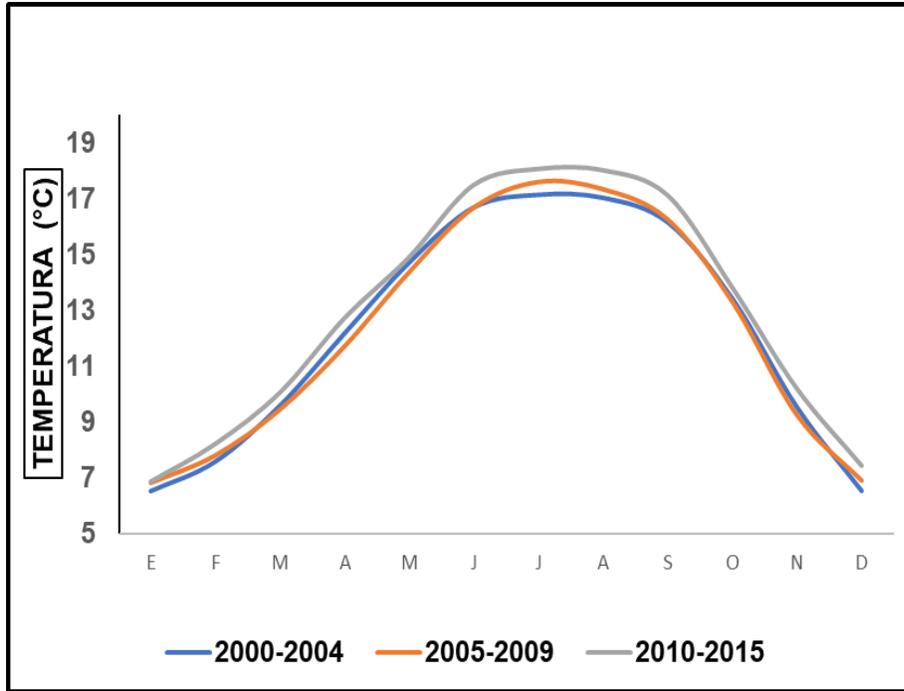


Figura 4-23. Gráfica de temperatura mínima media mensual.

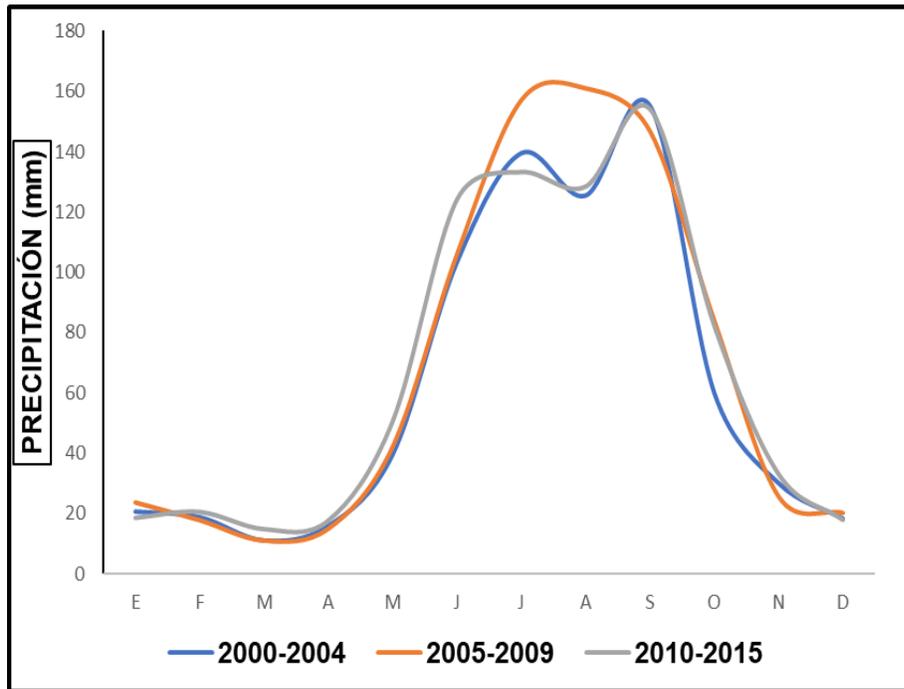


Figura 4-24. Gráfica de precipitación media mensual.

4.3. Resultados del procesamiento de las determinantes socioeconómicas

Población indígena.

Conforme al Censo de Población y Vivienda 2010, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) estima una población de 15.7 millones de indígenas en México, las cuales se hayan agrupadas en regiones indígenas, pero dispersas en toda la república (DOF, 2014) (Tabla 4-6).

Tabla 4-6. Regiones indígenas de la república mexicana.

| Estados | Región indígena | Municipios Total | Municipios indígenas |
|--------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| Campeche | Maya | 11 | 5 |
| Chiapas | Frontera sur, norte de Chiapas, selva Lacandona | 118 | 47 |
| Chihuahua | Tarahumara | 67 | 5 |
| Durango | Huicot o gran Nayar | 39 | 1 |
| Guerrero | Montaña de Guerrero | 81 | 24 |
| Hidalgo | Huasteca, Otomí, Sierra norte Puebla, Totonacapan | 84 | 22 |
| Jalisco | Huicot o gran Nayar | 125 | 2 |
| México | Mazahua-Otomí | 125 | 2 |
| Michoacán | Purépecha, Mazahua-Otomí | 113 | 7 |
| Nayarit | Huicot o gran Nayar | 20 | 2 |
| Oaxaca | Chimalapas, Chinantecas, Mazatecas, Mixteca | 570 | 294 |
| Puebla | Cuicatlán, Mazatecas, Tehuacán, Totonacapan, Sierra norte de Puebla | 217 | 58 |
| Querétaro | Otomí de Hidalgo-Querétaro, Mazahua-Otomí | 18 | 0 |
| Quintana R | Maya | 9 | 4 |
| San Luis. P | Huasteca | 58 | 14 |
| Sinaloa | Mayo-Yaqui | 18 | 0 |
| Sonora | Mayo-Yaqui | 72 | 0 |
| Tabasco | Chontal de Tabasco, Selva Lacandona | 17 | 0 |
| Veracruz | Cuicatlán, Mazatecas, Totonacapan, Huasteca, Tuxtlas, Populuc-Nahuatl, Chinanteca | 212 | 47 |
| Yucatán | Maya | 106 | 90 |

La población indígena supera el millón de habitantes en las entidades federativas de Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Puebla. Los mayores porcentajes de población indígena se localizan en los estados de Yucatán, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo y Campeche, superando la población indígena más del 20% del total de la población, y en el caso de Yucatán representa más de la mitad de la población del estado. Cabe destacar los estados situados al norte del país: Chihuahua, con una población indígena cercana a los 158,520, y el estado de Sonora con aproximadamente 130,440 habitantes. Si bien no representan altos porcentajes, hay que tenerlos muy en cuenta al presentar mayor rezago social (Figura 4-27 a 4-28).

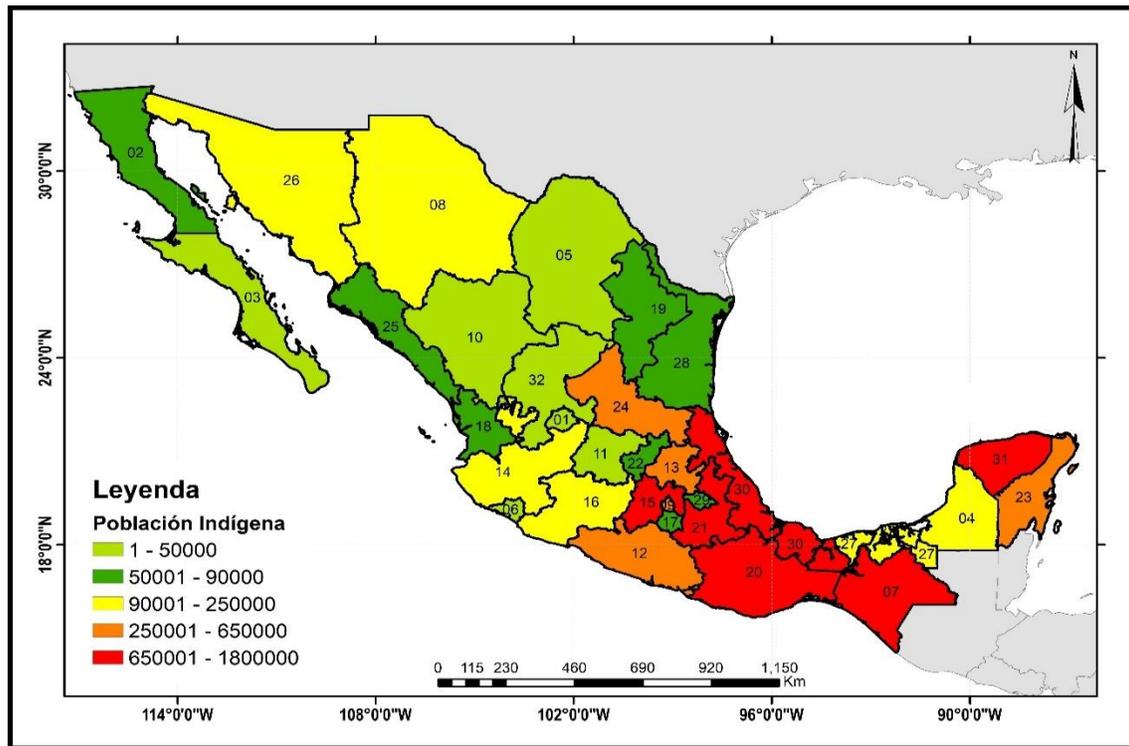


Figura 4-27. Mapa de Población indígena por entidad federativa, reportada para el año 2010.

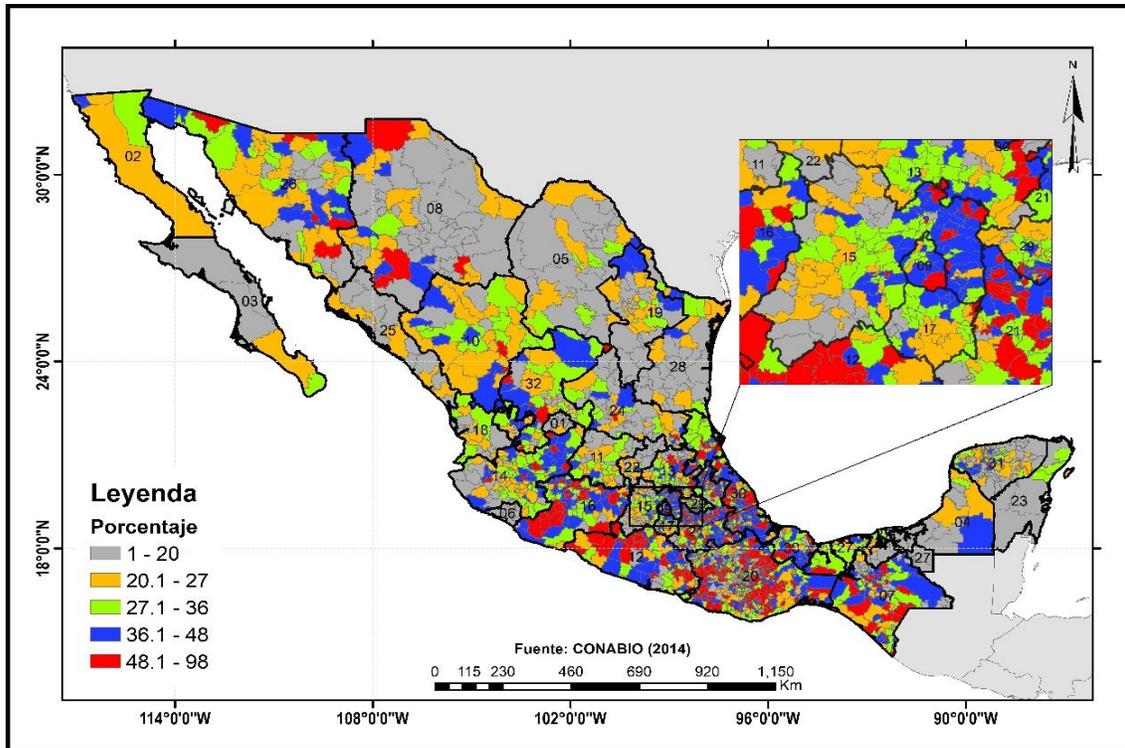


Figura 4-29. Mapa de porcentaje de población por municipios con carencia de servicios de salud.

A continuación, se muestra los municipios de más alta carga de defunciones, la población sin acceso a los servicios de salud, y la tasa de mortalidad (Tabla 4-7). El criterio para el orden de los municipios es el indicador tasa de mortalidad por 100,000 hab. Se observa que los municipios de Axapusco (238 x 100,000 hab), San Felipe del Progreso (42 x 100,000 hab), y Cuauhtémoc (21 x 100,000 hab) tienen la tasa de mortalidad más alta. Estos resultados están relacionados con factores económicos y sociales, posiblemente como consecuencia de la globalización, donde destaca el abandono a los sectores más pobres, y la privatización de los bienes y servicios de la salud, reflejado en el alto porcentaje de población que carece de este elemental servicio. Estos factores asociados a zonas densamente pobladas provocan una gran presión hídrica, a lo cual se le adicionan malos hábitos alimenticios, y todos en su conjunto desencadenan en un incremento de las enfermedades infecciosas entre las que destacan las infecciones intestinales (R. Castro et al., 2007) (Figura 4-30).

Tabla 4-7. Carga de defunciones, y población que carece de servicios de salud, en los municipios más afectados por Salmonelosis, E. coli, Amebiasis.

| Clave de Municipio | Nombre | Población Total | Población que carece de Acceso a la salud | Defunciones Total | Tasa de Mortalidad X 100,000 hab |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|--|--------------------------|---|
| 15016 | Axapusco | 22,300 | 10,927 (49%) | 53 | 238 |
| 15074 | San Felipe del Progreso | 101,257 | 24,301 (24%) | 43 | 42 |
| 09015 | Cuauhtémoc | 465,521 | 167,587 (36%) | 99 | 21 |
| 09016 | Miguel Hidalgo | 355,940 | 92,544 (26%) | 46 | 13 |
| 08019 | Chihuahua | 818,022 | 106,342 (13%) | 101 | 12 |
| 09014 | Benito Juárez | 327,643 | 91,740 (28%) | 36 | 11 |
| 14039 | Guadalajara | 1,534,371 | 444,967 (35%) | 140 | 9 |
| 24028 | San Luis Potosí | 805,124 | 136,871 (17%) | 57 | 7 |
| 07101 | Tuxtla Gutiérrez | 521,096 | 182,383 (29%) | 35 | 7 |
| 19039 | Monterrey | 1,164,880 | 302,868 (26%) | 73 | 6 |
| 31050 | Mérida | 897,331 | 188,439 (21%) | 46 | 5 |
| 08037 | Juárez | 1,313,064 | 315,135 (24%) | 55 | 4 |
| 21114 | Puebla | 1,834,930 | 697,273 (38%) | 71 | 4 |

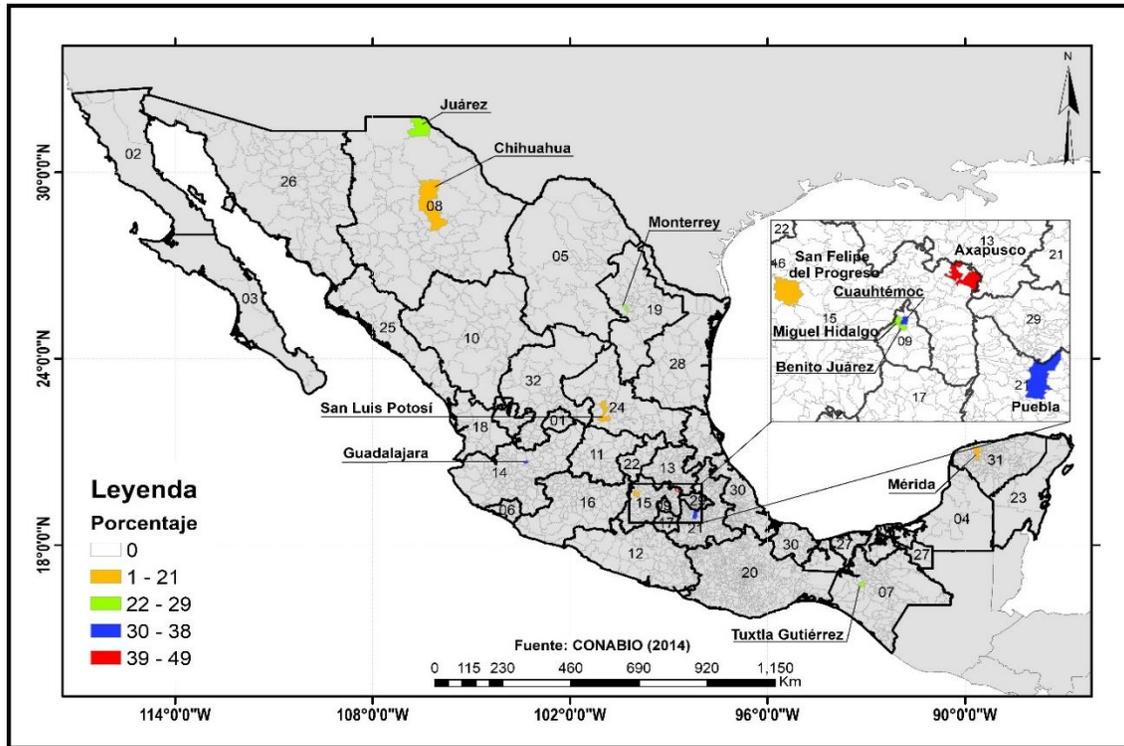


Figura 4-30. Mapa de municipios de alta mortalidad y el porcentaje de su población sin acceso a servicios de salud

A continuación, se muestra la disponibilidad de servicios de salud en regiones indígenas (Tabla 4-8). Los resultados muestran la estrecha relación entre las variables de servicio de salud y población indígena, cabe destacar en el estado de Chihuahua el municipio Guachochi, con una población total de 49,689 habitantes, de ellos el 70% es indígena y cerca del 69% carece de servicios de salud.

