

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



**TECNOLOGICO
DE MONTERREY®**

**IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS
SECTORES SALUD Y ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE MONTERREY.**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS AMBIENTALES**

POR:

RUBINIA IVETH FERNÁNDEZ FLORES

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE 2009

Dedicatoria

A mis padres por darme la vida.

A mi hermana por ser mi amiga.

A Ricardo por elegirme para compartir el resto de nuestras vidas.

Agradecimientos

A *mis papás*, Raúl y Rubinia, por su gran ejemplo, guiarme en el camino de la vida, su amor, comprensión, apoyo y alentarme a ser mejor cada día, a ustedes les debo quien soy.

A *Ricardo* por su amor, dedicación, tiempo, compañía, consejos, opiniones, comprensión, paciencia, aliento, aceptarme como soy, apoyo incondicional y tantas cosas más que no sé ni cómo enlistar.

A *mi hermanita*, Zaira, por su amor y compañía.

A mi asesor, el Dr. Gerardo Mejía, y mi sinodal, el Dr. Mario Manzano, por aceptar formar parte de mi comité, por sus enseñanzas, apoyo y principalmente por brindarme la confianza de formar parte de un proyecto tan importante como lo es el PACC-NL.

A mi sinodal, el Dr. Fabián Lozano, de igual manera por aceptar formar parte de mi comité y por sus múltiples enseñanzas y aportaciones.

Al Dr. José Ángel Loredó por animarme a embarcar en esta experiencia y también a Hugo Morales y Marco Parga que siempre han creído en mí y me han brindado su amistad.

A mi compañero de tesis, Román Castañeda, por las largas jornadas de trabajo, consejos, apoyo, y el continuo intercambio de conocimientos.

A Thania López y Román Castañeda por el excelente equipo que conjuntamos para desarrollar el proyecto, sin ustedes todo este trabajo no hubiera sido posible.

A mis compañeros y amigos de esta carrera: Lucía Martínez, Mathias Cochais⁺, Raúl Sánchez, Laura Medrano, Verónica Torres, Yasmany Mancilla, Araceli González, Mixtli Campos, y Enrique Lucero por todas las vivencias que han marcado esta etapa y sobre todo gracias por su apoyo y aliento.

A mis compañeros de laboratorio Marco Martínez, Citlalí Lerma y Alejandro Sierra por compartir este espacio conmigo.

A CONACYT e ITESM porque gracias a ellos tenemos la oportunidad de seguirnos preparando académicamente.

A las instituciones: INE, Embajada Británica, CONAGUA, UNAM, por su apoyo en la elaboración de este proyecto.

Wow!! Tengo tantas cosas que agradecer que una página no me basta... ¡gracias a la vida!

... *Gracias, muchas gracias!!!*

Resumen

Se han generado modelos de circulación general para estimar de forma cuantitativa la tendencia climática con base a distintos escenarios de emisión dependientes de factores sociales y económicos de desarrollo. En este trabajo se regionalizaron escenarios de temperatura mínima, máxima y precipitación pluvial en Nuevo León a partir del escenario base correspondiente al periodo 1960-1990. Los resultados muestran que para el 2020 se prevén en ambos escenarios incrementos de 0.51-1.00° C en temperatura y 6% en precipitación de la mayor parte del Estado; en el 2050 incrementos de temperatura para ambos escenarios entre 1.01-1.50°C y mismas condiciones de precipitación que al 2020; y para el 2080 se estiman incrementos de temperatura entre 2.01-2.50°C e incrementos de precipitación casi nulos, entre 0.1 a 2% para el escenario A2 y aumento de 6.1 a 10% para el A1B, todos estos cambios con referencia al escenario base. Se estimaron los impactos potenciales del cambio climático en la salud y demanda de energía eléctrica por confort.

Para estimar los impactos en salud se recopiló información sobre la incidencia de las enfermedades infecciosas transmitidas por y sin vector como dengue clásico y hemorrágico, paludismo, oncocercosis, leishmaniasis, tripanosomiasis, cólera, salmonelosis, shigelosis y fiebre tifoidea en Nuevo León. Se calcularon correlaciones de Pearson de los datos de casos de enfermedades del periodo 1996 a 2006 con la temperatura mínima, máxima, media y la precipitación, se encontró una correlación positiva entre las condiciones climatológicas con los casos presentados de salmonelosis, shigelosis y fiebre tifoidea. En el caso del dengue clásico y hemorrágico se observó una correlación con un periodo de desfase de dos meses los meses, que puede ser atribuible al periodo de incubación y transmisión de la enfermedad.

El sector industrial, consume el 72% del total de energía en el Estado. La vulnerabilidad de este sector dependerá de la disposición de energía. Se espera que el grado de vulnerabilidad en las principales industrias será muy alta en la industria de sustancias

químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plásticos; alta en las industrias del Papel y metalmecánicas; y media alta en productos alimenticios, bebidas y tabaco y en Productos minerales no metálicos. El sector residencial, consume el 21% del total de energía del Estado. En este sector el impacto se verá reflejado en un aumento en la demanda de energía para satisfacer las necesidades de confort, los resultados muestran un aumento de entre 2% a 7% para el 2020, entre 6% y 11% para el 2050 y entre 12% a 17% para el periodo 2080 bajo escenario A1B y A2 con respecto al escenario base.

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii
Índice	v
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tablas	xii
Capítulo I	1
Cambio climático y vulnerabilidad.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Programa de Acción ante el Cambio Climático en Nuevo León.....	5
1.3. Objetivo	6
1.4. Alcance	7
Capítulo II.....	8
Aspectos generales.....	8
2.1. Factores climáticos	8
2.2. Escenarios de Cambio Climático.....	11
2.3. Impactos y vulnerabilidad	16
2.4. Área de estudio	18
Capítulo III.....	27
Escenarios de cambio climático para Nuevo León	27
3.1. Metodología.....	27
3.2. Resultados.....	32
3.1. Discusión de resultados	42

Capítulo IV.....	46
Impactos del cambio climático en los sectores salud y energía eléctrica	46
4.1. Sector salud.....	46
4.2. Sector energía eléctrica.....	68
Capítulo V.....	75
Conclusiones y Recomendaciones.....	75
5.1. Conclusiones.....	75
5.2. Recomendaciones	76
Referencias.....	78
VITA	85
Anexo A: Técnicas de escalamiento de escenarios.....	86
Anexo B: Descripción del modelo LARS-WG.....	87
Anexo C: Pasos en LARS-WG para reducción de escala temporal.....	90
Anexo D: Datos y mapas para generación de escenarios	92
Anexo E: Incertidumbre asociada al cálculo de escenarios	105
Anexo F: Base de datos de enfermedades.....	121

Índice de Figuras

Figura 1. 1 Efecto Invernadero y Calentamiento Global	2
Figura 2. 1 Altitud y Climas	9
Figura 2. 2 Zonas climáticas de la Tierra.....	10
Figura 2. 3 Incidencia de los rayos solares	11
Figura 2. 4 Líneas evolutivas y familias de escenarios a partir de los IE.	12
Figura 2. 5 Descripción esquemática de los escenarios SRES.	13
Figura 2. 6 Riesgo en función de la vulnerabilidad y la amenaza.	17
Figura 2. 7 División política del Estado de Nuevo León.....	19
Figura 2. 8 Distribución de la población en el AMM al 2005	20
Figura 2. 9 Evolución de la población en el AMM	21
Figura 2.10 Distribución del consumo de energía eléctrica por sector.....	23
Figura 3. 1 Metodología para la elaboración de escenarios de cambio climático	27
Figura 3. 2 Diagrama de flujo para interpolación espacial entre estaciones.....	31
Figura 3. 3 Porcentaje de cambio por rango de incremento de temperatura mínima para los escenarios A1B y A2.....	33
Figura 3. 4 Porcentaje de cambio en la superficie del Estado por rango de incremento de temperatura máxima para los escenarios A1B y A2.....	33
Figura 3. 5 Porcentaje de cambio en la superficie del Estado por rango de cambio de porcentaje de precipitación A1B y A2.....	34
Figura 3. 6 Promedios de las variables climatológicas de temperatura mínima, máxima y precipitación observados en el período del escenario base de 1960 a 1990.	35
Figura 3. 7 Cambios en la temperatura mínima promedio bajo el escenario A1B del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.....	36

Figura 3. 8 Cambios en la temperatura máxima promedio bajo el escenario A1B del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.....	37
Figura 3. 9 Cambios en la precipitación bajo el escenario A1B del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.....	38
Figura 3. 10 Cambios en la temperatura mínima promedio bajo el escenario A2 del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.....	39
Figura 3. 11 Cambios en la temperatura máxima promedio bajo el escenario A2 del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.....	40
Figura 3. 12 Cambios en la precipitación bajo el escenario A2 del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.....	41
Figura 4. 1 Estrategia de investigación.....	48
Figura 4. 2 Serie de tiempo de casos reportados de dengue clásico.....	53
Figura 4. 3 Serie de tiempo de casos reportados de dengue hemorrágico.....	53
Figura 4. 4 Serie de tiempo de casos reportados de paludismo.....	54
Figura 4. 5 Serie de tiempo de casos reportados de oncocercosis.....	55
Figura 4. 6 Serie de tiempo de casos reportados de leishmaniasis.....	55
Figura 4. 7 Serie de tiempo de casos reportados de tripanosomiasis.....	56
Figura 4. 8 Serie de tiempo de casos reportados de cólera.....	56
Figura 4. 9 Serie de tiempo de casos reportados de Salmonelosis.....	57
Figura 4. 10 Serie de tiempo de casos reportados de fiebre tifoidea.....	57
Figura 4. 11 Serie de tiempo de casos reportados de shigelosis.....	58
Figura 4. 12 Casos mensuales de dengue clásico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas en el mes.....	61

Figura 4. 13 Casos mensuales de dengue clásico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas un mes antes.....	62
Figura 4. 14 Casos mensuales de dengue clásico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas dos meses antes.	63
Figura 4. 15 Casos mensuales de dengue hemorrágico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas en el mes.	64
Figura 4. 16 Casos mensuales de dengue hemorrágico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas un mes antes.....	65
Figura 4. 17 Casos mensuales de dengue hemorrágico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas dos meses antes.	66
Figura 4. 18 Distribución del volumen de ventas por tipo de industria a nivel nacional..	69
Figura 4. 19 Distribución del consumo de energía eléctrica en el hogar en ciudades de clima cálido.....	71
Figura 4. 20 Serie de tiempo de la temperatura máxima durante el año.....	72
Figura C. 1 Ventana de entrada de LARS-WG	90
Figura C. 2 Ventana para ingresar la serie de datos observados.....	91
Figura C. 3 Ventana para asignar el escenario a cada estación y generar las series diarias.	91
Figura D. 1 Mapa de las estaciones meteorológicas seleccionadas por contar con bases de datos con al menos 48.6% de los datos válidos para las variables Precipitación, Temperatura máxima y mínima, en un intervalo de más de 26 años.....	92
Figura D. 2 Mapa de altitud sobre el nivel del mar para el Estado Nuevo León.	100
Figura D. 3 Distancia al mar de las estaciones meteorológicas del Estado de Nuevo León.	101

Figura D. 4 Orientación de la exposición solar.....	102
Figura D. 5 Índice de cartas DEM INEGI 1:50,000 utilizadas	103
Figura D. 6 Distribución espacial de las estaciones meteorológicas en el Estado y a 50Km.....	104
Figura E. 1 Estaciones meteorológicas ubicadas en el AMM.	105
Figura E. 2 Temperatura mínima de la estación 19004 bajo escenario A2	106
Figura E. 3 Temperatura máxima de la estación 19004 bajo escenario A2.....	106
Figura E. 4 Precipitación de la estación 19004 bajo escenario A2	107
Figura E. 5 Temperatura mínima de la estación 19015 bajo escenario A2	107
Figura E. 6 Temperatura máxima de la estación 19015 bajo escenario A2.....	108
Figura E. 7 Precipitación de la estación 19015 bajo escenario A2	108
Figura E. 8 Temperatura mínima de la estación 19049 bajo escenario A2	109
Figura E. 9 Temperatura máxima de la estación 19049 bajo escenario A2.....	109
Figura E. 10 Precipitación de la estación 19049 bajo escenario A2	110
Figura E. 11 Temperatura mínima de la estación 19058 bajo escenario A2	110
Figura E. 12 Temperatura máxima de la estación 19058 bajo escenario A2.....	111
Figura E. 13 Precipitación de la estación 19058 bajo escenario A2	111
Figura E. 14 Temperatura mínima de la estación 19061 bajo escenario A2	112
Figura E. 15 Temperatura máxima de la estación 19061 bajo escenario A2.....	112
Figura E. 16 Precipitación de la estación 19061 bajo escenario A2	113
Figura E. 17 Temperatura mínima de la estación 19004 bajo escenario A1B.....	113
Figura E. 18 Temperatura máxima de la estación 19004 bajo escenario A1B	114
Figura E. 19 Precipitación de la estación 19004 bajo escenario A1B	114
Figura E. 20 Temperatura mínima de la estación 19015 bajo escenario A1B.....	115
Figura E. 21 Temperatura máxima de la estación 19015 bajo escenario A1B	115
Figura E. 22 Precipitación de la estación 19015 bajo escenario A1B	116
Figura E. 23 Temperatura mínima de la estación 19049 bajo escenario A1B.....	116
Figura E. 24 Temperatura máxima de la estación 19049 bajo escenario A1B	117
Figura E. 25 Precipitación de la estación 19049 bajo escenario A1B	117
Figura E. 26 Temperatura mínima de la estación 19058 bajo escenario A1B.....	118

Figura E. 27 Temperatura máxima de la estación 19058 bajo escenario A1B	118
Figura E. 28 Precipitación de la estación 19058 bajo escenario A1B	119
Figura E. 29 Temperatura mínima de la estación 19061 bajo escenario A1B.....	119
Figura E. 30 Temperatura máxima de la estación 19061 bajo escenario A1B	120
Figura E. 31 Precipitación de la estación 19061 bajo escenario A1B	120

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Numero de instituciones médicas por municipio según tipología de servicio, 2005.....	22
Tabla 2.2 Viviendas con disposición de energía eléctrica en el AMM	24
Tabla 2. 3 Ubicación y capacidad de almacenamiento de las presas de Nuevo León	25
Tabla 3. 1 Volumen de precipitación (millones de m ³) para Nuevo León bajo diferentes escenarios de cambio climático.	45
Tabla 4. 1 Grupos de enfermedades de acuerdo con la forma de transmisión.....	48
Tabla 4. 2 Enfermedades sensibles al cambio climático.....	49
Tabla 4. 3 Enfermedades seleccionas para evaluar impactos en salud.	52
Tabla 4. 4 Correlaciones de Pearson y su significancia estadística entre las variables climatológicas y los casos mensuales registrados de 1996 – 2006.....	59
Tabla 4. 5 Correlaciones de Pearson y su significancia estadística entre los casos mensuales registrados de dengue clásico y las variables climatológicas presentadas el mismo mes, un mes antes y dos meses antes.	60
Tabla 4. 6 Correlaciones de Pearson y su significancia estadística entre los casos mensuales registrados de dengue hemorrágico y las variables climatológicas presentadas el mismo mes, un mes y dos meses antes.....	60
Tabla 4. 7 Número de días en el año que exceden en temperatura máxima de 35°C	68
Tabla 4. 8 Grados de sensibilidad climática de la industria en Nuevo León	70
Tabla 4. 9 Razón entre área de escenario A1B y A2 por área de escenario base.	73
Tabla 4. 10 Porcentaje de cambio esperado en el consumo de energía eléctrica en el hogar por uso de aire acondicionado bajo escenario A1B y A2.	73
Tabla D. 1 Datos de ubicación de las estaciones meteorológicas.....	93
Tabla D. 2 Factores climáticos considerados para las estaciones	97

Tabla F. 1 Casos de dengue hemorrágico de 1988 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	121
Tabla F. 2 Casos de dengue clásico de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	122
Tabla F. 3 Casos de oncocercosis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	123
Tabla F. 4 Casos de tripanosomiasis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	124
Tabla F. 5 Casos de leishmaniasis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	125
Tabla F. 6 Casos de cólera de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	126
Tabla F. 7 Casos de paludismo de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	127
Tabla F. 8 Casos de fiebre tifoidea de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	128
Tabla F. 9 Casos de salmonelosis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	129
Tabla F. 10 Casos de shigelosis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE	130

Capítulo I

Cambio climático y vulnerabilidad

Hoy en día el Cambio Climático se ha convertido en una de las principales preocupaciones para la sostenibilidad futura de nuestro desarrollo dado su impacto en numerosos sectores de la actividad humana. En las últimas décadas se han llevado a cabo cuantiosas investigaciones sobre este cambio que es provocado principalmente por alteraciones antropogénicas de las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera.

Los impactos en el cambio del clima volverán vulnerables a los sistemas naturales y sociales, para ello se han utilizado modelos de circulación general que simulan el sistema climático en función de forzamientos naturales y antropogénicos. Actualmente estos modelos son la herramienta para estimar de forma cuantitativa la tendencia futura del clima, en base a distintos escenarios de emisión, que dependen de factores sociales y económicos de desarrollo.

El cambio esperado en la frecuencia, la intensidad y la existencia de extremos climáticos, así como el cambio en la variabilidad climática natural, son elementos determinantes del impacto y de la vulnerabilidad de los países en el futuro. Lo anterior es de vital importancia para tomar medidas preventivas de mitigación y adaptación a través de la planificación de las actividades futuras que puedan verse afectadas.

La finalidad de este proyecto es determinar los impactos en los sectores salud y energía eléctrica en el Área Metropolitana de Monterrey a partir de escenarios de cambio climático.

1.1. Antecedentes

En el último siglo las actividades humanas se han dado a una escala que infliere con sistemas naturales a nivel global. Actividades como la quema de combustibles fósiles, la agricultura, ganadería, deforestación, entre otras, aumentan la generación de gases de efecto invernadero (GEI). Los GEI son: Vapor de Agua (H₂O), Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Ozono (O₃) y Clorofluorocarbonos (CFCs) (Houghton et al, 2001).

El calentamiento global, como se describe en la Figura 2.1, es el incremento en la media de la temperatura como resultado de la acumulación de GEI en la atmósfera, este incremento genera cambios en los patrones climáticos globales.

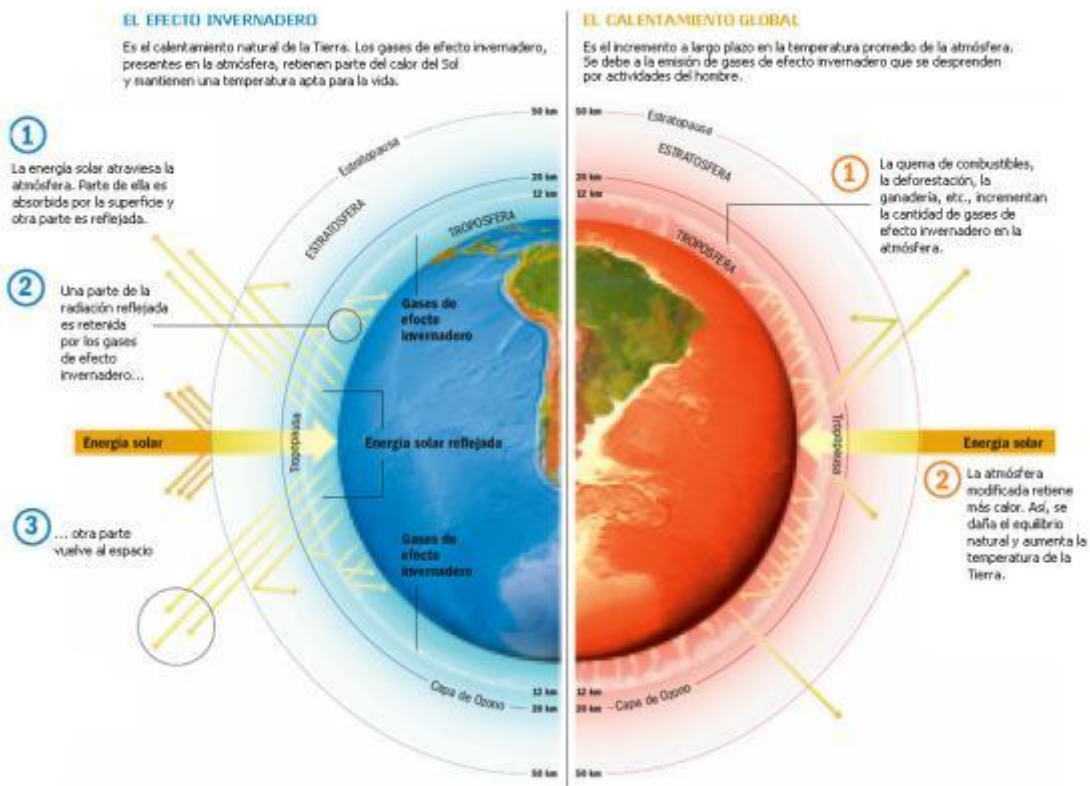


Figura 1. 1 Efecto Invernadero y Calentamiento Global

Fuente: Clarin, 2009

El término cambio climático (CC) refiere una variación en el estado del clima que puede ser identificada (a través de datos estadísticos) al observar cambios en las propiedades del mismo, que persisten durante un periodo de tiempo determinado, generalmente décadas. El cambio climático representa a cualquier variación del clima ya sea natural o provocada por la actividad humana (IPCC, 2001).

Al detectar el problema del cambio climático mundial, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en 1988. Una de las principales actividades del IPCC es hacer una evaluación periódica de los conocimientos sobre el cambio climático. El IPCC elabora informes especiales y documentos técnicos sobre temas en los que se consideran necesarios la información y el asesoramiento de científicos e independientes, y respalda la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) mediante su labor sobre las metodologías relativas a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 1999).

A nivel mundial distintos países, europeos en su mayoría, han lanzado programas de cambio climático para analizar los impactos de esta problemática, por ejemplo, España presentó en el 2005 un informe que resume las previsiones de cambio climático, junto con los impactos sobre distintos sectores productivos y ecosistemas naturales en los próximos 100 años (Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria, 2007).

En México instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología (INE) han estudiado esta problemática. La UNAM desarrolló modelos de escenarios de cambio climático en una malla de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (equivalente en México a $\approx 50\text{Km} \times 50 \text{Km}$) para todo el país para los años 2020, 2050 y 2080. El escenario 2020 es representativo para el periodo 2010-2039, el 2050 para el periodo 2040-2069 y el 2080 para el periodo 2070-2099 bajo los escenarios A1B y A2 del IPCC. En cumplimiento con los compromisos del Gobierno de México ante la CMCC y con el apoyo económico brindado por el Programa de las Naciones Unidas para el

Desarrollo (PNUD), el INE se ha encargado de difundir y hacer conciencia en la población mediante publicaciones de medidas de mitigación. Así mismo, en conjunto con otras instituciones se pretende desarrollar modelos de mayor resolución de los escenarios climáticos para evaluar la vulnerabilidad de asentamientos humanos y ecosistemas para definir estrategias de adaptación (INE, 2008).

Ante el compromiso hecho por el gobierno de México, en mayo de 2007 el Presidente de la República presentó la Estrategia Nacional de Cambio Climático y anunció un Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Los Programas de Cambio Climático se han llevado también a nivel estatal.

El INE invitó a un grupo de académicos coordinados por la Universidad Veracruzana con apoyo y participación de la UNAM y el Instituto de Ecología A.C. a elaborar un Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Veracruz (PACC-Ver) con el apoyo financiero del Fondo de Oportunidades Globales del Reino Unido (Gobierno del estado de Veracruz, 2008). Este trabajo fue culminado en Noviembre de 2008. En el Estado de Nuevo León el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) desde el 2007 desarrolla Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León (PACC-NL) con apoyo financiero del Fondo de Oportunidades Globales del Reino Unido e instituciones gubernamentales. Hasta la fecha se han realizado Inventarios de Emisiones (IE) de GEI en los sectores de energía, procesos industriales, agricultura y residuos con base en el año 2005.

Actualmente además del Estado de Veracruz, que ya concluyó su Programa de Acción, los Estados de Nuevo León, Baja California, Sonora y Guanajuato se encuentran en desarrollo del Programa Estatal de Acción ante Cambio Climático (PEACC), mientras que el Estado de México, Guerrero, Tabasco y Chiapas están en la etapa de planeación de su PEACC correspondiente.

1.2. Programa de Acción ante el Cambio Climático en Nuevo León

En los últimos años el desequilibrio que han provocado las actividades humanas sobre los sistemas naturales ha sido eje central en distintas partes del mundo y de todas las entidades del país, por los riesgos que se han generado (González, 2007). Ante este riesgo nacen las dudas de ¿Qué estamos haciendo para resolver este problema?, ¿Cuáles son las consecuencias específicas que puede representar el cambio climático en nuestro Estado? ¿Cómo convocar a la población, a las industrias, a los gobiernos a tomar acciones?

Interrogantes como estas son las que han suscitado la cooperación entre gobiernos de distintos países, como el apoyo financiero de la Embajada Británica en México para el desarrollo del PACC-NL y el establecimiento de un comité en donde gobierno, academia y comunidad sumen esfuerzos para este primer estudio de Nuevo León ante el cambio climático.

El PACC-NL es un proyecto enfocado a la elaboración de una agenda en materia de cambio climático para la entidad, en la cual el principal objetivo es la identificación de estrategias de mitigación de emisiones y adaptación al cambio climático en el territorio del Estado de Nuevo León.

En una primera etapa se llevo a cabo el Inventario Estatal de Emisiones de GEI para los sectores energía, procesos industriales, desechos, y agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, con año base 2005, realizado de acuerdo con las metodologías del IPCC. El segundo componente de este Programa de Acción son los escenarios de cambio climático con aplicación a los periodos entre los años 2020, 2050 y 2080 de acuerdo a los escenarios de emisión A1B y A2 del IPCC así como los impactos de estos en los sectores agrícola, salud, energía eléctrica y ecosistemas. Una vez completado el PACC-NL pasará a consulta pública con el fin de evaluar las propuestas de mitigación, la última fase será la implementación de las estrategias y acciones específicas para la mitigación y adaptación

al cambio climático por parte de la administración estatal y cada uno de los sectores productivos y de servicios de la entidad.

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo General

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto del cambio climático en los sectores: salud y energía eléctrica en Área Metropolitana de Monterrey. La evaluación se hará en base al cambio en las variables de temperatura mínima y máxima y precipitación pluvial de acuerdo a los escenarios A1B y A2 del IPCC para los intervalos de tiempo comprendidos entre los años 2020, 2050 y 2080.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Escalar los datos de temperatura mínima y máxima y precipitación pluvial de baja resolución de los escenarios A1B y A2 de los periodos entre los años 2020, 2050 y 2080 a datos de alta resolución de acuerdo al historial de las estaciones climatológicas.
2. Elaborar mapas de alta resolución de temperatura mínima y máxima y precipitación pluvial para los escenarios A1B y A2 para los periodos entre los años 2020, 2050 y 2080.
3. Proyectar la demanda de energía eléctrica en función a cambios en temperatura por cambio climático.

4. Determinar incidencias potenciales de brotes de enfermedades infecciosas que se transmiten o no por vector que se relacionan con el cambio de temperatura y precipitación pluvial.

1.4. Alcance

El cambio climático tiene impactos en múltiples sectores. En este estudio el propósito es generar escenarios de cambio climático de temperatura mínima, máxima y de precipitación pluvial para el Estado de Nuevo León. En base a estos evaluar los impactos en el sector salud y demanda de energía eléctrica basados en datos históricos.

Capítulo II

Aspectos generales

Antes de hablar de cambio climático es importante definir la diferencia entre tiempo y clima. El tiempo se refiere específicamente a la determinación del comportamiento y evolución de los procesos que gobiernan la atmósfera sobre un lugar en un momento determinado (en las horas siguientes: 12, 24, 48 y 72 horas, generalmente), en tanto que el clima está relacionado con el concepto de la sucesión habitual de tipos de tiempo sobre un lugar, es decir, se ocupa del análisis de los procesos atmosféricos alrededor de sus valores promedio, los cuales son producto de la evaluación de observaciones de largos períodos de tiempo, generalmente no inferiores a 30 años, conocidos como normales climatológicas (IPCC,2001).

Debido a que el clima se relaciona con las condiciones predominantes en la atmósfera, éste se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos.

A través de la historia, se han presentado fluctuaciones del clima en escalas de tiempo que van desde años (variabilidad climática interanual) a milenios (cambios climáticos globales). Estas variaciones se han originado por cambios en la forma de interacción entre los diferentes componentes del sistema climático y en los factores forzantes (IPCC, 2001).

2.1. Factores climáticos

Los factores naturales determinantes del clima, se refieren a las condiciones físicas y geográficas, que son relativamente constantes en el tiempo y en el espacio y que influyen

en el clima en aspectos relacionados con la transferencia de energía y calor, los de mayor importancia son la latitud, altitud, continentalidad, e insolación (Ninyerola et al., 2000).

Altitud. Conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar desciende la temperatura, a medida que la altura es mayor la atmósfera tiene una presión menor y se enrarece. La progresión de la altitud relativa en la zona intertropical da origen a una disminución considerable de la temperatura, aproximadamente, 1°C por cada 180 m de altura (a esto se le conoce como gradiente térmico). Esta disminución de la temperatura con la altitud determina lo que se conoce como pisos térmicos. Se han definido 5 pisos en los cuales, las temperaturas medias, las precipitaciones y la insolación pueden variar lo suficiente como para hablar de climas distintos según la altitud (Córdova, 2002) como se muestra en la Figura 2.1. La altitud se convierte en el factor climático de mayor importancia.



Figura 2. 1 Altitud y Climas

Fuente: Red de Centros Educativos, 2009

Latitud. Tanto la latitud como la insolación, junto con los movimientos de la Tierra, su forma y la inclinación del eje terrestre, son las causantes de las zonas térmicas. Debido al

movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol se forman divisiones en el planeta destacándose grandes zonas térmicas y climáticas: una cálida en la zona intertropical, dos templadas en las latitudes medias de ambos hemisferios y dos frías o polares, como se observa en la Figura 2.2. Estas zonas se forman debido a que la cantidad e intensidad de radiación solar que llegan a la superficie terrestre varían con la latitud y las estaciones del año (Córdova, 2002).

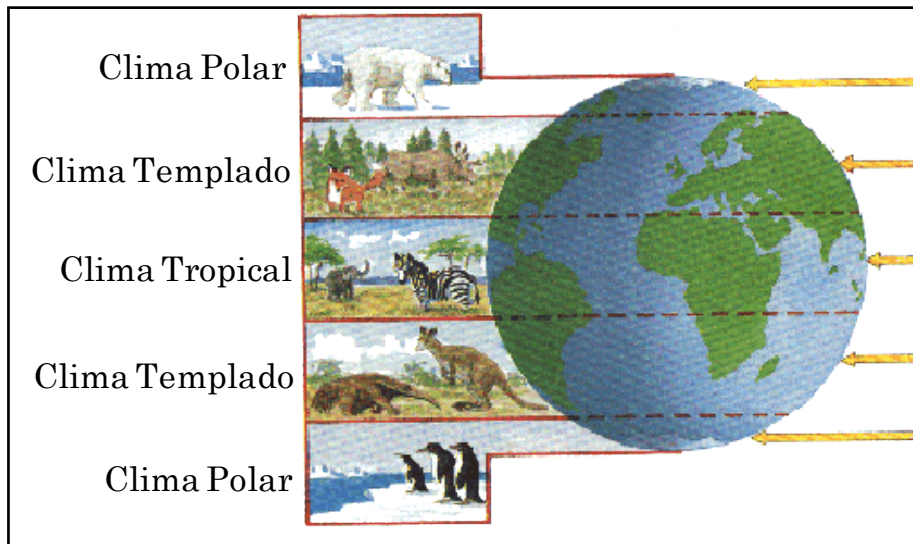


Figura 2. 2 Zonas climáticas de la Tierra.