Tabla 4-8. Disponibilidad de servicios de salud en regiones indígenas.

| Región indígena | Clave Entidad | Clave Municipio | Nombre Municipio | Población Total | Población Indígena (%) | Carecen Servicio de salud (%) |
|-----------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|
| Tarahumara | 08 | 007 | Balleza | 17672 | 56 | 40 |
| | | 008 | Batopilas | 14362 | 57 | 42 |
| | | 012 | Carichi | 8795 | 55 | 15 |
| | | 027 | Guachochi | 49689 | 70 | 69 |
| | | 029 | Guadalupe-calvo | 53499 | 38 | 19 |

| | | | | | | |
|---------------------------|----|-----|--------------|--------|----|----|
| | | 030 | Guazapares | 8998 | 37 | 16 |
| | | 046 | Morelos | 8343 | 34 | 72 |
| | | 065 | Urique | 20386 | 57 | 27 |
| Mayo-yaqui | 26 | 026 | Etchojoa | 60717 | 37 | 28 |
| Huicot, Gran Nayar | 10 | 005 | Durango | 582267 | 1 | 27 |
| | | 014 | Mezquital | 33396 | 82 | 37 |
| | | 023 | Pueblo nuevo | 49162 | 10 | 25 |
| | 14 | 019 | Bolaños | 6820 | 66 | 22 |
| | | 061 | Mezquitic | 18084 | 77 | 32 |
| | 18 | 005 | Huajicori | 11400 | 27 | 29 |
| | | 009 | Del Nayar | 34300 | 91 | 28 |
| | | 011 | Ruiz | 23469 | 16 | 26 |
| | | 019 | La Yesca | 13600 | 45 | 8 |

Servicios de drenaje.

A continuación, se presentan el porcentaje de población con carencia de servicios de drenaje por municipios (Figura 4-31).

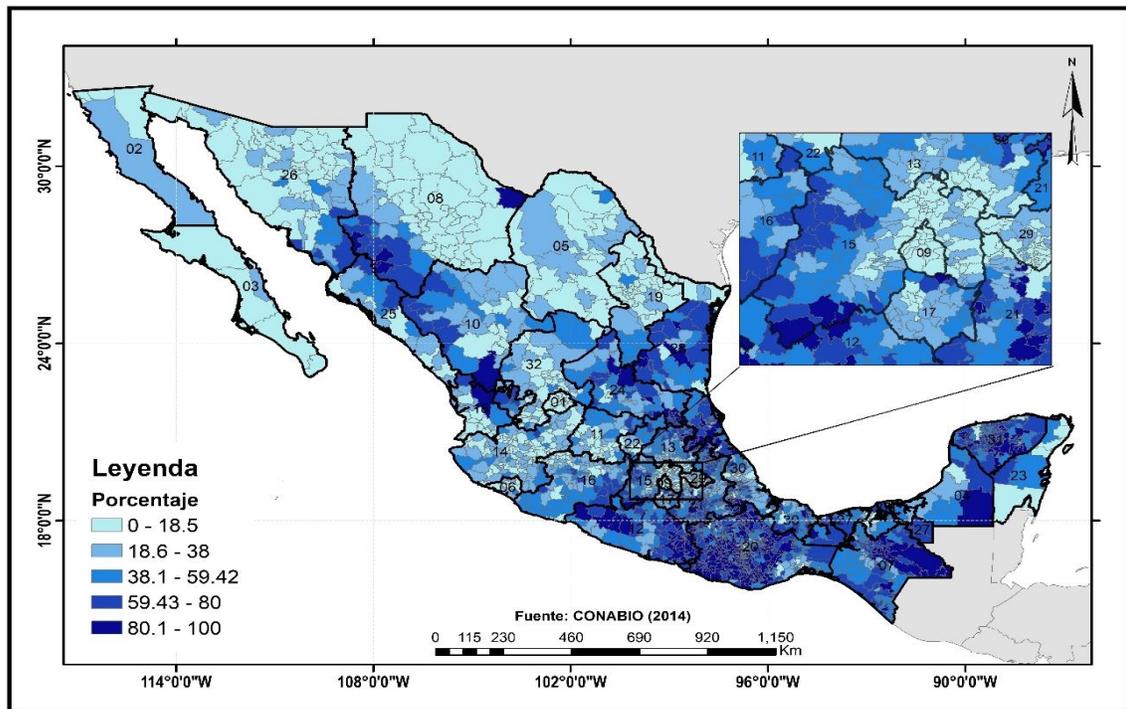


Figura 4-31. Mapa de porcentaje de población que carece servicios de drenaje, por municipios.

Se observa que los estados de Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Ciudad de México, presentan la situación más favorable, sin dejar de mencionar que presentan municipios con alto porcentaje de su población con carencia de servicios de drenaje. De forma general los estados del Centro-Sur muestran altos porcentajes de su población sin servicios de drenaje, y destacan los estados de Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Guerrero, Campeche, Veracruz y Tamaulipas.

En la tabla 4-9 se muestra los municipios de más alta carga de defunciones, la población sin acceso a los servicios de drenaje y la tasa de mortalidad. El criterio para el orden de los municipios es el indicador tasa de mortalidad por 100,000 hab. Se observa que los municipios de Axapusco (238 x 100,000 hab), San Felipe del Progreso (42 x 100,000 hab), y Cuauhtémoc (21 x 100,000 hab) tienen la tasa de mortalidad más alta. Sin embargo, se aprecia que hay municipios como Tuxtla Gutiérrez, Puebla y Mérida con altos porcentajes de su población que carece de servicios de drenaje y sus tasas de mortalidad no son elevadas. Si se analiza este comportamiento desde un punto de vista Antropológico, y de acuerdo con V. Castro y del Carmen, (2002) se demuestra que las condiciones de pobreza y marginación imponen umbrales altos de tolerancia frente a las enfermedades, superiores a las comunidades medias urbanas, impuestos por la restricción a los servicios que por muchos años han padecido estas poblaciones (Figura 4-32).

Tabla 4-9. Carga de defunciones, y población que carece de servicio de drenaje, por municipios más afectados por Salmonelosis, *E. coli*, Amebiasis.

| Clave de Municipio | Nombre | Población Total | Población que carece de Serv_Drenaje | Defunciones Total | Tasa de Mortalidad X 100,000 hab |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|---|--------------------------|---|
| 15016 | Axapusco | 22,300 | 4,014 (18%) | 53 | 238 |
| 15074 | San Felipe del Progreso | 101,257 | 81,005 (80%) | 43 | 42 |
| 09015 | Cuauhtémoc | 465,521 | 4,655 (1%) | 99 | 21 |
| 09016 | Miguel Hidalgo | 355,940 | 3,559 (1%) | 46 | 13 |
| 08019 | Chihuahua | 818,022 | 8,180 (1%) | 101 | 12 |
| 09014 | Benito Juárez | 327,643 | 3,276 (1%) | 36 | 11 |

Tabla 4-9. Continuación

| | | | | | |
|--------------|------------------|-----------|---------------|-----|---|
| 14039 | Guadalajara | 1,534,371 | 15,344 (1%) | 140 | 9 |
| 24028 | San Luis Potosí | 805,124 | 48,307 (6%) | 57 | 7 |
| 07101 | Tuxtla Gutiérrez | 521,096 | 130,274 (25%) | 35 | 7 |
| 19039 | Monterrey | 1,164,880 | 11,648 (1%) | 73 | 6 |
| 31050 | Mérida | 897,331 | 98,706 (11%) | 46 | 5 |
| 08037 | Juárez | 1,313,064 | 13,130 (1%) | 55 | 4 |
| 21114 | Puebla | 1,834,930 | 293,588 (16%) | 71 | 4 |

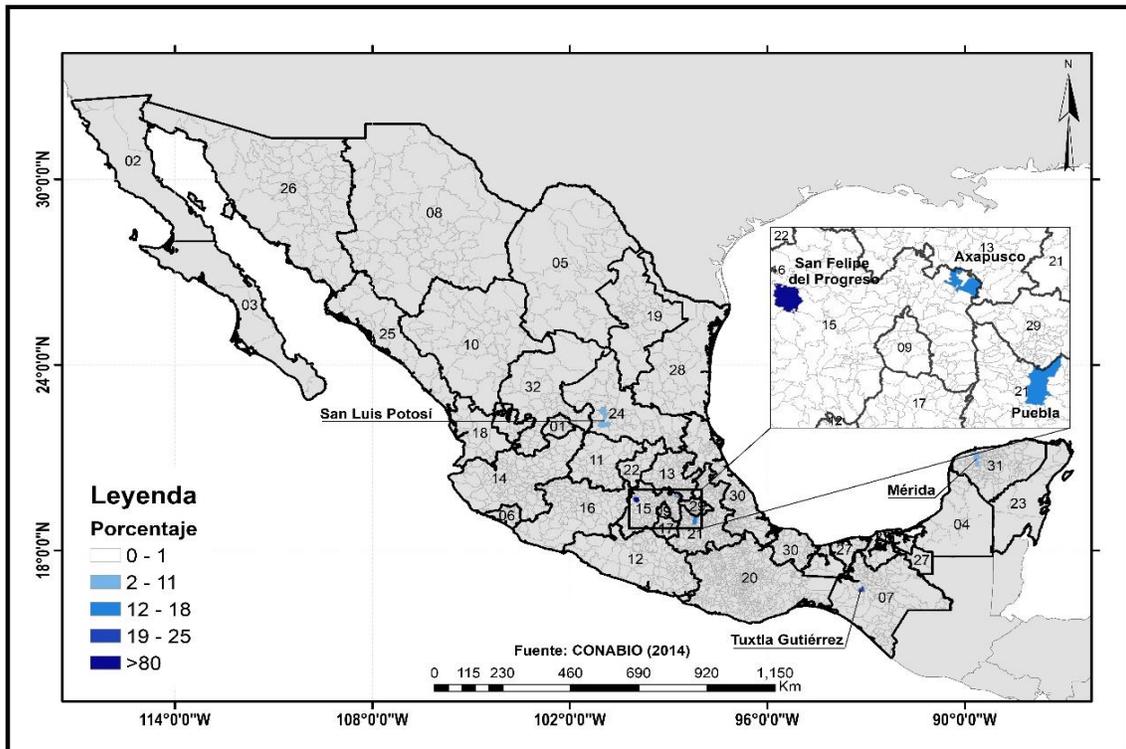


Figura 4-32. Mapa de municipios de alta mortalidad y el porcentaje de su población sin acceso a servicios de drenaje

Se muestran los porcentajes de contribuciones de las variables socioeconómicas al modelo *MaxEnt*, para la *Salmonella spp.*, la *E. coli* y la *E. histolytica*. (Tabla 4-10). El modelo mostró que la variable socioeconómica más determinante en la distribución potencial de *Salmonella spp.*, la *E. coli* fue población indígena, con contribuciones entre 6.6% y 28.4%. Por su parte para la *E. histolytica* fue la variable socioeconómica servicio de drenaje la de mayor contribución con valores entre 7.8% y 36.0%.

Tabla 4-10. Contribución porcentual de las variables socioeconómicas al modelo *MaxEnt*

| Causa | Periodo | Porcentaje de contribución de las variables socioeconómicas | | |
|-------|-----------|---|--------------------|--------------------|
| | | Servicio Drenaje | Población Indígena | Servicios de Salud |
| A02 | 2000-2004 | 1.4 | 25.5 | 14.8 |
| | 2005-2009 | 1.2 | 22.2 | 7.7 |
| | 2010-2015 | 5.1 | 24.7 | 9.4 |
| A04 | 2000-2004 | 3.4 | 29 | 4.7 |
| | 2005-2009 | 1.4 | 25.5 | 8.2 |
| A04 | 2010-2015 | 22.1 | 28.4 | 7.9 |
| A06 | 2000-2004 | 16.4 | 18.2 | 6.3 |
| | 2005-2009 | 7.8 | 6.6 | 2.3 |
| | 2010-2015 | 36 | 11.5 | 1 |

También se observó que cada causa tiene un comportamiento particular en relación con las variables socioeconómicas.

Para la *Salmonella spp.*, la segunda variable en orden de importancia fue servicios de salud (SER_SAI), con contribuciones entre 7.7% y 14.8 %, seguida de servicios de drenaje (SER_DREN) con contribuciones entre 1.2% y 5.1%. El periodo 2000-2004 con 41.7% es el de más contribución.

Para la *E. coli* la segunda variable socioeconómica en orden de importancia fue servicio de drenaje (SER_DREN) con contribuciones entre 1.4% y 22.1 %, seguida de servicio de salud (SER_SAI) con contribuciones entre 4.7% y 8.2%. El periodo 2010-2015 con 58.4% es el de más contribución.

Para la *E. histolytica* la segunda variable socioeconómica en orden de importancia fue población indígena (POB_IND) con contribuciones entre 6.6% y 18.2%, seguida de servicios de salud (SER_SAI) con contribuciones entre 1% y 6.3%. De igual manera el periodo 2010-2015 con 48.5% es el de más contribución. Las variables socioeconómicas contribuyeron en general con el 44% al rendimiento del modelo (Figura 4-33 a 4-35).

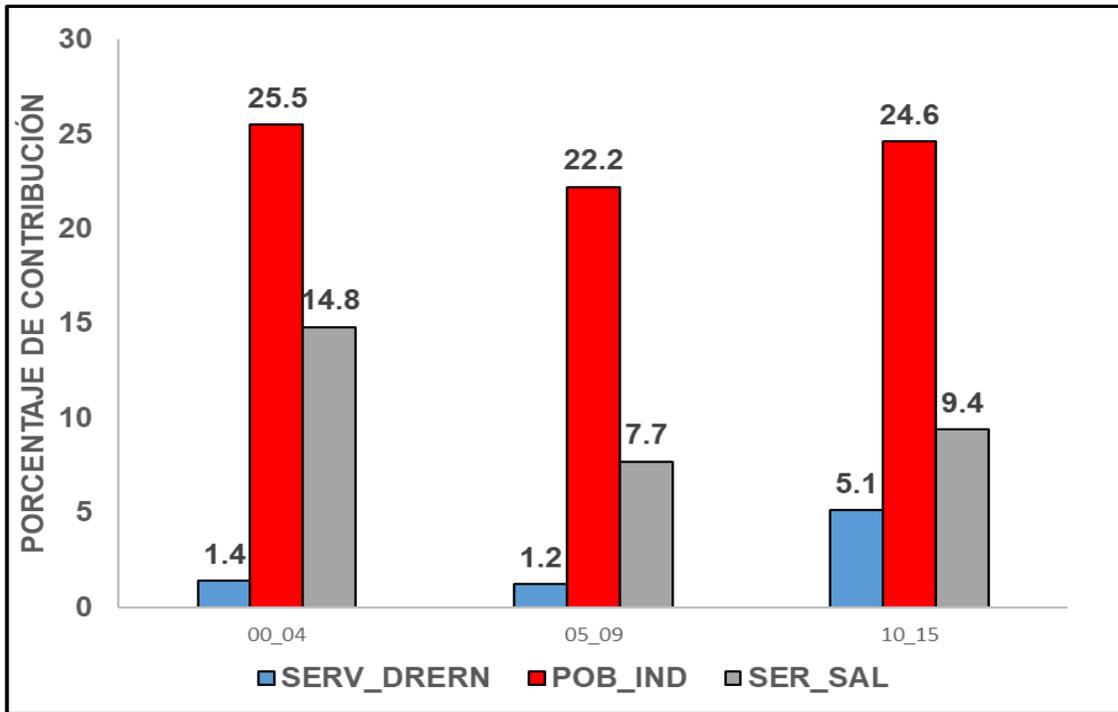


Figura 4-33. Gráfica de porcentaje de contribución de variables socioeconómicas *Salmonella spp.*

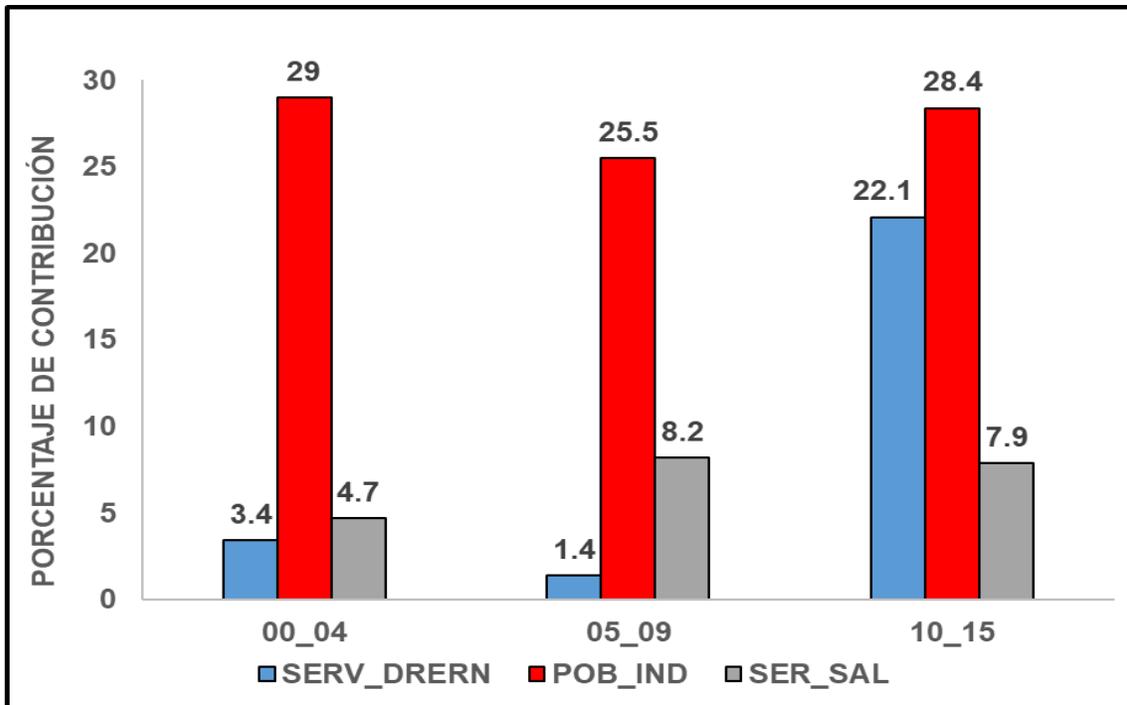


Figura 4-34. Gráfica de porcentaje de contribución de variables socioeconómicas *E. coli*

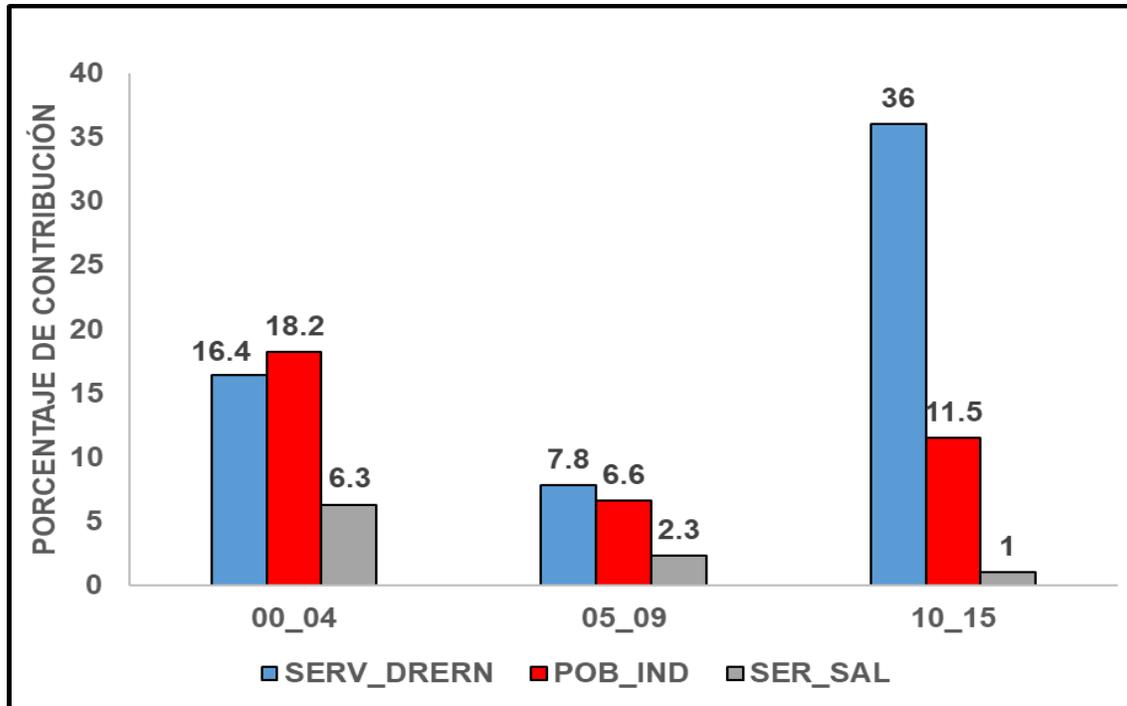


Figura 4-35. Gráfica de porcentaje de contribución de variables socioeconómicas *E. histolytica*.

La salmonelosis (A02), causada por la *Salmonella spp.*, es una zoonosis de origen alimentaria, siendo las heces la principal fuente de contaminación a los alimentos y el agua. En el medio ambiente sobrevive por mucho tiempo al ser muy resistente a la sequía, y es capaz de multiplicarse rápidamente si la temperatura ambiente supera los 30°C (Elika, 2013b).

La *E. coli* (A04), es una zoonosis de origen alimentaria y es eliminada por los portadores a través de las heces. En el medio ambiente sobreviven durante meses en el estiércol, contaminando las aguas y los alimentos, y se multiplica rápidamente a una temperatura de 37°C (Elika, 2013a). Se aprecia condiciones de supervivencias muy parecidas para ambas bacterias y comportamientos semejantes en los porcentajes de la variable Población Indígena, Servicios de drenaje y de Salud. La población indígena padece de pobreza y carencias en materia de educación, vivienda y bajos ingresos, influyendo estos factores al alto porcentaje de contribución que presenta esta variable durante el periodo 2000-2015.

La amebiasis (A06), causada por la *E. histolytica*, se encuentra en las heces de los enfermos crónicos o portadores sanos, constituyendo éstos su principal foco de transmisión. Se puede hallar en el suelo húmedo, agua (aguas residuales), y alimentos. Los quistes (forma resistente

e infectante), pueden sobrevivir en el agua y en suelo húmedo, hasta un año a temperaturas entre -10°C y 34°C , pero son sensibles a la desecación (INSST, 2015). La variable Servicio de Drenaje durante el periodo 2000-2015, presenta los porcentajes más altos, y le sigue la variable Población indígena y Servicios de Salud. Se observa que la carencia de servicios de drenaje, asociada a la capacidad de supervivencia de este protozoo en aguas residuales, más factores sociales como la pobreza y carencias en materia de educación y vivienda que experimentan las poblaciones indígenas, son factores que se conjugan perfectamente para potenciar la transmisión de esta enfermedad.

A continuación, se presentan los 10 estados de mayor población indígena, sus defunciones, tasa de mortalidad y letalidad (Tabla 4-11). Estos estados durante el periodo 2000-2015, presentaron 2,830 muertes lo que representa un 53.2% del total de defunciones, destacan el Estado de México (576); Chiapas (540); Veracruz (399); Oaxaca (388) y Puebla (376). La media nacional de la tasa de mortalidad es 0.32 por cada 100,000 habitantes, aunque hay estados con tasas de mortalidad superior a la media nacional, entre estos: Chiapas (0.77); Oaxaca (0.67); Puebla (0.43); Guerrero (0.42); S.L.Potosí (0.36); Veracruz (0.36). La Letalidad muestra una media nacional del 10.5%, y destacan los estados de S.L.Potosí (23.09%), Yucatán (22.8%), Oaxaca (19.59%), Chiapas (14.61%); Guerrero (13.26%) y Puebla (12.01%).

De acuerdo con estos datos es necesario ubicar los estudios de EDAs en el contexto social donde se desarrollan, ya que existen mayores posibilidades de contraer dichas enfermedades en las grandes ciudades o en zonas rurales por aglomeraciones (5-8 miembros por familia), y este riesgo va a aumentar por la clase social a que se pertenezca.

Tabla 4-11. Estados de mayor población Indígena y sus indicadores epidemiológicos.

| Entidad Federativa | Población indígena | Defunciones Total | Tasa de mortalidad Hab x 100,000 | Letalidad % |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------|---|------------------------|
| Chiapas | 1,511,010 | 540 | 0.77 | 14.61 |
| Oaxaca | 1,719,300 | 388 | 0.67 | 19.59 |
| Puebla | 1,018,390 | 376 | 0.43 | 12.01 |
| Guerrero | 635,620 | 217 | 0.42 | 13.26 |
| San Luis Potosí | 361,650 | 142 | 0.36 | 23.09 |

Tabla 4-11. Continuación

| | | | | |
|-------------------------|------------|-------|------|-------|
| Yucatán | 985,540 | 106 | 0.36 | 22.80 |
| Veracruz | 1,037,420 | 399 | 0.34 | 9.42 |
| Estado de México | 985,690 | 576 | 0.25 | 21.02 |
| Quintana Roo | 404,290 | 29 | 0.16 | 3.89 |
| Hidalgo | 575,160 | 57 | 0.15 | 5.15 |
| Nacional | 11,132,562 | 5,318 | 0.32 | 10.5 |
| | | | | |

4.4. Resultados de la modelación a nivel nacional

El estudio realizado tiene un fundamento retrospectivo, ya que parte del análisis de los efectos, para definir sus posibles causas, y poder sugerir las relaciones de causalidad. Se seleccionó la *Salmonella spp.* [A02], la *E. coli* [A04] y la *E. histolytica* [A06]; pues se considera que pueden representar al resto de las EDAs, vistas desde el punto en que son provocadas por bacterias y protozoos, y así establecer su distribución potencial, apoyado en el uso de los SIG. En términos generales todos los modelos tuvieron un buen desempeño con valores de la AUC superiores a 0.81, siendo la *E. coli* con un AUC de 0.890 la causa de mejor ajuste.

4.4.1. Análisis de los modelos de distribución potencial para *Salmonella spp*

El modelo de distribución potencial durante el periodo 2000-2015, fue categorizado en cuatro clases de distribución: muy baja probabilidad (0-0.286); baja probabilidad (0.286-0.482); moderada probabilidad (0.482-0.650) y alta probabilidad (0.650-1) (Figuras 4-36 a 4-37). Considerando el umbral de corte (10 Percentile Training Presence), que indica ausencia por debajo de una probabilidad de presencia de 0.286, los resultados muestran que el 88.01%, de las defunciones caen dentro del área potencial, y solo el 11.9% se localizó fuera de esta área. Estos valores son muy cercanos al 90% planteado por Scheldeman & van Zonneveld (2011) y Varela et al., (2014).

El AUC para esta causa tuvo un desempeño de 0.867, lo cual permite evaluar de buena la capacidad de predicción del modelo, de acuerdo con la expresado por (Araújo et al., 2005), (Elith et al., 2006) y Quintana,(2013) (Figura 4-38).

La predicción proyectada muestra una distribución potencial concentrada en las regiones Oriente, Occidente, Centro-Norte, Centro-Sur, Sur-este y Sur-Oeste de la zona de estudio, ya que presentan alto riesgo de presentación de defunciones. Este resultado se corresponde con las regiones con mayor carencia de servicios de drenaje y salud, como es el caso de las entidades federativas de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla, con poblaciones indígenas que superan el millón de habitantes.

El modelo predice también porciones muy pequeñas y aisladas en las regiones Noreste (estado de Nuevo León), y Noroeste (estados de Sinaloa y Durango), y muestra falsos negativos (omisión) al observarse puntos fuera de la predicción en los estados de Sonora, Chihuahua (Región indígena Tarahumara), Durango y San Luis Potosí. Estos últimos pueden estar condicionados por la resistencia que posee la bacteria *Salmonella spp.* a condiciones de sequía, asociado a la carencia de servicios de salud y drenaje que poseen las poblaciones a riesgo, también al crecimiento demográfico desproporcionado de las grandes megalópolis causado por los efectos de la globalización, factores sociales y el crecimiento económico.

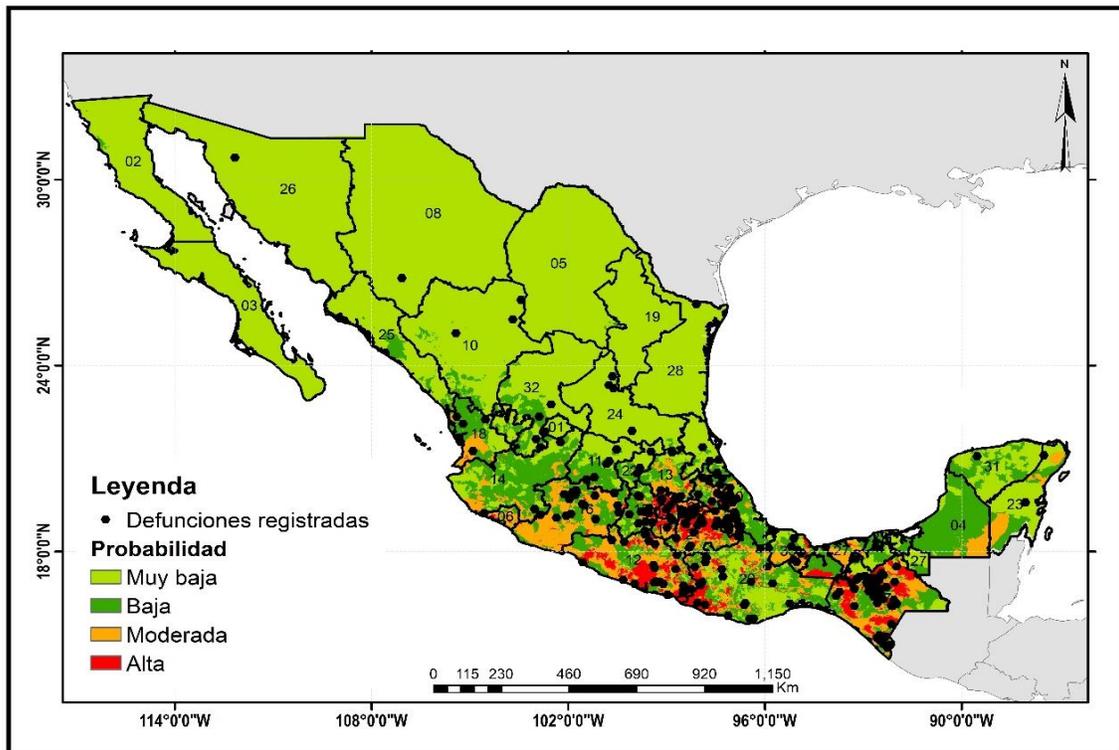


Figura 4-36. Mapa de distribución potencial y defunciones por Salmonelosis, periodo 2000-2015.

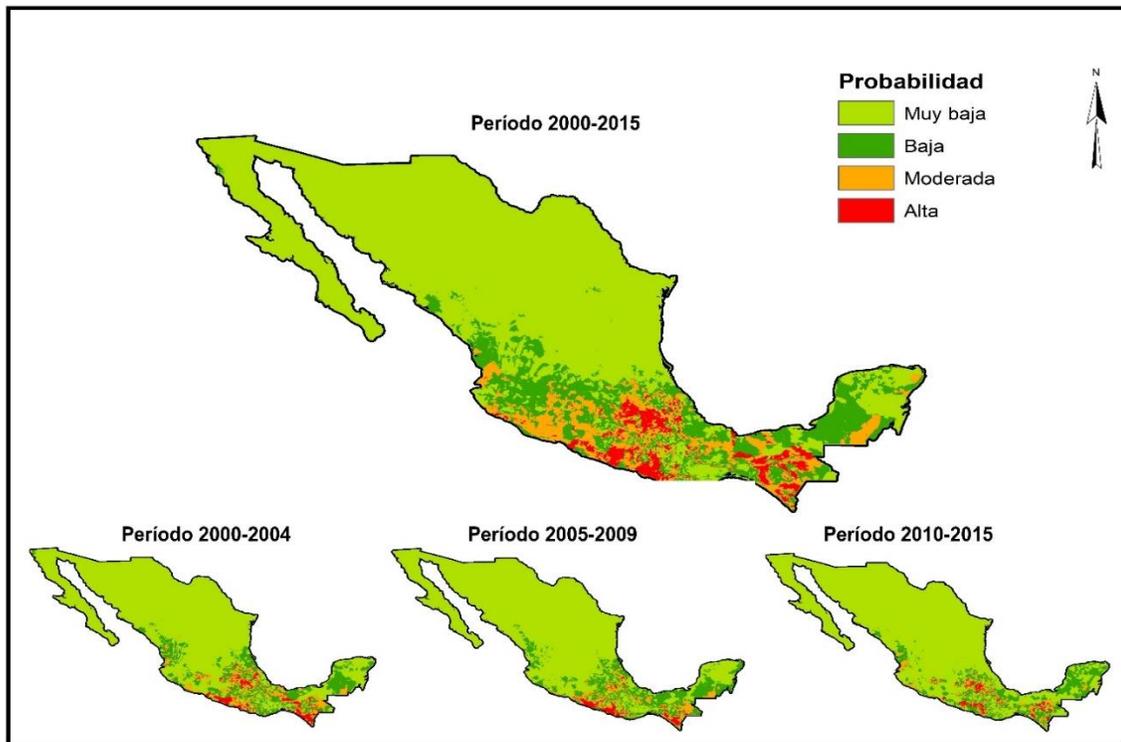


Figura 4-37. Mapa de distribución potencial por salmonelosis, 2000-2015.