Fuente: Red de Centros Educativos, 2009

Continentalidad. El efecto de la influencia marina que varía con la continentalidad es generado porque los procesos de enfriamiento y calentamiento del mar son más lentos que los del suelo continental, por lo que los mares tienen la función de reguladores térmicos.

La proximidad del mar modera las temperaturas extremas y suele proporcionar más humedad en los casos en que los vientos procedan del mar hacia el continente. Las brisas marinas atenúan el calor durante el día y las terrestres limitan la irradiación nocturna. En la zona intertropical, este mecanismo de las brisas atempera el calor en las zonas costeras ya que son más fuertes y refrescantes, precisamente, cuanto más calor hace (en las primeras horas de la tarde). Se debe tomar en cuenta la presencia de barreras causadas por

la orografía ya que esta atenúa la influencia del mar e incrementa la continentalidad. Una alta continentalidad acentúa la amplitud térmica y provocará inviernos fríos y veranos calurosos. La continentalidad es el resultado del alto calor específico del agua, que le permite mantenerse a temperaturas más frías en verano y más cálidas en invierno (Córdova, 2002). Las masas de agua son el agente más importante moderador del clima.

Insolación. La insolación es la cantidad de calor solar que llega a la superficie de la Tierra y que irradia a las capas bajas de la atmósfera. Debido a las variaciones de la latitud y a las diferencias en la absorción de energía por la superficie terrestre se forman contrastes de temperatura y de presión atmosférica que dan el inicio al movimiento que redistribuye la energía (calor) y la masa (vapor de agua) en la atmósfera del planeta. Es así, como la radiación solar se constituye en el empuje inicial de la circulación general de la atmósfera (Córdova, 2002).

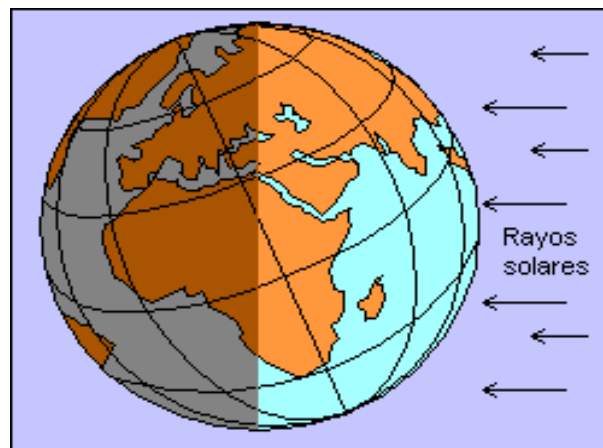


Figura 2. 3 Incidencia de los rayos solares

Fuente: Instituto de Tecnologías Educativas, 2009

2.2. Escenarios de Cambio Climático

Un escenario es una descripción espacial y temporal, físicamente consistente, de rangos plausibles de las condiciones climáticas futuras, basada en la historia climatológica

(IPCC, 2000), es decir, es una imagen de cómo podría ser el clima futuro. Un escenario no es un pronóstico o predicción.

Con el fin de describir de manera coherente las relaciones entre las fuerzas determinantes de las emisiones y su evolución, y para añadir un contexto a la cuantificación de escenarios, el IPCC desarrolló cuatro líneas evolutivas, que se muestran en la Figura 2.4, en el 2000 en su Reporte Especial de Escenarios de Emisiones (SRES). El conjunto de escenarios de emisiones (EE) basados en una misma línea evolutiva constituye una “familia” de escenarios (IPCC, 2000).

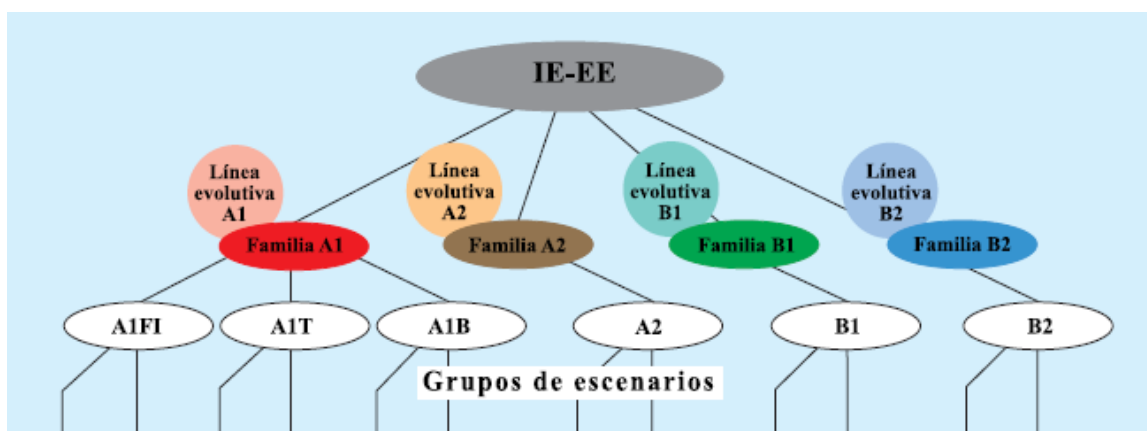


Figura 2. 4 Líneas evolutivas y familias de escenarios a partir de los IE.

Fuente: IPCC, 2000

Cada línea evolutiva describe una diversidad de las características futuras, como el cambio demográfico, el desarrollo económico o el cambio tecnológico (IPCC, 2000). En la Figura 2.5 se escriben las familias de escenarios acorde al Informe Especial de Escenarios de Emisiones publicado por el IPCC en el 2000 y se definen como:

A1: La familia de escenarios y línea evolutiva A1 describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido; la población mundial alcanza su nivel más alto a mitad del siglo y disminuye posteriormente, produciéndose una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficaces. Las cuestiones importantes subyacentes son la convergencia entre las regiones, la elaboración de capacidades

y mayores interacciones culturales y sociales, con una importante reducción de las diferencias regionales en los ingresos per cápita. La familia de escenarios A1 se divide en tres grupos que describen las distintas direcciones del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos A1 se distinguen por su énfasis tecnológico: fuentes de energía basadas sobre todo en los combustibles de origen fósil (A1FI), de origen no fósil (A1T) o un equilibrio entre todas las fuentes (A1B) (el equilibrio se define como la no dependencia excesiva de una fuente de energía concreta, suponiendo que se apliquen ritmos similares de mejoras en todas las formas de aprovisionamiento energético y en las tecnologías de uso final).

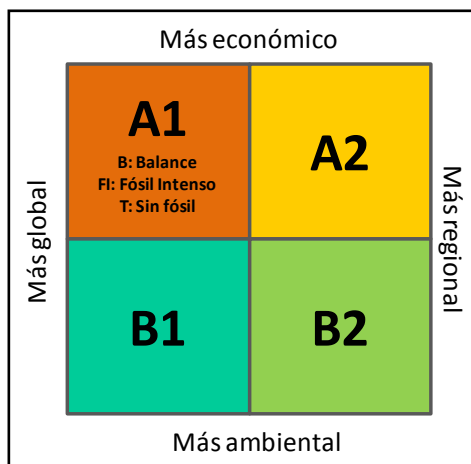


Figura 2. 5 Descripción esquemática de los escenarios SRES.

Fuente: IPCC, (Nakicenovic et al., 2000)

- **A2:** La familia de escenarios y línea evolutiva A2 describe un mundo muy heterogéneo. La cuestión subyacente es la independencia y conservación de las identidades locales. Los índices de natalidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea una disminución constante de la población. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

- **B1:** La familia de escenarios y línea evolutiva B1 describe un mundo convergente, con la misma población mundial, que alcanza su nivel más alto a mediados del siglo para disminuir posteriormente, como en la línea evolutiva A1 pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de la información y de los servicios, con reducciones en la intensidad material e introducción de tecnologías limpias y de recursos eficaces. En esta línea evolutiva se hace hincapié en las soluciones mundiales a la sostenibilidad económica, social y ambiental, lo que comprende una mejora de la equidad, pero sin iniciativas climáticas adicionales.
- **B2:** La familia de escenarios y línea evolutiva B2 describe un mundo en el que se hace hincapié en las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Se trata de un mundo cuya población mundial crece continuamente, a un ritmo menor al de la línea evolutiva A2, con niveles medios de desarrollo económico y cambios tecnológicos menos rápidos y más variados que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque el escenario también está orientado hacia la protección medioambiental y la equidad social, se centra en los niveles local y regional.

2.2.1. Modelos de Circulación General

En las últimas décadas, la comunidad científica coordinada por el IPCC ha dedicado un enorme esfuerzo a tratar de explicar las razones del cambio climático, así como a tratar de predecir las tendencias futuras. Para ello se han desarrollado Modelos de Circulación General (MCG), estos modelos simulan la dinámica del sistema climático (atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera) bajo distintos escenarios de emisión que caracterizan la evolución futura de los factores que afectan al sistema climático, incluidos los factores antropogénicos como la emisión de GEI (Nakicenovic et al., 2006).

Con la finalidad de tomar en cuenta el mayor número de MCG considerados en los Informes del IPCC, se tomaron en cuenta los ensambles de dichos MCG, que son la mediana de las proyecciones de un conjunto de modelos.

2.2.2. Técnicas de escalamiento de escenarios

Los escenarios derivados de los MCG no tienen la resolución suficiente (200-300 Km) ni espacial ni temporalmente para representar los cambios en una región y no deben usarse para proyecciones futuras de efectos potenciales del calentamiento global, por ejemplo en la salud (Knowlton et al., 2007), por tanto, en los últimos años se han empezado a desarrollar y aplicar técnicas de escalamiento, estas técnicas fueron diseñadas para reducir la diferencia entre la información que proporcionan los MCG y la que requiere la comunidad de investigadores de los impactos (Wilby & Wigley, 1997).

Las técnicas para llevar los escenarios de los MCG a una reducción de escala se pueden agrupar en: Métodos de regresión, Patrones del tiempo, Generadores estocásticos del tiempo y Modelos climáticos regionales (Wilby & Wigley, 1997) (Anexo A).

Generador estocástico del tiempo para uso en estudios de impacto del clima

LARS-WG (*Long Ashton Research Station Weather Generator*) es un generador estocástico del tiempo que se puede utilizar para la simulación de los datos del tiempo en un solo sitio (Racsko et al., 1991; Semenov et al., 1998; Semenov & Brooks, 1999) bajo condiciones del clima actuales y futuras (Anexo B). Estos datos están en series de tiempo diarias de precipitación (mm), temperatura máxima y mínima (°C).

Un generador estocástico del tiempo no es una herramienta predictiva que pueda ser utilizada en previsión meteorológica, sin embargo, puede servir como una herramienta computacional de bajo costo para producir múltiples años de escenarios de cambio climático en una escala diaria, incorporando los cambios en la media y la variabilidad del

clima y obtener escenarios para el estudio de impactos del clima (Semenov & Barrow, 2002).

2.3. Impactos y vulnerabilidad

Impacto ambiental es el conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades (Real Academia Española, 2001). El conocimiento de los impactos del cambio climático es de suma importancia para la toma de decisiones, en los últimos años se ha trabajado en determinar las consecuencias en el incremento de la temperatura y los cambios en los patrones de precipitación pluvial. Algunos de los impactos en distintos sectores previstos por los expertos en el mundo se resumen a continuación:

- **Ecosistemas:** Los cambios del clima pueden afectar a la ubicación geográfica de los sistemas ecológicos, a la mixtura de especies que estos contienen y a su capacidad para aportar toda una diversidad de beneficios que permiten a las sociedades seguir existiendo.
- **Hidrología y recursos hídricos:** La disponibilidad de agua es uno de los componentes del bienestar y de la productividad, los cambios del clima podrían exacerbar las escaseces periódicas y crónicas de agua, particularmente en las áreas áridas y semiáridas del globo, e indicar que el problema de las inundaciones va aumentar en muchas regiones templadas y húmedas.
- **Salud humana:** El cambio climático podría incrementar la mortalidad debida al calor, las enfermedades transmitidas por vectores (dengue, paludismo) y la contaminación del aire en las ciudades, también podría potenciar enfermedades no transmitidas por vector (salmonelosis, cólera o giardiasis).

- **Asentamientos humanos, energía e industria:** Influenciados por el cambio climático pueden verse directamente afectados algunos aspectos de la infraestructura material (incluidos los servicios de transmisión y distribución de energía), edificios, servicios urbanos (incluidos los sistemas de transporte) y determinadas industrias. Las poblaciones pueden estar directamente afectadas por razón de condiciones meteorológicas extremas, cambios en la situación sanitaria o migración y los problemas son distintos en los grandes centros de población y en los de tamaño mediano a pequeño.

La vulnerabilidad se define como el nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad climática y los fenómenos extremos, como se describe en la Figura 2.6. La vulnerabilidad está en función de las características magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto una población o un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (IPCC, 2001).

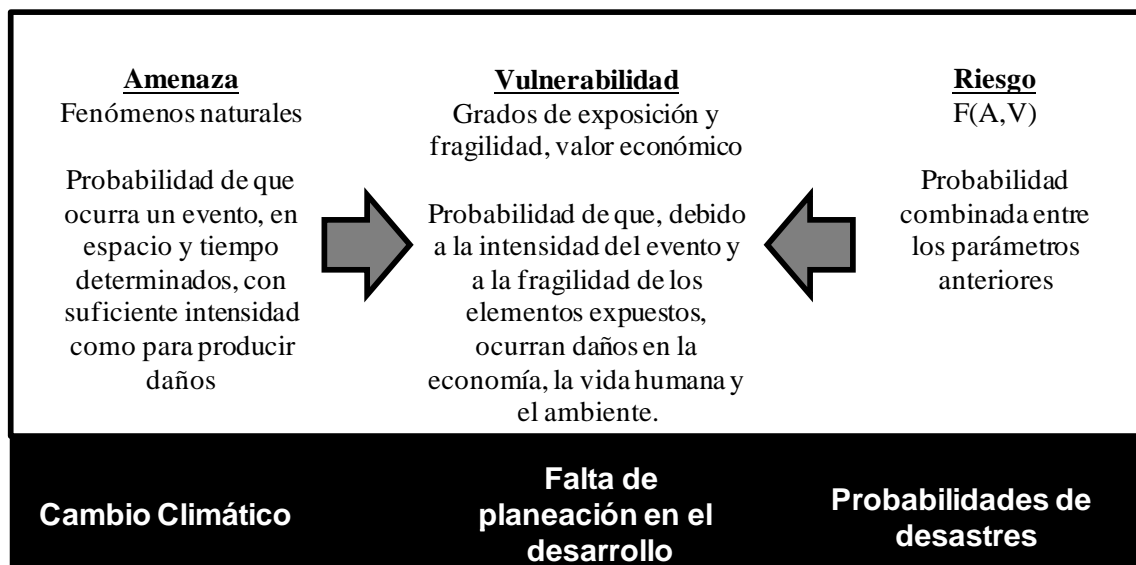


Figura 2. 6 Riesgo en función de la vulnerabilidad y la amenaza.

Fuente: CEPAL, 2000

Ante un estado de vulnerabilidad se deben llevar acciones que permitan la adaptación, que es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluso a la

variabilidad del clima y a los episodios extremos), para mitigar posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2001).

Hay tres preguntas importantes que deben plantearse al estudiar la vulnerabilidad: ¿Quiénes son vulnerables?, ¿A qué condiciones climatológicas son vulnerables? y ¿Por qué son vulnerables? (Breceda et al., 2008). Estas preguntas son claves para proponer y ejercer acciones de mitigación y adaptación a los sectores identificados como altamente vulnerables

2.4. Área de estudio

El Estado de Nuevo León está en el noreste de la República Mexicana. Tiene una superficie de 64,220 km², el 3.3% de la superficie total del país. Colinda al Norte con Coahuila de Zaragoza, Estados Unidos de América y Tamaulipas; al Este con Tamaulipas; al Sur con Tamaulipas y San Luis Potosí; al Oeste con San Luis Potosí, Zacatecas y Coahuila de Zaragoza. Las coordenadas geográficas de sus extremos son: al Norte 27° 49', al Sur 23° 11' de latitud Norte, al Este 98° 26' y al Oeste 101° 14' de longitud Oeste.

En la Figura 2.7 se muestran la división política del Estado de Nuevo León, el cual está conformado por 51 municipios, de los cuales nueve forman el Área Metropolitana de Monterrey (AMM): Monterrey (capital del Estado), San Pedro Garza García, Santa Catarina, Guadalupe, García, San Nicolás de los Garza, Apodaca, General Escobedo y Juárez (INEGI, 2000).

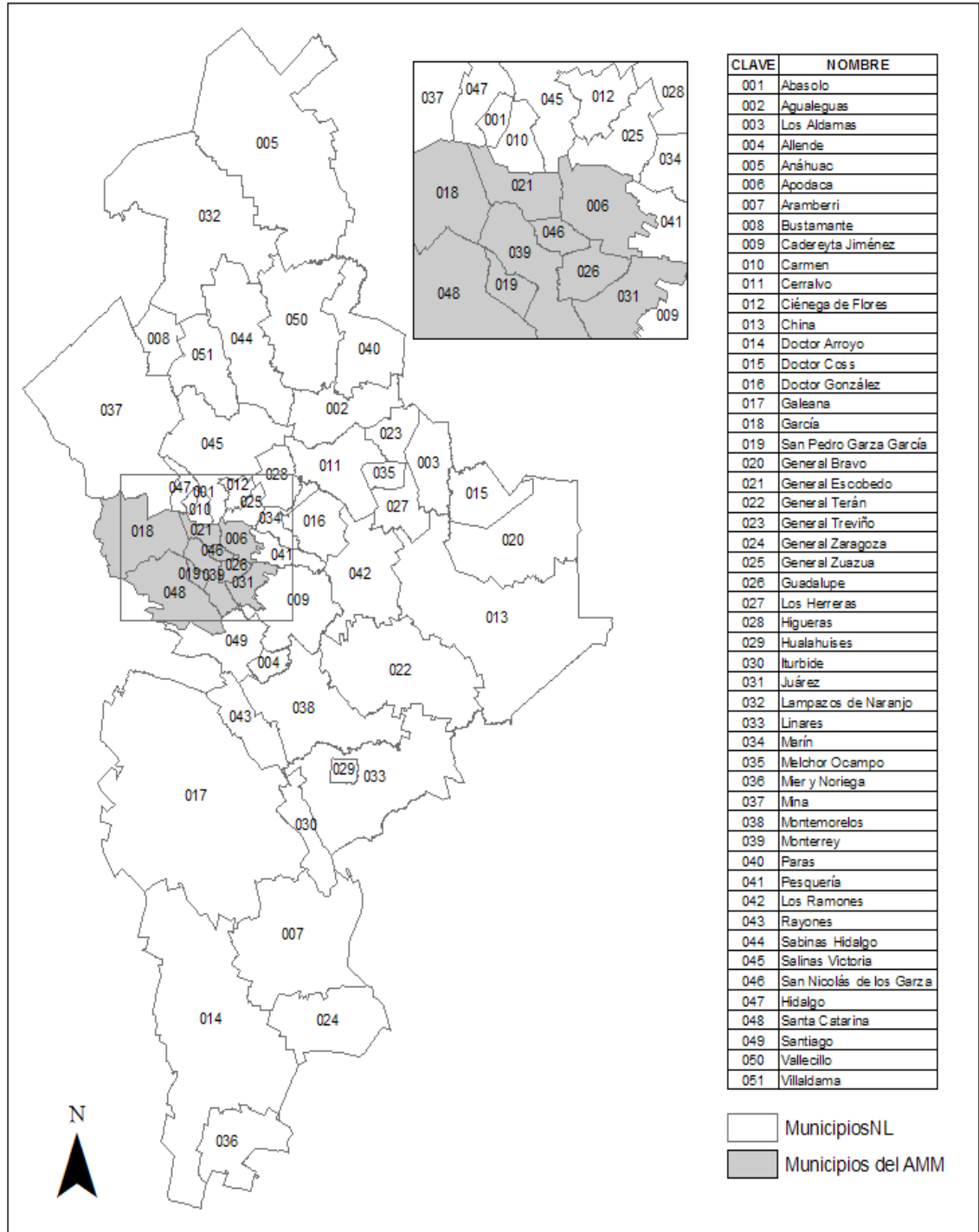


Figura 2. 7 División política del Estado de Nuevo León

Fuente: INEGI, Marco geostadístico municipal 2000.

2.4.1. Población

La población para el 2005 en Nuevo León asciende a 4'199,292 habitantes de los cuales el 50.2% son mujeres y el 49.8% hombres. La estructura porcentual que corresponde a la evolución de la población, refleja el proceso de concentración de la población de Nuevo León en el AMM, al elevarse del 45.8% en 1950 al 85.7% en el 2005. De 1950 a 2005 hubo una tasa de crecimiento del 3.16% para el Estado y del 4.29% para el AMM. La distribución de la población por municipio se muestra en la Figura 2.8.

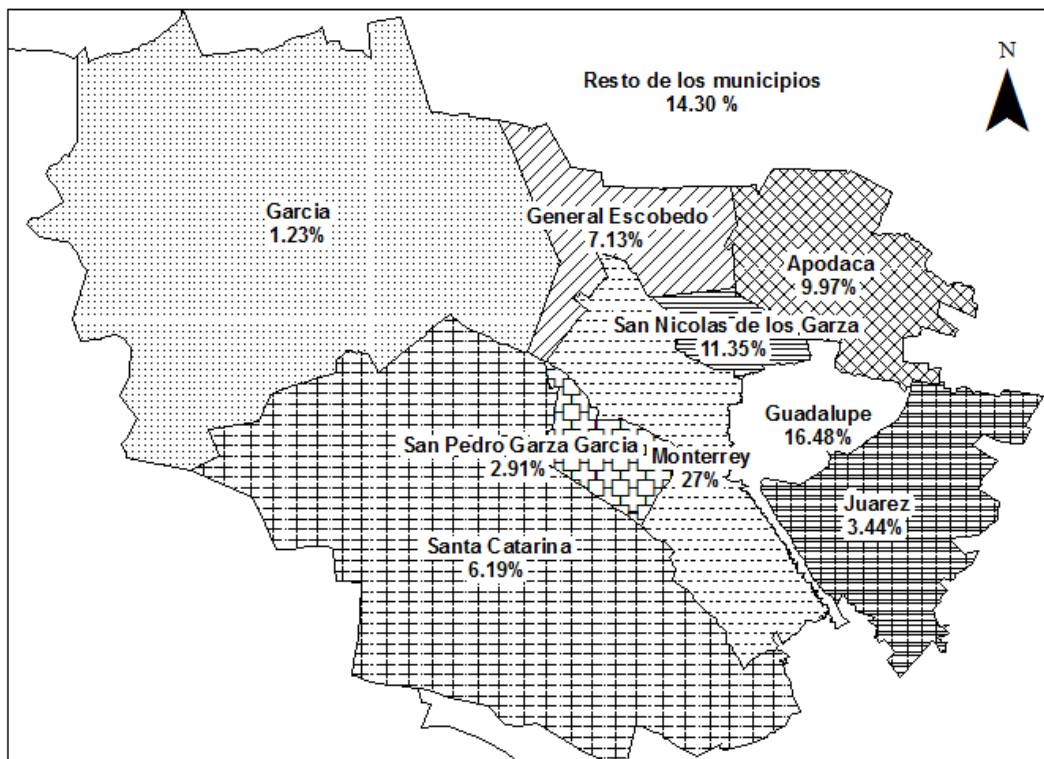


Figura 2. 8 Distribución de la población en el AMM al 2005

Fuente: INEGI, Censos Generales de Población y Vivienda 2005.

El Consejo Nacional de Población (CONAPO) proyecta del 2005 al 2030 una tasa de crecimiento del 1.00% para todo el Estado. Las tasas de crecimiento serán diferentes entre municipios, ya que algunos de ellos, muestran tasas de crecimiento negativas, como San Pedro, Guadalupe, Monterrey y San Nicolás, mientras que los municipios de

Apodaca, General Escobedo, Juárez y García muestran las mayores tasas de crecimiento poblacional, como se muestra en la Figura 2.9.

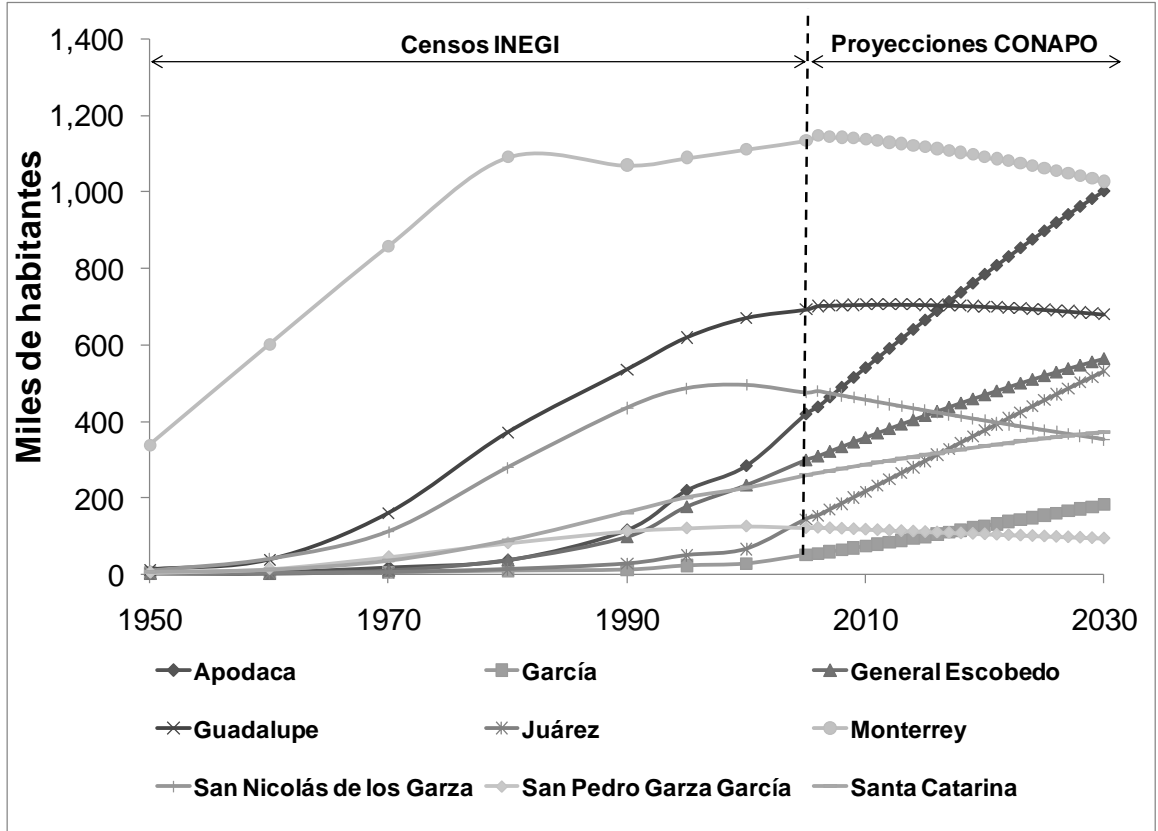


Figura 2. 9 Evolución de la población en el AMM

Fuente: INEGI, Censos Generales de Población y Vivienda 1950-2005, CONAPO, Proyecciones de la población de México 2005-2050, municipales.

2.4.2. Salud pública

En el año 2005 el número de derechohabientes, dentro y fuera del IMSS, en Nuevo León alcanzaba aproximadamente el 69.2% de la población del Estado. El 70.1% de la población del AMM se encontraba registrada como derechohabiente, el 71% del Seguro Social, el ISSSTE o algún otro seguro público y el 29% son atendidos por la Secretaría de Salud Estatal (APDNUL, 2008).

Los municipios con mayor población con acceso a alguna institución de seguridad social, al 2005, eran Apodaca con 76.7% y San Nicolás de los Garza con 75.5%, por el contrario los municipios con menor proporción de derechohabientes eran Juárez con 63.3% y Monterrey con 65.8%, el primero por rezagos económicos y de acceso a los servicios en contraste con el segundo por suficiencia económica de la población para acudir a servicios médicos privados (INEGI, 2005).

En cuanto a la infraestructura de salud, la mayor parte se localiza en el AMM, y de esta la mayor concentración se localiza en el municipio de Monterrey. En el AMM se localizan 144 unidades de salud de distintas tipologías como se muestra en la tabla 2.1, de las cuales 74 son privadas. El segundo municipio en importancia en concentración de unidades médicas es Guadalupe y el tercero San Nicolás de los Garza. Escobedo, Juárez y García no tienen instituciones privadas y en conjunto participan con el 4.0% de las instituciones públicas de salud.

Tabla 2.1 Numero de instituciones médicas por municipio según tipología de servicio, 2005

Fuente: II Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

Municipio	Población	Centro de investigación	Centro de Salud	Centro de Seguridad Social	Clínica hospital	Guardería	Hospital 3er nivel	Hospital especialidades	Hospital de zona	Hospital privado	Hospital psiquiátrico	Hospital regional	Unidad medicina familiar
Apodaca	418,784		11			4							2
General Escobedo	299,364					2							1
Guadalupe	691,931			1		9			1				7
Juárez	144,380												1
Monterrey	1,133,814	2		2	1	43	1	4	3	7	1	1	15
San Nicolás de los Garza	476,761			1		4			1	1			1
San Pedro Garza García	122,009		6		1	3	1			1			2
Santa Catarina	259,896					2							1
AMM*	3,546,939	2	17	4	2	67	2	4	5	9	1	1	30

* Dentro del contenido de la tabla no se considera el municipio de García, N.L.

2.4.3. Energía

Nuevo León consume aproximadamente el 8.5% de la energía eléctrica total que se consume en el país. La Figura 2.10 muestra la distribución porcentual de consumo por los sectores industrial, domestico y comercial. Como se observa, la mayor demanda corresponde al sector industrial con el 72% seguida del sector residencial con 21% y el comercial y otros con 7%.

El AMM está dividida en tres zonas para el abastecimiento de energía eléctrica: Norte, Oriente y Poniente, que a su vez es alimentado por la división Golfo Norte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), proveedora principalmente de energía termoeléctrica. Para abastecer el AMM, la infraestructura del sector eléctrico al año 2000 el sector eléctrico dispuso de 14 subestaciones de transmisión, 43 subestaciones de distribución primaria y 48,267 transformadores de distribución de energía eléctrica. Este sistema permitió que el consumo de energía eléctrico en el AMM fuera de 12.9 millones de MWh (APDNUL, 2008). Para el año 2005, el acceso al servicio de energía eléctrica fue alto tanto a nivel metropolitano como intermunicipal, cubriendo el 98.5% de las viviendas censadas, en la Tabla 2.2 se muestra la disposición de energía por municipio en el AMM.