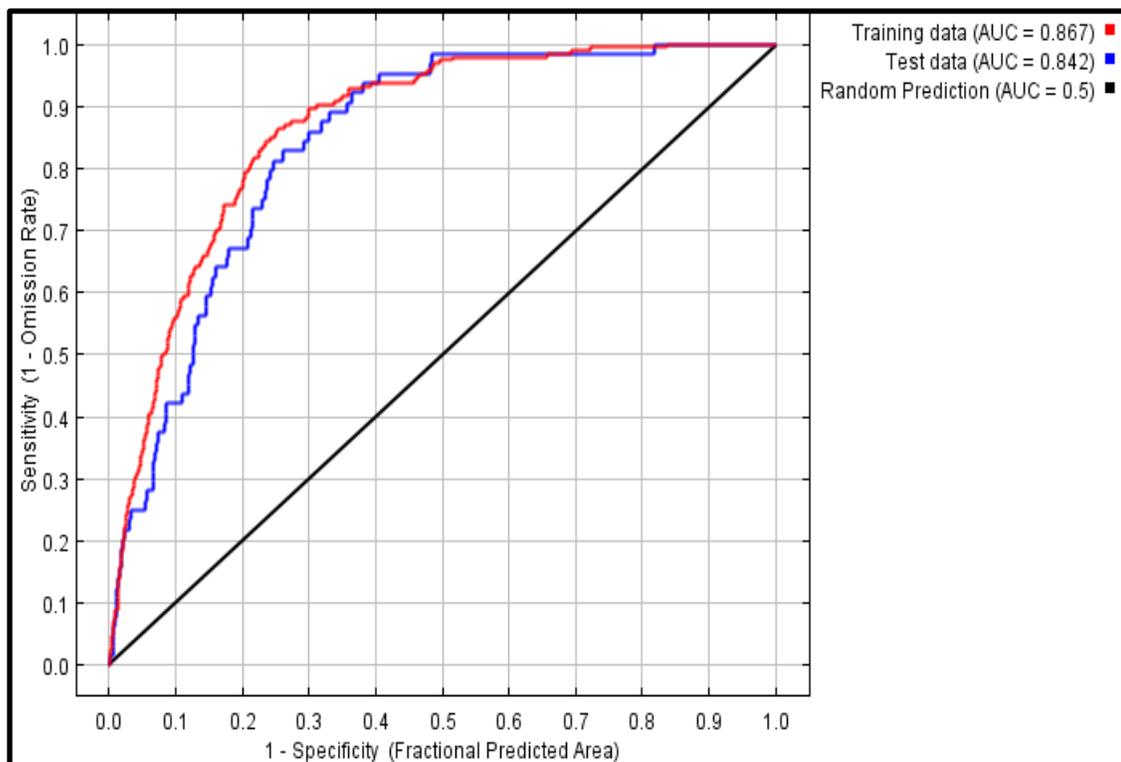


Figura 4-38. Gráfica del área bajo la curva (AUC), para la Salmonelosis.

Se evaluó la tasa de mortalidad por clases para la salmonelosis (Tabla 4-12). Se observa que el número de defunciones disminuye en la misma medida en que aumenta las clases, esto puede estar asociado a un factor demográfico, siendo las clases 1 y 2 la de mayor cantidad de defunciones. Sin embargo, la tasa de mortalidad se incrementa por cada clase, con la clase 4 presentando la tasa de mortalidad más alta (5.14 por cada 100,000 hab), lo cual indica un aumento del riesgo para las regiones que presentan estas clases (Figura 4-39).

Tabla 4-12. Tasa de mortalidad por clases, para la salmonelosis.

| Clases | Probabilidad | Defunciones | Población | Tasa de mortalidad | Orden |
|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------------|-------|
| 1 | Muy Baja | 206 | 61,828,950 | 0.33 | 4 |
| 2 | Baja | 168 | 33,597,487 | 0.50 | 3 |
| 3 | Moderada | 134 | 5,928,607 | 2.26 | 2 |
| 4 | Alta | 98 | 1,908,344 | 5.14 | 1 |
| Total | | 606 | 103,263,388 | 0.59 | |

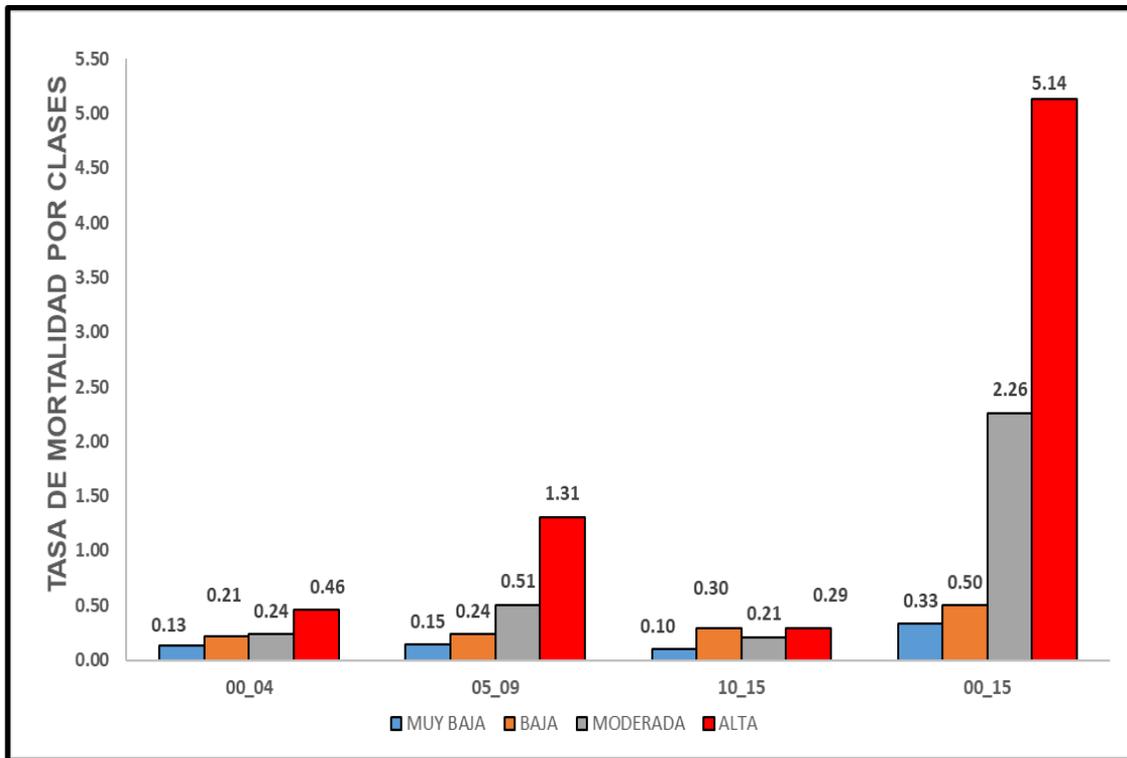


Figura 4-39. Gráfica de tasa de mortalidad por Clases, para la Salmonelosis.

4.4.2. Análisis de los modelos de distribución potencial para *E. coli*

El modelo de distribución potencial durante el periodo 2000-2015, fue categorizado en cuatro clases de distribución: muy baja probabilidad (0-0.301); baja probabilidad (0.301-0.508); moderada probabilidad (0.508-0.686) y alta probabilidad (0.686-1) (Figuras 4-40 a 4-41). Considerando el umbral de corte (10 Percentile Training Presence), que indica ausencia por debajo de una probabilidad de presencia de 0.301, los resultados muestran que el 79%, de las defunciones caen dentro del área potencial, y el 21% se localizó fuera de esta área, estos valores se alejan del 90% planteado por Scheldeman & van Zonneveld (2011) y Varela et al., (2014).

El AUC para esta causa tuvo un desempeño de 0.890, lo cual permite evaluar de buena la capacidad de predicción del modelo, de acuerdo con la expresado por (Araújo et al., 2005), (Elith et al., 2006) y Quintana,(2013) (Figura 4-42).

Las áreas proyectadas para esta causa se ajustan a las regiones del área de estudio Oriente, Occidente, Centro-norte, Centro-sur y Sur-este, que muestran alto riesgo de presentación de defunciones. Este resultado corresponde con las regiones con mayor carencia de servicios de drenaje y salud, como es el caso de las entidades federativas de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla, con poblaciones indígenas que superan el millón de habitantes, asociado también al crecimiento demográfico desproporcionado de las grandes megalópolis causado por los efectos de la globalización, factores sociales y el crecimiento económico.

El modelo predice también porciones muy pequeñas y aisladas en las regiones Noreste (estado de Coahuila), y Noroeste (estados de Baja California, Chihuahua, Sonora), y falsos negativos (omisión) al observarse puntos fuera de la predicción en los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. Estos últimos pueden estar condicionados por la resistencia que posee la bacteria a condiciones de sequía, asociado a efectos de la globalización dado por el creciente movimiento de la información, materiales y personas a través de las fronteras (Walt, 2001).

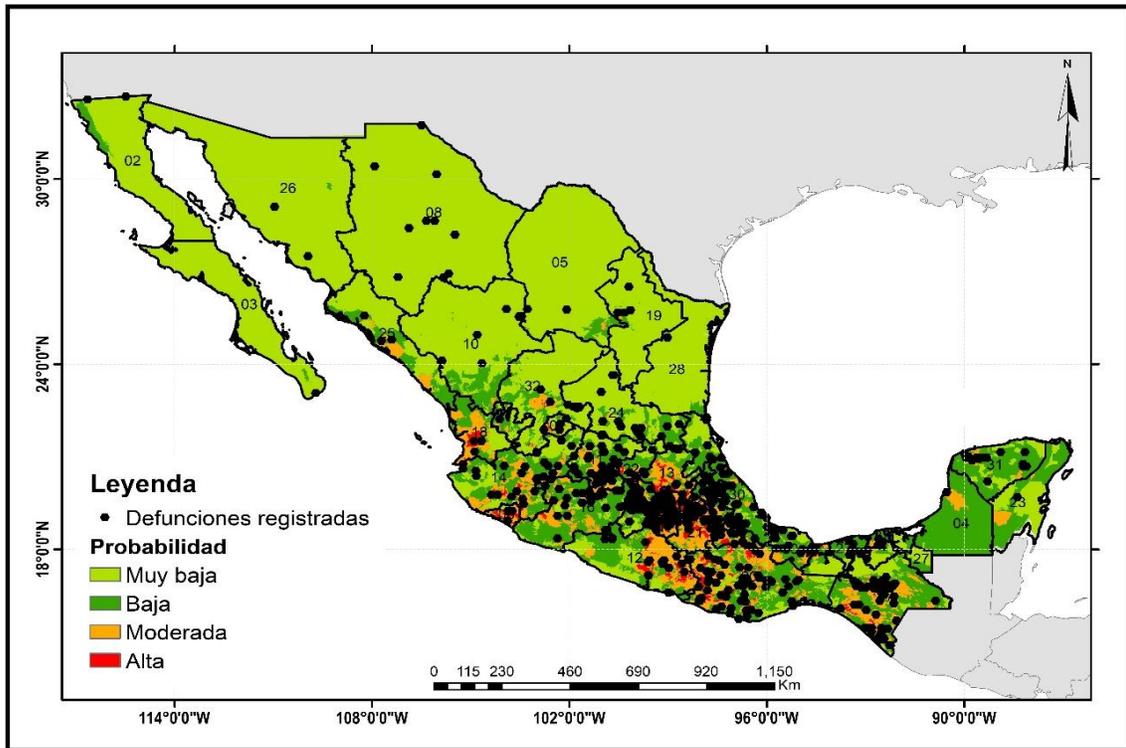


Figura 4-40. Mapa de distribución potencial y defunciones por *E. coli*, periodo 2000-2015

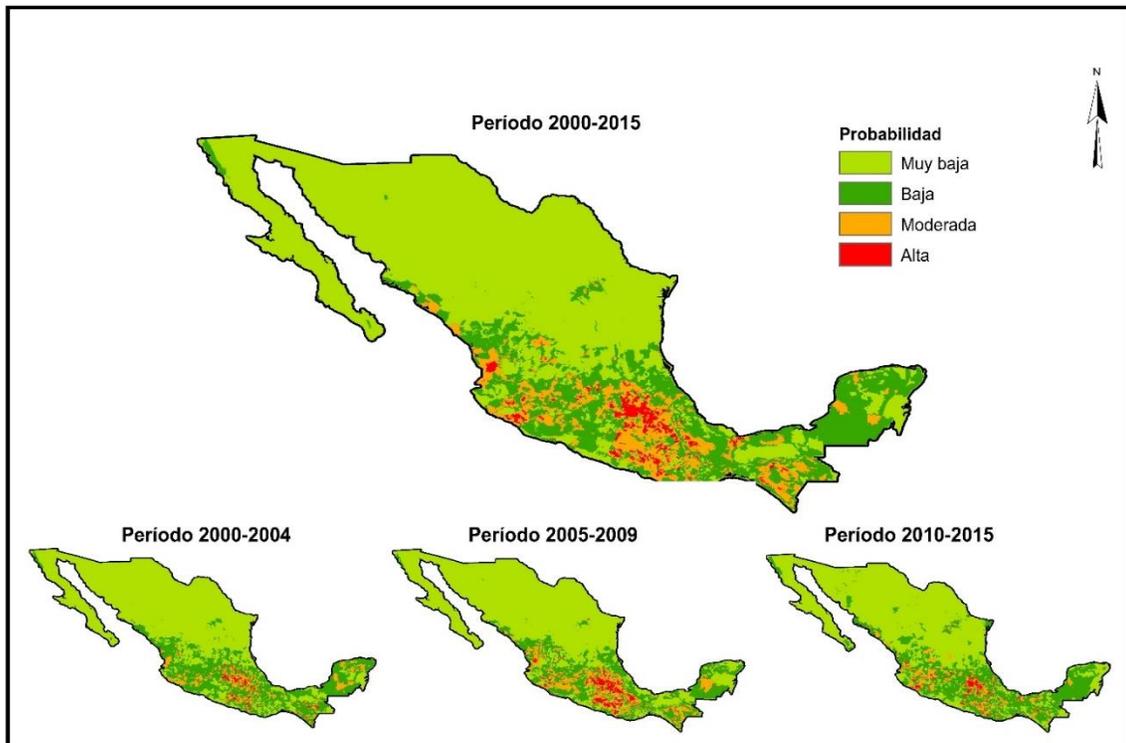


Figura 4-41. Mapa de distribución potencial por *E. coli*, 2000-2015

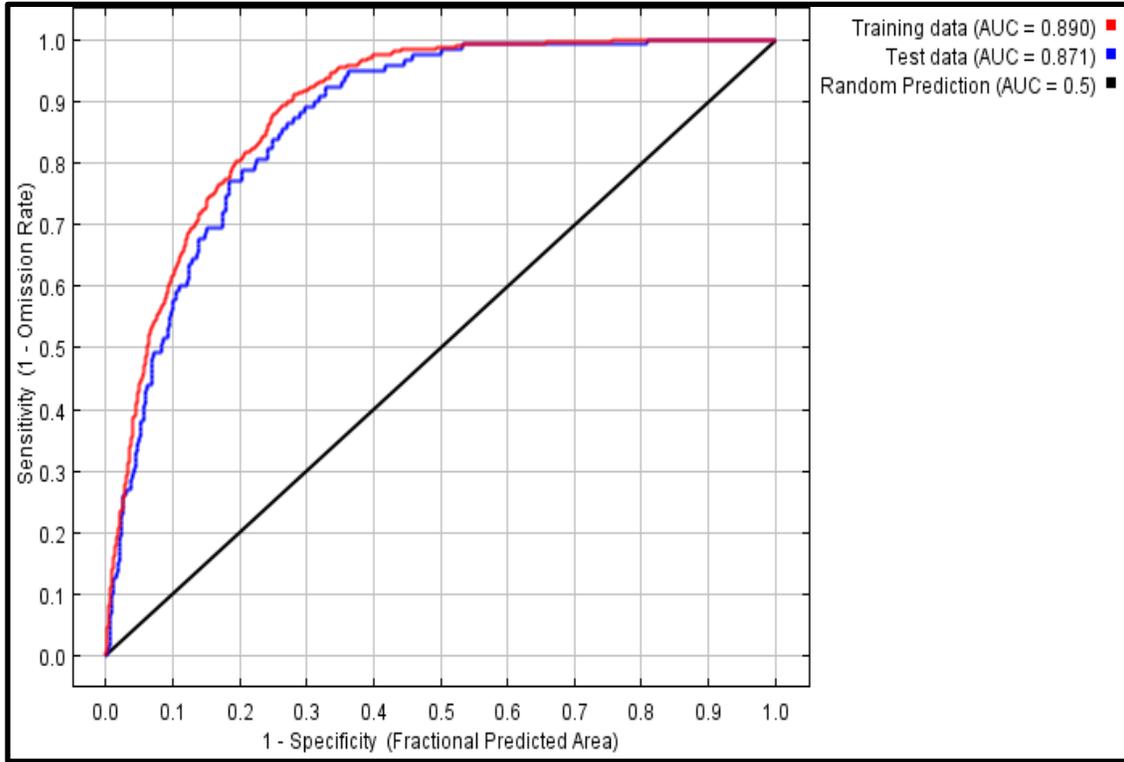


Figura 4-42. Gráfica del área bajo la curva (AUC), para la *E. coli*

Se evaluó la tasa de mortalidad por clases para la *E. coli* (Tabla 4-13). Se observa que el número de defunciones aumenta en la misma medida en que aumenta las clases, siendo las clases 4 y 3 la de mayor cantidad de defunciones. En la figura 4-43 se observa el comportamiento de la tasa de mortalidad, con la clase 4 (2.62 por cada 100,000 hab) presentando la tasa de mortalidad más alta.

Tabla 4-13. Tasa de mortalidad por clases, para la *E. coli*.

| Clases | Probabilidad | Defunciones | Población | Tasa de mortalidad | Orden |
|---------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------------|--------------|
| 1 | Muy Baja | 350 | 32,495,038 | 1.08 | 4 |
| 2 | Baja | 443 | 25,266,690 | 1.75 | 3 |
| 3 | Moderada | 458 | 23,402,985 | 1.96 | 2 |
| 4 | Alta | 579 | 22,098,675 | 2.62 | 1 |
| Total | | 1,830 | 103,263,388 | 1.77 | |

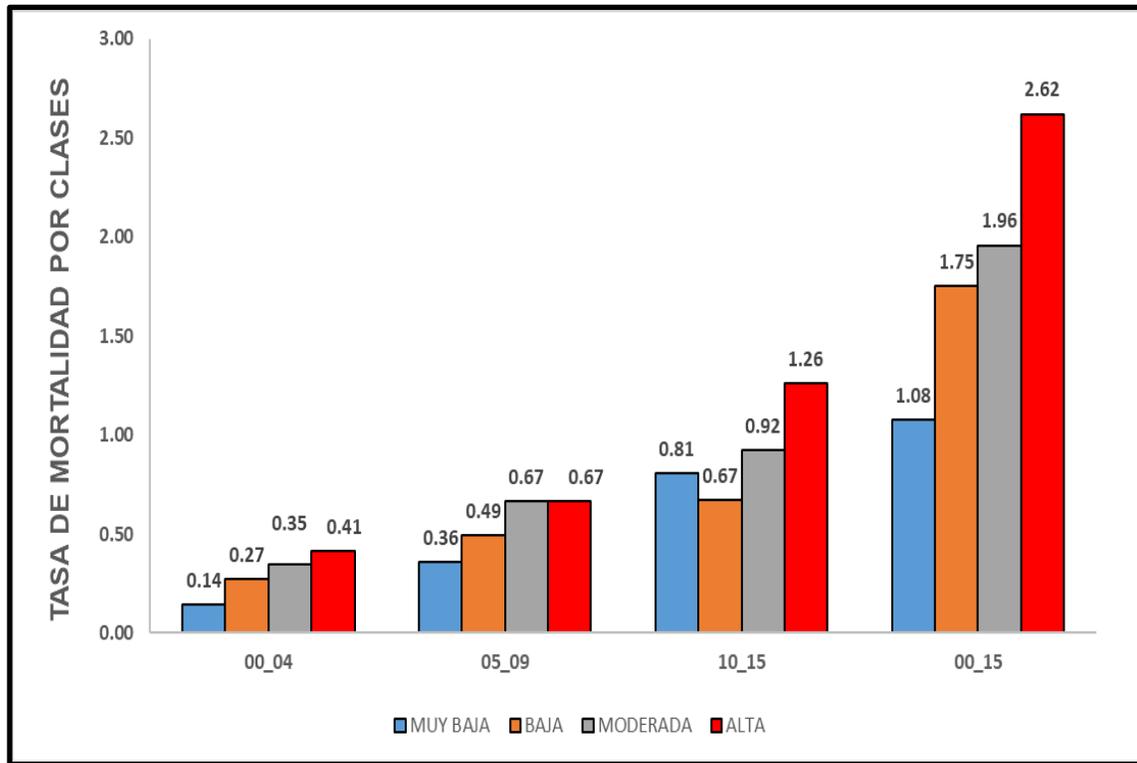


Figura 4-43. Tasa de mortalidad por Clases, para la *E. coli*.

4.4.3. Análisis de los modelos de distribución potencial para *E. histolytica*

El modelo de distribución potencial durante el periodo 2000-2015, fue categorizado en cuatro clases de distribución: muy baja probabilidad (0-0.268); baja probabilidad (0.268-0.520); moderada probabilidad (0.520-0.690) y alta probabilidad (0.690-1) (Figuras 4-44 a 4-45). Considerando el umbral de corte (10 Percentile Training Presence), que indica ausencia por debajo de una probabilidad de presencia de 0.268, los resultados muestran que el 83.3%, de las defunciones caen dentro del área potencial, y el 17.7% se localizó fuera de esta área, estos valores se alejan del 90% planteado por Scheldeman & van Zonneveld (2011) y Varela et al., (2014).

El AUC para esta causa tuvo un desempeño de 0.810, lo cual permite evaluar de buena la capacidad de predicción del modelo, de acuerdo con la expresado por (Araújo et al., 2005), (Elith et al., 2006) y Quintana,(2013) (Figura 4-46).

La predicción para la *Entamoeba histolytica* se ajusta a las regiones del área de estudio Oriente, Occidente, Centro-Norte, Centro-Sur y Sur-oeste, que tuvieron alto riesgo de presentación de defunciones. Este resultado corresponde con las regiones con mayor carencia

de servicios de drenaje y salud, como es el caso de las entidades federativas de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla, con poblaciones indígenas que superan el millón de habitantes, asociado también al crecimiento demográfico de las grandes megalópolis causado por los efectos de la globalización, factores sociales y el crecimiento económico.

El modelo predice también porciones muy pequeños y aislados en las regiones Noreste (estado de Coahuila, Nuevo León), y Noroeste (estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sonora), y muestra falsos negativos (omisión) al observarse puntos fuera de la predicción en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Tamaulipas y San Luis Potosí. Esto último pueden estar condicionados a efectos de la globalización dado por el creciente movimiento de materiales y personas a través de las fronteras (Walt, 2001). También debemos considerar los factores ambientales como la temperatura y la precipitación, ya que los quistes de *Entamoeba histolytica* pueden vivir en el agua (aguas residuales) suelo y fómites por un tiempo variable en función de la temperatura que oscila entre -10°C y 34°C, sin embargo, éstos son sensibles a la desecación.

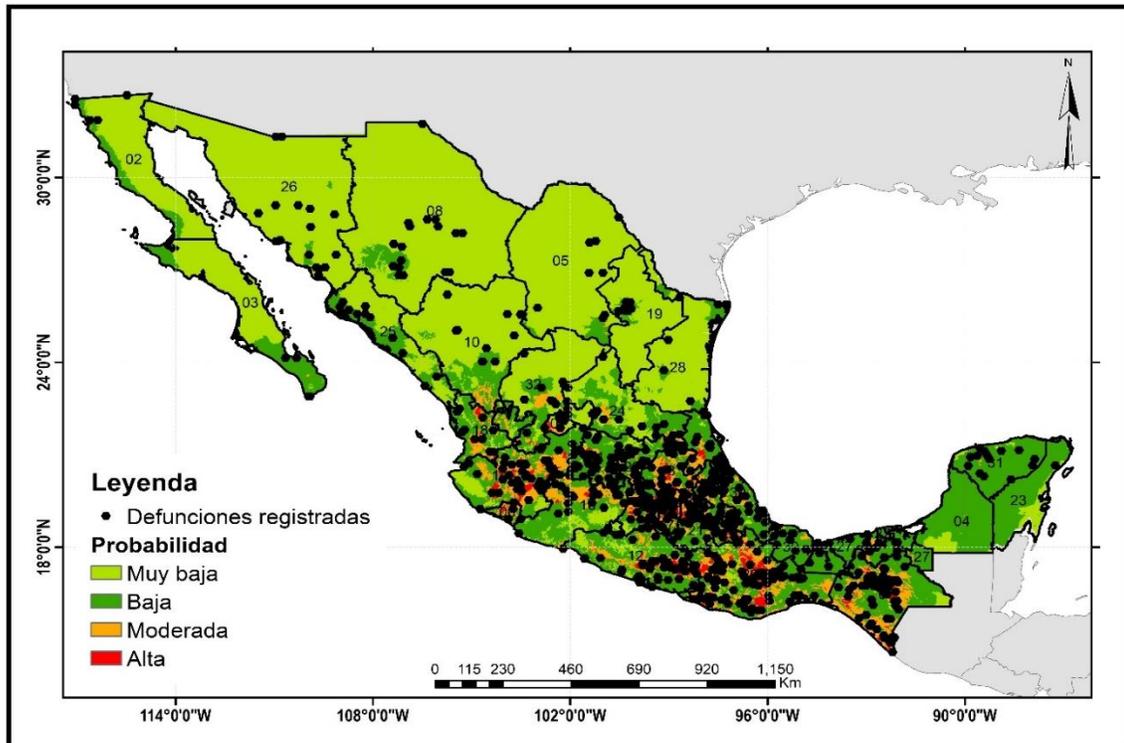


Figura 4-44. Mapa de distribución potencial y defunciones por Amebiasis, periodo 2000-2015

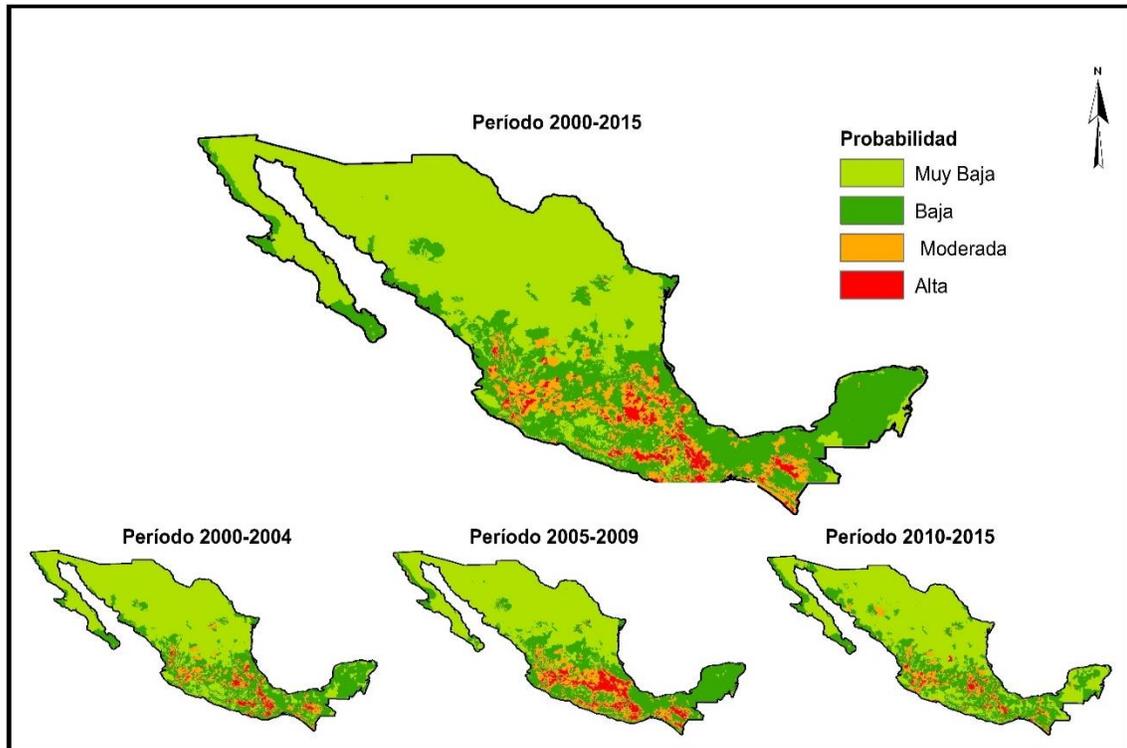


Figura 4-45. Mapa de distribución potencial por Amebiasis, 2000-2015

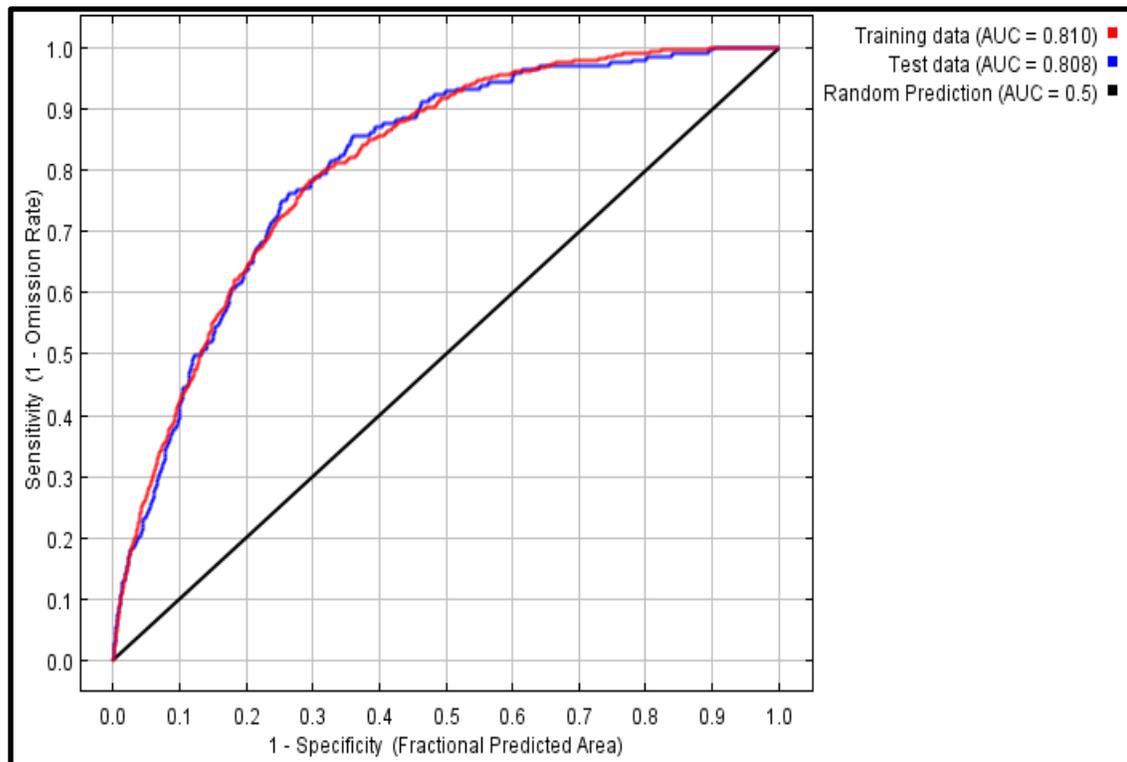


Figura 4-46. Gráfica del área bajo la curva (AUC), para la Amebiasis.

Se evaluó la tasa de mortalidad para la *E. histolytica* por clases (Tabla 4-14). Se observa que el número de defunciones aumenta en la misma medida en que aumenta las clases, siendo las clases 4 y 3 la de mayor cantidad de defunciones. Si consideramos la tasa mortalidad, se muestra que la clase 3 presenta la tasa de mortalidad más alta (1.23 por cada 100,000 hab), seguida de la clase 2 (1.19 por cada 100,000 hab) y la clase 4 (0.88 por cada 100,000 hab). Por tanto, este análisis indica que son las clases 3 y 2 las de mayor riesgo de presentación de casos de defunciones (Figura 4-47).

Tabla 4-14. Tasa de mortalidad por clases, para la *E. histolytica*.

| Clases | Probabilidad | Defunciones | Población | Tasa de mortalidad | de Orden |
|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------------|----------|
| 1 | Muy Baja | 171 | 23,278,588 | 0.73 | 4 |
| 2 | Baja | 292 | 24,625,315 | 1.19 | 2 |
| 3 | Moderada | 332 | 26,948,533 | 1.23 | 1 |
| 4 | Alta | 250 | 28,410,952 | 0.88 | 3 |
| Total | | 1,045 | 103,263,388 | 1.01 | |

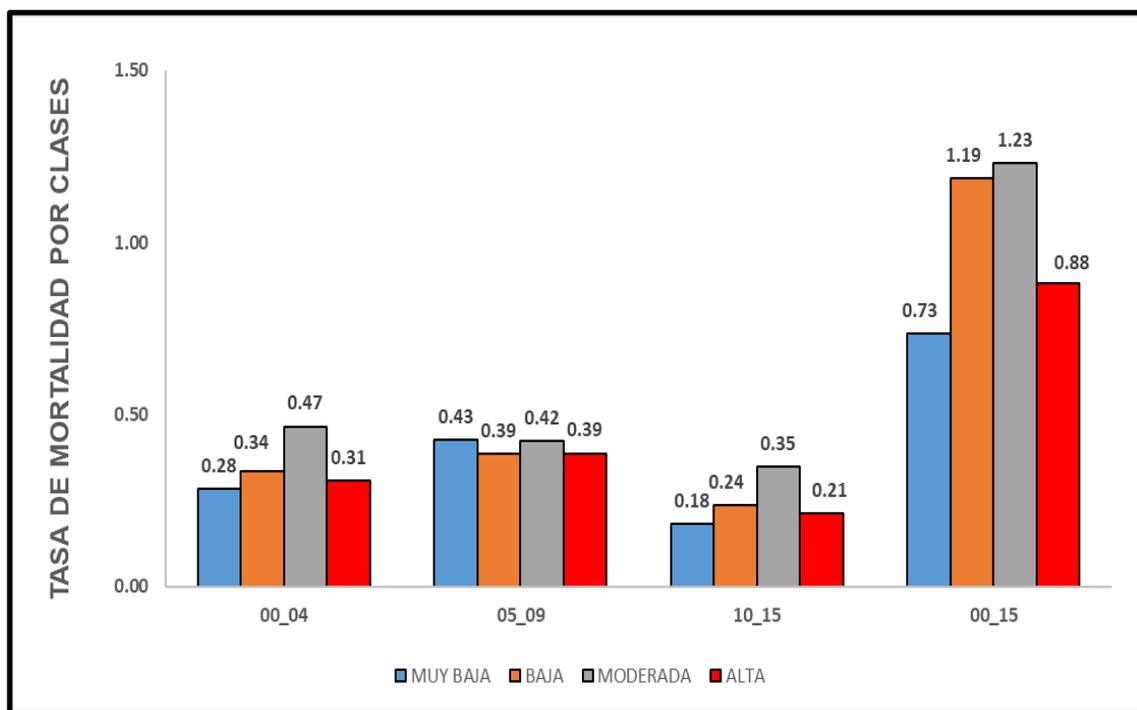


Figura 4-47. Gráfica de tasa de mortalidad por Clases, para la *E. histolytica*.