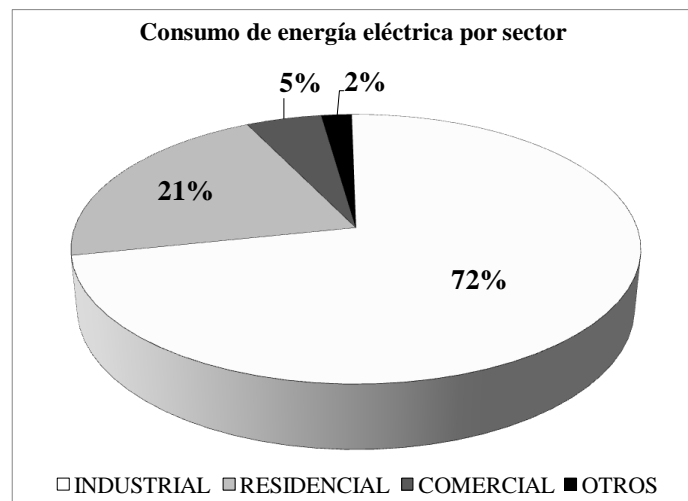


Figura 2.10 Distribución del consumo de energía eléctrica por sector

Fuente: INEGI, 2007

Tabla 2.2 Viviendas con disposición de energía eléctrica en el AMM

Fuente: II Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

Municipio	Vivienda Particular Habitada	Ocupantes por vivienda	% de Viviendas con servicio	Población beneficiada
Apodaca	98,740	4.2	99.1%	410,976
García	12,256	4.1	95.8%	48,139
San Pedro Garza García	28,271	4.2	97.9%	116,245
General Escobedo	69,299	4.3	98.8%	294,410
Guadalupe	159,223	4.3	98.7%	675,758
Juárez	33,401	4.1	97.6%	133,657
Monterrey	263,556	4.2	98.2%	1,087,010
San Nicolás de los Garza	114,462	4.1	99.1%	465,071
Santa Catarina	58,549	4.4	98.0%	252,463
AMM	837,757	4.21	98.5%	3,474,969

2.4.4. Recursos hídricos

El AMM forma parte de la región hidrológica del Río Bravo. Esta región cubre una extensión de más de 39,000 Km² e incluye los ríos Bravo, San Juan y Pesquería entre otros. Las corrientes superficiales de esta región han sido modificadas en su estructura, debido a la construcción de obras hidráulicas para el abastecimiento de agua de la región (APDNUL, 2008).

Existe una red de corrientes intermitentes de importancia, las cuales solo llevan agua durante las épocas de lluvia, como lo son el arroyo Topo Chico, Las Tinajas, Arroyo Los Elizondo, El Sabinal, los ríos Pesquería, La Silla y Santa Catarina, este último es la corriente de agua más importante del AMM, no por el caudal que aporta si no por cruzar la mancha urbana y por las violentas crecidas que se presentan cada cierto tiempo, principalmente en época de huracanes. Dentro del AMM se encuentran las siguientes subcuencas: Río San Juan (3.70% del territorio del AMM), Río Pesquería (38

Para proveer de agua a los habitantes del Estado, Nuevo León cuenta con fuentes de abastecimiento artificiales denominadas presas. El Estado cuenta con ocho presas

importantes (Tabla 2.3) de las cuales tres tienen como prioridad el consumo humano (SADM, 2005).

2.4.5. Industria

Monterrey, capital de Nuevo León, es conocido como la capital industrial del país. El AMM mantiene una importancia geo-estratégica para el desarrollo del país, su vecindad con los Estados Unidos de América y su posicionamiento en el noreste le dan una relevancia nacional y binacional (Aguilar Barajas, 2006).

Tabla 2. 3 Ubicación y capacidad de almacenamiento de las presas de Nuevo León

Fuente: Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM, 2005)

Nombre de la Presa	Municipio donde se localiza	Capacidad de Almacenamiento	Uso principal
El Cuchillo	China	1,800 millones m ³	Público e Irrigación
Lic. José López Portillo (Cerro Prieto)	Linares	393 millones m ³	Público e Irrigación
Rodrigo Gómez (La Boca)	Santiago	45 millones m ³	Público (doméstico)
San José Vaquerías	General Terán	30 millones m ³	Uso agrícola y ganadero
Ing. Marciano González Villarreal (Nogalitos)	Cerralvo	10 millones m ³	Uso agrícola y ganadero
Agualeguas	Agualeguas	9 millones m ³	Uso agrícola y ganadero
Gral. Mariano Escobedo (Sombretillo)	Sabinas Hidalgo	6 millones m ³	Uso agrícola y ganadero
El Porvenir	Linares	5 millones m ³	Uso agrícola y ganadero

El Estado tiene tradición empresarial, es decir, empresas importantes a nivel nacional e internacional con base en Monterrey como: Alfa, Banorte, Cemex, Cydsa, Deacero, Femsas, Imsa, Maseca, Multimédios, Proeza, Protexa, Pulsar, Quimmco, Softek, Soriana, Villacero, Vitro y Xignux (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2009).

Expresada en términos del Producto Interno Bruto (PIB), el grueso de la actividad económica del Estado se concentra en el AMM, la cual contribuye con el 97% al total

estatal. A nivel nacional el Estado aporta el 7.5 %. El 45% de la población es económicamente activa, de esta el 3% trabaja en el sector básico, 33% en manufactura y 64% en servicios. Las empresas de tamaño micro y pequeñas son las que emplean a más personas en el Estado (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2009).

Capítulo III

Escenarios de cambio climático para Nuevo León

El propósito de desarrollar escenarios de mayor escala espacial y menor temporal es contar con una base de datos de utilidad para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en distintos sectores bajo condiciones de cambio climático en los periodos 2020, 2050 y 2080.

3.1. Metodología

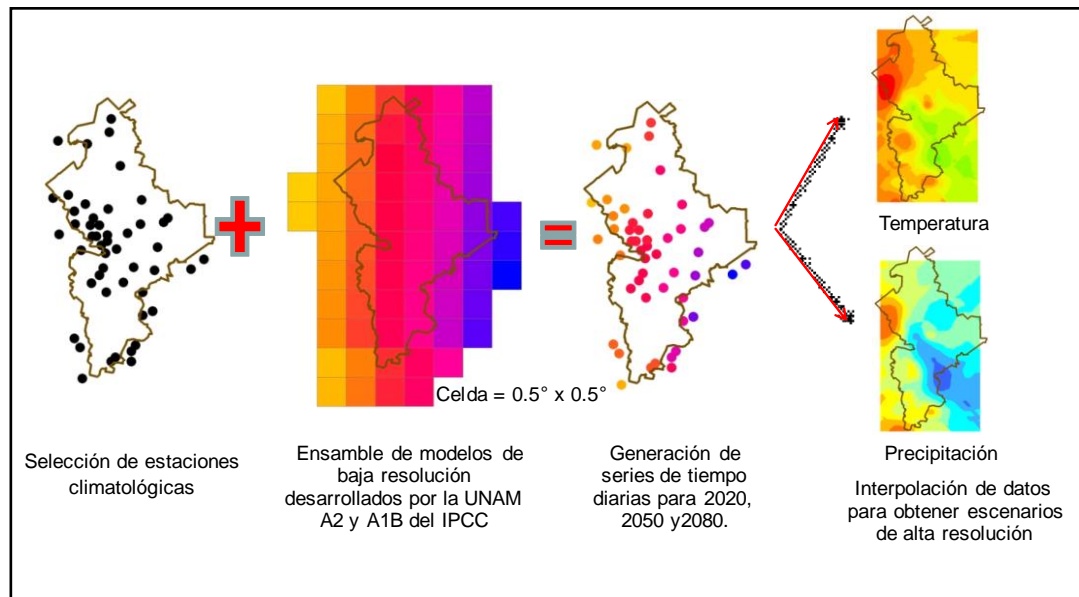


Figura 3. 1 Metodología para la elaboración de escenarios de cambio climático

3.1.1. Selección de estaciones

Se seleccionaron las estaciones en base a dos criterios:

- **Selección por ubicación.** Utilizando las coordenadas proporcionadas por cada fuente, se eligieron todas las estaciones sobre el Estado y dentro de una franja de 50 km de ancho alrededor de él.
- **Selección por cantidad de datos válidos.** Que tuvieran datos entre los años de 1960 y 1990, un periodo de información mayor a 26 años y más de 48.6% de datos válidos. Este porcentaje se obtuvo después de varias pruebas de interpolación para generar el mapa base y para incrementar la densidad de estaciones en el área de estudio.

Las estaciones seleccionadas se muestran en la Figura D.1..

Las fuentes de información para las estaciones en México fueron el Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y las bases de datos proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Para las estaciones en Estados Unidos de América se utilizó la información en línea del International Research Institute for Climate and Society (IRI, 2009). La información utilizada fueron los valores diarios de las variables precipitación (mm), temperatura máxima (°C) y temperatura mínima (°C) y las variables espaciales latitud (°), longitud (°) y altitud (m.s.n.m.), para ver los valores por estación consultar la Tabla C.1.

3.1.2. Reducción de escala temporal de los escenarios

La reducción de escala temporal de los escenarios se efectuó mediante un generador estocástico de series sintéticas climáticas, calibrado con los datos observados. El modelo que se utilizó fue LARS-WG, desarrollado por Mikhail A. Semenov, versión 5.0. Se puede utilizar para la simulación de los datos en el tiempo en un solo sitio (Racsko *et al.*, 1991; Semenov *et al.*, 1998; Semenov & Brooks, 1999) bajo condiciones del clima actuales y futuras.

IRI, 2009: <http://www.iri.org/> última consulta 23/ 11/ 2009

Los pasos que se siguieron para generar estas series fueron:

1. Se creó una malla de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, que representa los escenarios obtenidos para México por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM (INE, 2007), sobre el Estado de Nuevo León para asignar a cada estación la celda del ensamble del escenario climático, para los periodos representados los años 2020, 2050 y 2080 que le corresponde. En la Tabla D.1 se muestra un listado de las estaciones, su ubicación y la celda del ensamble que el corresponde.
2. Al modelo LARS-WG se ingresaron los datos observados de cada estación y su escenario correspondiente para generar las series sintéticas del tiempo de temperatura mínima y máxima y precipitación para los periodos de 2020, 2050 y 2080 bajo escenarios A1B y A2. Se calcularon 100 series de datos para tener consistencia estadística. En el Anexo C se explica cómo utilizar LARS-WG.

3.1.3. Manejo de base de datos de escenarios diarios

El generador estocástico LARS de datos diarios permite definir por el usuario el número de series de un año para asegurar consistencia estadística (Semenov, 2002), por lo que es necesario realizar un tratamiento estadístico de los datos y generar ensambles para obtener un valor diario con sus intervalos de confianza y valores extremos. Los ensambles resultantes representarán los años de 2020, 2050 y 2080 pero a nivel de estación meteorológica.

Ensamblados con mejor escala temporal como datos diarios permiten evaluar fenómenos como el retraso de la época de lluvias, e incluso agruparse quincenalmente para compararse con los datos del NDVI (Hess, et al., 1996). El contar con ensambles de datos diarios permitirá caracterizar y evaluar eventos extremos, como golpes de calor, lluvias torrenciales, sequías. Los modelos de evaluación de riesgo climático como el rendimiento de cultivos o inundaciones comúnmente requieren de datos de entrada diarios (Podestá, et al., 2005).

El manejo de datos diarios por estación meteorológica se ve limitado por gran volumen y porque por estación tienen validez dentro de un radio de entre 2 a 5km y en un rango altitudinal de 100m (Loarie, et al., 2008). Debido a la escala espacial o temporal con que se cuenta para otras estadísticas como los casos reportados de enfermedades. En otros fenómenos es necesario el uso de superficies como la cobertura vegetal. No sería práctico interpolar y generar mapas para cada día, por lo cual el utilizar los valores promedio además de auxiliar a condensar los datos pueden utilizarse como punto de partida para focalizar análisis de mayor resolución espacial y temporal.

3.1.4. Cálculo de promedios anuales

Se calcularon los promedios por estación, variable climática, año y escenario de emisiones. Para la temperatura se calculó el promedio de la temperatura diaria con Ecuación 3.1. Para la precipitación se calculó el promedio de la precipitación total anual con la Ecuación 3.2.

$$\text{Promedio de la temperatura diaria} = \frac{\text{Suma de los datos diarios}}{\text{Número total de los datos diarios}} \quad \text{Ec. 3. 1}$$

$$\text{Promedio de la precipitación total anual} = \frac{\text{Suma de los datos totales anuales}}{\text{Número total de años}} \quad \text{Ec. 3. 2}$$

3.1.5. Interpolación espacial

Se utilizó el método geoestadístico Cokriging del ArcMap 9.2 de ESRI. Se seleccionó este método por que permite interpolar la variable de interés incluyendo el efecto de hasta tres variables correctoras. Las variables de interés son temperatura mínima y máxima y precipitación, las variables correctoras pueden ser altitud, distancia al mar y la orientación de la exposición. Se seleccionó el factor climático altitud porque la zona Sur-Poniente del Estado es atravesada por la Sierra Madre Oriental y es ahí donde inicia el

Altiplano, la orientación de la exposición se seleccionó como indicador de la insolación, y la distancia al mar se seleccionó como indicador de continentalidad.

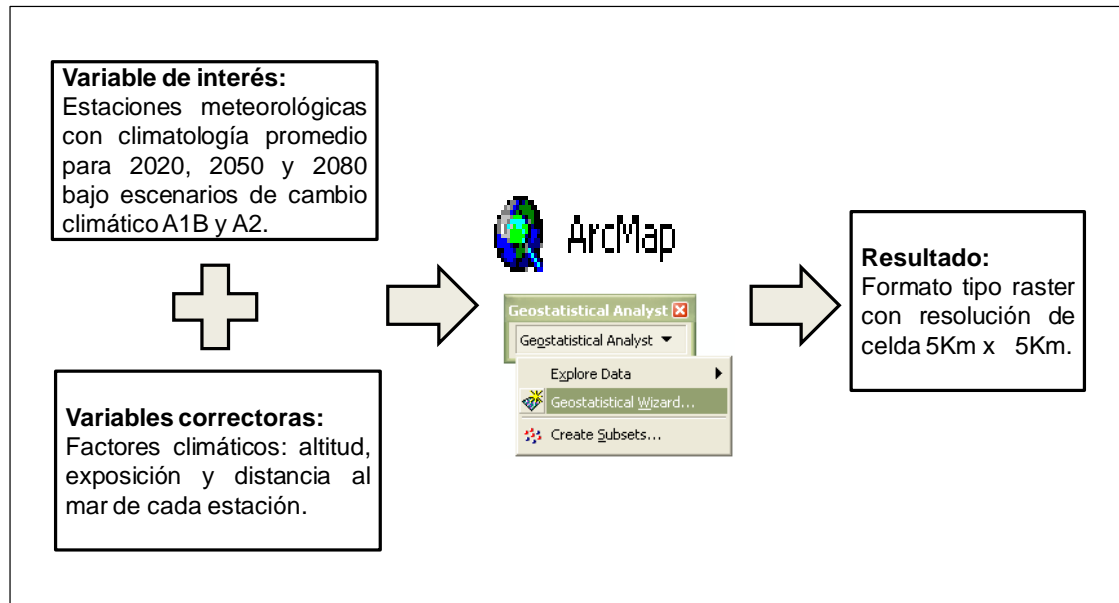


Figura 3. 2 Diagrama de flujo para interpolación espacial entre estaciones.

En el caso de la altitud se utilizó el modelo digital de elevación (DEM) generado por INEGI para México, que además está disponible con libre acceso en línea en cartas 1:50,000 con celdas de 1" x 1" de lado. Con ArcMap se unieron las cartas y se redujo el tamaño de celda a 250 m utilizando el método bilineal. A partir del nuevo DEM se calculó la orientación de la exposición como el aspecto de la superficie en ArcMap.

La variable latitud se consideró menos importante que las anteriores debido a que todo el territorio estatal de Nuevo León está situado dentro de la misma zona climática de la Tierra, por lo que no se tomó en cuenta para la interpolación espacial en el Cokriging.

La capa de información en la interpolación resultante se transformó a formato RASTER con un tamaño de celda de 5 km. Se eligió que fuera de 5Km para considerar la influencia entre estaciones, fuera del Estado hay 2 estaciones con un radio menor a 5Km y dentro del Estado las estaciones El Pajonal y Las Comitas se localizan a un radio de 4.42Km y Las Adjuntas y Potrero Redondo a 4.63 Km (Figura D.6).

3.1.6. Construcción de escenarios

Para cada escenario resultante por variable climática, por año y por escenario de emisión, se calculó la diferencia absoluta de acuerdo a la Ecuación 3.3 y la diferencia porcentual para precipitación solamente de acuerdo a la Ecuación 3.4. La variable observada fue el promedio del período 1960 – 1990 para la temperatura máxima, mínima y precipitación pluvial.

$$\text{Incremento o Decremento absoluto} = \frac{\text{Variable futura} - \text{Variable observada}}{\text{Variable observada}} \quad \text{Ec. 3. 3}$$

$$\text{Incremento o Decremento porcentual} = \frac{\text{Precipitación futura} - \text{Precipitación observada}}{\text{Precipitación observada}} \quad \text{Ec. 3. 4}$$

3.2. Resultados

Para el siguiente análisis se toman los rangos de los mapas para temperatura y precipitación pluvial, y se graficaron los cambios esperados en la superficie del Estado por variable climática, en la Figura 3.3 temperatura mínima, en la Figura 3.4 temperatura máxima y en la Figura 3.5 la precipitación.

En las Figuras 3.3 y 3.4 describen el nivel porcentual de cambios de temperatura entre los escenarios A1B y A2 para los periodos 2020, 2050 y 2080 en la superficie del Estado. En estas se observa que los incrementos son graduales entre los periodos de tiempo respecto al escenario base, es decir, los incrementos menores se esperan en el 2020 y el mayor rango de aumento de temperaturas hacia el 2080. La Figura 3.5 describe el nivel porcentual de cambios de precipitación pluvial entre los escenarios A1B y A2 para los periodos 2020, 2050 y 2080 esperados en la superficie del Estado, en esta Figura se observa como los cambios en los patrones de precipitación son menos uniformes que los cambios en temperatura y probablemente dependerán de cada región del Estado.

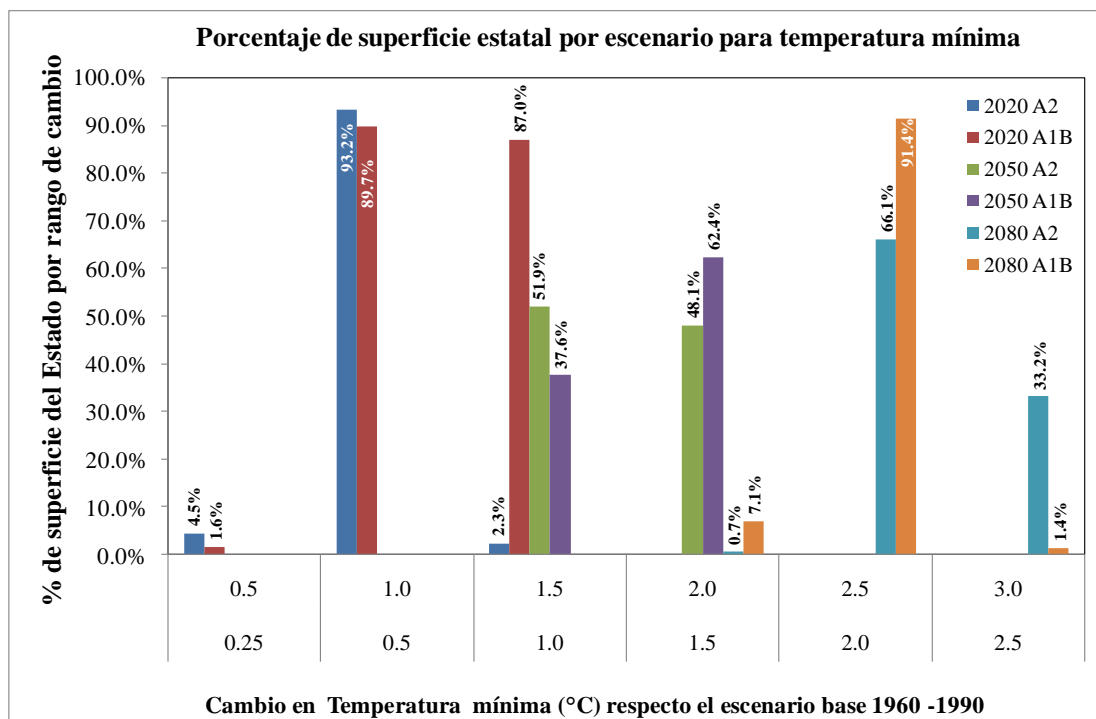


Figura 3. 3 Porcentaje de cambio por rango de incremento de temperatura mínima para los escenarios A1B y A2.

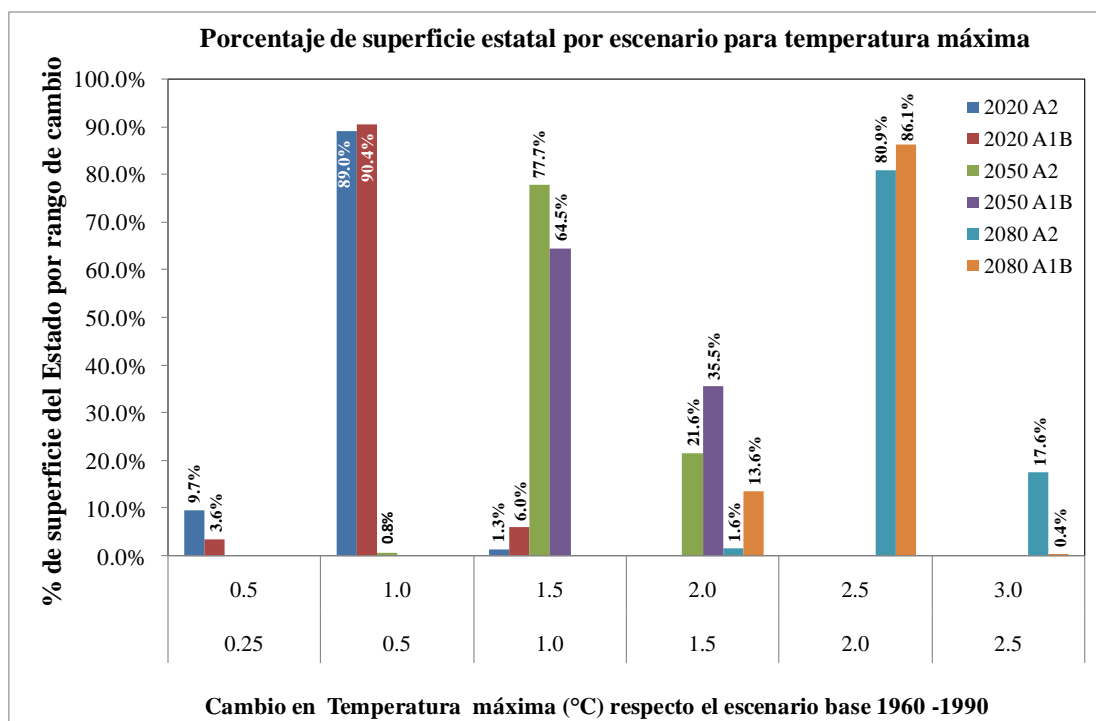


Figura 3. 4 Porcentaje de cambio en la superficie del Estado por rango de incremento de temperatura máxima para los escenarios A1B y A2.

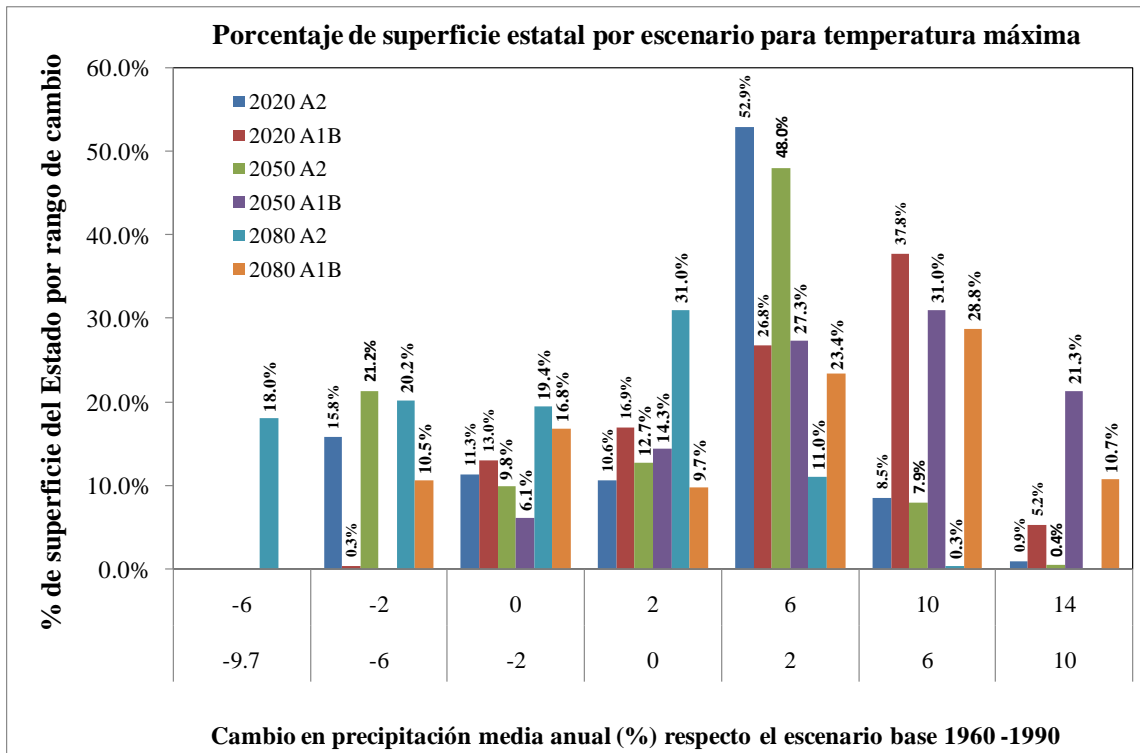


Figura 3. 5 Porcentaje de cambio en la superficie del Estado por rango de cambio de porcentaje de precipitación A1B y A2.

En la Figura 3.6 se muestra el promedio de las variables climatológicas de temperatura mínima y máxima y precipitación observados en el periodo del escenario base de 1960 a 1990. Las Figura 3.7, 3.8 y 3.9 muestran los cambios en temperatura mínima y máxima y precipitación, respectivamente, bajo el escenario A1B del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080 respecto al escenario base. Las Figura 3.10, 3.11 y 3.12 muestran los cambios en temperatura mínima y máxima y precipitación, respectivamente, bajo el escenario A2 del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080 respecto al escenario base.

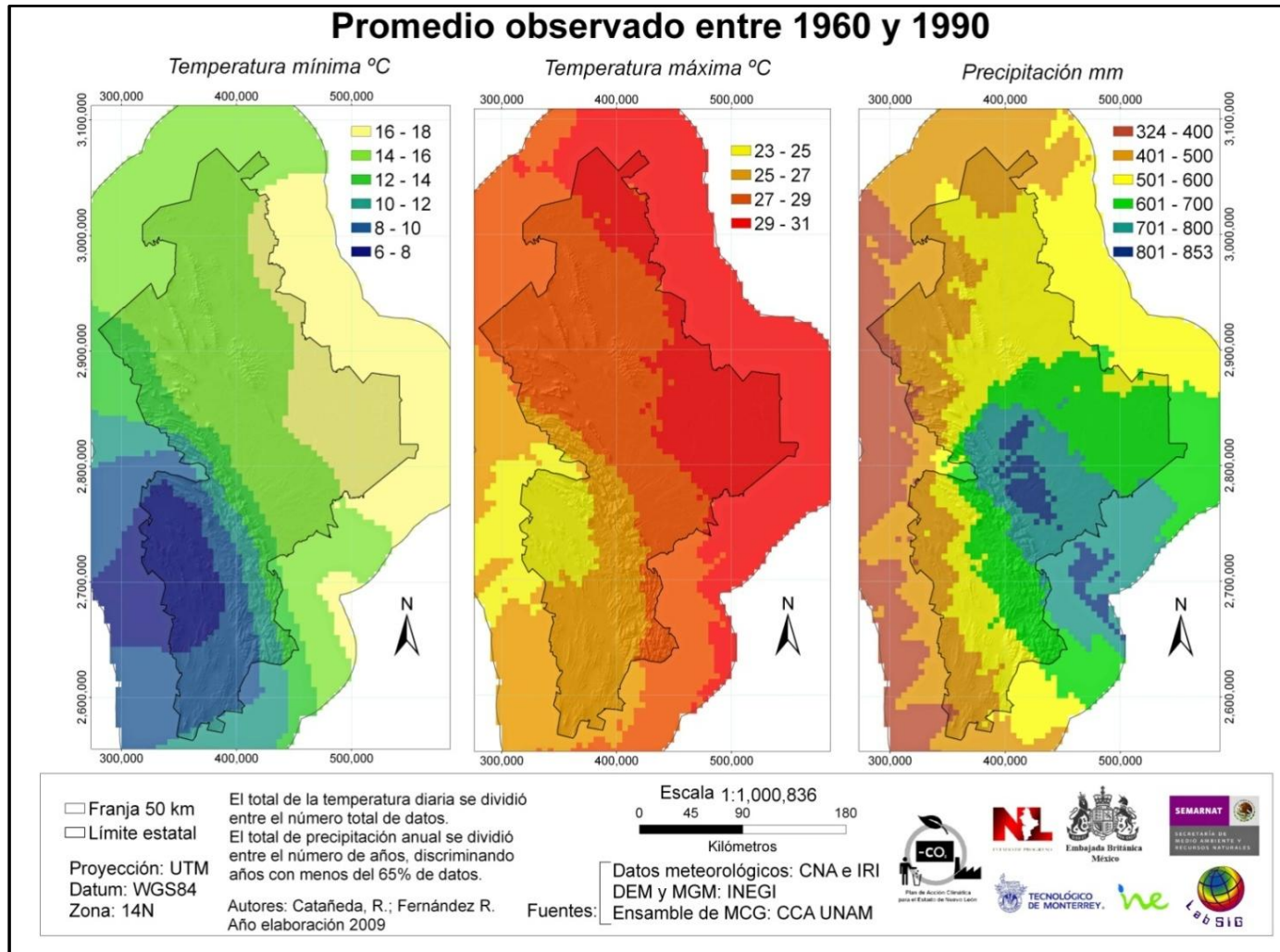


Figura 3. 6 Promedios de las variables climatológicas de temperatura mínima, máxima y precipitación observados en el período del escenario base de 1960 a 1990.

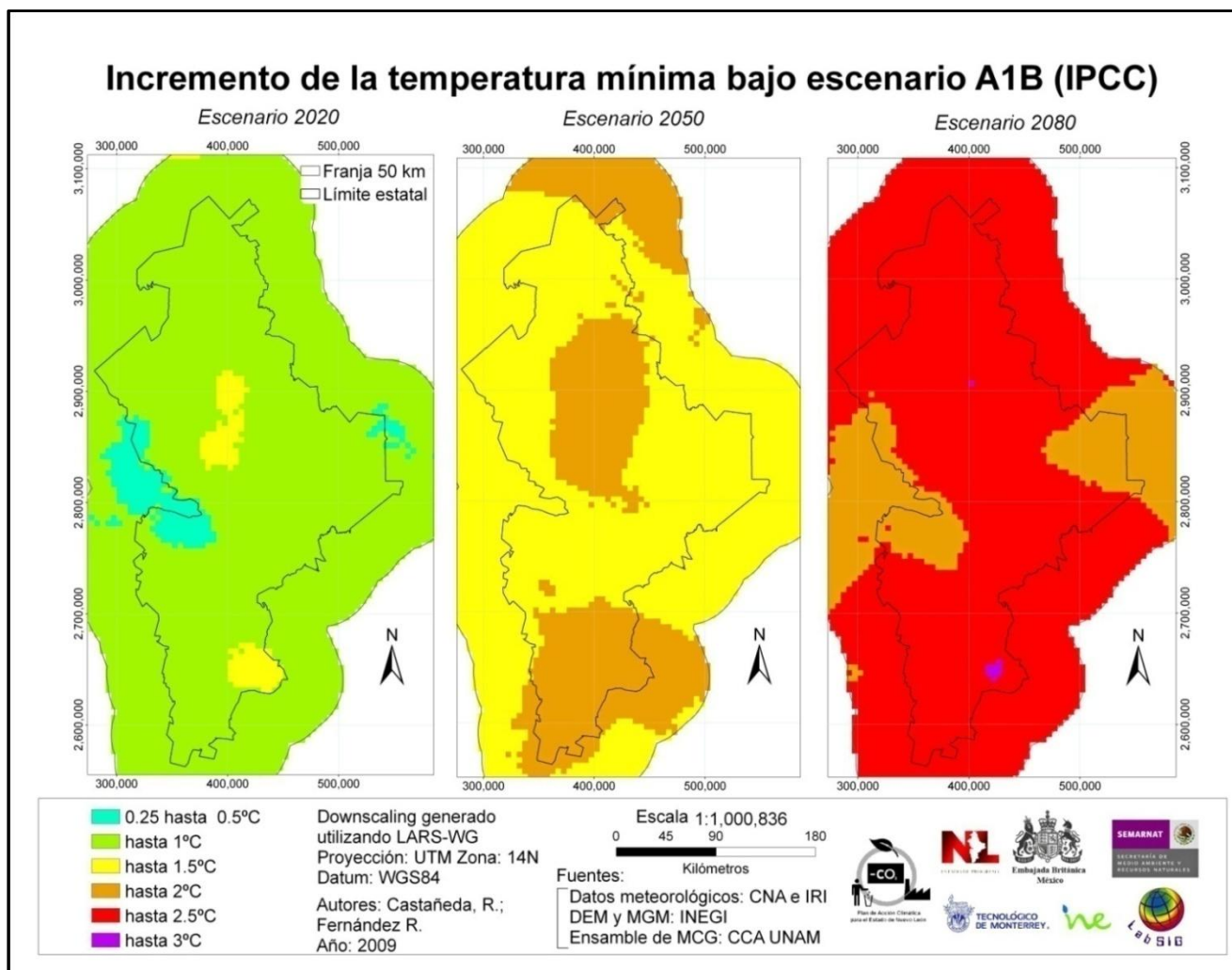


Figura 3. 7 Cambios en la temperatura mínima promedio bajo el escenario A1B del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.