Conclusiones y recomendaciones

A través del vínculo entre la Epidemiología y la Geomática se logró confirmar la hipótesis de la presente investigación que plantea, la aplicación de un modelo de distribución potencial de casos de Enfermedades Diarreicas Agudas a nivel nacional permite determinar el comportamiento espacial y el grado de asociación entre las enfermedades diarreicas agudas con determinantes ambientales y socioeconómicos, que sirva de apoyo a la toma de decisiones en la prevención y gestión de la enfermedad. Esto fue posible al integrar la información constituida en las bases de datos de salud, población, ambiental y socioeconómica; y adecuarla a formatos que permitieron su análisis dentro del SIG TerrSet.

En el trabajo se plantearon objetivos específicos y su cumplimiento se argumentan a continuación.

Para lograr el primer objetivo se llevó a cabo la recopilación y síntesis de la información en salud, población, variables ambientales y socioeconómicas, durante el periodo 2000-2015. Se caracterizó el comportamiento y condiciones de presentación de todas las EDAs, y destaca su transición epidemiológica, al ser desplazada de los primeros lugares como causa de muerte, y como grupos etáreos de alto riesgo los menores de 1 año y mayores de 65 años.

Se procesaron y estructuraron, como parte del segundo objetivo, las bases de datos de mortalidad, morbilidad y población, los datos de variables ambientales y socioeconómicas, para ser incorporadas al SIG TerrSet y lograr representatividad espacial y temporal. Se realizó la selección de las EDAs [A02] y [A04], al representar el 69.3% de las defunciones de origen bacteriano y la [A06], al representar el 99% de las EDAs de causa protozoaria. Se seleccionaron indicadores de frecuencia utilizados en la epidemiología, unido a indicadores ambientales y socioeconómicos que tuvieran relaciones de causalidad con el aumento de casos acumulados de defunciones por enfermedades diarreicas agudas (EDAs).

Con relación al tercer objetivo, se generaron modelos de distribución potencial de casos de mortalidad por EDAs, a nivel nacional en periodos de cinco años, apoyados en el uso del SIG TerrSet. Se estandarizaron los datos, lo cual permitió el cálculo de medidas de frecuencia de morbilidad, mortalidad y letalidad de una misma entidad espacial en momentos diferentes,

o de diferentes entidades espaciales en un mismo momento. Los resultados llevaron a identificar las entidades federativas de más casos confirmados: Chiapas (6,759), Veracruz (4,108) y Puebla (3,030). Las causas muestran a: [A02] (19,440), [A04] (6,319), [A06] (21,582). La tasa de incidencia acumulada nacional es de 3.04 por cada 100,000 hab, las entidades federativas con tasa de incidencia más elevada fueron las ubicadas en Chiapas (10.39), Campeche (8.61), Tlaxcala (7.15). Los casos acumulados de mortalidad más elevada lo encontramos en el Estado de México (576), Chiapas (540) y Ciudad México (461). La tasa de mortalidad nacional es de 0.32 por cada 100,000 hab, las entidades federativas con tasa de mortalidad más elevada fueron: Chiapas (0.77), Oaxaca (0.67) y Chihuahua (0.51). La tasa de letalidad nacional es de 10.5%, y las entidades federativas con letalidad elevada fueron: San Luis Potosí (23.09%), Yucatán (22.8%), Estado de México (21.02%). Esto refleja sin dudas, la necesidad de priorizar los recursos y servicios asistenciales de salud hacia estas regiones del país, y particular atención a la causa [A04], pues con menor número de casos confirmados (6,319), tuvo más defunciones (2,444).

Se determinó el grado de asociación entre las EDAs con las determinantes ambientales y socioeconómicas. Los resultados muestran que las variables ambientales (66%) tienen mayor peso que las variables socioeconómicas (44%) en la presentación de las EDAs. El periodo 2005-2009 fue el de mayor contribución, y por causa: Amebiasis (83.4%), Salmonelosis, (69%) y *E. coli* (64%). Estos resultados, en el periodo de estudio, están asociados a la presencia del evento Oscilación del Sur (ENSO) (102), con un predominio de la Niña (57), y fue el periodo 2006-2011 (52) donde se presentó con mayor frecuencia.

Como parte del cuarto objetivo específicos se logró caracterizar a nivel espacio-temporal, las zonas de idoneidad para la presentación de defunciones por EDAs. Los resultados muestran, durante el periodo 2000-2015 un comportamiento decreciente de las EDAs, pero debemos destacar que la causa [A04] muestra un comportamiento creciente en el número de defunciones. Las regiones del Oriente, Occidente, Centro-Norte, Centro-Sur y Sur-oeste, son las de mayor probabilidad de defunciones por EDAs. Existen regiones en el país, donde más del 20% de la población carece de servicios de salud, comprometiendo en gran medida la demanda asistencial, la confirmación y notificación de casos. Este resultado se acompaña de la marginación en que viven los más de 15 millones de habitantes indígenas, agrupados en

las 25 regiones indígenas establecidas en México, donde es alto el porcentaje de población con carencia de servicios básicos y salud. Cabe destacar a manera de ejemplo en la Región Indígena Tarahumara, en el estado de Chihuahua, el municipio de Guachochi presentaba una población indígena de 34,721 habitantes y el 69.3% de esa población carecía de servicios de salud. Esto nos demuestra la relación que existe entre los problemas socioeconómicos, la demanda de los servicios de salud y la transmisión y prevalencia de enfermedades.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de herramientas informáticas aplicadas en el campo de la salud, permiten recopilar, procesar y obtener información, y así caracterizar espacial y temporalmente el desarrollo y presencia de enfermedades, como apoyo a la toma de decisiones por parte de las autoridades sanitarias.

Recomendaciones.

Continuar la modelación de estudios epidemiológicos en los sitios detectados como prioritarios apoyados en la geomática, vinculando otras variables bioclimáticas y socioeconómicas, en apoyo a la toma de decisiones, por parte de las autoridades de salud.

Seguimiento y monitoreo de la transmisión de las EDAs, para tener un diagnóstico y tratamiento oportuno.

Fortalecer las acciones preventivas, dirigidas a promover el desarrollo de correctos hábitos y estilos de vida saludable en las poblaciones.

Garantizar sistemas de abastecimiento de agua segura, y drenaje, para las comunidades marginadas.

Estandarizar la información en las bases de datos. Socializar esta herramienta con el sector salud, para poder identificar zonas idóneas para la presencia de EDAs.

Bibliografía

- Aguilera Klink, F. (2006). Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales. *Polis. Revista Latinoamericana*, 14.
- Alarcón, J. (2009). Epidemiología: Concepto, usos y perspectivas. *Revista peruana de epidemiología*, 13(1), 1-3.
- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., & Erhard, M. (2005). Validation of species–climate impact models under climate change. *Global change biology*, 11(9), 1504-1513.
- Ariza-López, F. J., Rodríguez-Avi, J., & Alba-Fernández, V. (2018). Control estricto de matrices de confusión por medio de distribuciones multinomiales. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 21, 215-226.
- Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., Soberón, J., & Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*, 222(11), 1810-1819.
- Benito, B., & Peñas, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 7, 100-119.
- Benito Garzón, M., Robson, T. M., & Hampe, A. (2019). Δ Trait SDMs: Species distribution models that account for local adaptation and phenotypic plasticity. *New Phytologist*, 222(4), 1757-1765.
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2008). *Epidemiología básica*. OPS.
- Bottinelli, O. R., Marder, G., Ulon, S. N., Sario, H. R., & Ramírez, L. (2001). *Vigilancia de los factores de riesgo-dengue en 8 municipios de Corrientes mediante el uso de Sistemas de Información Geográfico (SIG)*.

- Cabral, J. P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International journal of environmental research and public health*, 7(10), 3657-3703.
- Cameron, D., & Jones, I. G. (1983). John Snow, the Broad Street pump and modern epidemiology. *International journal of epidemiology*, 12(4), 393-396.
- Caso, M., González-Abraham, C., & Ezcurra, E. (2007). Divergent ecological effects of oceanographic anomalies on terrestrial ecosystems of the Mexican Pacific coast. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(25), 10530-10535.
- Castro, R., Erviti, J., & Leyva, R. (2007). Globalización y enfermedades infecciosas en las poblaciones indígenas de México. *Cadernos de Saúde Pública*, 23, S41-S50.
- Castro, V., & del Carmen, M. (2002). La vida en la adversidad: El significado de la salud y la reproducción en la pobreza. *Región y sociedad*, 14(25), 257-269.
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Valdez-Cepeda, R. D., Arreola-Ávila, J., & Constante-García, V. (2011). Effects of the El Niño Southern Oscillation on precipitation in the upper Nazas River watershed. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(Special Issue), 207-215.
- CEVECE, C. E. de V. E. C. de enfermedades. (2019a). *Control de Enfermedades (2016)*.
- CEVECE, C. E. de V. E. C. de enfermedades. (2019b). *Panorama Epidemiológico de las EDAs en menores de cinco años en el Estado de México*.
- Chan, M. (2015). Achieving a cleaner, more sustainable, and healthier future. *The Lancet*, 386(10006), e27-e28.
- Chang, M. (2008). *El cambio climático es una amenaza muy directa para la salud. Declaración de la Directora General de la OMS con ocasión del Día Mundial de la Salud. Declaración. 7 de abril de 2008. Ginebra: OMS; 2008 [citado 30 Abr 2014]*.
- Chin, J. (2001). *El control de las enfermedades transmisibles*. Pan American Health Org.

- CIIFEN. (2009). *Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastres 2009 para los conceptos de Amenaza, vulnerabilidad y riesgo*. <https://www.insp.mx/>.
http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&lang=es
- Comber, A., Fisher, P., Brunsdon, C., & Khmag, A. (2012). Spatial analysis of remote sensing image classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 127, 237-246.
- Cruz-Cárdenas, G., Villaseñor, J. L., López-Mata, L., Martínez-Meyer, E., & Ortiz, E. (2014). Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en Maxent. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(2), 187-201.
- Daulaire, N. (1999). Globalization and health. *Development*, 42(4), 22-24.
- DAYMET. (2019). *Bases de Datos de Precipitación, Temperatura Máxima y Mínima*.
<https://daymet.ornl.gov/gridded/>
- Diario Oficial de la Federación. (2016). *Ley de aguas Nacionales*.
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf
- Díaz, C. G., González Díaz, E., & Domínguez, C. C. (2013). El cambio climático y la defensa nacional en Cuba. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51(1), 52-63.
- Díaz-Delgado, C., Esteller, M., Velasco-Chilpa, A., Martínez-Vilchis, J., Arriaga-Jordán, C., Vilchis-Francés, A., Manzano-Solís, L., Colín-Mercado, M., Miranda-Juárez, S., & Uribe-Caballero, M. (2009). Guía de planeación estratégica participativa para la gestión integrada de los recursos hídricos de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, Capítulo Estado de México. *Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México y Red Interinstitucional e Interdisciplinaria de Investigación, Consulta y Coordinación Científica para la Recuperación de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago (RED LERMA), México*.

- DOF. (2014). Programa especial de los pueblos indígenas 2014-2018. *Secretaría de gobernación*.
- Dore, M. H. (2015). *Global drinking water management and conservation*. Springer.
- Eastman, J. (2015). *TerrSet manual Version*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA, USA. 18:1-390.
- Efron, B. (1979). Computers and the theory of statistics: Thinking the unthinkable. *SIAM review*, 21(4), 460-480.
- Elika. (2013a). *ESCHERICHIA COLI*. *Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria*. 6.
- Elika. (2013b). *Salmonella*. *Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria*. 6.
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., & Lehmann, A. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1), 43-57.
- ENHIS. (2009). *European Environment and Health Information System. Outbreaks of waterborne diseases*. <http://www.euro.who.int/>
- Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., & Murray, C. J. (2004). Comparative quantification of health risks. *Global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. Geneva: World Health Organization, 2004, 1651-1801.
- Ferrier, S. (2002). Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: Where to from here? *Systematic biology*, 51(2), 331-363.
- Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental conservation*, 24(1), 38-49.
- Forde, M., Izurieta, R., Ôrmeci, B., Arellano, M., & Mitchell, K. (2019). Agua y salud. *Calidad del Agua en las Américas*, 29.

- Franklin, J. (2010). *Mapping species distributions: Spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.
- Frumkin, H. (2010). *Salud ambiental: De lo global a lo local*. Organización Panamericana de la Salud.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*.
- Goerndt, M. E., Wilson, B. T., & Aguilar, F. X. (2019). Comparison of small area estimation methods applied to biopower feedstock supply in the Northern US region. *Biomass and bioenergy*, 121, 64-77.
- Gómez Albores, M A. (2012). *Modelación Geomática de Medidas de Frecuencia y de Asociación, aplicada a enfermedades vinculadas con el agua*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Graham, C. H., Moritz, C., & Williams, S. E. (2006). Habitat history improves prediction of biodiversity in rainforest fauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(3), 632-636.
- Grünwald, P. D., & Dawid, A. P. (2004). Game theory, maximum entropy, minimum discrepancy and robust Bayesian decision theory. *the Annals of Statistics*, 32(4), 1367-1433.
- Guisan, A., Broennimann, O., Engler, R., Vust, M., Yoccoz, N. G., Lehmann, A., & Zimmermann, N. E. (2006). Using niche-based models to improve the sampling of rare species. *Conservation biology*, 20(2), 501-511.
- Guisan, A., Edwards Jr, T. C., & Hastie, T. (2002). Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: Setting the scene. *Ecological modelling*, 157(2-3), 89-100.

- Hijmans, R. J. (2004). Arc Macro Language (AML®) version 2.1 for calculating 19 bioclimatic predictors: Berkeley, Calif, Museum of Vertebrate Zoology. *University of California at Berkeley*. Available at <http://www.worldclim.org/bioclim>.
- Hunter, P. R. (2003). Climate change and waterborne and vector-borne disease. *Journal of applied microbiology*, 94, 37-46.
- INEGI. (2015). *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Bases de datos de egresos hospitalarios*. <https://www.inegi.org.mx>
- INEGI. (2016). *Acerca de México*. <https://www.insp.mx/>.
<https://embamex.sre.gob.mx/eua/index.php/es/enterate/391-acerca-de-mexico>
- INSST. (2015). *Entamoeba Histolytica. Instituto Nacional de Seguridad e higiene del Trabajo*. 5.
- Jackson, R. B., Carpenter, S. R., Dahm, C. N., McKnight, D. M., Naiman, R. J., Postel, S. L., & Running, S. W. (2001). Water in a changing world. *Ecological applications*, 11(4), 1027-1045.
- Jaynes, E. T. (1957). Information theory and statistical mechanics. *Physical review*, 106(4), 620.
- Kistemann, T., Herbst, S., Dangendorf, F., & Exner, M. (2001). GIS-based analysis of drinking-water supply structures: A module for microbial risk assessment. *International journal of hygiene and environmental health*, 203(4), 301-310.
- Kundzewicz, Z., Mata, L., Arnell, N., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K., Oki, T., Sen, Z., & Shiklomanov, I. (2007). *Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden and CE Hanson, Eds.*
- Lawler, J. J., White, D., Neilson, R. P., & Blaustein, A. R. (2006). Predicting climate-induced range shifts: Model differences and model reliability. *Global Change Biology*, 12(8), 1568-1584.