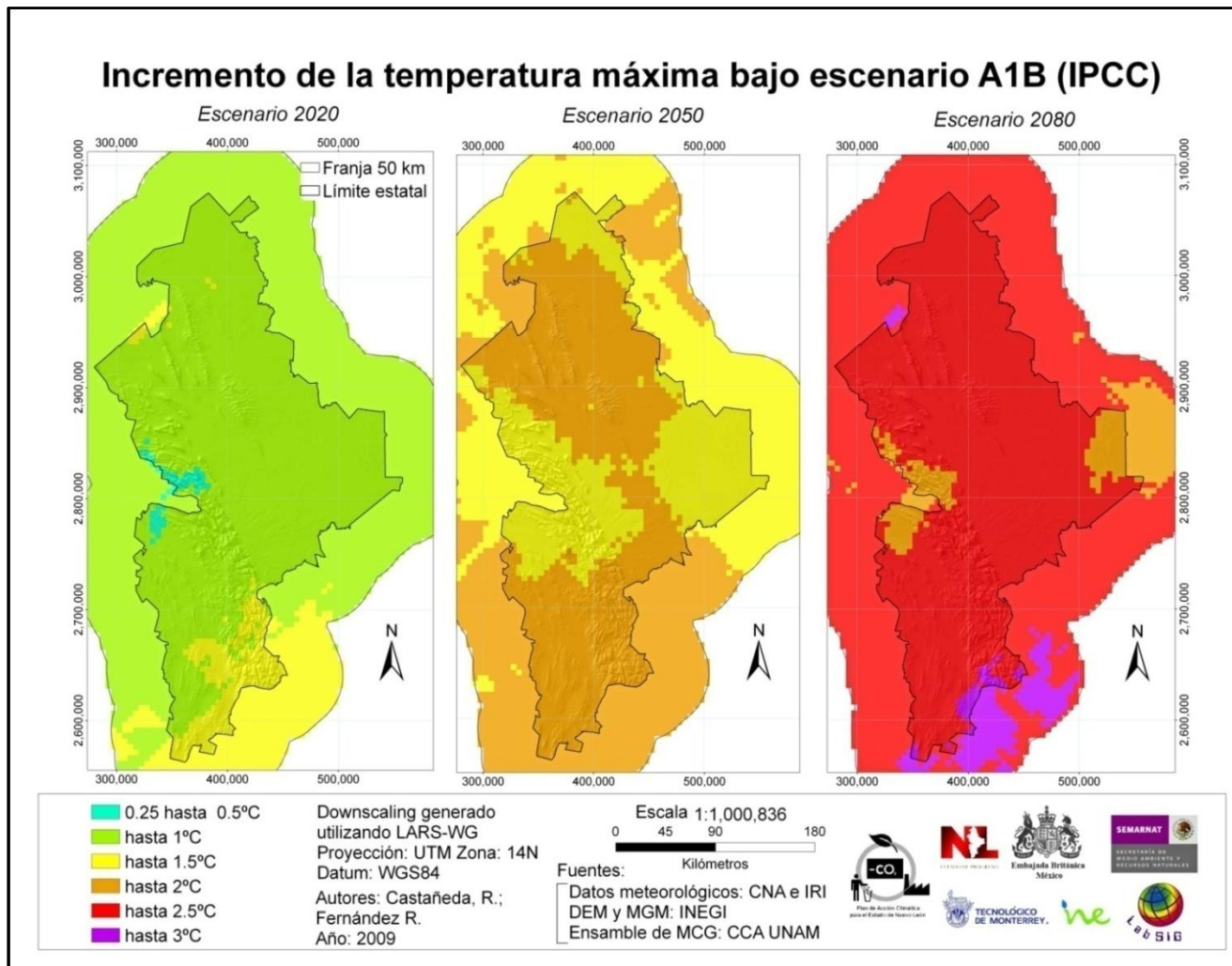


Figura 3. 8 Cambios en la temperatura máxima promedio bajo el escenario A1B del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.

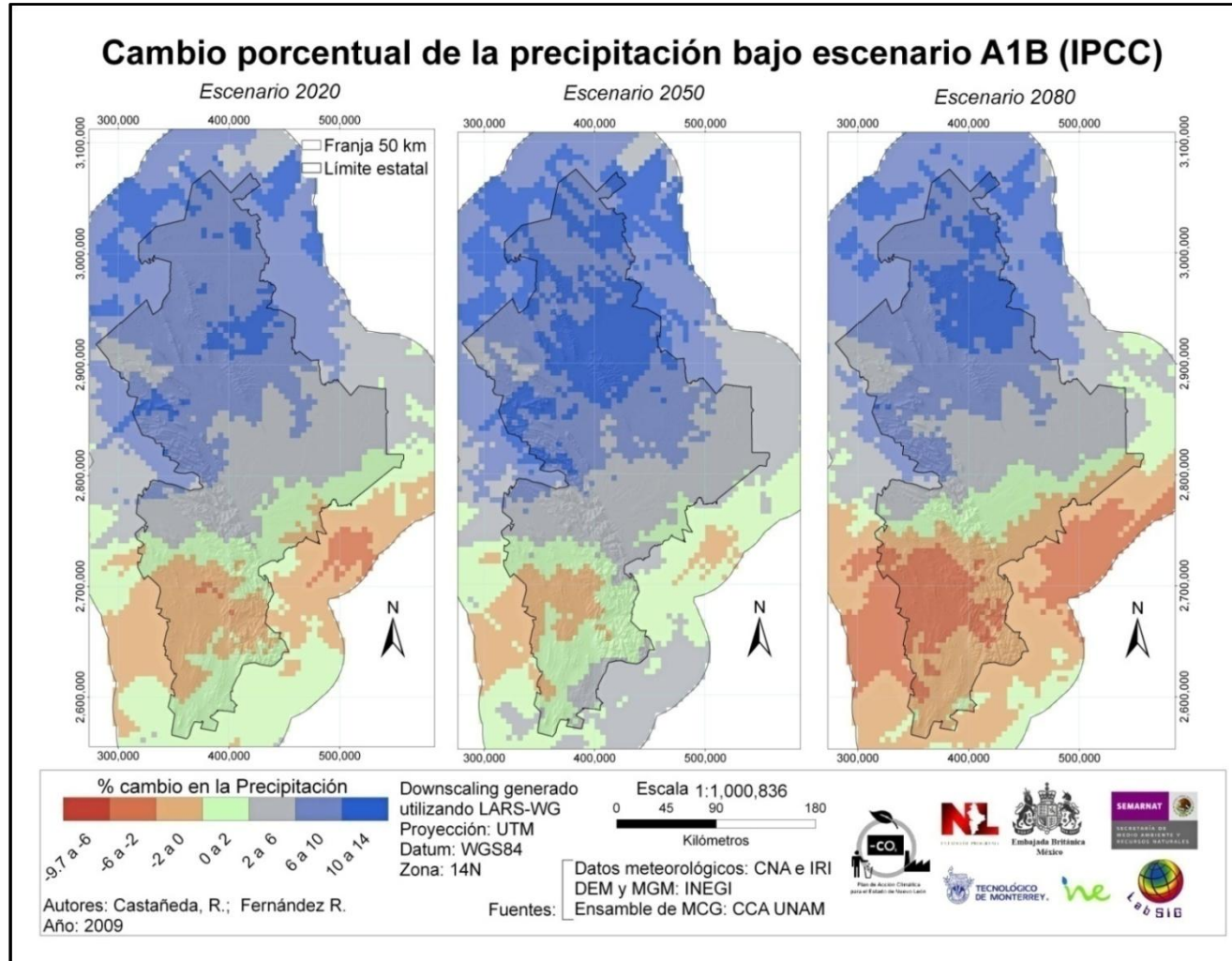


Figura 3. 9 Cambios en la precipitación bajo el escenario A1B del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.

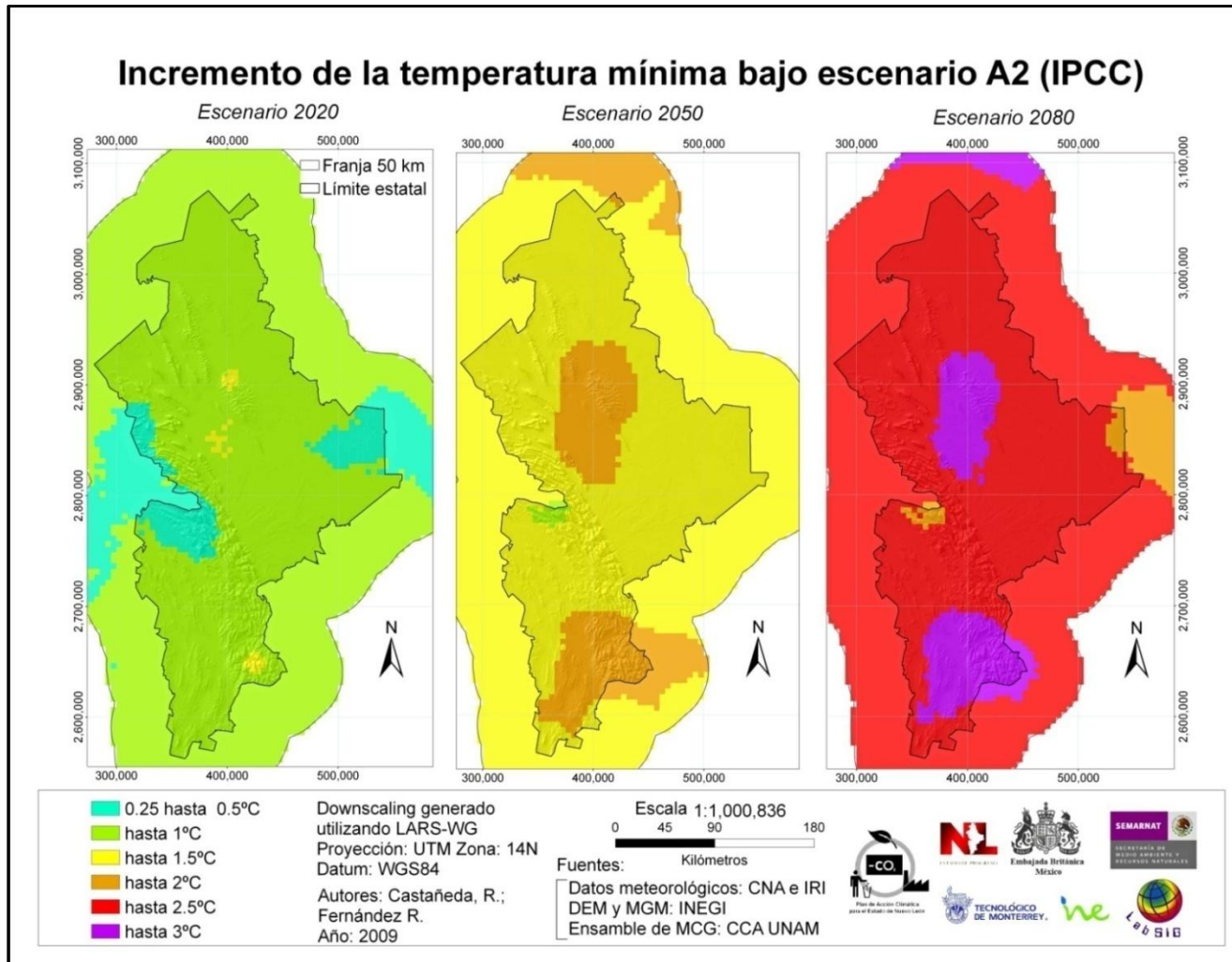


Figura 3. 10 Cambios en la temperatura mínima promedio bajo el escenario A2 del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.

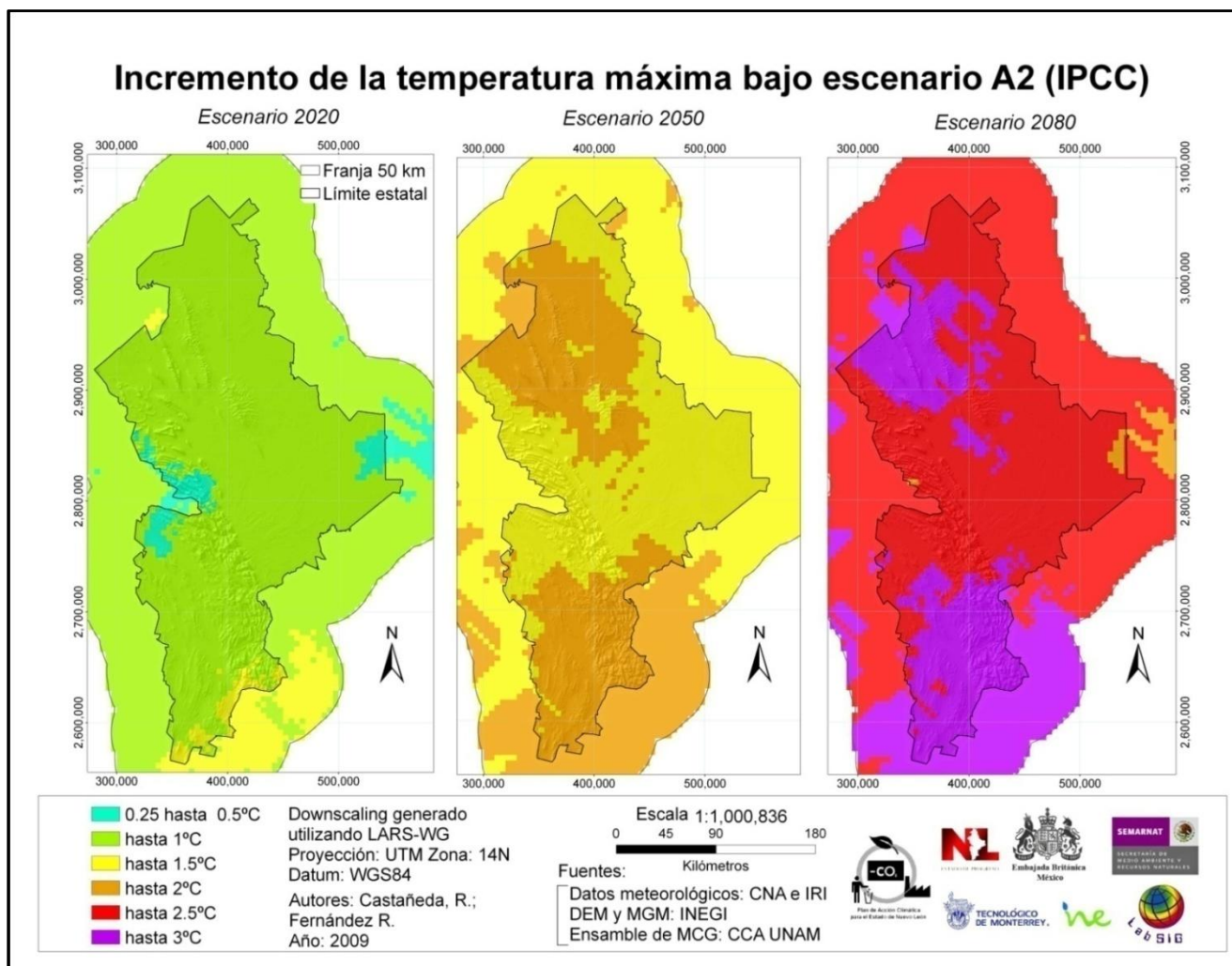


Figura 3. 11 Cambios en la temperatura máxima promedio bajo el escenario A2 del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.

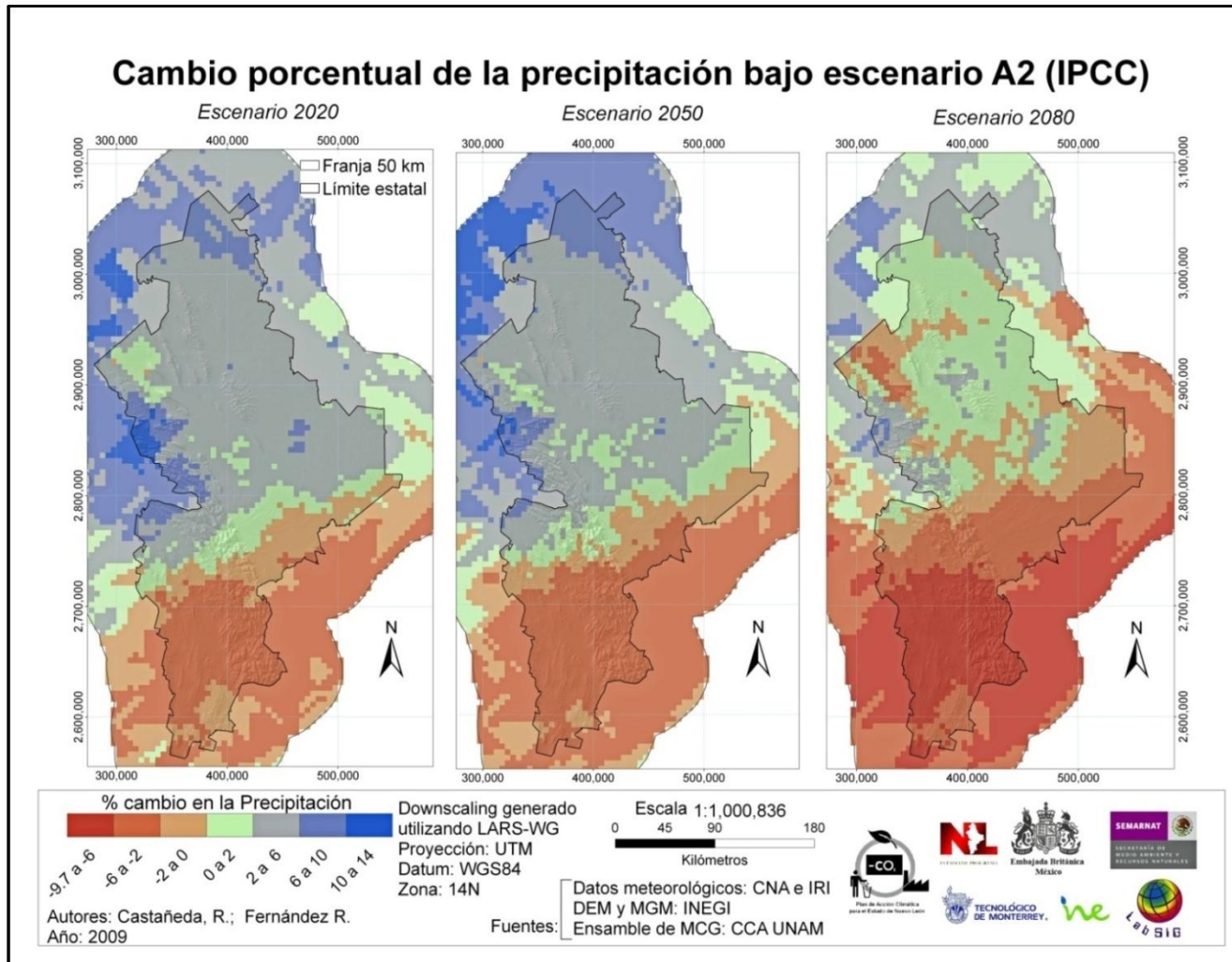


Figura 3. 12 Cambios en la precipitación bajo el escenario A2 del IPCC para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080, con respecto al periodo base 1960-1990.

3.1. Discusión de resultados

Los resultados de los escenarios obtenidos dependen de la calidad de los datos utilizados. En cuanto a la calidad de los mismos y al manejo de la información de las estaciones, se encontraron las siguientes inconsistencias:

- Una distribución irregular de las estaciones meteorológicas, quedando algunas zonas con baja densidad de estaciones, lo que causó dificultades en la interpolación espacial.
- Bases de datos del ERIC III sin actualizar para algunas estaciones.
- Variabilidad en cantidad de datos, así como en el año de inicio y final de las bases de datos, datos no válidos, y huecos en las series de tiempo.
- Incoherencias en datos de las estaciones y en su ubicación, por ejemplo que no correspondía el nombre del municipio.

Para resolver los problemas de las inconsistencias mencionadas se realizó lo siguiente:

- Se creó una franja de 50 km alrededor del límite estatal para mejorar la interpolación (2 estaciones meteorológicas fuera de la franja también se incluyeron).
- Se solicitaron los datos a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para las estaciones nacionales y se obtuvieron los datos de la página del IRI para las internacionales.
- Se hizo un programa para acomodar las bases de datos y se excluyeron las que tuvieran poca información o que no estuviera en el periodo de 1960 a 1990.
- Las estaciones: 19001 Las Adjuntas y la 19051 Potrero Redondo, sólo tenían datos de precipitación, por lo que no pudieron utilizarse para la interpolación de temperatura. Debido a esto la interpolación para precipitación se realizó en base a 118 estaciones y la de temperatura con 116.
- Se realizaron distintas pruebas de interpolación para decidir que estaciones utilizar para el análisis. También se llegó a simular estaciones para las zonas de

baja densidad interpolando (por un método distinto a Cokriging) solamente las más cercanas, pero no se encontró una mejoría importante.

- Se ajustaron las estaciones de acuerdo al marco geoestadístico municipal de 2005 (MGM 2005) y el modelo digital de elevación (DEM, 1: 50,000) de INEGI, en base al municipio, localidad y altitud.

De los resultados obtenidos se analizó lo siguiente:

Para el periodo representado por 2020 se prevé que en la mayor parte del Estado, 90% de la superficie, se dé un incremento de entre 0.5 y 1.0°C en las temperaturas mínimas y máximas promedio para ambos escenarios de emisiones de GEI (SRES). Para precipitación con el escenario A1B se espera un incremento de 6.1 a 10% y con el escenario A2, de 2.1 a 6%, con referencia al periodo base de 1960 a 1990.

En el periodo representado por 2050 los incrementos en referencia al mismo periodo base, 1960 a 1990, serán mayores, para la temperatura mínima se espera que el mayor rango en que cae la mayor parte de la superficie estatal sea de 1 a 1.5°C para los escenarios A2 y A1B, para el 77% y el 64% de la superficie del Estado, respectivamente. Para la temperatura máxima y el escenario A1B se espera que en el 63% del Estado se incrementara entre 1.5 y 2.0°C y para el escenario A2 se prevé que el mayor incremento se dé en más de la mitad del Estado, en un rango de 1.0 y 1.5 °C. Para la precipitación se esperan condiciones similares a las del 2020 en aproximadamente 50% del Estado para el escenario A2 y de 31% para el escenario A1B.

Para el periodo representado por el año 2080 se espera que los incrementos de la temperatura mínima oscilen en el rango de 2.0 y 2.50°C para el 80-85% de la superficie del Estado, para ambos escenarios; para la temperatura máxima se espera el mismo rango de incrementos que el de la temperatura mínima con la diferencia que para el escenario A2 se espera que se dé en una superficie del 67% y para el escenario A1B se dé por encima del 90% de la superficie del Estado. En el caso de la precipitación, para este periodo y el escenario A2 se espera el menor incremento, en el rango de 0.1 y 2% para el

31% del Estado, para el escenario A1B se espera que se mantengan constantes los incrementos de precipitación en el rango de 6 a 10%, sin embargo reduciendo a 28% del área estatal beneficiada por estas precipitaciones.

En general se presenta un incremento de la temperatura y cambios en los patrones de precipitación. El escenario A2 resultó de mayor cambio en temperatura y precipitación en comparación al A1B, esto se puede explicar ya que para el primero las concentraciones de GEI en la atmósfera serían mayores en comparación con A1B. También existen zonas de incremento de precipitación pero en una menor superficie.

Particularmente para el escenario de 2050 se aprecia un incremento de la precipitación hacia la región centro-norte del Estado que comprende los municipios de Sabinas Hidalgo, Vallecillo, Villaldama, Agualeguas y Salinas Victoria. Para el escenario A1B del IPCC, el área de mayor incremento porcentual en la precipitación (entre el 10 y el 14%, aproximadamente) se incrementa visiblemente entre el escenario modelado para los periodos representados por los años 2020 y 2050 y disminuye para 2080, aunque con tasas diferentes a las que se presentan en 2020. En cambio para el escenario A2 del IPCC, el incremento de precipitación entre el 2020 y el 2050 tiene un área más reducida en comparación al caso anterior y en 2080 se aprecian valores de precipitación más bajos que en 2020.

También puede apreciarse que los incrementos para la temperatura mínima y máxima no ocurren exactamente en las mismas zonas del Estado. La temperatura mínima tiene un incremento marcado en la región centro norte y la sur, en los municipios de Aramberri, Gral. Zaragoza y partes de Dr. Arroyo y Mier y Noriega. Respecto a la temperatura máxima, la zona de incremento en el sur se extiende además hacia el resto del municipio de Dr. Arroyo y la mitad sur de Galeana. Además, el área de incremento en el norte es mayor que la correspondiente a la mínima y tiende a presentarse más hacia el poniente del Estado, afectando mayormente a Lampazos, Anáhuac, Bustamante, Villaldama, Mina y Salinas Victoria.

Durante el escenario base, entre 1960 a 1990, el volumen promedio de precipitación para el Estado fue de 37,443 millones de m³. Bajo los escenarios de cambio climático se prevé un aumento en el volumen de precipitación total en el Estado como se muestra en la Tabla 3.1. Para el escenario A2 se espera un incremento de 2.6% para el 2020, 4.0% para el 2050 y 1.7% para el 2080, y para el escenario A1B de 2.1% para el 2020, 1.6% para el 2050 y un decremento de 1.8% para el 2080, estos cambios son en base al escenario de 1960 a 1990.

Tabla 3. 1 Volumen de precipitación (millones de m³) para Nuevo León bajo diferentes escenarios de cambio climático.

	Período	2020	2050	2080
Escenario	A1B	38,419	38,929	38,085
	A2	38,220	38,043	36,769

Capítulo IV

Impactos del cambio climático en los sectores salud y energía eléctrica

4.1. Sector salud

El cambio climático es una amenaza considerable para la salud pública y plantea un reto importante de modificar la manera en que debemos considerar la protección de las poblaciones vulnerables a sufrir repercusiones en la salud.

El informe más reciente del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) destaca una amplia variedad de consecuencias para la salud humana. La variabilidad y el cambio del clima causan defunciones y enfermedades debidas a desastres naturales tales como olas de calor, inundaciones y sequías. Además, muchas enfermedades importantes son muy sensibles a los cambios de temperatura y precipitación. Entre ellas enfermedades comunes transmitidas por vectores, por ejemplo el paludismo y el dengue, pero también otras grandes causas de mortalidad tales como la malnutrición y las diarreas. El cambio climático ya está contribuyendo a la carga mundial de morbilidad y se prevé que su contribución aumentará en el futuro.

Existen enfermedades que dependen de forma directa del clima (que son consecuencia de altas temperaturas y/o inundaciones) e indirecta (enfermedades transmitidas por vector), de la calidad del agua, del aire, disponibilidad de alimentos.

En términos generales, un cambio de las condiciones climáticas puede tener tres tipos de repercusiones en la salud (OMS, 2003):

- Repercusiones más o menos directas, causadas en general por fenómenos meteorológicos extremos.
- Consecuencias para la salud de diversos procesos de cambio ambiental y perturbación ecológica resultantes del cambio climático.
- Diversas consecuencias para la salud (traumáticas, infecciosas, nutricionales, psicológicas y de otro tipo) que se producen en poblaciones desmoralizadas y desplazadas a raíz de perturbaciones económicas, degradaciones ambientales y situaciones conflictivas originadas por el cambio climático.

El conocimiento de las repercusiones del cambio climático en la salud humana ha incrementado en los últimos años, sin embargo existe una permanente dificultad para identificar estos impactos por que las causas de la mayoría de los problemas de salud en los seres humanos está en diferentes factores, como el entorno socioeconómico, demográfico y ambiental y su cambio a través del tiempo.

En esta sección, se presenta una estimación de la situación que pudiera ocurrir en el Estado de Nuevo León frente a diversas enfermedades que, según las investigaciones de distintas organizaciones e investigadores, son potenciales a incrementar su incidencia influenciadas por el cambio climático.

4.1.1. Metodología para evaluar impactos en salud

Se realizó una amplia revisión bibliográfica en publicaciones científicas sobre los efectos del cambio climático en la salud humana. Esta búsqueda dio como resultado una lista de enfermedades sensibles al cambio climático y que han sido asociadas a éste en distintos lugares del mundo. La Figura 4.1 presenta un diagrama de una metodología para determinar propuestas de investigación del impacto del cambio climático en la salud.



Figura 4. 1 Estrategia de investigación.

Fuente: INE, 2006

En estudios previos realizados en México sobre los impactos del cambio climático se tomaron en cuenta dos grupos de enfermedades que pudieran presentarse en la población mexicana (Aguilar, 2000). La Tabla 4.1 resume estos dos grupos de enfermedades.

Tabla 4. 1 Grupos de enfermedades de acuerdo con la forma de transmisión.

Fuente: Aguilar, 2000

Enfermedades infecciosas transmitidas por vector	Enfermedades infecciosas que no se transmiten por vector
Dengue	Cólera
Oncocercosis	Paratifoidea
Paludismo	Salmonelosis
Leishmaniasis	Fiebre tifoidea
Tripanosomiasis	Shigelosis

En el “*Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población en México*” realizado para el INE (2006) por el Instituto Nacional de Salud Pública, incluye un listado (Tabla 4.2), de enfermedades que después de una extensa

revisión bibliográfica de artículos científicos se sugiere deben estudiarse a profundidad por considerarse sensibles al clima y prioritarias en términos de salud pública.

Tabla 4. 2 Enfermedades sensibles al cambio climático

Fuente: INE, 2006

Enfermedades transmitidas por vector	Enfermedades transmitidas por agua y alimentos	Enfermedades infecciosas	Eventos climáticos extremos
Dengue	Enfermedad Diarreica Aguda (EDA)	Enfermedades Infecciosas Agudas (IRA)	Golpes de Calor
Paludismo	Intoxicaciones alimentarias por biotoxinas marinas		

La información sobre la incidencia de las enfermedades en el Estado de Nuevo León se recopiló de la base de datos estadísticos de las enfermedades de 1984 a 2007 disponible en el Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE). Los datos meteorológicos de temperatura máxima, mínima y precipitación se obtuvieron de las series diarias de las estaciones de la Comisión Nacional del Agua (CNA), de las estaciones ubicadas dentro de la zona urbana del AMM, se consideraron las estaciones de esta área porque en ella se encuentra concentrada aproximadamente el 86% de la población y las proyecciones estiman que se alcance una concentración del 90%, y de estas se calculó la temperatura media anual.