- Longley, P. A. (2003). Geographical Information Systems: Developments in socio-economic data infrastructures. *Progress in Human Geography*, 27(1), 114-121.
- López-Moreno, S., Garrido-Latorre, F., & Hernández-Avila, M. (2000). Desarrollo histórico de la epidemiología: Su formación como disciplina científica. *Salud pública de México*, 42, 133-143.
- Luong, T. A. (2020). Globalization and infectious diseases: Evidence on the reproduction rate of the COVID-19 pandemic. *Tuan Luong and Thu hang Nguyen,(2020)'Globalization and Infectious Diseases: Evidence on the Reproduction Rate of the COVID-19 Pandemic', Economics Bulletin*, 40(2), 1675-1685.
- Madigan, M. T., Martinko, J., & Parker, J. (2001). *Biología de los microorganismos. Octava edición. Ed.*
- Manzollillo, B. (2019). Uso de Tecnologías Limpias en la Desinfección del Agua para la Reducción de Diarrea en Niños. Revisión Sistemática. *Tekhné*, 22(1).
- Martínez, M. F., & Osnaya, P. (2004). *Cambio climático: Una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología.
- McClung, D. (2013). The effects of El Niño and La Niña on snow and avalanche patterns in British Columbia, Canada, and central Chile. *Journal of Glaciology*, 59(216), 783-792.
- Moreno-Altamirano, A., López-Moreno, S., & Corcho-Berdugo, A. (2000). Principales medidas en epidemiología. *Salud pública de México*, 42, 337-348.
- Najera Mota, N. (2011). *Modelación de Tendencia Espacio Temporal de Enfermedades Relacionadas con el Agua y su Asociación con Determinantes Ambientales*. Uniiversidad Autónoma del Estado de México.
- Nix, H. A. (1986). A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. *Atlas of elapid snakes of Australia*, 7, 4-15.

- Nix, H., McMahon, J., & Mackenzie, D. (1977). Potential areas of production and the future of pigeon pea and other grain legumes in Australia. *The potential for pigeon pea in Australia. Proceedings of Pigeon Pea (Cajanus cajan (L.) Millsp.) Field Day*, 5.
- NOAA. (2015). *El Niño*.
- O'Donnell, M. S., & Ignizio, D. A. (2012). Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States. *US Geological Survey Data Series*, 691(10).
- OMS. (2018). *Cambio Climático y Salud*. <https://www.who.int/es/about/who-we-are/frequently-asked-questions>
- OPS. (2011). *Sistemas de Información Geográfica en Salud Pública*. <https://www.insp.mx/>.
<http://ais.paho.org/sigepi/index.asp>
- Ordoñez Sierra, R. (2018). *Dinámica de zonas climáticas y su relación con la distribución potencial del Aedes aegypti*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., & Dasgupta, P. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ipcc.
- Patz, J. A., Martens, W., Focks, D. A., & Jetten, T. H. (1998). Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change. *Environmental health perspectives*, 106(3), 147-153.
- Payam, R., Lei, T., & Huan, L. (2008). K-fold Cross-Validation. *Arizona State University*.
- Pérez Jiménez, D., Diago Garrido, Y., Corona Miranda, B., Espinosa Díaz, R., & González Pérez, J. E. (2011). Enfoque actual de la salud ambiental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 49(1), 84-092.

- Peterson, A. T., & Soberón, J. (2012a). Species distribution modeling and ecological niche modeling: Getting the concepts right. *Natureza & Conservação, 10*(2), 102-107.
- Peterson, A. T., & Soberón, J. (2012b). Species distribution modeling and ecological niche modeling: Getting the concepts right. *Natureza & Conservação, 10*(2), 102-107.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling, 190*(3-4), 231-259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008a). Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography, 31*(2), 161-175.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008b). Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography, 31*(2), 161-175.
- PND. (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. México: Gobierno de la República.
Recuperado de <http://pnd.gob.mx>. *Salud pública de México*.
- Prüss-Üstün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R., & Neira, M. (2016). *Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks*. World Health Organization.
- Puente, J. L., & Calva, E. (2017). The One Health Concept—The Aztec empire and beyond. *Pathogens and disease, 75*(6).
- Quintana, M. (2013). Salomon O, Guerra R, De Grosso ML, Fuenzalida A. Phlebotominae of epidemiological importance in cutaneous leishmaniasis in northwestern Argentina: Risk maps and ecological niche models. *Med Vet Entomol, 27*(1), 39-48.
- Ren, H.-L., Wu, Y., Bao, Q., Ma, J., Liu, C., Wan, J., Li, Q., Wu, X., Liu, Y., & Tian, B. (2019). The China Multi-Model Ensemble Prediction System and Its Application to Flood-Season Prediction in 2018. *Journal of Meteorological Research, 33*(3), 540-552.

- Robert P. Anderson M., M. E. A.-L. (2015). *spThin: An R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models*.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ecog.01132>
- Rodríguez, H. R., Díaz, M. H., Velandia, J. I., & Grameix, H. V. (2006). Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población en México. *INE/INSP, México DF*.
- Rodríguez-Gaviria, E. (2012). Diseño Metodológico para la Evaluación del Riesgo por Inundación a Nivel Local con Información Escasa. *Proyecto de Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*.
- Rosengaus, M. (2010). Impacto de los Ciclones Tropicales en las Cuencas de México. *Las Cuencas Hidrográficas de México Diagnóstico y Priorización*, 32-37.
- Rujano, M., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Rondón, M., Sánchez, Y., Rojas, M., González, N., Cazorla, D., & Nieves, E. (2015). Modelo de la distribución de especies vectores de leishmaniasis del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en Mérida Venezuela. *Intropica*, 37-51.
- Saker, L., Lee, K., Cannito, B., Gilmore, A., & Campbell-Lendrum, D. H. (2004). *Globalization and infectious diseases: A review of the linkages*. World Health Organization.
- Salazar-Ceballos, A., Freyle, N., Tamara, G., & Álvarez-Miño, L. (2016). Percepción sobre riesgo al cambio climático como una amenaza para la salud humana, Taganga, Santa Marta, 2014. *Luna Azul*, 43, 102-127.
- Santillán, N. S., & Garduno, R. (2008). Algunas consideraciones acerca de los sistemas de clasificación climática. *ContactoS*, 68, 5-10.
- Santos, C. A. (2019). Paradigmas de la gestión integrada del agua (I): Una crítica evolutiva a la Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH)/PARADIGMS OF INTEGRATED WATER

- MANAGEMENT (I): AN EVOLUTIONARY CRITIQUE TO INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT (IWRM). *Revista Científica ECOCIENCIA*, 6(2).
- Scheldeman, X., & van Zonneveld, M. (2011). *Manual de capacitación en análisis espacial de diversidad y distribución de plantas*.
- Secretaria Salud. (2019). *Instituto Nacional de Salud Pública*. <https://www.insp.mx/>.
<https://www.insp.mx/>
- Seguí, A. E., Portalés, C., Cabrelles, M., & Lerma, J. L. (2012). Los sistemas de información geográfica: Concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración. *Loggia, Arquitectura & Restauración*, 24-25, 122-131.
- Settles, I. H., Buchanan, N. T., Yap, S. C., & Harrell, Z. A. (2014). Sex differences in outcomes and harasser characteristics associated with frightening sexual harassment appraisals. *Journal of Occupational Health Psychology*, 19(2), 133.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
- SMN. (2019). *Ciclones Tropicales en México*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica>
- Soares, D., Vargas, S., & Nuño, M. R. (2008). *La gestión de los recursos hídricos: Realidades y perspectivas*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara (México) Instituto Mexicano de ...
- Soberon, J., & Peterson, A. T. (2005). *Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas*.
- SSA. (2010). *Panorama Epidemiológico y Estadístico de la Mortalidad en Mexico, 2010*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/267597/Mortalidad_2010.pdf
- SSA, S. de S. (2014). *Prevención de Enfermedades Diarreicas Agudas y Cólera. Programa Sectorial de Salud 2013-2018*.

SSA, S. de S. (2018). *Informe Semanal de Vigilancia Epidemiológica*.

SSA, S. de S. (2019). *Prevención de Enfermedades Diarreicas Agudas y Cólera 2013-2018*. Secretaría de Salud.

http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/PAE_PreencionEnfermedadesDiarreicasAgudasColera2013_2018.pdf

Suñer, J. (2009). Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad. *Cuadernos Internacionales pra el desarrollo humano. Tecnología de la Información Geográfica*, 9.

Thornton, P.E, Thornton, M.M, Mayer, B.W, Wei, Y, Devarakonda, R, Vose, R.S, & Cook, R.B.

(2017). *Daily SurfaceWeather Data on a 1-km Grid for North America, Version 3; Oak Ridge National Lab: Oak Ridge, UK*.

Torres, M. A. F., Ceballos, M. C., González, L. M. D., & Dutil, M. V. (2019). Efectos del cambio climático en la salud. *Revista Información Científica*, 97(4).

Torres, R., & Jayat, J. P. (2010). Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (Cingulata, Artiodactyla y Rodentia) típicas del Chaco en Argentina.

Mastozoología neotropical, 17(2), 335-352.

Torres-Olave, M. E., Urita, O., Sanin, L. H., & Alarcón, M. T. (2008). Asociación geográfica entre la mortalidad por criptosporidiosis y deficiencias en la nutrición en el estado de Chihuahua (Mèxico). *Revista Salud Pública y Nutrición*, 9(2).

Townsend Peterson, A., Papeş, M., & Eaton, M. (2007). Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. *Ecography*, 30(4), 550-560.

Trenberth, K. E. (1997). The definition of el nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12), 2771-2778.

- Tweed, S. O., Leblanc, M., Webb, J. A., & Lubczynski, M. W. (2007). Remote sensing and GIS for mapping groundwater recharge and discharge areas in salinity prone catchments, southeastern Australia. *Hydrogeology Journal*, 15(1), 75-96.
- UAEMEX, U. A. del E. de M. (2012). *Monte Tláloc II*. <http://www.uaemex.mx>
- Vågene, Å. J., Herbig, A., Campana, M. G., García, N. M. R., Warinner, C., Sabin, S., Spyrou, M. A., Valtueña, A. A., Huson, D., & Tuross, N. (2018). Salmonella enterica genomes from victims of a major sixteenth-century epidemic in Mexico. *Nature ecology & evolution*, 2(3), 520-528.
- Valero-Bernal, M., & Tanner, M. (2008). Globalization and health: The case of tropical and neglected diseases. *Revista MVZ Córdoba*, 13(1), 1252-1264.
- Valinoti, S., Cioffi, J., Branne, J., Jaca Pozzi, G., Bonoldi, J., Dalinger, N., Heimbigner, N., Reyes, F., Soto, L., & Angheben, E. (2019). *Actividades de difusión y formación en el marco de la cátedra libre de hidráulica comunitaria*. V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2019).
- Varela, S., Mateo, R. G., García-Valdés, R., & Fernández-González, F. (2014). Macroecología y ecoinformática: Sesgos, errores y predicciones en el modelado de distribuciones. *Revista Ecosistemas*, 23(1), 46-53.
- Velásquez, C., Cardona, O. D., Yamín, L., Mora, M., & Barbat, A. (2011). *Curva de excedencia de pérdidas híbrida para la representación del riesgo*.
- Walt, G. (2001). Globalization and health. *Medicine, Conflict and Survival*, 17(1), 63-70.
- Water, S., & World Health Organization. (2002). *Emerging issues in water and infectious disease*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2019). *Safer water, better health*.
- Yassi, A., Kjellström, T., Kok, T. de, & Guidotti, T. L. (2002). *Salud ambiental básica*.

Anexos**Anexo 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Agenda 2030.**

| | |
|-----------|--|
| 1 | Erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo. |
| 2 | Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible. |
| 3 | Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades. |
| 4 | Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos. |
| 5 | Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas. |
| 6 | Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. |
| 7 | Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos. |
| 8 | Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos. |
| 9 | Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación. |
| 10 | Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos. |
| 11 | Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. |
| 12 | Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles. |
| 13 | Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. |
| 14 | Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible. |
| 15 | Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica. |
| 16 | Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles. |
| 17 | Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible. |

Anexo 2 Tarjetas de valoración de las variables bioclimáticas

2-1. Temperatura media anual (Bio1)

| Bio1 |
|--|
| Definición: Temperatura media anual |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Temperatura promedio para cada mes ($Tavg_i$) |
| <p>Cálculo:</p> $Bio1 = \sum_{i=1}^{i=12} Tavg_i$ <p>Donde:</p> <p>$i = mes$</p> <p>$Tavg_i = Temperatura\ promedio\ para\ cada\ mes.$</p> <p>Calculamos la temperatura promedio de cada mes y luego promediamos estos resultados durante doce meses.</p> |
| Interpretación: La temperatura media anual, aproxima el total de entrada de energía para un ecosistema. |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-2. Rango diurno medio anual (Bio2)

| Bio2 | |
|--------------------------|--|
| Definición: | Rango diurno medio anual |
| Unidad de medida: | Grados Celsius |
| Datos de entrada: | Temperatura máxima mensual (°C) y temperatura mínima mensual (°C) |
| Cálculo: | $Bio2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} (Tmax_i - Tmin_i)}{12}$ <p>Donde:</p> <p>$i = mes$</p> <p>$Tmax_i = Temperatura\ máxima\ mensual$</p> <p>$Tmin_i = Temperatura\ mínima\ mensual$</p> <p>Cada rango diurno mensual es la diferencia entre la temperatura máxima y mínima de ese mes. Esta diferencia se promedia durante los doce meses del año.</p> |
| Interpretación: | Este índice puede ayudar a proporcionar información relacionada con la relevancia de la fluctuación de temperatura para diferentes especies. |
| Fuente: | (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-3. Isotermalidad (Bio3)

| Bio3 |
|---|
| Definición: Isotermalidad. cuantifica qué tan grandes oscilan las temperaturas de día a noche en relación con las oscilaciones de verano a invierno (anuales). |
| Unidad de medida: Por ciento |
| Datos de entrada: Resultado de la Bio2 y la Bio7 |
| <p>Cálculo:</p> $Bio3 = \frac{Bio2}{Bio7} \times 100$ <p>Donde:</p> <p><i>Bio2 = Rango diurno medio anual</i></p> <p><i>Bio7 = Rango de temperatura anual</i></p> <p>La Isotermalidad se obtiene calculando la relación del rango diurno medio (Bio 2) al rango de temperatura anual (Bio 7, que se analiza a continuación), y luego multiplicando por 100.</p> |
| <p>Interpretación: Un valor isotérmico de 100 indica que el rango de temperatura diurna es equivalente al rango de temperatura anual, mientras que cualquier valor inferior a 100 indica un menor nivel de variabilidad de temperatura dentro de un mes promedio en relación con el año.</p> <p>La distribución de especies puede verse influenciada por fluctuaciones de temperatura mayores o menores dentro de un mes en relación con el año.</p> |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-4. Temperatura estacional (Bio4)

| Bio4 |
|---|
| Definición: Temperatura estacional. La cantidad de variación de temperatura durante un año determinado (o años promedio) en función de la desviación estándar (variación) de los promedios de temperatura mensuales |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Temperatura promedio para cada mes ($Tavg_i$) |
| <p>Cálculo:</p> $Bio4 = SD\{Tavg_1, \dots, Tavg_{12}\}$ <p>Donde:</p> <p>$i = mes$</p> <p>$SD = Desviación\ estándar$</p> <p>$Tavg_1 = Temperatura\ promedio\ del\ mes\ 1$</p> <p>$Tavg_{12} = Temperatura\ promedio\ del\ mes\ 12$</p> <p>Se calcula la desviación estándar de los 12 valores medios de temperatura mensual</p> |
| Interpretación: La estacionalidad de la temperatura es una medida del cambio de temperatura en el transcurso del año. Cuanto mayor es la desviación estándar, mayor es la variabilidad de la temperatura |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-5. Temperatura máxima del mes más cálido (Bio5)

| Bio5 | |
|--------------------------|--|
| Definición: | Temperatura máxima del mes más cálido |
| Unidad de medida: | Grados Celsius |
| Datos de entrada: | Temperatura máxima mensual (°C) |
| Cálculo: | $Bio5 = \max(\{Tmax_1, \dots, Tmax_{12}\})$ <p>Donde:</p> <p>$max =$ Temperatura máxima del mes más cálido</p> <p>$Tmax_1 =$ Temperatura máxima del mes 1</p> <p>$Tmax_{12} =$ Temperatura máxima del mes 12</p> <p>Esto se calcula <i>seleccionando</i> el valor de temperatura máxima en todos los meses dentro de un año determinado</p> |
| Interpretación: | Esta información es útil al examinar si las distribuciones de especies se ven afectadas por anomalías de temperatura cálida durante todo el año |
| Fuente: | (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-6. Temperatura mínima del mes más frío (Bio6)

| Bio6 |
|--|
| Definición: Temperatura mínima del mes más frío |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Temperatura mínima mensual (°C) |
| <p>Cálculo:</p> $Bio6 = \min(\{Tmin_1, \dots, Tmin_{12}\})$ <p>Donde:</p> <p>min = Temperatura mínima del mes más frío</p> <p>$Tmin_1$ = Temperatura mínima del mes 1</p> <p>$Tmin_{12}$ = Temperatura mínima del mes 12</p> <p>Se calcula <i>seleccionando</i> el valor de temperatura mínima en todos los meses dentro de un año determinado</p> |
| Interpretación: Esta información es útil al examinar si las distribuciones de especies se ven afectadas por anomalías de temperatura fría durante todo el año |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-7. Rango de temperatura anual (Bio7)