Para analizar la relación de los casos presentados de las enfermedades seleccionadas con las variables climatológicas se realizó un estudio ecológico.

Estudio ecológico

Se recurre a este tipo de estudios cuando se desea cuando se desea conocer la distribución de la enfermedad o sus factores condicionantes. A diferencia de estudios observacionales

la unidad de análisis es un grupo geográfico y no individual, en este caso la unidad de estudio sería el área de estudio de interés definida en el Capítulo 2.

Estrategia del estudio

La estrategia metodológica utilizada en un estudio ecológico depende de su propósito. De acuerdo a este concepto Morgenstern en 1982 los clasificó en series cronológicas y estudios comparativos.

Series cronológicas: Con este estudio se analiza la existencia de casos registrados en una población en un periodo de tiempo ya que refleja la presencia, ausencia o cambios en la incidencia. En este caso se graficaron los casos mensuales entre el primer año de reporte que se tenga según cada enfermedad hasta el 2006 que es el último del cual hay información. También puede estudiarse por medio de un análisis de series cronológicas la asociación existente entre una exposición previa y la incidencia que se presenta en un periodo posterior, con una diferencia en el tiempo que sea igual al período de latencia de la exposición estudiada.

Estudios comparativos: El propósito de estos estudios es del establecer una asociación. La asociación de dos variables se suele describir por coeficientes de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación se encuentra siempre entre -1 y 1, los valores positivos indican una correlación positiva (a mayores valores de una variable están asociados con valores mayores de las demás) mientras que los negativos correlaciones negativas (valores mayores de una variable se relacionan con valores menores de las demás). El coeficiente de correlación de Pearson se define por la expresión:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad \text{Ec. 4. 1}$$

Donde,

n	Número de datos
$\Sigma x, \Sigma y$	Sumatoria de todos los elementos x (y)
$\Sigma x^2, \Sigma y^2$	Sumatoria de los cuadrados de x (y)
$(\Sigma x)^2, (\Sigma y)^2$	Cuadrado de la sumatoria de los elementos x (y)
Σxy	Sumatoria del producto de los elementos x y y
r	Coefficiente de correlación de una muestra
ρ	Coefficiente de correlación de una población

Significancia del coeficiente de correlación: Un coeficiente de correlación se dice que es significativo si se puede afirmar con una cierta probabilidad que es diferente de cero. A este respecto se tienen dos hipótesis:

- $H_0: \rho = 0$, El coeficiente de correlación obtenido procede de una población cuya correlación es cero y se dice que no están correlacionados.
- $H_1: \rho \neq 0$, El coeficiente de correlación obtenido procede de una población cuya correlación es distinto de cero y se dice que están correlacionados.

El estadístico de prueba es el t-student (Ecuación 4.2) y la regla de decisión es de rechazar H_0 con un nivel de significancia de α si $|t| > t_{\alpha/2, n-2}$ (Anexo D), o si el p-valor es $< \alpha$ el valor α .

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \text{Ec. 4. 2}$$

En este estudio se seleccionó la última década de la que se cuenta información (2006-1996) para analizar el comportamiento del número de casos mensuales reportados con la temperatura media mensual, mínima promedio, máxima promedio y la precipitación con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

En base a lo observado en las series cronológicas también se calculó la correlación entre las condiciones de temperatura media mensual, mínima promedio, máxima promedio y la precipitación uno y dos meses antes a la incidencia de los casos de dengue clásico y hemorrágico.

4.1.2. Impactos en salud: resultados y discusión

Enfermedades sensibles a cambio climático en Nuevo León

De acuerdo a la revisión bibliográfica y la información disponible, se seleccionaron las 10 enfermedades mostradas en la Tabla 4.3 para analizar su comportamiento en el tiempo y contra los datos de temperatura.

Tabla 4. 3 Enfermedades seleccionas para evaluar impactos en salud.

Enfermedades sensibles a cambio climático
Dengue clásico
Dengue hemorrágico
Paludismo
Oncocercosis
Leishmaniasis
Tripanosomiasis
Cólera
Salmonelosis
Fiebre tifoidea
Shigelosis

Series de tiempo de las enfermedades sensibles a cambio climático en Nuevo León

En las Figuras 4.2 y 4.3 se observa la presencia de dengue en el Estado año con año. El año de 1999 es el año con mayor incidencia de casos de dengue clásico con 11,478 y 2005 de dengue hemorrágico con 344. El dengue clásico y hemorrágico en Nuevo León

deben ser seguidos muy de cerca ya que Nuevo León es considerado uno de los Estados de mayor riesgo para contraerlo y ha sido de los más afectados por dengue desde 1984 junto con los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Guerrero y Colima (SSA, 2001).

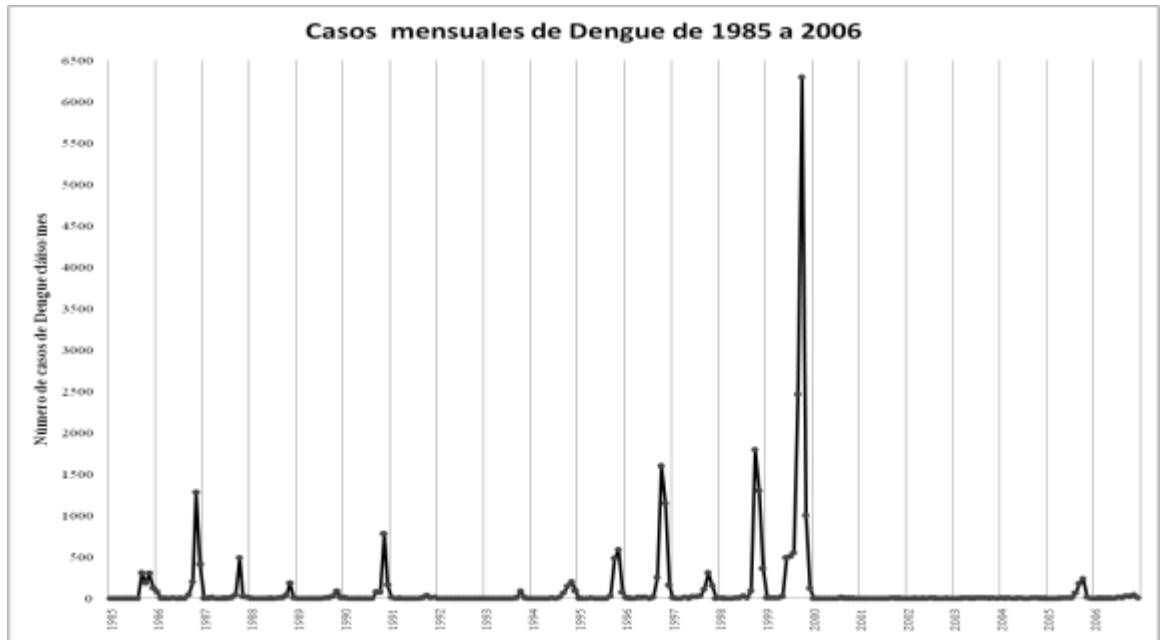


Figura 4. 2 Serie de tiempo de casos reportados de dengue clásico.

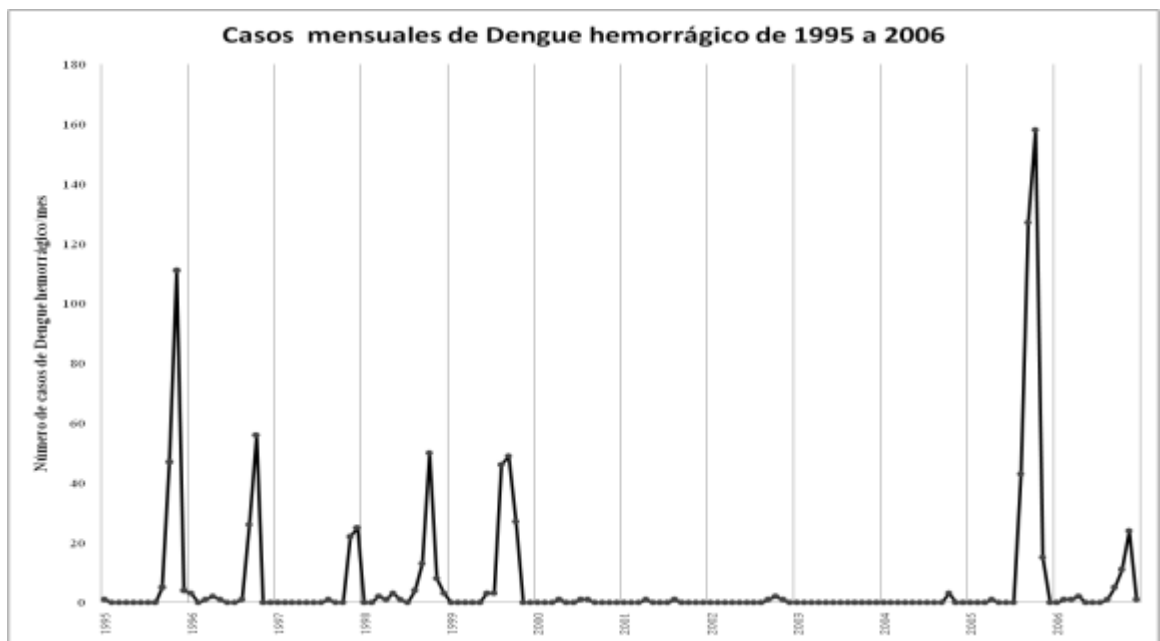


Figura 4. 3 Serie de tiempo de casos reportados de dengue hemorrágico.

En nuestro país la incidencia del paludismo ha mostrado variaciones ligadas a carencias de recursos y desastres. El Estado de Nuevo León registró 4 casos en lo que va de 1996 a 2006, observándose en la Figura 4.4 que es una enfermedad que se ha mantenido controlada en la última década.

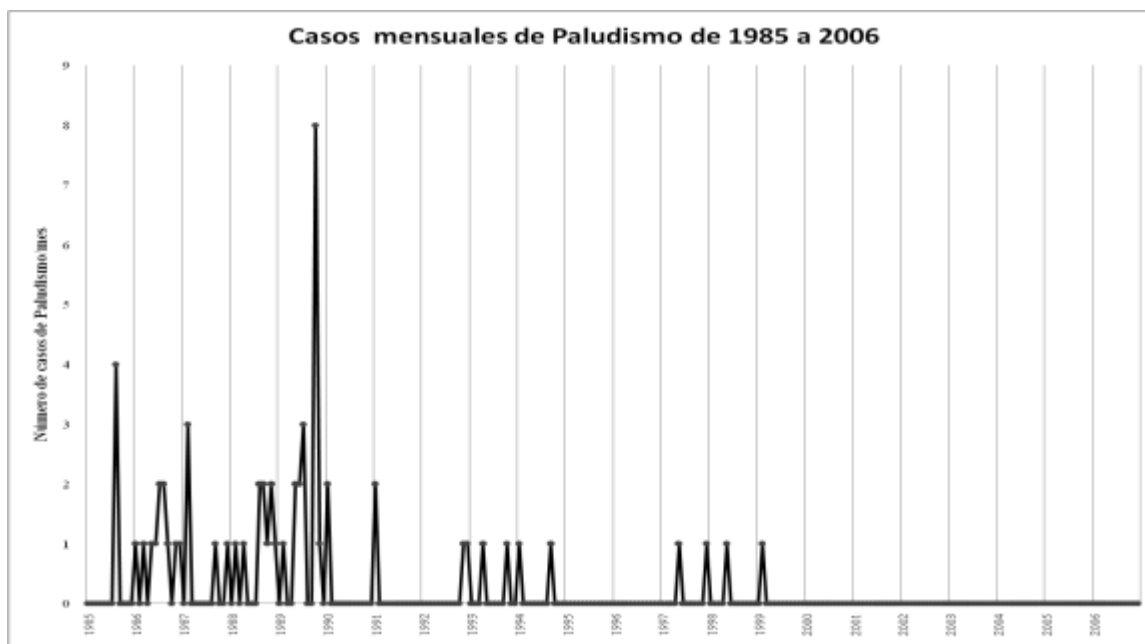


Figura 4. 4 Serie de tiempo de casos reportados de paludismo.

La transmisión de oncocercosis puede variar en lugar y tiempo y depende de varios factores, entre ellos, la relación de densidad hombre-vector, la longevidad y antropofilia del vector, la susceptibilidad al parásito y la cantidad de parásitos disponibles en una población humana dada. Esta enfermedad ocurre endémicamente en dos regiones de Chiapas y en una región de Oaxaca. En el caso de Nuevo León como se observa en la Figura 4.5 en la última década se han presentado solamente 5 casos.

De leishmaniosis puede observarse en la Figura 4.6 que los casos presentados han sido muy pocos y en un mismo año. Los datos son insuficientes para buscar una correlación entre los casos presentados y condiciones climatológicas..

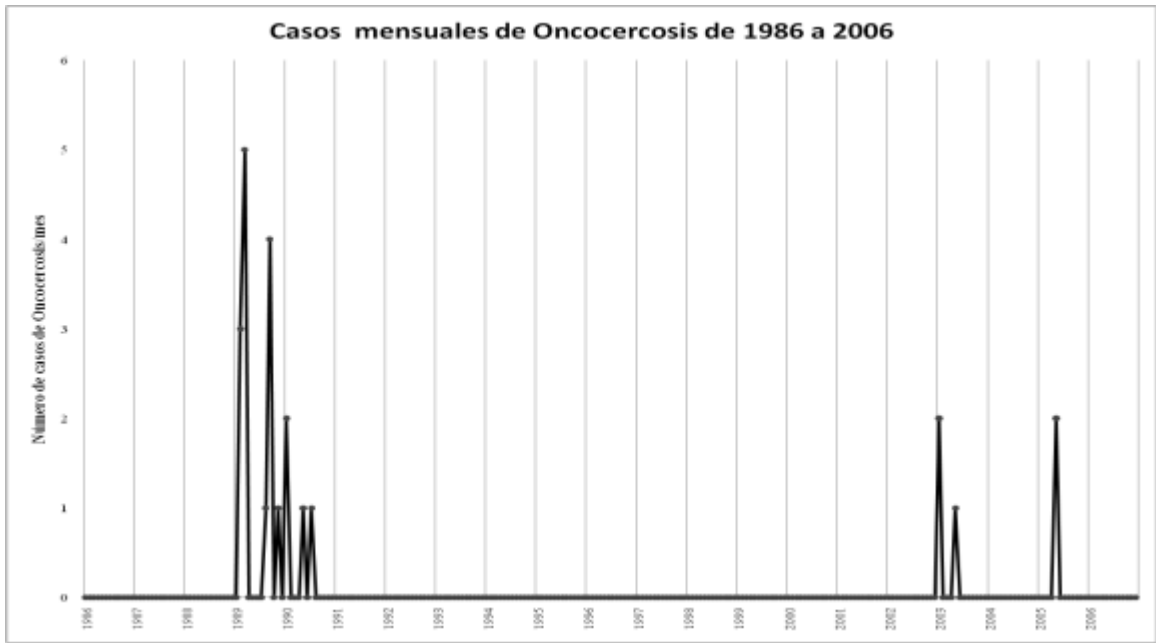


Figura 4. 5 Serie de tiempo de casos reportados de oncocercosis.

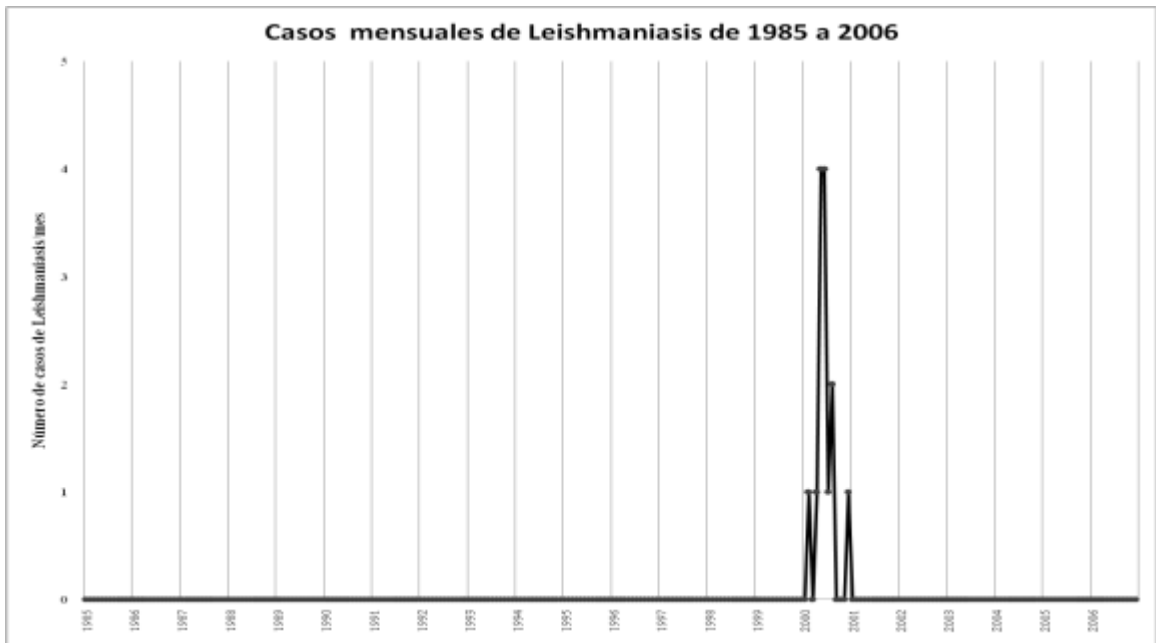


Figura 4. 6 Serie de tiempo de casos reportados de leishmaniasis.

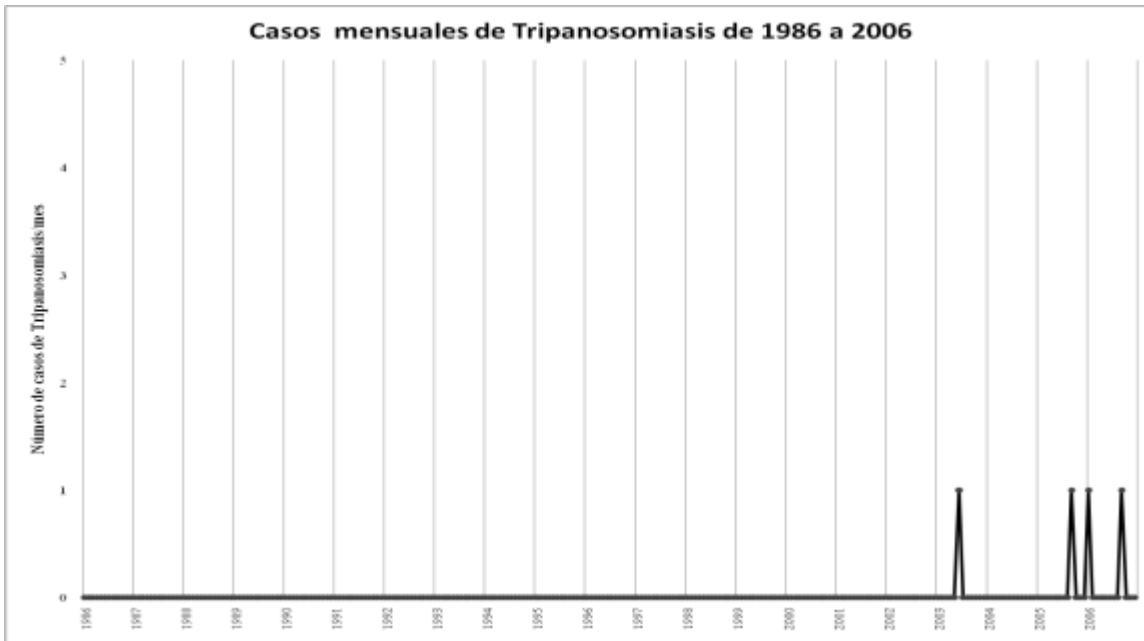


Figura 4. 7 Serie de tiempo de casos reportados de tripanosomiasis.

La tripanosomiasis (*mal de Chagas*), presenta altos niveles de infección en el Sureste y Centro del país, en nuestro caso se observa en la Figura 4.7 que se han presentado 4 casos en los últimos 20 años.

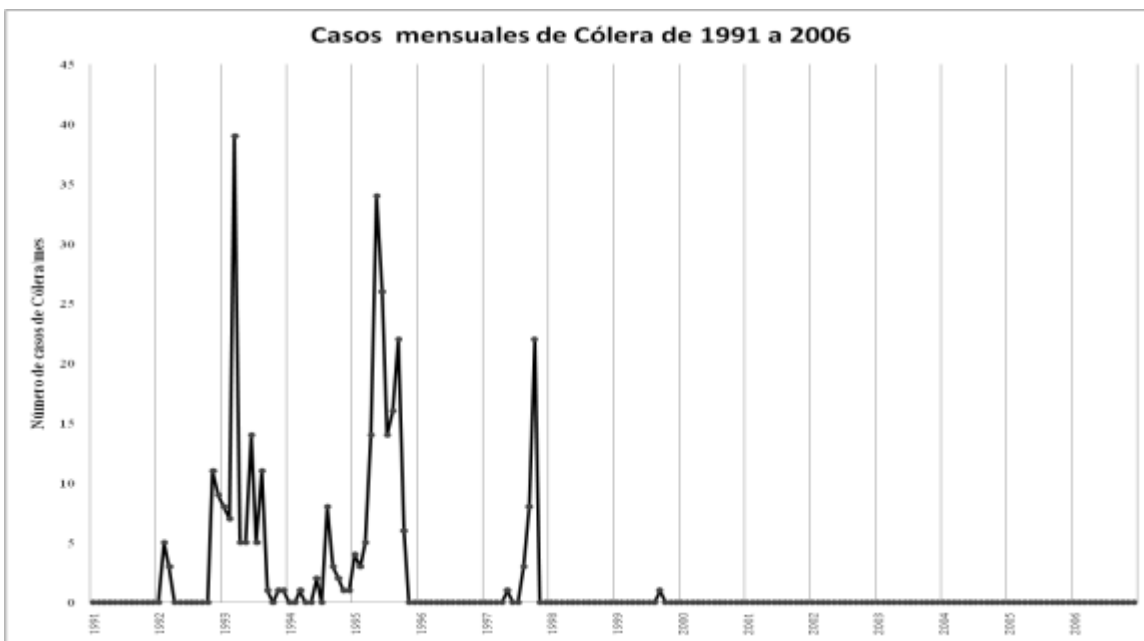


Figura 4. 8 Serie de tiempo de casos reportados de cólera.

En el caso de enfermedades infecciosas no transmitidas por vector, como fiebre tifoidea, salmonelosis y shigelosis, estas se presentan con recurrencia (Figuras 4.9 a 4.11). En la Figura 4.8 se observa que el cólera se ha mantenido controlado en los últimos años.

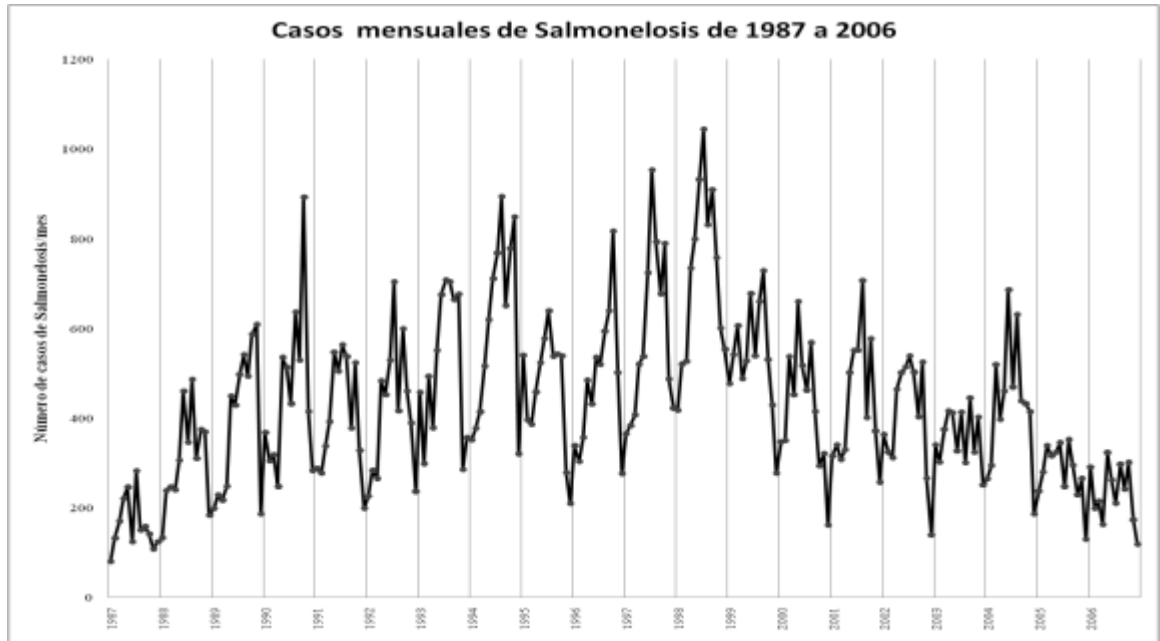


Figura 4. 9 Serie de tiempo de casos reportados de Salmonelosis.

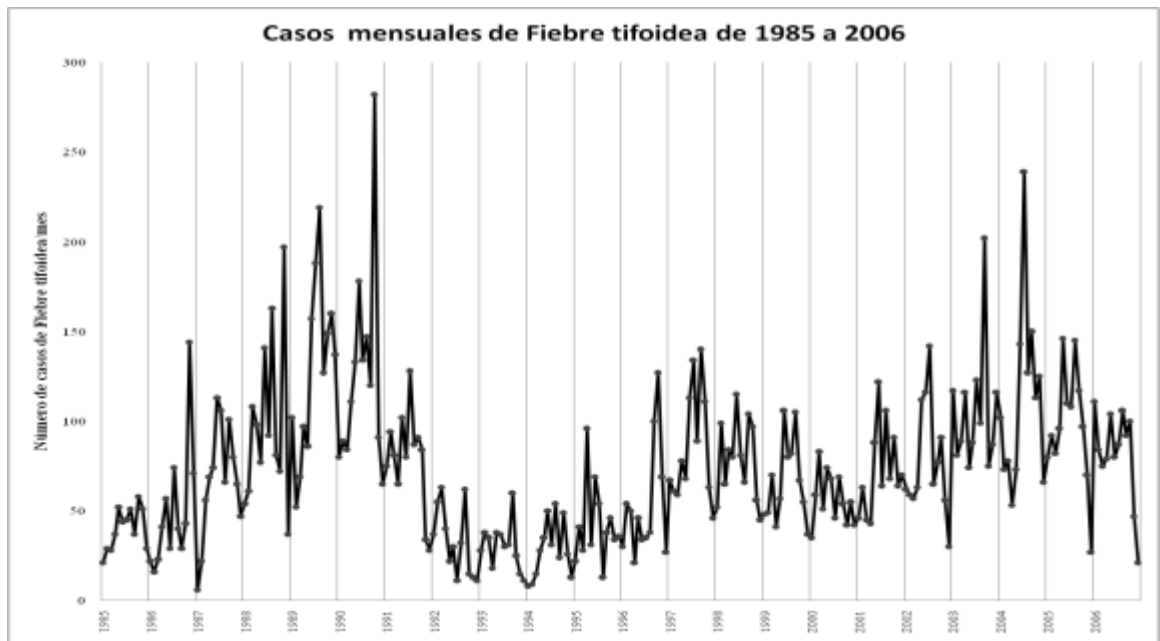


Figura 4. 10 Serie de tiempo de casos reportados de fiebre tifoidea.

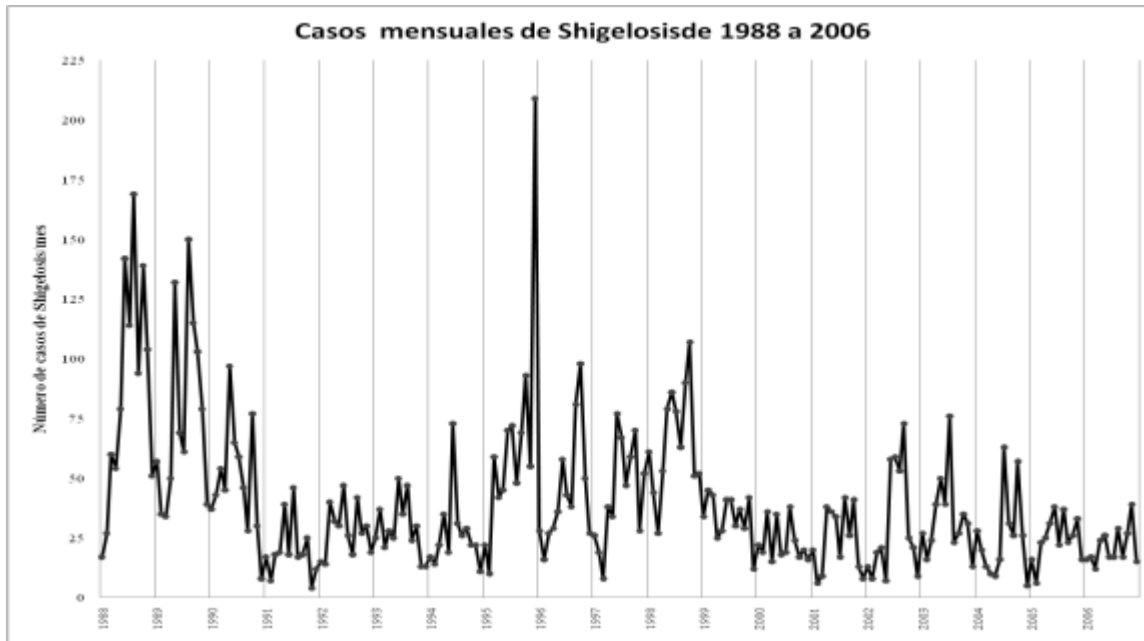


Figura 4. 11 Serie de tiempo de casos reportados de shigelosis.

Correlaciones de las enfermedades sensibles a cambio climático en Nuevo León con las variables climatológicas.

En la Tabla 4.4 se presentan los coeficientes entre estas variables y los casos de cada enfermedad. Estadísticamente presentan una correlación con la temperatura mínima, máxima y media la salmonelosis, fiebre tifoidea y shigelosis ($p\text{-valor} < 0.05$) y además esta correlación es positiva para las 3 enfermedades, es decir, si aumenta la temperatura aumenta el número de casos, y las enfermedades que muestran correlación positiva con la precipitación son el dengue hemorrágico, fiebre tifoidea y shigelosis, aumentos en la precipitación aumentan el número de casos.

Para el caso de enfermedades infecciosas no transmitidas por vector, como cólera, fiebre tifoidea, salmonelosis y shigelosis, analizando los efectos de la precipitación, al igual que el de la temperatura en la incidencia de estas enfermedades se tiene una correlación positiva con significancia estadística del incremento de casos con el aumento en temperaturas y precipitaciones (Tabla 4.4).

Tabla 4. 4 Correlaciones de Pearson y su significancia estadística entre las variables climatológicas y los casos mensuales registrados de 1996 – 2006.

Enfermedad	Temperatura Mínima		Temperatura Máxima		Temperatura Media		Precipitación	
	Coef.	P	Coef.	p	Coef.	p	Coef.	P
Dengue clásico	0.04	0.67	-0.01	0.87	0.01	0.90	0.01	0.93
Dengue hemorrágico	0.12	0.17	0.05	0.59	0.09	0.33	0.19	0.03
Paludismo	-0.04	0.63	0.00	0.97	-0.02	0.82	-0.07	0.39
Cólera	0.02	0.78	0.02	0.82	0.02	0.79	0.16	0.06
Salmonelosis	0.49	0.00	0.49	0.00	0.50	0.00	0.15	0.09
Fiebre tifoidea	0.46	0.00	0.35	0.00	0.42	0.00	0.23	0.01
Shigelosis	0.40	0.00	0.38	0.00	0.39	0.00	0.18	0.04

El aumento en las lluvias es un factor importante de contaminación del agua potable por aguas de desecho trayendo consigo enfermedades diarreicas. En este sentido brotes de diarrea son el efecto de las fuentes de aguas y sus crecidas, siendo los causantes de el cólera, la fiebre tifoidea y la shigelosis (Meléndez, 2008).

En el caso del dengue, en su ciclo de vida tiene 2 etapas diferenciadas: fase acuática (incubación) y fase aérea. El tiempo de incubación puede durar de 3 a 15 días dependiendo de las condiciones climatológicas que se presenten, si la temperatura se elevará entre 2 y 5°C este período se reduce a tan solo 7 días, además la capacidad vectorial del mosquito se triplica de 30°C a 32-35°C (Rodgers, 1993). Las hembras de la especie son hematófagas, es decir, chupan la sangre transmitiendo el virus de la enfermedad, mientras que los machos se alimentan de néctares de las plantas. La sobrevivencia de los mosquitos depende de la capacidad para alimentarse, reproducirse, protegerse y dispersarse. El tiempo de vida en condiciones naturales es entre 15 y 30 días.

De acuerdo con los casos registrados de dengue clásico y dengue hemorrágico y los datos históricos climatológicos, en Nuevo León no se tiene una correlación entre estas variables (Tabla 4.4), sin embargo si observamos los casos registrados en el tiempo (Figuras 4.2 y 4.3) se aprecia un patrón repetitivo cada año, entre el tercer y cuarto trimestre del año se da el mayor número de casos y decrecen al final del mismo año (Figuras 4.12 a 4.17).

Si se comparan las condiciones climatológicas contra los casos registrados se observa un desfaseamiento entre los meses con mayor temperatura y precipitación con los meses con mayor número de casos registrados. Considerando, que el ciclo de vida del mosquito transmisor del dengue puede durar entre 18 y 45 días se compararon los casos registrados con las condiciones climatológicas presentadas uno y dos meses antes obteniendo una correlación positiva entre condiciones climatológicas de temperaturas altas y mayor precipitación con los casos registrados de dengue clásico y hemorrágico (Tablas 4.5 y 4.6).

Tabla 4. 5 Correlaciones de Pearson y su significancia estadística entre los casos mensuales registrados de dengue clásico y las variables climatológicas presentadas el mismo mes, un mes antes y dos meses antes.

Dengue clásico	T. Mínima		T. Máxima		T. Media		Precipitación	
	Coef.	p valor	Coef.	p valor	Coef.	p valor	Coef.	p valor
Sin desfase	0.04	0.67	-0.01	0.87	0.01	0.90	0.01	0.93
Desfase de 1 mes	0.19	0.03	0.12	0.18	0.16	0.07	0.13	0.13
Desfase de 2 meses	0.26	0.00	0.22	0.01	0.24	0.01	0.19	0.03

Tabla 4. 6 Correlaciones de Pearson y su significancia estadística entre los casos mensuales registrados de dengue hemorrágico y las variables climatológicas presentadas el mismo mes, un mes y dos meses antes.

Dengue hemorrágico	T. Mínima		T. Máxima		T. Media		Precipitación	
	Coef.	p valor	Coef.	p valor	Coef.	p valor	Coef.	p valor
Sin desfase	0.12	0.17	0.05	0.59	0.09	0.33	0.19	0.03
Desfase de 1 mes	0.25	0.00	0.20	0.02	0.23	0.01	0.18	0.04
Desfase de 2 meses	0.30	0.00	0.27	0.00	0.29	0.00	0.31	0.00

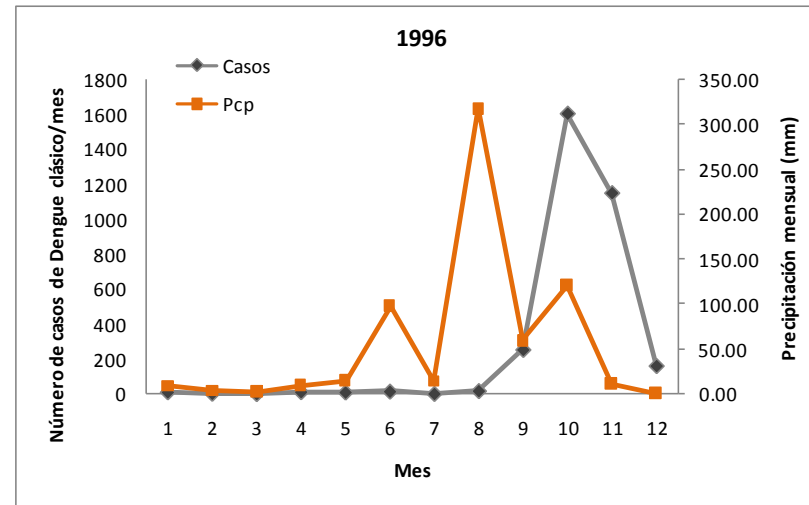
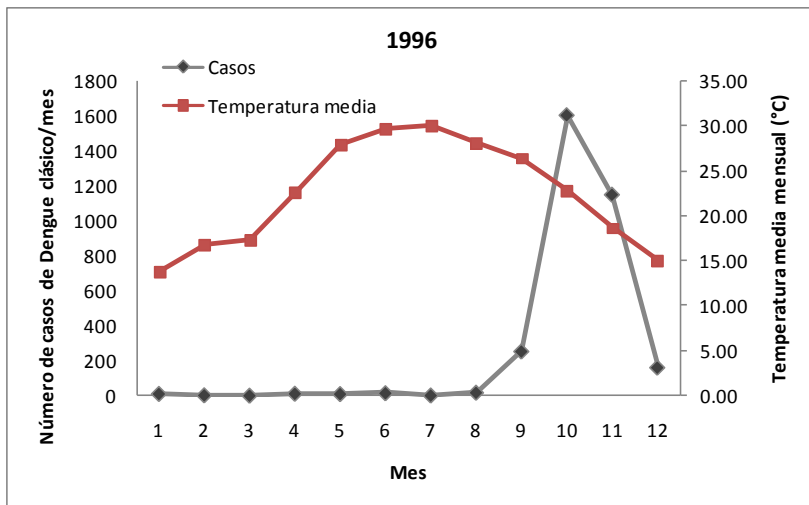
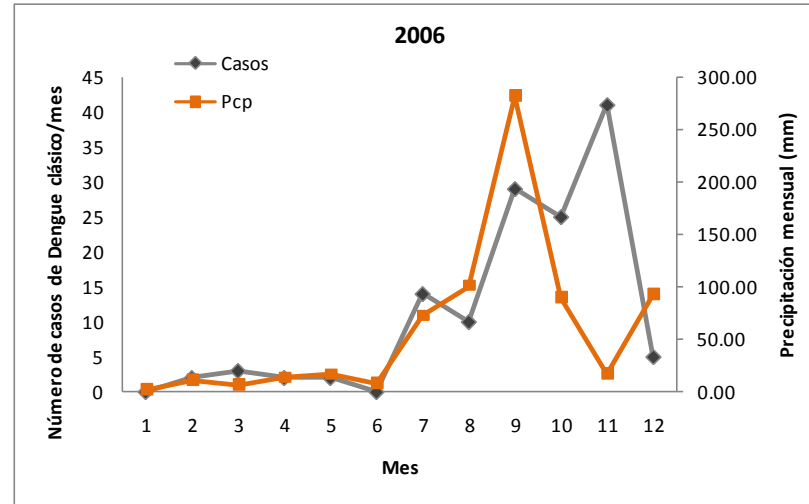
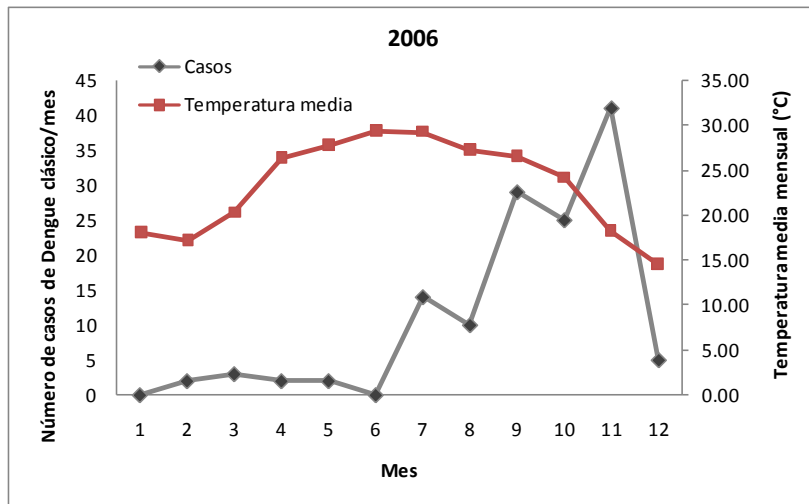


Figura 4. 12 Casos mensuales de dengue clásico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas en el mes.

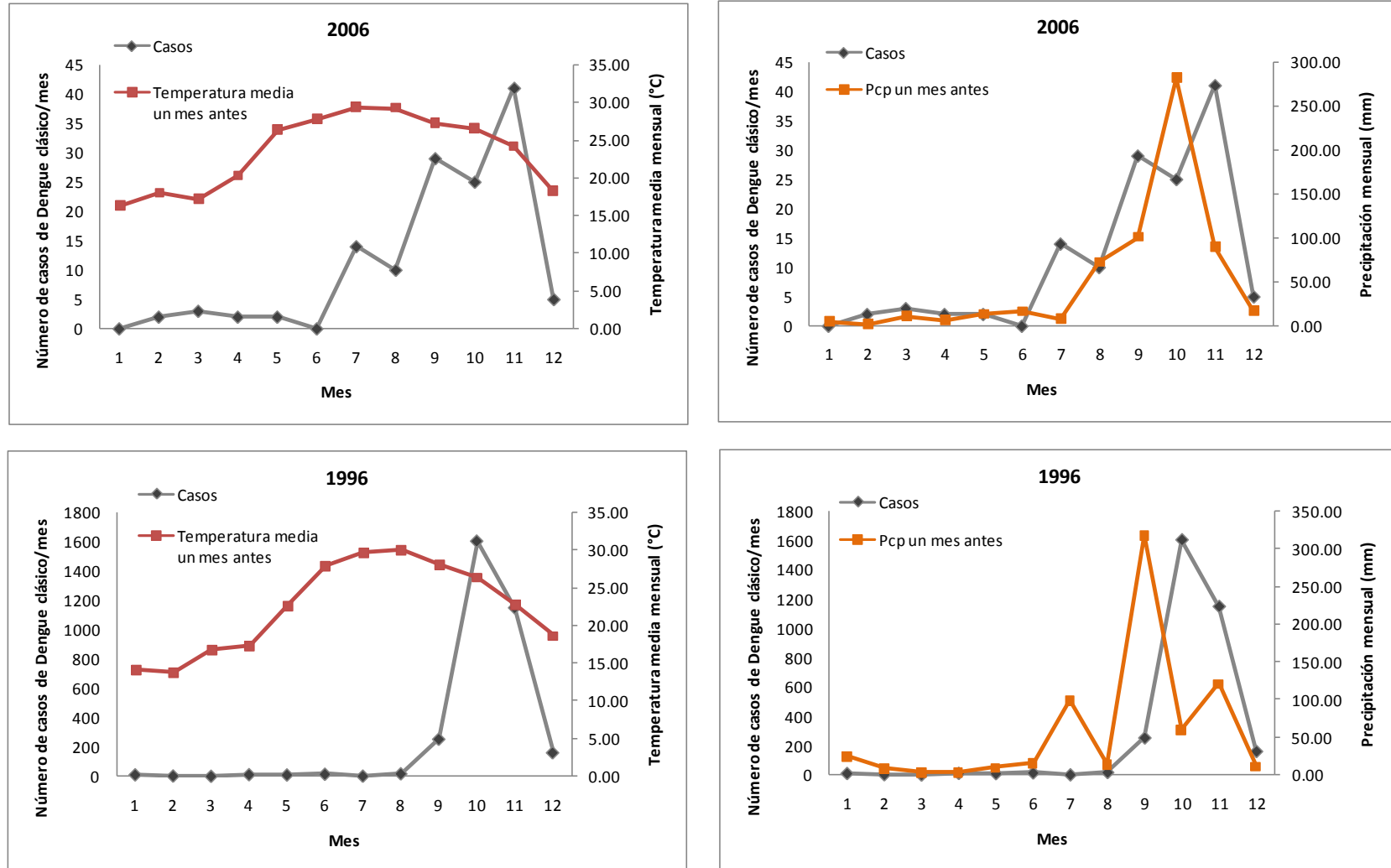


Figura 4. 13 Casos mensuales de dengue clásico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas un mes antes.

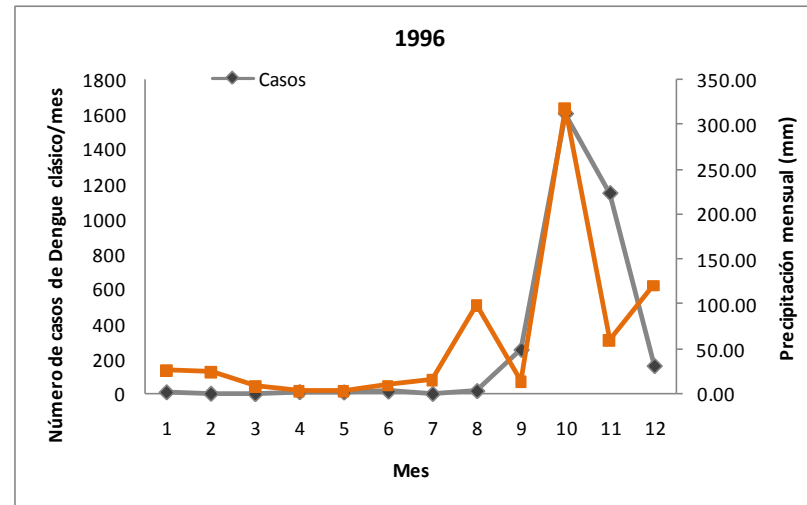
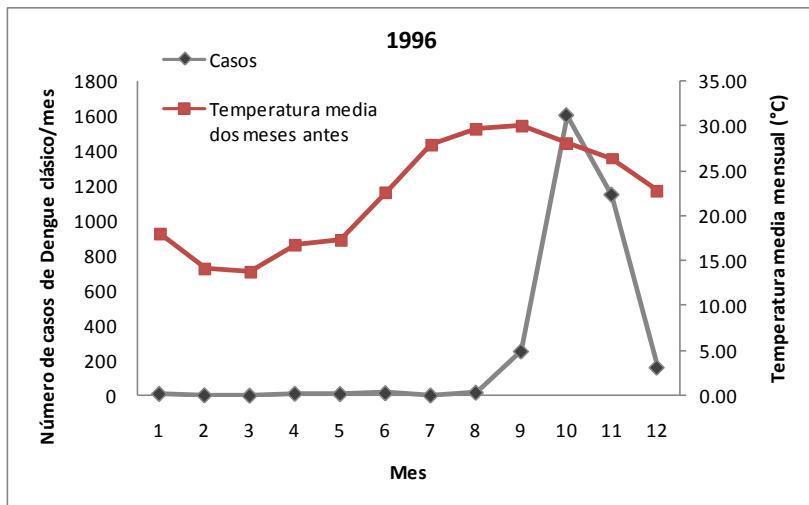
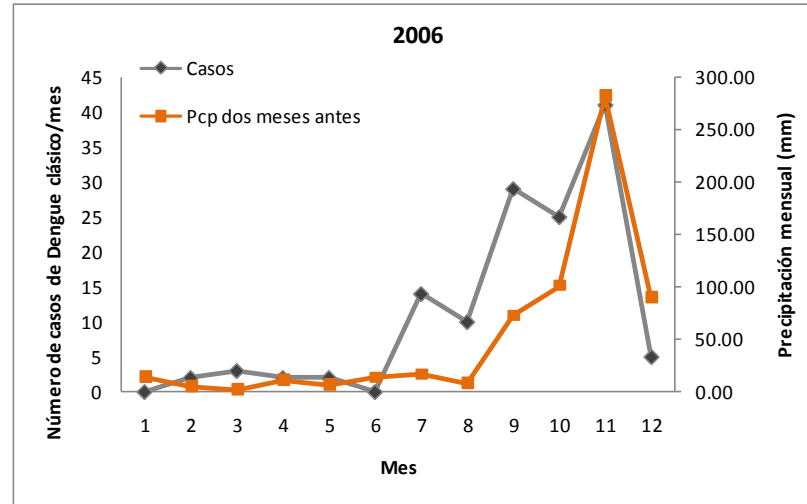
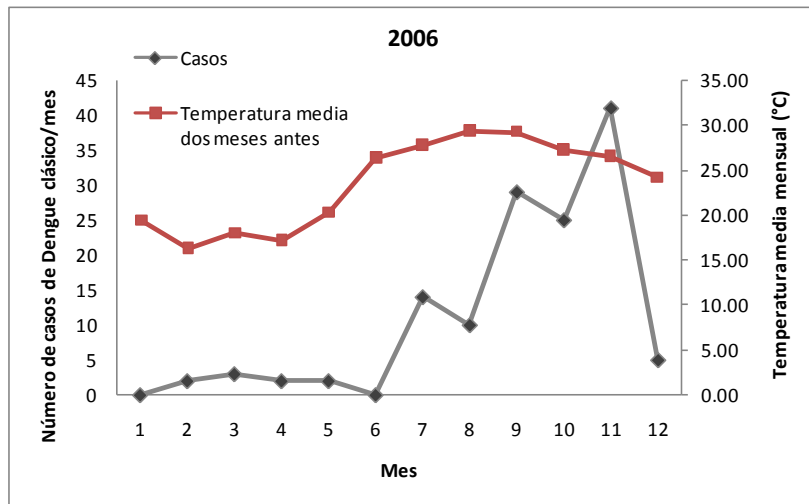


Figura 4. 14 Casos mensuales de dengue clásico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas dos meses antes.

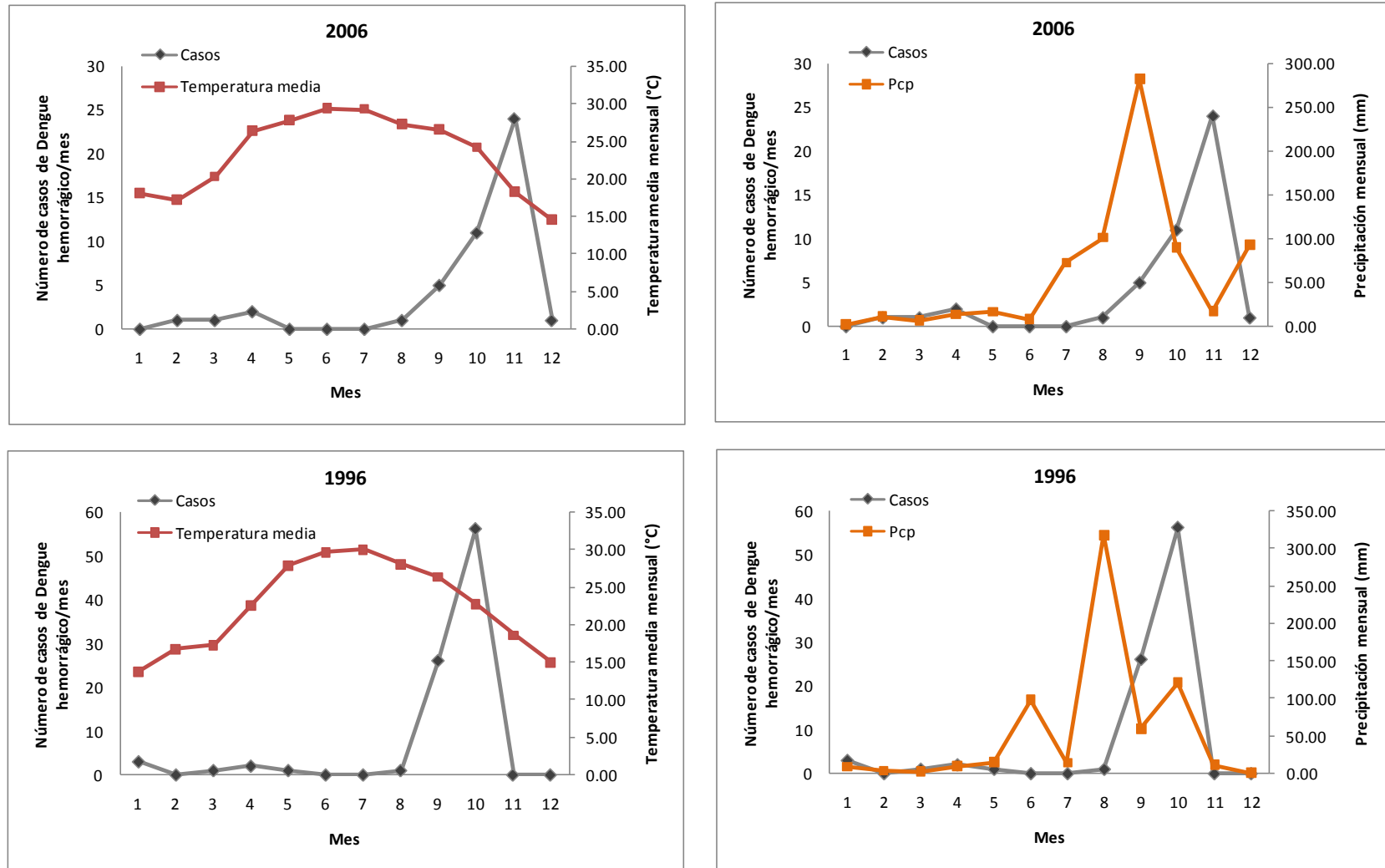


Figura 4. 15 Casos mensuales de dengue hemorrágico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas en el mes.

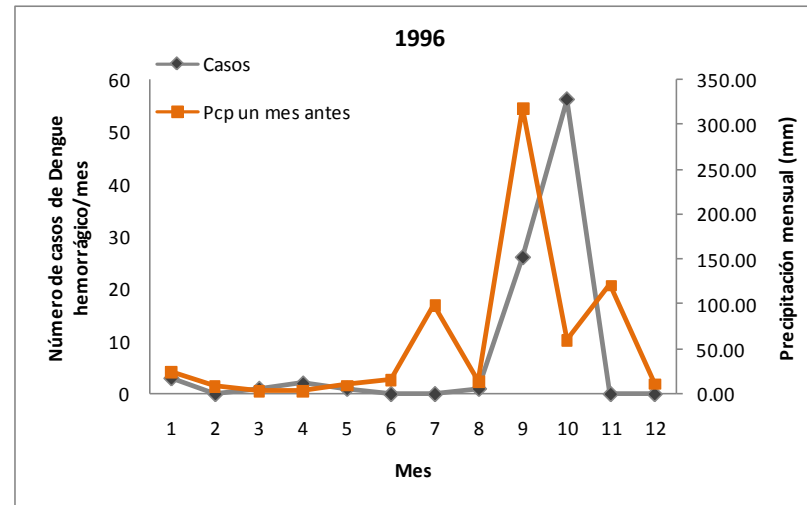
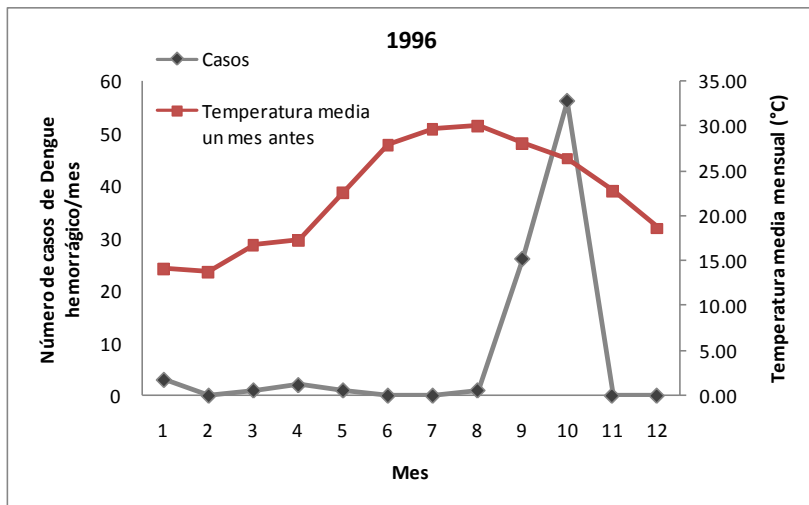
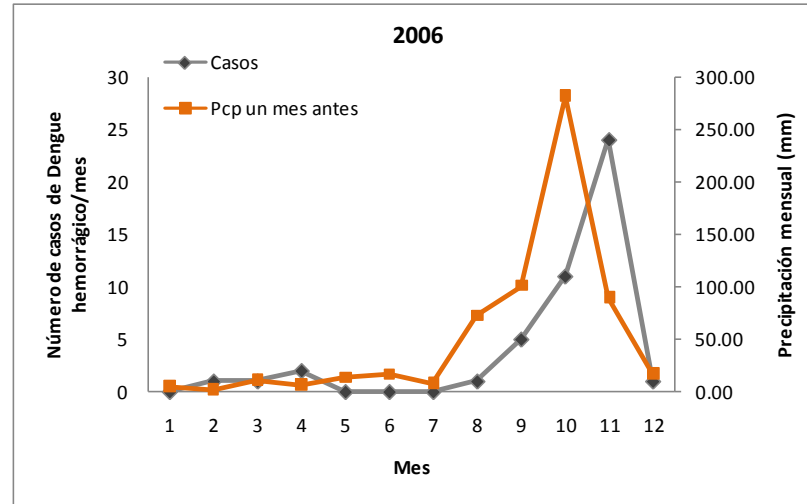
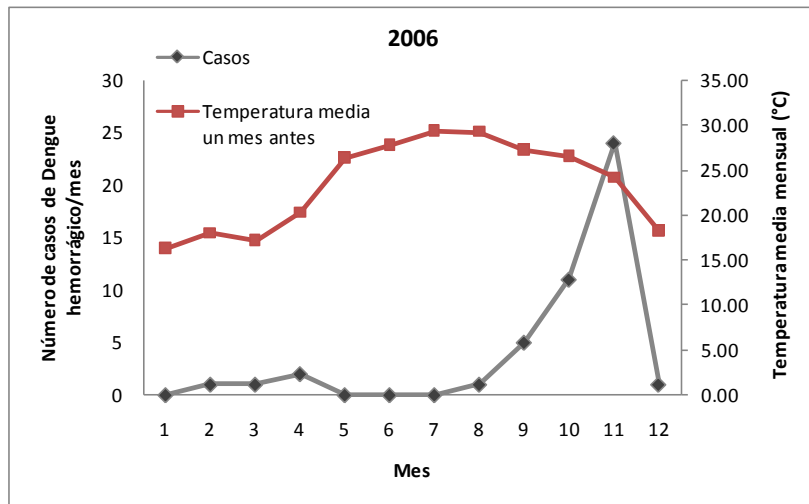


Figura 4. 16 Casos mensuales de dengue hemorrágico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas un mes antes.

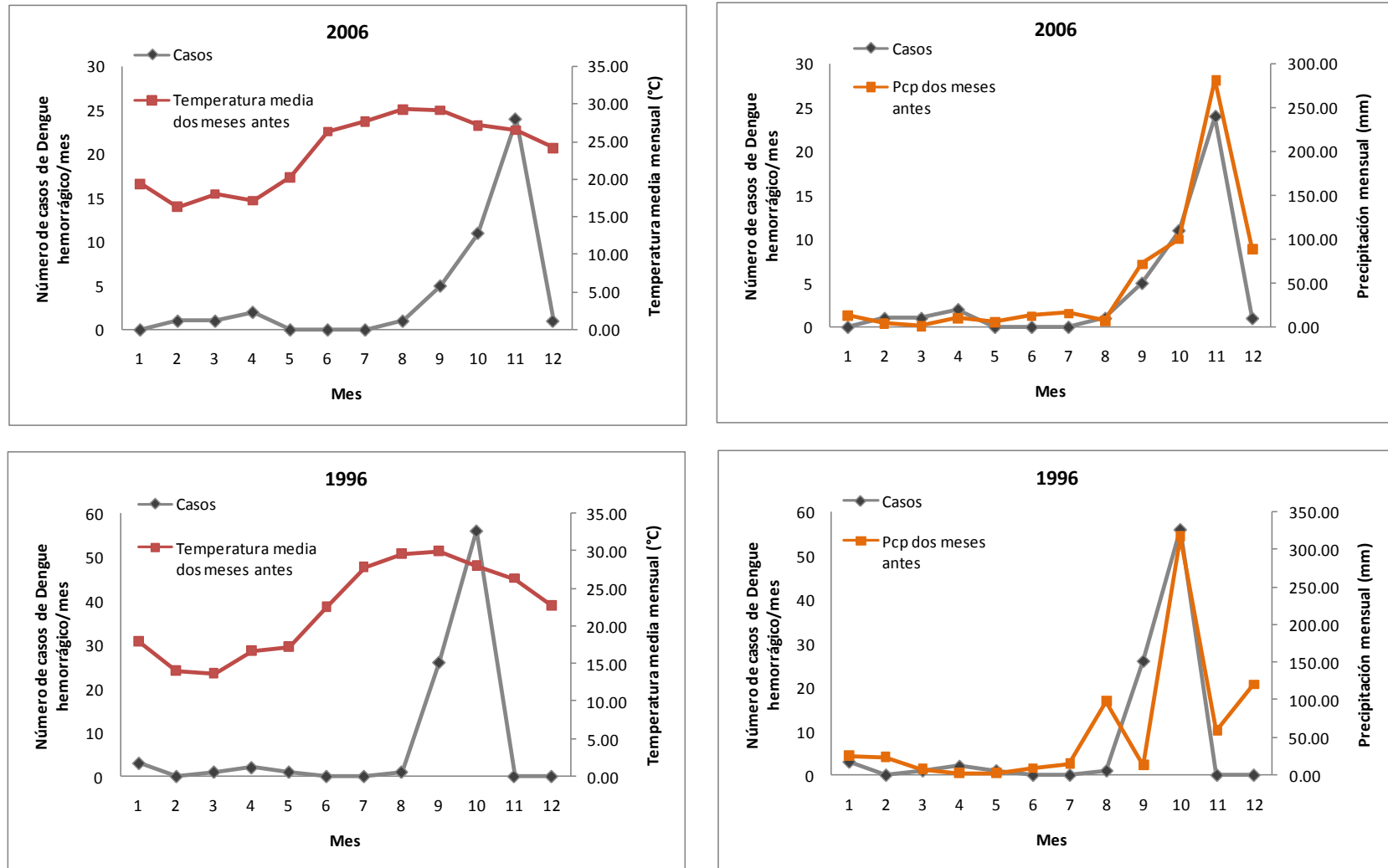


Figura 4. 17 Casos mensuales de dengue hemorrágico en 1996 y 2006 comparados con condiciones climatológicas de temperatura media y precipitación presentadas dos meses antes.

Vulnerabilidad ante el cambio climático

Enfermedades infecciosas. La transmisión de enfermedades por vector se da por tres factores importantes: la supervivencia y reproducción del vector, su tasa de picadura y la tasa de incubación. Estos factores se dan en un intervalo de condiciones climáticas óptimas de temperatura y precipitación, aunque también hay que considerar altitud.