| Bio7 |
|---|
| Definición: Rango de temperatura anual. Una medida de la variación de temperatura durante un periodo determinado |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Resultado de la Bio5 y la Bio6 |
| <p>Cálculo:</p> $Bio7 = Bio5 - Bio6$ <p>Donde:</p> <p><i>Bio5 = Temperatura máxima del mes más cálido</i> <i>Bio6 = Temperatura mínima del mes más frío</i></p> <p>Se calcula <i>sustrayendo</i> Bio5 (Temperatura máxima del mes más cálido) de Bio6 (Temperatura mínima del mes más frío)</p> |
| Interpretación: Esta información es útil al examinar si las distribuciones de especies se ven afectadas por rangos de condiciones de temperatura extrema |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-8. Temperatura media del trimestre más húmedo (Bio8)

| Bio8 |
|---|
| Definición: Temperatura media del trimestre más húmedo. Proporcionan temperaturas medias que prevalecen durante el trimestre más húmedo |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Temperatura promedio y la precipitación total para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} T_{avg_i}}{3}$ <p>Donde:</p> <p>$i = mes$</p> <p>$T_{avg_i} = Temperatura\ promedio\ para\ cada\ mes$</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, primero identificamos los tres meses consecutivos con la precipitación total acumulada más alta. los datos de temperatura se tomarán del trimestre que aparece primero cronológicamente. Luego calculamos la temperatura promedio para los tres meses con la precipitación acumulada más alta</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona temperaturas medias durante los tres meses más húmedos del año. Puede ser útil para examinar cómo dichos factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-9. Temperatura media del trimestre más seco (Bio9)

| Bio9 |
|---|
| Definición: Temperatura media del trimestre más seco. Proporcionan temperaturas medias que prevalecen durante el trimestre más seco |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Temperatura promedio y la precipitación total para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio9 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} T_{avg_i}}{3}$ <p>Donde:</p> <p><i>i = mes</i></p> <p><i>T_{avg_i}</i> = Temperatura promedio para cada mes</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, primero identificamos los tres meses consecutivos con la precipitación total acumulada más baja. los datos de temperatura se tomarán del trimestre que aparece primero cronológicamente. Luego calculamos la temperatura promedio para los tres meses con la precipitación acumulada más baja</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona temperaturas medias durante los tres meses más secos del año. Puede ser útil para examinar cómo dichos factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-10. Temperatura media del trimestre más cálido (Bio10)

| Bio10 |
|---|
| Definición: Temperatura media del trimestre más cálido. Proporcionan temperaturas medias que prevalecen durante el trimestre más cálido |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Temperatura promedio para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio10 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} T_{avg_i}}{3}$ <p>Donde:</p> <p>$i = mes$</p> <p>$T_{avg_i} = Temperatura\ promedio\ para\ cada\ mes$</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, primero identificamos el trimestre más cálido del año (se suman las temperaturas promedio de cada mes en el trimestre; se selecciona el trimestre con el valor más alto). Luego calculamos la temperatura promedio de los tres meses en el trimestre más cálido.</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona temperaturas medias durante los tres meses más cálidos del año. Puede ser útil para examinar cómo dichos factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-11. Temperatura media del trimestre más frío (Bio11)

| Bio11 |
|---|
| Definición: Temperatura media del trimestre más frío. Proporcionan temperaturas medias que prevalecen durante el trimestre más frío |
| Unidad de medida: Grados Celsius |
| Datos de entrada: Temperatura promedio para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio11 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} T_{avg_i}}{3}$ <p>Donde:</p> <p>$i = mes$</p> <p>$T_{avg_i} = Temperatura\ promedio\ para\ cada\ mes$</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, primero identificamos el trimestre más frío del año (se suman las temperaturas promedio de cada mes en el trimestre; se selecciona el trimestre con el valor más bajo). Luego calculamos la temperatura promedio de los tres meses en el trimestre más frío.</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona temperaturas medias durante los tres meses más fríos del año. Puede ser útil para examinar cómo dichos factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-12. Precipitación anual total (Bio12)

| Bio12 |
|---|
| Definición: Precipitación anual total. Suma todos los valores de la precipitación mensual total |
| Unidad de medida: Milímetros |
| Datos de entrada: Precipitación total para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio12 = \sum_{i=1}^{i=12} PPT_i$ <p>Donde:</p> <p>$i = mes$</p> <p>$PPT_i = Precipitación\ mensual\ total$</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, sumamos los valores de precipitación de cada uno de los 12 meses en un año</p> |
| Interpretación: La precipitación total anual se aproxima a las entradas totales de agua y, por lo tanto, es útil al determinar la importancia de la disponibilidad de agua para la distribución de especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-13. Precipitación del mes más húmedo (Bio13)

| Bio13 |
|---|
| Definición: Precipitación del mes más húmedo. Identifica la precipitación total que prevalece en el mes más húmedo |
| Unidad de medida: Milímetros |
| Datos de entrada: Precipitación total para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio13 = \max(\{PPT_1, \dots, PPT_{12}\})$ <p>Donde:</p> <p>$PPT_1 =$ Precipitación máxima del mes 1</p> <p>$PPT_{12} =$ Precipitación máxima del mes 12</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, identificamos el mes con los totales de precipitación acumulada más altos</p> |
| Interpretación: El mes más húmedo es útil si las condiciones extremas de precipitación durante el año influyen en el rango potencial de una especie |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-14. Precipitación del mes más seco (Bio14)

| Bio14 |
|---|
| Definición: Precipitación del mes más seco. Identifica la precipitación total que prevalece en el mes más seco |
| Unidad de medida: Milímetros |
| Datos de entrada: Precipitación total para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio14 = \min(\{PPT_1, \dots, PPT_{12}\})$ <p>Donde:</p> <p>$PPT_1 =$ Precipitación mínima del mes 1</p> <p>$PPT_{12} =$ Precipitación mínima del mes 12</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, identificamos el mes con los totales de precipitación acumulada más bajos</p> |
| Interpretación: El mes más seco es útil si las condiciones extremas de precipitación durante el año influyen en el rango potencial de una especie |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-15. Precipitación estacional (Bio15)

| Bio15 |
|---|
| Definición: Precipitación estacional. También conocida como coeficiente de variación. Es la relación entre la desviación estándar de la precipitación total mensual y la precipitación total mensual promedio |
| Unidad de medida: Por ciento |
| Datos de entrada: Precipitación total mensual para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio15 = \frac{SD\{PPT_1, \dots, PPT_{12}\}}{1 + (Bio12/12)} \times 100$ <p>Donde:</p> <p><i>SD = Desviación Estandar</i> <i>PPT₁ = Precipitación total del mes 1</i> <i>PPT₁₂ = Precipitación total del mes 12</i> <i>1 + (Bio12/12) = Media mensual total precipitación</i></p> <p>Para calcular este predictor bioclimático, primero calculamos la desviación estándar de los 12 totales de precipitación mensual. Luego dividimos este resultado por el valor de precipitación mensual promedio. Se agrega uno al denominador para evitar valores extraños de CV donde la precipitación media es menor que 1. Por último, multiplicamos el resultado por 100.</p> |
| Interpretación: Dado que las distribuciones de especies pueden estar fuertemente influenciadas por la variabilidad en la precipitación este índice proporciona un porcentaje de la variabilidad de la precipitación donde los porcentajes más grandes representan una mayor variabilidad de la precipitación. |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-16. Precipitación del trimestre más húmedo (Bio16)

| Bio16 |
|---|
| Definición: Precipitación del trimestre más húmedo. Es el total de precipitación que prevalece en el trimestre más húmedo. |
| Unidad de medida: Milímetros |
| Datos de entrada: Precipitación total para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio16 = \sum_{i=1}^{i=3} PPT_i$ <p>Donde: <i>i</i> = mes <i>PPT_i</i> = Precipitación total para cada mes</p> <p>Para calcular este predictor bioclimático <i>primero identificamos los tres meses consecutivos con el total de precipitación acumulada más alto y luego sumamos los valores de precipitación para los tres meses</i>. Si se producen vínculos trimestrales, el primer trimestre cronológico se selecciona como el trimestre más húmedo</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona la precipitación total durante los tres meses más húmedos del año, lo que puede ser útil para examinar cómo tales factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-17. Precipitación del trimestre más seco (Bio17)

| Bio17 |
|---|
| Definición: Precipitación del trimestre más seco. Es el total de precipitación que prevalece en el trimestre más seco. |
| Unidad de medida: Milímetros |
| Datos de entrada: Precipitación total para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio17 = \sum_{i=1}^{i=3} PPT_i$ <p>Donde: <i>i</i> = mes <i>PPT_i</i> = Precipitación total para cada mes</p> <p>Para derivar este predictor bioclimático primero identificamos los tres meses consecutivos con el total de precipitación acumulada más bajo y luego sumamos los valores de precipitación para los tres meses. Si se producen vínculos trimestrales, el primer trimestre cronológico se selecciona como el trimestre más húmedo</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona la precipitación total durante los tres meses más secos del año, lo que puede ser útil para examinar cómo tales factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-18. Precipitación del trimestre más cálido (Bio18)

| Bio18 |
|---|
| Definición: Precipitación del trimestre más cálido. Es el total de precipitación que prevalece en el trimestre más cálido. |
| Unidad de medida: Milímetros |
| Datos de entrada: Promedio de temperatura y el total de precipitación para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio18 = \sum_{i=1}^{i=3} PPT_i$ <p>Donde: <i>i</i> = mes <i>PPT_i</i> = <i>Precipitación total para cada mes</i></p> <p>Para calcular este predictor bioclimático primero identificamos el trimestre más cálido del año (se suman las temperaturas promedio de cada mes en el trimestre; se selecciona el trimestre con el valor más alto). Si se producen lazos trimestrales, el primer trimestre cronológico se selecciona como el trimestre más cálido. Los valores de precipitación para los tres meses en este trimestre se suman.</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona la precipitación total durante los tres meses más cálidos del año, lo que puede ser útil para examinar cómo tales factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

2-19. Precipitación del trimestre más frío (Bio19)

| Bio19 |
|---|
| Definición: Precipitación del trimestre más frío. Es el total de precipitación que prevalece en el trimestre más frío. |
| Unidad de medida: Milímetros |
| Datos de entrada: Promedio de temperatura y el total de precipitación para cada mes |
| <p>Cálculo:</p> $Bio19 = \sum_{i=1}^{i=3} PPT_i$ <p>Donde: <i>i</i> = mes <i>PPT_i</i> = <i>Precipitación total para cada mes</i></p> <p>Para calcular este predictor bioclimático primero identificamos el trimestre más frío del año (se suman las temperaturas promedio de cada mes en el trimestre; se selecciona el trimestre con el valor más bajo). Si se producen lazos trimestrales, el primer trimestre cronológico se selecciona como el trimestre más bajo. Los valores de precipitación para los tres meses en este trimestre se suman.</p> |
| Interpretación: Este índice proporciona la precipitación total durante los tres meses más fríos del año, lo que puede ser útil para examinar cómo tales factores ambientales pueden afectar las distribuciones estacionales de las especies |
| Fuente: (O'Donnell & Ignizio, 2012) |

Anexo 3 Tarjetas de valoración de indicadores de frecuencia

3-1. Tarjeta de valoración para mortalidad

| Indicador de Mortalidad | |
|--|----------|
| Concepto: Expresa la dinámica de las muertes acaecidas en las poblaciones a través del tiempo y el espacio y solo permite comparaciones en este nivel de análisis. | |
| Objetivo: Cuando existen razones para suponer que la mortalidad puede variar entre los distintos subgrupos de la población, por edad, o por causa específica. | |
| <p>Fórmula:</p> $M = \frac{D_{ijk}}{N_{ijk}} F$ <p><i>Donde:</i></p> <p>M: mortalidad, D: número de muertes, N: total de población a riesgo, i=entidad espacial j= grupo de edades k= causa o grupo de causas F= factor de multiplicación 10ⁿ (100,000 hab)</p> | |
| Requerimientos de entrada Esta medida de frecuencia se calcula, dividiendo el número de defunciones de una causa, entre el total de población a riesgo, se multiplica por el factor (para el estudio fue de 100,000 hab) | |
| Unidad de medida: valor obtenido X 100.000 hab | |
| Escala de aplicación: Local, municipal, estatal, nacional, internacional | |
| Interpretación: | |
| [0-20[| Muy bajo |
| [20-40[| Bajo |
| [40-50[| Medio |
| [50-75[| Alto |
| [75-100] | Muy Alto |
| Fuente: (Moreno-Altamirano, A., López-Moreno, S., & Corcho-Berdugo, A, 2000) | |

3-2. Tarjeta de valoración para letalidad

| Indicador de letalidad | |
|--|----------|
| Concepto: Expresa el porcentaje de casos de una enfermedad que resultan mortales, con respecto al total de casos en un periodo especificado. | |
| Objetivo: Evaluar la capacidad de una enfermedad, para producir la muerte. | |
| Fórmula: | |
| $L = \frac{D_{ijk}}{C_{ijk}} F$ | |
| <i>Donde:</i> | |
| L: letalidad, D: número de muertes, C: número de casos de enfermedad | |
| i=entidad espacial | |
| j= grupo de edades | |
| k= causa o grupo de causas | |
| F= factor de multiplicación 10 ⁿ (100) | |
| Requerimientos de entrada | |
| Esta medida de frecuencia se calcula, dividiendo el número de defunciones de una causa, entre el total de casos confirmados de la misma causa, se multiplica por el factor (100) | |
| Unidad de medida: De 0-1 ó de 0-100 (cuando se refiere a porcentajes) | |
| Escala de aplicación: Local, municipal, estatal, nacional, internacional | |
| Interpretación: | |
| [0-20[| Muy bajo |
| [20-40[| Bajo |
| [40-50[| Medio |
| [50-75[| Alto |
| [75-100] | Muy Alto |
| Fuente: (Moreno-Altamirano, A., López-Moreno, S., & Corcho-Berdugo, A, 2000) | |

3-3. Tarjeta de valoración para incidencia acumulada

| Indicador de Morbilidad | |
|---|----------|
| Concepto: Expresa la probabilidad de una población de contraer una enfermedad en un periodo específico. | |
| Objetivo: Determinar la probabilidad de que un individuo desarrolle el evento, en una población a riesgo | |
| <p>Fórmula:</p> $IA = \frac{C_{ijk}}{N_{ijk}} F$ <p>Donde:</p> <p>IA: incidencia acumulada, C: número de casos de enfermedad, N= total de población a riesgo.</p> <p>i=entidad espacial</p> <p>j= grupo de edades</p> <p>k= causa o grupo de causas</p> <p>F= factor de multiplicación 10ⁿ (100,000 hab)</p> | |
| Requerimientos de entrada | |
| Esta medida de frecuencia se calcula, dividiendo el número de casos confirmados de enfermedad, entre el total de población a riesgo, se multiplica por el factor (para el estudio fue de 100,000 hab) | |
| Unidad de medida: valor obtenido X 100.000 hab | |
| Escala de aplicación: Local, municipal, estatal, nacional, internacional | |
| Interpretación: | |
| [0-20[| Muy bajo |
| [20-40[| Bajo |
| [40-50[| Medio |
| [50-75[| Alto |
| [75-100] | Muy Alto |
| Fuente: (Moreno-Altamirano, A., López-Moreno, S., & Corcho-Berdugo, A, 2000) | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| A071 | Giardiasis [lambliasis] | 819 | 85 | 76 | 78 | 71 | 70 | 52 | 62 | 57 | 33 | 44 | 43 | 34 | 48 | 36 | 30 |
| A072 | Criptosporidiosis | 28 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 0 | 2 | 2 | 3 |
| A073 | Isosporiasis | 25 | | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 | 2 | 1 | 4 | 1 | 0 | 1 | | 3 | 2 |
| A078 | Otras enfermedades por protozoarios | 72 | 3 | 8 | 8 | 5 | 16 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 9 | 0 | 1 | 6 | 1 |
| A079 | Enfermedad intestinal por protozoarios, no especificada | 231 | 22 | 18 | 22 | 26 | 35 | 16 | 30 | 8 | 6 | 6 | 7 | 3 | 6 | 18 | 8 |
| A08 | Infecciones por virus | 18967 | 979 | 1189 | 891 | 929 | 1069 | 1504 | 1706 | 2311 | 1810 | 1149 | 894 | 757 | 871 | 1104 | 1804 |
| A080 | Rotavirus | 5005 | 88 | 330 | 169 | 214 | 324 | 457 | 513 | 827 | 667 | 375 | 259 | 174 | 233 | 211 | 164 |
| A081 | Agente de Norwalk | 89 | 6 | 4 | 4 | 4 | 5 | 10 | 8 | 6 | 10 | 7 | 7 | 1 | 4 | 5 | 8 |
| A082 | Enteritis debida a adenovirus | 23 | 1 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 3 |
| A083 | Otras enteritis virales | 2478 | 53 | 53 | 67 | 45 | 104 | 157 | 225 | 372 | 345 | 261 | 299 | 153 | 109 | 131 | 104 |
| A084 | Infección viral, sin otra especificación | 9126 | 764 | 769 | 609 | 619 | 607 | 820 | 915 | 1021 | 636 | 400 | 262 | 261 | 260 | 407 | 776 |
| A085 | Otras infecciones especificadas | 2246 | 67 | 30 | 42 | 45 | 26 | 60 | 45 | 83 | 150 | 104 | 66 | 168 | 263 | 348 | 749 |
| A09X | Gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 337271 | 20375 | 21333 | 21708 | 23859 | 23020 | 27912 | 28215 | 30320 | 28106 | 22849 | 20382 | 20156 | 23547 | 20608 | 4881 |