De acuerdo a los escenarios desarrollados para Nuevo León se prevé un incremento en la temperatura y en la precipitación esto traería como posibles consecuencia que al aumentar la temperatura, las larvas de los mosquitos tardan menos tiempo en madurar y en consecuencia aumenta el número de crías durante la estación de transmisión. Al aumentar las precipitaciones podría aumentar el número y la calidad de los criaderos de vectores y la densidad de vegetación que proporcionaría ecosistemas donde procrear y hospedar intermediarios, en caso de inundaciones estas eliminarían el hábitat de vectores y vertebrados y los obligarían a un contacto más estrecho con los humanos. A estos factores también debe agregarse el incremento poblacional estimado para los próximos años ya que la urbanización aumenta la densidad de hospedadores humanos susceptibles.

Temperaturas extremas. El cambio climático trae consigo una mayor frecuencia e intensidad de olas de calor, así como veranos más cálidos e inviernos más suaves, siendo por esto que la vulnerabilidad principal del Estado es a la exposición a altas temperaturas.

Se seleccionó la estación meteorológica Monterrey (19049) ya que por su ubicación dentro de la mancha urbana puede representar de forma general la meteorología de la zona. De esta estación se tomó la serie de datos de 1960 a 1990 y se creó un ensamble de temperatura máxima promedio observada por cada día del año y el límite superior del intervalo de confianza con un nivel de significancia de 95%. De igual manera se tomaron las series diarias generadas con LARS-WG para la estación en los periodos 2020, 2050 y 2080 bajo escenario de cambio climático A1B y A2. La Tabla 4.7 muestra el número de días en que la temperatura máxima promedio y su límite superior exceden de una

temperatura umbral de 35°C bajo escenario de cambio climático para los años 2020, 2050 y 2080.

Tabla 4. 7 Número de días en el año que exceden en temperatura máxima de 35°C

	Base 1960-1990	A1B			A2		
		2020	2050	2080	2020	2050	2080
Tmax promedio	5	40	59	100	36	72	106
Tmax 95%	19	59	69	107	50	87	115

La población vulnerable a estos eventos extremos son los ancianos ya que por el envejecimiento pierden la capacidad de regular la temperatura corporal aunada, a otros problemas como el uso de medicamentos o problemas crónicos como diabetes y padecimientos cardiovasculares. Otro grupo crítico son los infantes, a quienes hay que prestarles atención de las horas a las que se exponen a las altas temperaturas y a la reposición de líquidos, así como a las personas que por diversas circunstancias poseen un frágil estado de salud.

4.2. Sector energía eléctrica

Uno de los elementos cruciales que determinan el nivel de competitividad de los mercados y es de suma importancia para el desarrollo de la sociedad es la energía eléctrica.

4.2.1. Demanda de energía eléctrica en el sector industrial

Se realizó una amplia revisión bibliográfica de:

1. Distribución del consumo de energía por tipo de industria.
2. Aspectos de vulnerabilidad de cada industria.

La Figura 4.18 muestra que el 85% de la energía eléctrica consumida por el sector industrial es consumida por las industrias metalmecánica, química-petroquímica,

alimentaria, productos minerales no metálicos y papelera, siendo además las de mayor relevancia económicamente para el Estado.

La industria metálica básica se encuentra concentrada en unas regiones del país. Al haber en el Estado una gran cantidad de ellas y por su ubicación en una zona semiárida ocurre una gran presión en los recursos hídricos además de la alta demanda de energía. En el Estado este tipo de industria consume el 50% de la energía eléctrica consumida por el sector industrial, lo que la vuelve vulnerable a condiciones de cambio climático además de competir con el sector residencial por los recursos energéticos.

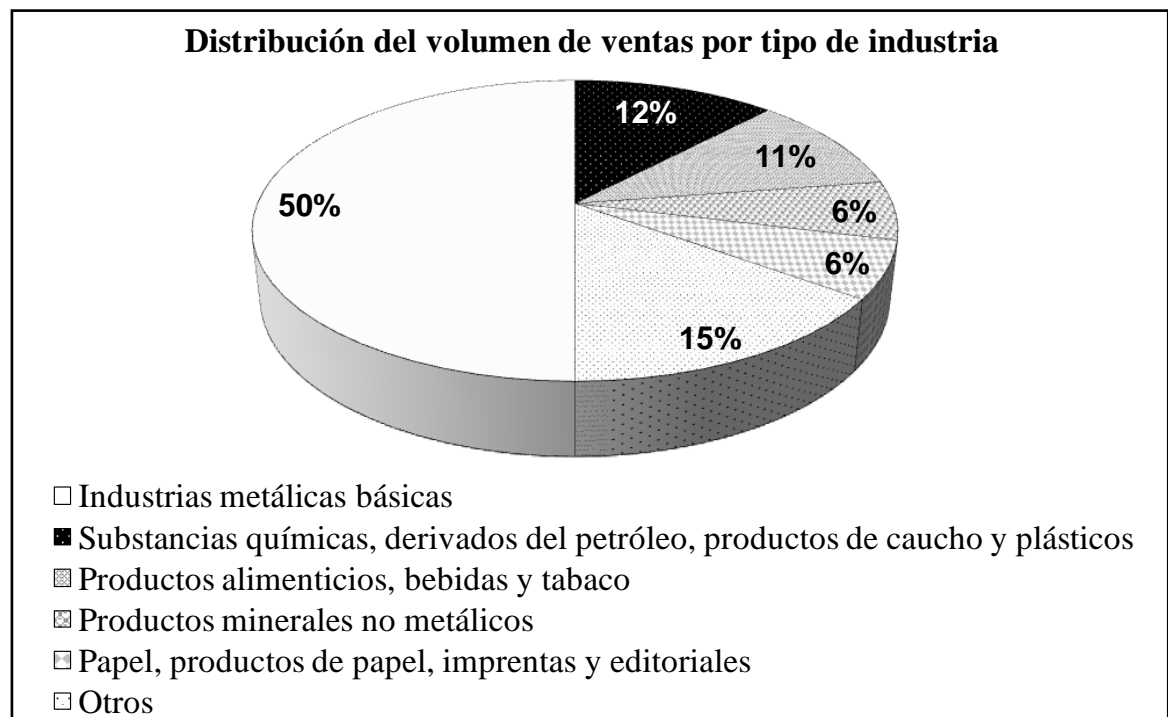


Figura 4. 18 Distribución del volumen de ventas por tipo de industria a nivel nacional.

Fuente: INEGI. Encuesta Industrial Anual (edición especial), 2003-2005.

La industria química y petroquímica ocupa un lugar importante en la aportación económica del Estado. Esta es la segunda en consumos de energía eléctrica en la entidad además de requerir agua, por lo que es altamente vulnerable al cambio climático.

La industria vidriera demanda elevados volúmenes de energía pero inferiores a las dos industrias anteriores y su competencia por recursos es medianamente vulnerable. La industria alimentaria tiene una alta demanda de energía en sus procesos y depende de recursos naturales sensibles al clima volviéndose medianamente vulnerable al cambio climático. La industria papelera más que ser altamente vulnerable por sus consumos de energía, se debe a la necesidad de altos volúmenes de agua en sus procesos y a la dependencia de recursos naturales sensibles al clima.

En la Tabla 4.8 se resume una evaluación cualitativa del grado de vulnerabilidad de los sectores al cambio climático.

Tabla 4. 8 Grados de sensibilidad climática de la industria en Nuevo León

Fuente: Sánchez, 2000

Tipo de industria	Grado de vulnerabilidad
Substancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plásticos	Muy alta
Papel, productos de papel, imprentas y editoriales	Alta
Industrias metálicas básicas	Alta
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	Media alta
Productos minerales no metálicos	Media alta

4.2.2. Demanda de energía eléctrica en el sector residencial

El consumo de energía eléctrica por climatización en las regiones de clima cálido asciende a 55% del consumo total de energía en el hogar (Figura 4.19) en la época cálida del año (FIDE, 2009).

Se tomó los datos observados de la estación meteorológica Monterrey (19049) ya que por su ubicación dentro de la mancha urbana puede representar de forma general la meteorología de la zona.

De esta estación se tomó la serie de datos de 1960 a 1990 y se creó un ensamble de temperatura máxima promedio observada por cada día del año y el límite superior del intervalo de confianza con un nivel de significancia de 95%. Del escalamiento temporal se tomaron las series diarias para la estación en los periodos 2020, 2050 y 2080 bajo escenario de cambio climático A1B y A2 y se calculó el promedio de temperatura máxima y su percentil 95%.

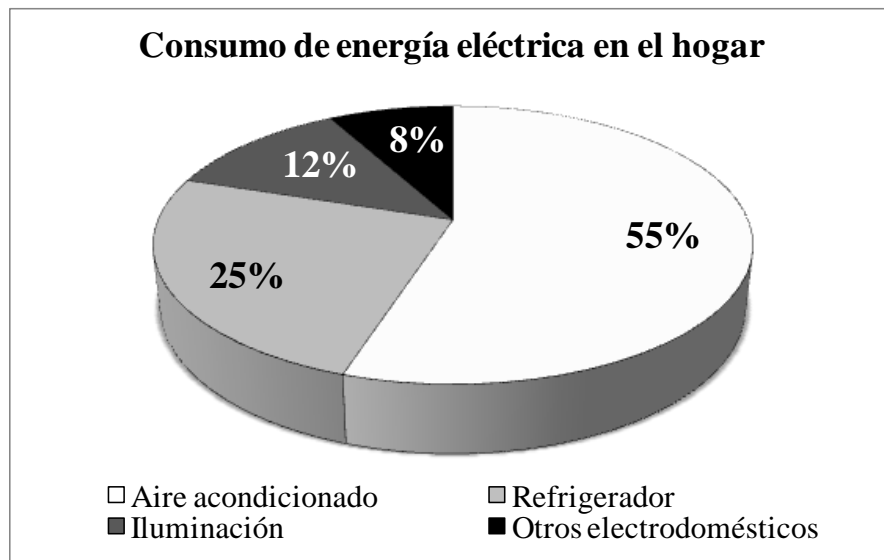


Figura 4. 19 Distribución del consumo de energía eléctrica en el hogar en ciudades de clima cálido.

Fuente: FIDE, 2009.

Las condiciones de temperatura de confort en los seres humanos oscila entre los 25°C y 28°C, este rango de temperatura se tomó como la temperatura en la que los usuarios encienden los aires acondicionados de sus hogares. Se integraron la series diarias de la temperatura máxima y se calculó el área bajo la curva entre el primer día con la temperatura umbral seleccionada y el último día con esta temperatura en el año. Se calculó la razón de área entre los escenarios de cambio climático y el escenario base y con la Ecuación 4.3 se estimó el cambio esperado en el consumo de energía eléctrica en el hogar.

$$\Delta \text{Consumo eléctrico} = X_{A/C} * \left(\frac{\text{AECC}}{\text{AEB}} - 1 \right) \quad \text{Ec. 4.3}$$

Donde,

$X_{A/C}$ 0.55 (Fracción de consumo de energía eléctrica en el hogar por uso de aire acondicionado)

AEB Área bajo la curva del escenario base 1960-1990

AECC Área bajo la curva del escenario de cambio climático de interés

En la Figura 4.20 se encuentran graficadas las series de tiempo del ensamble de datos observados y para el escenario A2, en esta grafica se observa que a medida en que se va del escenario base al 2020, 2050 y 2080 se incrementa la temperatura máxima promedio esperada durante el año, así como que también se espera que los períodos cálidos duren más tiempo. En la Tabla 4.9 se muestran las razones de cambio de área bajo la curva de las series de tiempo para el escenario de cambio climático A1B y A2.

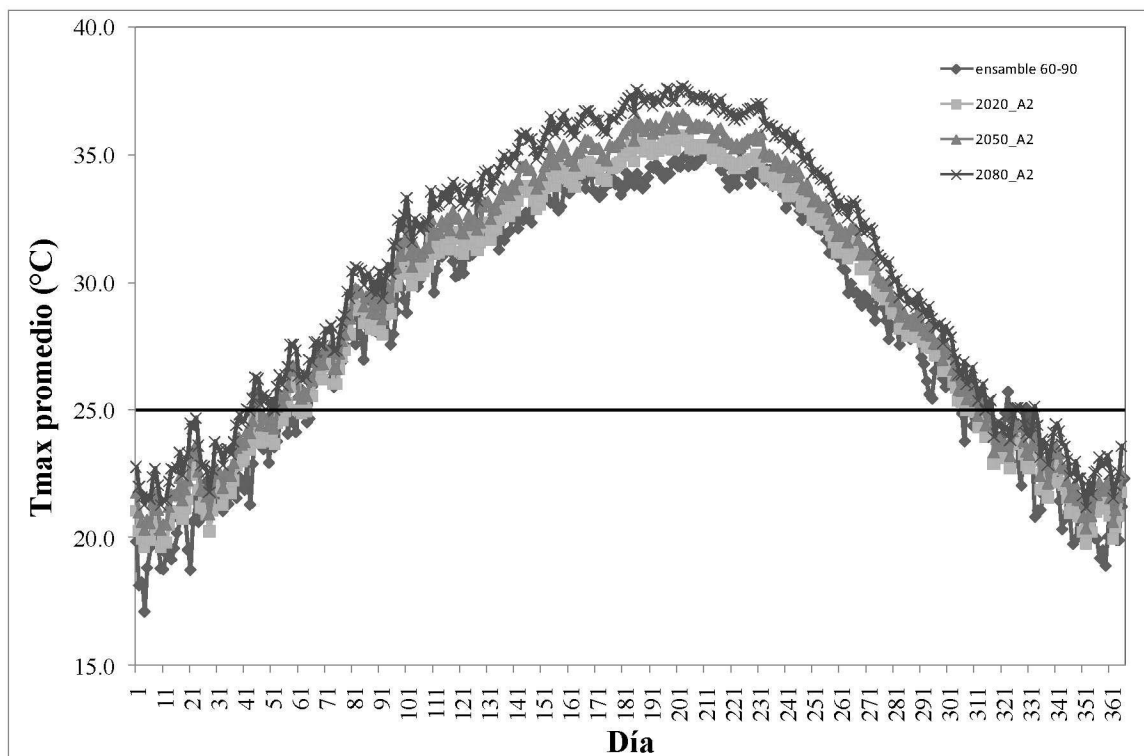


Figura 4. 20 Serie de tiempo de la temperatura máxima durante el año

Tabla 4. 9 Razón entre área de escenario A1B y A2 por área de escenario base.

		Escenario A1B			Escenario A2		
		2020	2050	2080	2020	2050	2080
Temperatura (°C)	25	1.04	1.09	1.22	1.04	1.11	1.22
	26	1.15	1.19	1.31	1.15	1.20	1.30
	27	1.11	1.13	1.25	1.11	1.14	1.24
	28	1.12	1.15	1.27	1.12	1.16	1.27

La tabla 4.10 muestra el cambio esperado en el consumo de energía eléctrica por uso de aire acondicionado en el hogar bajo el escenario de cambio climático A1B y A2 y temperaturas umbrales de confort, la comparación de demanda de energía debe hacerse para la misma temperatura umbral entre cada escenario, es decir, en estos resultados se compara la demanda suponiendo que la misma temperatura umbral de confort para el escenario 1960-1990 será la misma temperatura en el 2020, 2050 y 2080.

Tabla 4. 10 Porcentaje de cambio esperado en el consumo de energía eléctrica en el hogar por uso de aire acondicionado bajo escenario A1B y A2.

		Escenario A1B			Escenario A2		
		2020	2050	2080	2020	2050	2080
Temperatura (°C)	25	2%	5%	12%	2%	6%	12%
	26	8%	10%	17%	8%	11%	17%
	27	6%	7%	14%	6%	8%	13%
	28	7%	8%	15%	7%	9%	15%

Los cambios de consumo entre los escenarios A1B y A2 con muy similares, sin embargo, si se ve reflejado un aumento en referencia al escenario base.

Consideraciones para el modelo:

- Se consideró para el análisis las condiciones extremas de cambio climático, por esto se utilizó el escenario de temperatura máxima promedio.

- El valor de temperatura umbral no se conoce para Nuevo León y además difiere entre persona y persona.
- Se ajustaron las series de datos a un polinomio de sexto grado, se decidió ajustar a uno de este orden ya que en la serie de ensamble de datos observados se perdía información en uno de menor grado.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Del análisis que se realizó en el presente trabajo se concluye que los escenarios de cambio climático para Nuevo León presentan las siguientes tendencias respecto al escenario base de 1960 a 1990:

- La temperatura mínima para el periodo 2020 se espera que incremente entre 0.5°C y 1.0°C bajo los escenarios A1B y A2 en el 90% del Estado. En el periodo 2050 se espera que incremente entre 1.0°C y 2.0°C bajo ambos escenarios. En el periodo 2080 un incremento entre 2.0°C y 3.0°C bajo escenario A2, para el escenario A1B se esperan incrementos entre 1.5°C y 2.5°C.
- La temperatura máxima en el periodo 2020 se espera que incremente entre 0.5°C y 1.0°C bajo los escenarios A1B y A2. Para el periodo 2050 se esperan incrementos de 1.0°C a 2.0°C. Para el periodo 2080 bajo escenario A2 se esperan incrementos entre 2.0°C y 3.0°C y bajo escenario A1B incrementos entre 2.0°C y 2.5°C.
- El cambio porcentual de precipitación muestra que el escenario A1B estima valores mayores que el A2, para los tres periodos. En cuanto a precipitación se espera una reducción en la zona Sur del Estado y una mayor precipitación en la zona Norte, los decrementos de precipitación son desde -9.7% y los incrementos hasta de 14.0%.

Se determinó que las incidencias potenciales de brotes enfermedades como dengue clásico y hemorrágico así como de enfermedades infecciosas no transmitidas por vector (salmonelosis, fiebre tifoidea y shigelosis) se relacionan con aumentos en temperatura y

precipitación pluvial. Debido a cambio climático se espera que la recurrencia de ondas de calor tienda a aumentar respecto a lo observado en los años 1960 a 1990.

De los resultados obtenidos del análisis de consumo de energía por uso de aire acondicionado en el hogar se proyecta un aumento de entre 2% a 7% para el 2020, para el 2050 de entre 6% y 11% y el incremento más importante en el rango de 12% a 17% para el periodo 2080 bajo escenario A1B y A2 respecto al escenario base.

5.2. Recomendaciones

Es necesario contar con un sistema de información fiable, ágil y de fácil acceso, mediante la coordinación de dependencias para manejo y transferencia de información necesaria para estimar emisiones, impactos en salud, en consumo de energía eléctrica, etc.

Para la construcción de escenarios a una mejor resolución espacial es necesario contar con información de más estaciones meteorológicas.

Completar las bases de datos observados de temperatura máxima y mínima y precipitación pluvial donde los valores ausentes sean generados, lo cual tendría como ventaja que todos los investigadores usarían series complementadas con el mismo método y la calidad de datos de entrada para los análisis que se deseen evaluar sería la misma.

Las bases de datos diarios para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080 bajo cambio climático es una simulación equivalente a los datos diarios observados en ERICIII, es decir, a partir de estos debe estimarse la vulnerabilidad futura a partir de estas series ya que son útiles para escenificar proyecciones futuras a partir de las series diarias observadas y los eventos que se han presentado.

Realizar un balance hídrico para el Estado en base a los escenarios de cambio climático de temperatura y precipitación para los periodos representados por los años 2020, 2050 y

2080 para estimar la evapotranspiración que será importante por el abasto de agua. Esto será importante en la toma de decisiones y realización de futuros proyectos.

Concordancia entre las bases federales y estatales de número de casos registrados al año de cada enfermedad. Esto permitirá fomentar y desarrollar programas de vigilancia y control de enfermedades transmitidas por vector para fortalecer el sector salud.

Se recomienda contar con registros de consumo de energía diarios para poder hacer una mejor correlación con las ondas de calor, inclusive sería deseable contar con consumos horarios para conocer la demanda durante los picos de temperatura máxima en el día.

Bajo el escenario de un incremento en la demanda de energía eléctrica con una disminución en la disponibilidad de agua para su generación, es importante que se tengan medidas para asegurar su abastecimiento, similarmente como ocurre en países Europeos como España, han empezado a introducir alternativas que permitan la generación de energía eléctrica, mitigando problemas como la sobreexplotación del agua para su generación y la emisión gases efecto invernadero.

Es conveniente contar con fuentes renovables de generación de energía eléctrica, así como utilizar de aislamientos térmicos en la construcción de las viviendas para mitigar las altas temperaturas y reducir el uso de aires acondicionados.

Realizar estudios de la vulnerabilidad de la infraestructura generación y transmisión de electricidad, ya que esta juega un papel muy importante en el suministro de la energía.

Se debe contar con proyectos que se encarguen de difundir y fomentar la educación sobre el uso eficiente de la energía y que brinden información suficiente sobre los recursos de energías renovables. Lo que permitiría aumentar la concientización y participación de la población en actividades de adaptación y mitigación de los impactos del cambio climático.

Referencias

- Aguilar Barajas, I. (2006). Abasto de Agua en el Área Metropolitana de Monterrey: Antecedentes, situación actual y perspectivas. *La gestión del agua urbana en México: restos, debates y bienestar* (pág. 336). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Aguilar, A. G. (15 de Noviembre de 2007). *Instituto Nacional de Ecología*. Recuperado el 15 de Julio de 2009, de sitio Web Instituto Nacional de Ecología: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/aguil.ar.html>
- Aguilar, A. G. (2000). Los asentamientos humanos y el cambio climático en México un escenario futuro de vulnerabilidad regional. En C. Gay, *México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. México: INE, SEMARNAP, UNAM, U.S. Country Studies Program.
- Altamirano, M. A. (2 de Junio de 2009). Directrices y Métodos para la elaboración de estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación ante Cambio Climático. Monterrey, Nuevo León, México: Instituto Nacional de Ecología.
- Breceda, L. M., de Buen, R. O., Hernández, F. C., León, D. C., Lino, L. M., López, L. I., y otros. (2008). *Programa de acción climática de la ciudad de México 2008-2012*. Distrito Federal, México: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.
- Bretherton, C., Smith, C., & Wallace, J. (1991). An Intercomparison of Methods for Finding Coupled Patterns in Climate Data. *Journal of Climate* (5), 541-560.
- CENA VECE. (2008). *CENA VECE, Epidemiología*. Recuperado el 28 de 04 de 2009, de de sitio Web CENA VECE, Epidemiología: <http://www.dgepi.salud.gob.mx/anuario/html/anuarios.html>

- CFE. (2008). *Secretaría de Energía*. Recuperado el 31 de 07 de 2009, de sitio Web Secretaría de Energía:
<http://www.cfe.gob.mx/aplicaciones/qcfe/estvtas/portarifa.aspx>
- Chakravarti, A., & Kumaria, R. (2005). Eco-análisis epidemiológico de la infección por dengue durante un brote de la fiebre del dengue, la India . *Virology Journal* , 32.
- CONAPO. (15 de Enero de 2008). *Consejo Nacional de Población*. Recuperado el 30 de Marzo de 2009, de sitio Web de Consejo Nacional de Población:
http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234
- Consejería de Medio ambiente del Gobierno de Cantabria. (2007). *Escenarios Regionales de Cambio Climático en Cantabria*. Memoria técnica, Santander, Cantabria.
- Córdova, H. A. (2002). *Naturaleza y Sociedad: una introducción a la geografía*. Perú: Fondo editorial.
- Domingo-Carrasco, C., & Gascón-Bustrenga, J. (2005). Dengue y otras fiebres hemorrágicas virales. *Formación médica continuada* , 23 (10), 615-626.
- Ebi, K., Kovats, R., & Menne, B. (2006). An Approach for Assessing Human Health +Vulnerability and Public Health Interventions to Adapt to Climate Change. *Environmental Health Perspectives* , 114 (12), 1930-1934.
- FIDE. (Abril de 2009). *FIDE*. Recuperado el 20 de Julio de 2009, de sitio Web FIDE:
<http://www.fide.org.mx/>
- García, E. (s.f.). Apuntes de Climatología. *Offset Larios* , 155.
- Githeko, A. K., Confalonieri, U. E., & Patz, J. A. (2000). El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional. *Bulletin of the World Health Organization* , 78 (9), 1136-1147.

Gobierno del estado de Nuevo León. (s.f.). Recuperado el 30 de Julio de 2009, de sitio Web Gobierno del estado de Nuevo León: http://www.nl.gob.mx/?P=nl_economia

Gobierno del Estado de Nuevo León. (12 de Noviembre de 2009). *Estadísticas de economía en Nuevo León*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2009, de sitio Web de Estadísticas de economía en Nuevo León: http://www.nl.gob.mx/?P=nl_economia

Gobierno del Estado de Nuevo León. (2008). *Plan de desarrollo urbano de la zona conurbada de Monterrey*. Anteproyecto para consulta pública, Monterrey, N.L.

Gobierno del estado de Veracruz. (2008). *Resumen del programa veracruzano ante el cambio climático*. Documento de trabajo para la consulta pública, Veracruz.

González, J. N. (11 de Octubre de 2007). *Gobierno del Estado de Nuevo León*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2009, de sitio Web del Estado de Nuevo León: <http://www.nl.gob.mx/?Article=59121&ArtOrder=ReadArt&P=leerarticulo&Page=1>

González, J. N. (09 de Julio de 2009). *Gobierno del Estado de Nuevo León*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2009, de sitio Web del Gobierno del Estado de Nuevo León: <http://www.nl.gob.mx/?P=leerarticulo&ArtOrder=ReadArt&Article=65245>

Haines, A., & Michael, A. (1997). Climate change and health: implications of research, monitoring and policy. *BMJ*, 315, 870-874.

Hess, T., Stephens, W., & Thomas, G. (1996). Modelling NDVI from decadal rainfall data in the North East Arid Zone of Nigeria. *Journal of Environmental Management* (48), 249–261.

Houghton, J., Ding, Y., Griggs, D., Noguera, M., Van der Linden, P., & Xiaosue, D. (2001). *The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, UK, 2001: Cambridge University.

- Imbert, J. L., Figueroa, A. H., & Gómez, J. V. (2003). Tripanosomiasis americana o mal de chagas otra enfermedad de la pobreza. *Elementos: ciencia y cultura* , 10 (49), 13-21.
- INE. (24 de Julio de 2008). *Cambio Climático en México*. Recuperado el 21 de Abril de 2009, de Instituto Nacional de Ecología: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/index.html
- INE. (2006). *Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población en México*. México: Instituto Nacional de Ecología, Instituto Nacional de Salud Pública.
- INEGI. (2000). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 03 de Marzo de 2009, de Sitio Web de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx>
- IPCC. (1999). *About IPCC*. Recuperado el 25 de Marzo de 2009, de sitio Web del IPCC: <http://www.ipcc.ch/index.htm>
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Reino Unido y New York, Estados Unidos de América.
- IPCC. (2000). *Informe Especial de Escenarios de Emisiones para Responsables de Políticas*. Ginebra, Suiza: Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Johnson, G., Hanson, C., Hardgree, S., & Ballard, E. (1996). Stochastic Weather Simulation: Overview and Analysis of Two Commonly Used Models. *Journal of applied Meteorology* (35), 1878-1895.
- Johnston, hoef, V., Krivoruchko, & Luacas. (2001). ArcGIS Geostatistical Analyst. *ESRI* .

- Knowlton, K., Lynn, B., Goldberg, R., Rosenzweig, C., Hogrefe, C., Klein Rosenthal, J., y otros. (2007). Projecting Heat-Related Mortality Impacts Under a Changing Climate in the New York City Region. *American Journal of Public Health* , 97 (11), 2028-2034.
- Lee, P. (2008). Dengue Reborn: Widespread Resurgence of a Resilient Vector. *Environmental Health Perspectives* , 116 (9), A382-A388.
- Linares, C., & Díaz, J. (2008). Temperaturas extremadamente elevadas y su impacto sobre la mortalidad diaria según diferentes grupos de edad. *Gac Sanit* , 22 (2), 115-119.
- Loarie, S. R., Carter, B. E., Hayhoe, K., McMahon, S., Moe, R., Knight, C. A., et al. (2008). Climate Change and the Future of California's Endemic Flora. *Plos One* , 3 (6), 10.
- López-Vélez, R., & Molina, R. M. (2005). CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA Y RIESGO DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS TRANSMITIDAS POR ARTÓPODOS Y ROEDORES. *Salud Pública* , 79 (2), 177-190.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., y otros. (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. Ginebra, Suiza: Intergovernmental Panel on Climate Change .
- Nynyerola, M., Pons, X., & Roure, J. M. (2000). A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through gis techniques. *International Journal of Climatology* , 20, 1823-1841.
- Nynyerola, M., Pons, X., & Roure, J. M. (2005). Atlas climático de la Península Ibérica, Metodología y Aplicaciones. *Universitat Autònoma de Barcelona* .
- OMS. (2003). *Cambio climático y salud humana - Riesgos y respuestas*. Ginebra, Suiza: Comercialización y difusión, Organización Mundial de la Salud.

- Podestá, G. P., Rajagopalan, B., Brown, J., Skansi, M. d., Núñez, L., & Núñez, S. E. (2005). Un generador estocástico híbrido para análisis de riesgo climático. *CONGREGMET IX, 9th Argentine Congress of Meteorology*, (pág. 9). Buenos Aires.
- Rodgers, D. J., & Packer, M. (1993). Vector-borne diseases, models and global climate change. *Lancet*, 1282-1284.
- Rodríguez-Viqueira, L., Tejeda-Martínez, A., & Utrera-Zárate, G. Demanda eléctrica para enfriamiento residencial en el estado de Veracruz ante la duplicación de CO2 atmosférico. *Estudios de Arquitectura Bioclimática*, VI, 325-338.
- SADM. (2005). *Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey*. Recuperado el 02 de Marzo de 2009, de sitio Web de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey: <http://www.sadm.gob.mx/sadm/jsp/seccion.jsp?id=112>
- Sánchez, M. T., & Martínez, M. G. (2000). La vulnerabilidad de la industria y los sistemas energéticos ante el cambio climático global. En C. Gay García, *México: una visión hacia el siglo XXI* (Primera edición ed., pág. 220). México: Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma de México, US Country Studies Program.
- Semenov, M. A., & Barrow, E. M. (5 de Septiembre de 2002). *Rothamsted*. Recuperado el 20 de 03 de 2009, de sitio Web Rothamsted: <http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/mas-models/larswg/download.php>
- SENER. (24 de Abril de 2009). *Secretaría de Energía*. Recuperado el 25 de Julio de 2009, de sitio Web Secretaría de Energía: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=69>
- SSA. (2001). *CENAVECE, Epidemiología*. Recuperado el 28 de 06 de 2009, de sitio Web CENAVECE, Epidemiología: <http://www.cenave.gob.mx/Dengue/default.asp?id=32>

- Sutherst, R. W. (2004). Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clinical Microbiology Reviews* , 17, 136-173.
- Tejeda, A. M., Méndez, I. R., Utrera, A. Z., & Rodríguez, L. V. (2005). El concepto de temperatura efectiva aplicado a las tarifas eléctricas domésticas en el Oriente de México. *Investigaciones Geográficas* (58), 106-121.
- Trueba, C., Gutiérrez, J., Cofiño, A., & Rodríguez, M. (2000). Redes Neuronales y Patrones de Analogía Aplicados al Downscaling en Modelos Climáticos. *Instituto Nacional de Meteorología* , 113-121.
- Wilby, R., & Wigley, T. (1997). Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography* , 21 (4), 530-548.

Anexo A: Técnicas de escalamiento de escenarios

Métodos de regresión: Consisten en establecer relaciones lineales o no lineales entre las variables de una escala espacial representada en una malla para un lugar geográfico determinado y las variables predictivas representadas por una malla de un MCG. A este grupo pertenece el método de reducción de escala ampliado, consiste en ligar la covarianza de la circulación general atmosférica con la covarianza de las variables a nivel local en una forma bilineal. Otra alternativa es emplear una Red Neuronal Artificial (RNA) (Trueba, et al., 2000), ésta alternativa emplea ponderaciones internas, que son análogas a los coeficientes en un modelo de regresión no lineal.

Patrones de tiempo: Se basan en identificar patrones en el tiempo, regularmente incluyen datos meteorológicos agrupados de acuerdo a un esquema de clasificación. Estos procedimientos de clasificación combinan al mismo tiempo metodologías como Componentes principales, Correlación Canónica, Reglas difusas, Composición, Redes Neuronales, y técnicas de Reconocimiento de Patrones basadas en correlación (Bretherton, et al., 1991).

Generadores estocásticos: Consisten en modelos que simulan las series de tiempo diarias de precipitación, temperatura máxima y mínima y la relación condicional entre la ocurrencia de sequía o humedad y la radiación solar. El aspecto central en este tipo de modelos son los procesos de renovación de Markov de primer o múltiple orden, en los cuales la ocurrencia de precipitación está condicionada por su ocurrencia en los días anteriores (Johson, et al., 1996).

Modelos climáticos regionales: Consiste en acoplar un modelo climático regional de alta resolución dentro de un MCG (Viner & Hulme, 1997).

Anexo B: Descripción del modelo LARS-WG

Generador estocástico del tiempo para uso en estudios de impacto del clima desarrollado por Mikhail A. Semenov.

LARS-WG esta implementado en C⁺⁺ con una interface completa en Windows.

LARS-WG es un generador estocástico del tiempo que se puede utilizar para la simulación de los datos del tiempo en un solo sitio (Racsko et al, 1991; Semenov et al, 1998; Semenov & Brooks, 1999) bajo condiciones del clima actuales y futuras. Estos datos están en series de tiempo diarias de precipitación (mm), temperatura máxima y mínima (°C).

Originalmente fue desarrollado para 2 propósitos:

1. Para proveer medias de simulaciones sintéticas de series de tiempo del clima con características estadísticas que corresponden a las estadísticas observadas en un sitio, pero que eran suficientemente largas para ser utilizadas en la evaluación del riesgo en usos hidrológicos o agrícolas.
2. Para proveer medias extendiendo la simulación de las series de tiempo para lugares no observados, mediante la interpolación de los parámetros del generador del tiempo obtenidos de la corrida de los modelos en sitios vecinos.

La información resultante de los MCG es de confiabilidad y resolución temporal y espacial insuficiente para ser utilizada directamente en los modelos de impactos. Un generador estocástico del tiempo no es una herramienta predictiva que pueda ser utilizada en previsión meteorológica, sin embargo, puede servir como una herramienta computacional de bajo costo para producir múltiples años de escenarios de cambio climático en una escala diaria, incorporando los cambios en la media y la variabilidad del clima.

Descripción del modelo

Utiliza distribuciones semi-empíricas para las series de sequía y humedad, precipitación y radiación solar diaria. La distribución semi-empírica $Emp = \{ a_0, a_i, h_i, i=1, \dots, 10 \}$ es un histograma con 10 intervalos, $[a_{i-1}, a_i)$, donde $a_{i-1} < a_i$, y h_i denota el número de eventos de los datos observados en el intervalo i -th. Los valores al azar de las distribuciones semi-empíricas son elegidos primero seleccionando uno de los intervalos (usando la proporción de eventos en cada intervalo como la selección de probabilidades, y posteriormente seleccionando un valor dentro de ese intervalo de la distribución uniforme. Esta distribución es flexible y puede aproximar una gran variedad de formas ajuntando los intervalos $[a_{i-1}, a_i)$. El costo de esta flexibilidad, es que la distribución requiere 21 parámetros (11 valores que denotan los límites del intervalo y 10 valores que indican el número de acontecimientos dentro de cada intervalo) para especificar y comparar, por ejemplo, 3 parámetros para la distribución mezcla-exponencial usada en una versión anterior para definir las series de un día húmedo y seco (Racsko, y otros, 1991).

Se eligen los intervalos $[a_{i-1}, a_i)$ basadas en las propiedades previstas de las variables climáticas. Para la radiación solar, los intervalos $[a_{i-1}, a_i)$ son equidistantes entre el mínimo y los valores máximos de los valores observados de el mes, mientras que para las series secas y húmedas y para la precipitación, el tamaño del intervalo aumenta gradualmente como i aumente.

La simulación de precipitación es modelada alternando las series de sequía y humedad, donde un día húmedo se define que será un día con precipitación mayor a 0.0 mm. La longitud de estas series es elegida aleatoriamente de las distribuciones semi-empíricas de sequía o humedad para el mes en que la serie comienza.

Las temperaturas máximas y mínimas diarias son consideradas como un proceso estocástico con medias diarias y desviaciones estándar diarias condicionadas al estatus de sequía o humedad del día. Los ciclos de estacionales de las medias y desviaciones

estándar están modelados por series de Fourier de tercer orden y los residuos son aproximados por una distribución normal. Las series de Fourier para la media son ajustadas a los valores medios observados para cada mes.

Los residuales observados, obtenidos retirando el valor medio sustituido de los datos observados, son usados para analizar una auto correlación del tiempo para las temperaturas máximas y mínimas. Para la simplicidad ambas se asumen para ser constantes para el año entero por días secos y húmedos con el valor medio de los datos observados que son utilizados. Los residuales de la temperatura mínima y máxima tienen una correlación cruzada preestablecida de 0.6. De vez en cuando, la temperatura mínima simulada es mayor que la temperatura máxima simulada, en este caso el programa sustituye la temperatura mínima por el máximo menos 0.1. El análisis de radiación solar diaria sobre muchas localizaciones demostró que la distribución normal para la radiación solar diaria, comúnmente usada en otros generadores climáticos es inadecuado para ciertos climas. La distribución de la radiación solar también varía significativamente en días húmedos y secos. Por lo tanto, las distribuciones semi-empíricas separadas fueron utilizadas para describir la radiación solar en días húmedos y secos. Un coeficiente de auto correlación también era calculado para la radiación solar y asumido para ser constante a través del año. La radiación solar se modela independientemente de la temperatura.

Anexo C: Pasos en LARS-WG para reducción de escala temporal



Figura C. 1 Ventana de entrada de LARS-WG

Paso 1: Site Analysis: en este paso los datos observados para la estación en cuestión se analizan en 2 archivos:

- a. Archivo parámetro (*.wg): el cual contiene los parámetros requeridos por LARS-WG para generar series de tiempo sintéticas del clima.
- b. Archivo estadístico (*.sta): contiene las distribuciones estacionales de las series de humedad y sequía así como de frío y calor.

1. *Menu: Analysis*

- a. *Submenu: Site Analysis:* Se sitúa geográficamente mediante las coordenadas la ubicación de la estación de monitoreo (archivo .st)

Site: Citar ruta donde se guardaron los archivos de la información histórica de las estaciones *.sr y *.st

Run analysis: Click en el icono de gráfica.

That's all Folks! Significa que todo salió bien.



Figura C. 2 Ventana para ingresar la serie de datos observados

1. Ir a carpeta *C:/Archivos de programa/LARS/Sitebase* dentro de la cual habrá dos (2) archivos con el nombre de la estación *estación.wg* y *estación.sta*

2. *Menu:* Generator (Generación de los escenarios)
 - a. *Submenu:* Site

Site: Clave de la estación que contiene los datos observados.

Scenario File: Citar ruta donde se guardo el archivo del escenario que se desea reducir en escala temporal.

Num. Years: Número de años que se quieren generar de la serie.

Rand. Seed: Número primo entre 500 y 1500.

Run analysis: Click en el icono de gráfica.

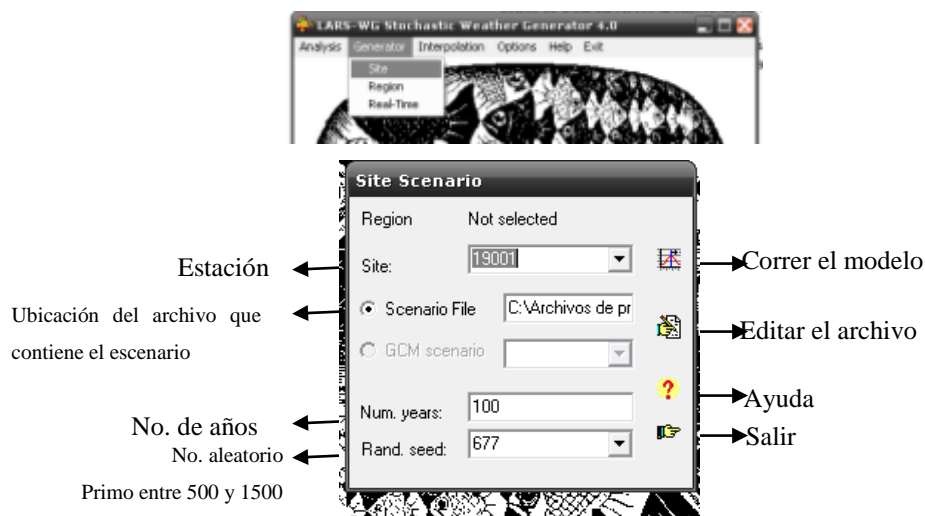


Figura C. 3 Ventana para asignar el escenario a cada estación y generar las series diarias.

Anexo D: Datos y mapas para generación de escenarios

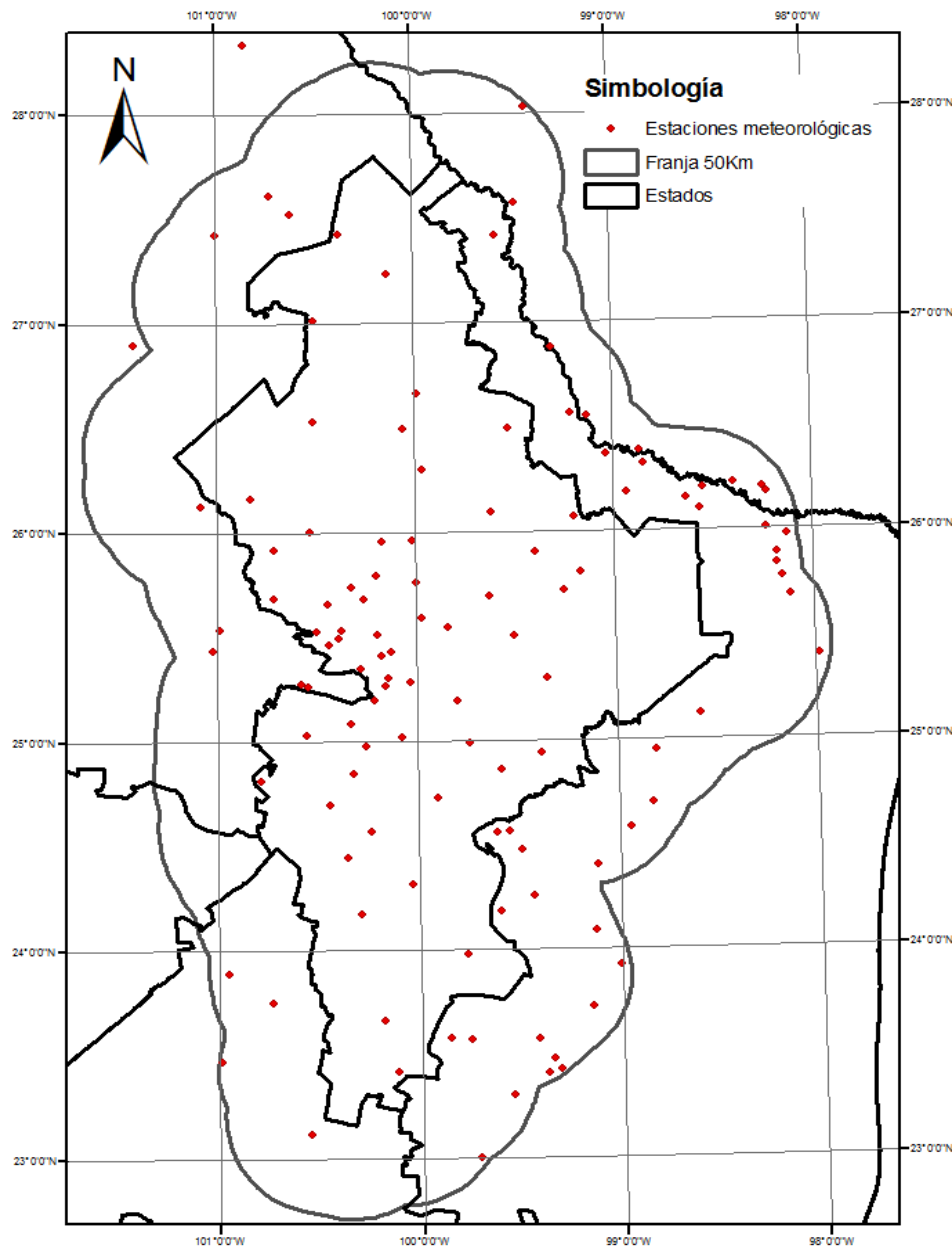


Figura D. 1 Mapa de las estaciones meteorológicas seleccionadas por contar con bases de datos con al menos 48.6% de los datos válidos para las variables Precipitación, Temperatura máxima y mínima, en un intervalo de más de 26 años.

Tabla D. 1 Datos de ubicación de las estaciones meteorológicas

Clave estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Celda Ensamble UNAM	País	Clave estatal	Nombre de Estado	Clave municipal	Nombre de Municipio
5002	ALLENDE I (DGE)	28.333332	-100.849998	259.25_28.25	MEX	05	Coahuila	003	Allende
5011	EJIDO REATA	26.128056	-101.076389	258.75_26.25	MEX	05	Coahuila	027	Ramos Arizpe
5030	PRESA VENUSTIANO CARRANZA	27.519594	-100.618483	259.25_27.75	MEX	05	Coahuila	015	Juárez
5031	PROGRESO	27.424313	-100.996877	259.25_27.25	MEX	05	Coahuila	026	Progreso
5032	RAMOS ARIZPE (SMN)	25.533333	-100.983333	259.25_25.75	MEX	05	Coahuila	027	Ramos Arizpe
5035	SAN ANTONIO LAS ALAZANAS (DGE)	25.272500	-100.579444	259.25_25.25	MEX	05	Coahuila	004	Arteaga
5045	JUAREZ	27.613889	-100.725000	259.25_27.75	MEX	05	Coahuila	015	Juárez
5047	MONCLOVA (DGE)	26.900000	-101.416667	258.75_26.75	MEX	05	Coahuila	018	Monclova
5048	SALTILLO (DGE)	25.436000	-101.023000	258.75_25.25	MEX	05	Coahuila	030	Saltillo
5049	SAN ANTONIO LAS ALAZANAS (SMN)	25.259199	-100.543132	259.25_25.25	MEX	05	Coahuila	004	Arteaga
19001	LAS ADJUNTAS	25.300000	-100.140833	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	049	Santiago
19002	AGUA BLANCA	25.522238	-100.504297	259.25_25.75	MEX	19	Nuevo León	048	Santa Catarina
19003	ALLENDE	25.283000	-100.033000	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	004	Allende
19004	APODACA	25.793611	-100.197222	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	006	Apodaca
19006	BUSTAMANTE	26.528666	-100.509054	259.25_26.75	MEX	19	Nuevo León	008	Bustamante
19007	CABEZONES	24.991111	-99.741944	260.25_24.75	MEX	19	Nuevo León	038	Montemorelos
19008	CADEREYTA	25.590278	-99.975000	260.25_25.75	MEX	19	Nuevo León	009	Cadereyta Jiménez
19009	CASILLAS	25.196073	-100.214453	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	043	Rayones
19010	CERRALVO (DGE)	26.090000	-99.617500	260.25_26.25	MEX	19	Nuevo León	011	Cerralvo
19011	CERRO PRIETO	24.938056	-99.385278	260.75_24.75	MEX	19	Nuevo León	033	Linares
19012	CIENEGA DE FLORES	25.952222	-100.172222	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	012	Ciénega de Flores
19013	CIENEGA DEL TORO	25.084722	-100.333333	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19015	EL CERRITO	25.510000	-100.193333	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	049	Santiago
19016	EL CÚCHILLO	25.718056	-99.255833	260.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	013	China
19018	EL PAJONAL	25.490800	-100.389183	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	048	Santa Catarina
19019	EL REALITO	25.296944	-99.348889	260.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	022	Gal. Terán
19020	EL POTOSI	24.843333	-100.320833	259.75_24.75	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19021	GARZA AYALA	26.491389	-100.058333	259.75_26.25	MEX	19	Nuevo León	044	Sabinas Hidalgo
19022	GENERAL BRAVO (DGE)	25.801389	-99.175556	260.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	020	Gal. Bravo
19024	ANAHUAC	27.238333	-100.131389	259.75_27.25	MEX	19	Nuevo León	005	Anáhuac
19026	ICAMOLE	25.914416	-100.713635	259.25_25.75	MEX	19	Nuevo León	018	García
19027	ITURBIDE	24.725278	-99.904722	260.25_24.75	MEX	19	Nuevo León	030	Iturbide
19028	LAMPAZOS (SMN)	27.014559	-100.508051	259.25_27.25	MEX	19	Nuevo León	032	Lampazos

Tabla D.1 Continuación

Clave estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Celda Ensamble UNAM	País	Clave estatal	Nombre de Estado	Clave municipal	Nombre de Municipio
19029	LA ARENA	25.759701	-99.998640	260.25_25.75	MEX	19	Nuevo León	041	Pesquería
19031	LA CRUZ	25.463056	-100.439167	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	048	Santa Catarina
19032	CARBONERA	24.810000	-100.786667	259.25_24.75	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19033	LAGUNA DE SANCHEZ	25.346111	-100.280000	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	049	Santiago
19035	CAMACHO	24.861164	-99.585674	260.25_24.75	MEX	19	Nuevo León	033	Linares
19036	LA POPA	26.163889	-100.827778	259.25_26.25	MEX	19	Nuevo León	037	Mina
19037	LAS PRESAS	24.313611	-100.031944	259.75_24.25	MEX	19	Nuevo León	007	Aramberri
19038	LAS COMITAS	25.528579	-100.375018	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	048	Santa Catarina
19039	LAS ENRAMADAS	25.497758	-99.509749	260.25_25.25	MEX	19	Nuevo León	042	Los Ramones
19040	LOS ALDAMA	26.067000	-99.200000	260.75_26.25	MEX	19	Nuevo León	003	Los Aldamas
19041	LOS HERRERAS	25.897500	-99.400833	260.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	027	Los Herreras
19042	LOS RAMONES	25.691389	-99.630556	260.25_25.75	MEX	19	Nuevo León	042	Los Ramones
19045	MINA	26.002222	-100.533333	259.25_26.25	MEX	19	Nuevo León	037	Mina
19046	MIER Y NORIEGA (SMN)	23.416543	-100.115027	259.75_23.25	MEX	19	Nuevo León	036	Mier y Noriega
19047	MIMBRES	24.973889	-100.258611	259.75_24.75	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19048	MONTEMORELOS	25.189725	-99.801016	260.25_25.25	MEX	19	Nuevo León	038	Montemorelos
19049	MONTERREY (DGE)	25.683000	-100.267000	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	039	Monterrey
19050	SAN JOSE DE RAICES	24.566667	-100.238333	259.75_24.75	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19051	POTRERO REDONDO	25.262222	-100.160556	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	049	Santiago
19053	RAYONES	25.020833	-100.077222	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	043	Rayones
19054	RINCONADA	25.682189	-100.711961	259.25_25.75	MEX	19	Nuevo León	018	García
19055	SALINILLAS	27.429167	-100.373889	259.75_27.25	MEX	19	Nuevo León	005	Anáhuac
19056	SAN JUAN	25.543333	-99.840278	260.25_25.75	MEX	19	Nuevo León	009	Cadereyta Jiménez
19057	SAN RAFAEL	25.029953	-100.553330	259.25_25.25	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19058	SANTA CATARINA	25.657222	-100.445556	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	048	Santa Catarina
19059	SANTA ROSA	24.172500	-100.287222	259.75_24.25	MEX	19	Nuevo León	014	Dr. Arroyo
19060	SOMBRERETILLO	26.295545	-99.965042	260.25_26.25	MEX	19	Nuevo León	044	Sabinas Hidalgo
19061	TOPO CHICO	25.738000	-100.328000	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	039	Monterrey
19062	TUNEL DE SAN FRANCISCO	25.411749	-100.179574	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	049	Santiago
19066	ZARAGOZA (SMN)	23.976000	-99.764000	260.25_23.75	MEX	19	Nuevo León	024	Gral. Zaragoza
19067	EL RUCIO	24.696389	-100.441944	259.75_24.75	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19069	LA BOCA	25.428125	-100.127501	259.75_25.25	MEX	19	Nuevo León	049	Santiago
19071	PARAS	26.493333	-99.524167	260.25_26.25	MEX	19	Nuevo León	040	Parás
19075	DOCTOR ARROYO I	23.661000	-100.179000	259.75_23.75	MEX	19	Nuevo León	014	Dr. Arroyo

Tabla D.1 Continuación

Clave estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Celda Ensamble UNAM	País	Clave estatal	Nombre de Estado	Clave municipal	Nombre de Municipio
19077	VALLECILLO (SMN)	26.659722	-99.986944	260.25_26.75	MEX	19	Nuevo León	050	Vallecillo
19079	EL REFUGIO DE LOS IBARRA	24.441111	-100.357222	259.75_24.25	MEX	19	Nuevo León	017	Galeana
19124	HIGUERAS (DGE)	25.962222	-100.015556	259.75_25.75	MEX	19	Nuevo León	028	Higueras
24007	NORMAL DEL DESIERTO	23.750000	-100.733333	259.25_23.75	MEX	24	San Luis Potosí	007	Cedral
24033	LA MAROMA	23.464444	-100.989444	259.25_23.25	MEX	24	San Luis Potosí	006	Catorce
24048	VALLEJO	23.117819	-100.546113	259.25_23.25	MEX	24	San Luis Potosí	047	Villa de Guadalupe
24094	VANEGAS	23.885278	-100.951389	259.25_23.75	MEX	24	San Luis Potosí	044	Vanegas
28007	BARRANCO AZUL	24.399722	-99.113056	260.75_24.25	MEX	28	Tamaulipas	034	San Carlos
28014	S.J. 2-11 CAMARGO	26.318889	-98.848889	261.25_26.25	MEX	28	Tamaulipas	007	Camargo
28028	EL BARRETAL	24.083889	-99.126944	260.75_24.25	MEX	28	Tamaulipas	030	Padilla
28034	FRANCISCO ZORRILLA	23.470278	-99.343333	260.75_23.25	MEX	28	Tamaulipas	017	Jaumave
28036	GUemez	23.918611	-99.004444	260.75_23.75	MEX	28	Tamaulipas	013	Giémez
28038	HIDALGO (DGE)	24.252500	-99.434444	260.75_24.25	MEX	28	Tamaulipas	016	Hidalgo
28040	JAUMA VE (DGE)	23.407500	-99.375278	260.75_23.25	MEX	28	Tamaulipas	017	Jaumave
28048	FRANCISCO GONZALEZ VILLARREAL	25.394168	-97.983388	262.25_25.25	MEX	28	Tamaulipas	035	San Fernando
28059	MAGUEYES	24.566667	-99.551111	260.25_24.75	MEX	28	Tamaulipas	020	Mainero
28060	VILLA MAINERO	24.557980	-99.612669	260.25_24.75	MEX	28	Tamaulipas	020	Mainero
28062	MENDEZ	25.117500	-98.586389	261.25_25.25	MEX	28	Tamaulipas	023	Méndez
28063	MIQUIHUANA	23.570000	-99.754000	260.25_23.75	MEX	28	Tamaulipas	026	Miquihuana
28065	NUEVO LAREDO	27.419000	-99.582000	260.25_27.25	MEX	28	Tamaulipas	027	Nuevo Laredo
28067	PRESA FALCON	26.565557	-99.211184	260.75_26.75	MEX	28	Tamaulipas	014	Guerrero
28071	PALMILLAS	23.302222	-99.548333	260.25_23.25	MEX	28	Tamaulipas	031	Palmillas
28075	PLAN DE AYALA	23.569167	-99.415000	260.75_23.75	MEX	28	Tamaulipas	017	Jaumave
28077	PUERTO DE VALLES	24.181389	-99.595278	260.25_24.25	MEX	28	Tamaulipas	016	Hidalgo
28084	SAN CARLOS	24.581111	-98.946944	261.25_24.75	MEX	28	Tamaulipas	034	San Carlos
28094	SAN NICOLAS	24.694077	-98.830225	261.25_24.75	MEX	28	Tamaulipas	036	San Nicolás
28095	S.J. 1-02 SAN PEDRO	26.366667	-99.033333	260.75_26.25	MEX	28	Tamaulipas	025	Miguel Alemán
28096	SAN VICENTE	23.423333	-99.314444	260.75_23.25	MEX	28	Tamaulipas	017	Jaumave
28099	S.J. 2-09 CAMARGO	26.183332	-98.933334	261.25_26.25	MEX	28	Tamaulipas	007	Camargo
28100	S.J. 2-18 GUSTAVO DIAZ ORDAZ	26.150002	-98.633331	261.25_26.25	MEX	28	Tamaulipas	015	Gustavo Díaz Ordaz
28101	S.J. 2-33 REYNOSA	26.005587	-98.234834	261.75_26.25	MEX	28	Tamaulipas	032	Reynosa
28102	S.J. 2-38 GUSTAVO DIAZ ORDAZ	26.100000	-98.566666	261.25_26.25	MEX	28	Tamaulipas	015	Gustavo Díaz Ordaz
28104	S.J. 3-47 RIO BRAVO	25.966667	-98.133333	261.75_25.75	MEX	28	Tamaulipas	033	Río Bravo
28105	S.J. 3-55 REYNOSA	25.883333	-98.183333	261.75_25.75	MEX	28	Tamaulipas	032	Reynosa

Tabla D.1 Continuación

Clave estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Celda Ensamble UNAM	País	Clave estatal	Nombre de Estado	Clave municipal	Nombre de Municipio
28106	S.J. 3-58 REYNOSA	25.833333	-98.183333	261.75_25.75	MEX	28	Tamaulipas	032	Reynosa
28107	S.J. 3-60 REYNOSA	25.767000	-98.160000	261.75_25.75	MEX	28	Tamaulipas	032	Reynosa
28108	S.J. 3-63 TAPON	25.679441	-98.118948	261.75_25.75	MEX	28	Tamaulipas	033	Río Bravo
28114	TULA	23.001111	-99.712500	260.25_22.75	MEX	28	Tamaulipas	039	Tula
28115	LOS UVALLE	23.574444	-99.856667	260.25_23.75	MEX	28	Tamaulipas	026	Miquihuana
28116	CIUDAD VICTORIA (DGE)	23.718677	-99.147153	260.75_23.75	MEX	28	Tamaulipas	041	Victoria
28117	VILLAGRAN (DGE)	24.473611	-99.490278	260.75_24.25	MEX	28	Tamaulipas	042	Villagrán
28121	S.J. 2-23 VALADEZ	26.200000	-98.550000	261.25_26.25	MEX	28	Tamaulipas	015	Gustavo Díaz Ordaz
28123	BURGOS (SMN)	24.946000	-98.809000	261.25_24.75	MEX	28	Tamaulipas	005	Burgos
412906	ENCINAL EADS RANCH	28.030000	-99.420000	260.75_28.25	USA	48	Texas	479	Webb
413060	FALCON DAM	26.550000	-99.130000	260.75_26.75	USA	48	Texas	427	Starr
415060	LAREDO 2	27.570000	-99.480000	260.75_27.75	USA	48	Texas	479	Webb
415701	MCALLEN	26.200000	-98.250000	261.75_26.25	USA	48	Texas	215	Hidalgo
415702	MCALLEN MILLER AP	26.170000	-98.230000	261.75_26.25	USA	48	Texas	215	Hidalgo
415972	MISSION 4 W	26.220000	-98.400000	261.75_26.25	USA	48	Texas	215	Hidalgo
417622	RIO GRANDE CITY 3 W	26.380000	-98.870000	261.25_26.25	USA	48	Texas	427	Starr
419976	ZAPATA 3 SW	26.880000	-99.300000	260.75_26.75	USA	48	Texas	505	Zapata

Tabla D. 2 Factores climáticos considerados para las estaciones

Clave estación	Distancia al mar (km)	Altitud (msnm)	Orientación de la exposición
5002	317.0	383	Noreste
5011	337.3	940	Este
5030	280.1	266	Sureste
5031	317.6	310	Cenital
5032	316.7	1437	Noreste
5035	273.3	2176	Suroeste
5045	291.0	264	Este
5047	362.6	608	Noreste
5048	320.0	1699	Este
5049	269.5	2311	Suroeste
19001	229.9	785	Noreste
19002	268.6	2356	Norte
19003	218.9	467	Este
19004	242.9	427	Sureste
19006	283.3	480	Norte
19007	186.9	460	Noreste
19008	216.7	315	Sur
19009	235.9	1293	Este
19010	199.0	281	Noreste
19011	150.9	255	Noreste
19012	245.0	393	Noreste
19013	246.9	2143	Noreste
19015	237.4	517	Este
19016	149.6	144	Oeste
19018	256.8	1475	Noreste
19019	151.2	221	Este
19020	245.7	1888	Oeste
19021	242.4	258	Noreste
19022	145.4	130	Norte
19024	232.3	191	Suroeste
19026	296.3	670	Noroeste
19027	203.4	1492	Noreste
19028	271.5	329	Oeste
19029	222.6	309	Noroeste
19031	261.6	1729	Norte
19032	293.0	2038	Norte
19033	244.6	1861	Noreste
19035	171.5	350	Norte
19036	314.6	940	Suroeste
19037	218.1	1840	Sureste
19038	255.7	992	Norte
19039	169.0	192	Noroeste
19040	161.3	94	Este
19041	170.3	140	Cenital
19042	184.9	211	Noroeste
19045	281.3	589	Sur

Tabla D.2 Continuación.

Clave estación	Distancia al mar (km)	Altitud (msnm)	Orientación de la exposición
19046	239.9	1623	Sur
19047	239.0	2304	Este
19048	194.4	384	Sureste
19049	247.3	491	Noreste
19050	236.8	1860	Cenital
19051	231.3	1320	Noreste
19053	220.8	850	Noreste
19054	291.4	1008	Norte
19055	256.0	240	Noroeste
19056	202.6	270	Cenital
19057	268.9	1885	Cenital
19058	264.5	682	Norte
19059	246.1	1671	Noroeste
19060	240.3	353	Noreste
19061	254.4	543	Sureste
19062	235.2	606	Norte
19066	198.4	1378	Oeste
19067	257.5	1940	Suroeste
19069	230.0	456	Sureste
19071	193.9	151	Este
19075	244.9	1721	Oeste
19077	229.3	268	Noreste
19079	249.5	1860	Noroeste
19124	230.4	492	Este
24007	299.1	1830	Noreste
24033	329.3	1881	Oeste
24048	281.6	1329	Cenital
24094	318.9	1720	Cenital
28007	124.4	247	Suroeste
28014	135.4	61	Este
28028	133.2	193	Sureste
28034	161.2	685	Sureste
28036	122.1	170	Cenital
28038	159.4	337	Oeste
28040	164.3	734	Este
28048	18.6	14	Noroeste
28059	167.2	443	Noreste
28060	173.5	466	Norte
28062	72.3	80	Sureste
28063	203.6	1818	Sur
28065	177.8	171	Sur
28067	162.6	101	Suroeste
28071	181.9	1261	Noreste
28075	169.2	839	Noreste
28077	177.1	569	Noroeste
28084	106.0	446	Este
28094	94.9	699	Norte

Tabla D.2 Continuación.

Clave estación	Distancia al mar (km)	Altitud (msnm)	Orientación de la exposición
28095	153.0	80	Oeste
28096	158.2	652	Norte
28099	146.6	79	Este
28100	118.4	56	Noroeste
28101	81.7	40	Cenital
28102	112.4	50	Cenital
28104	72.2	26	Cenital
28105	68.1	32	Este
28106	64.1	33	Este
28107	57.4	29	Este
28108	48.2	30	Cenital
28114	195.3	1166	Noroeste
28115	213.9	1564	Sur
28116	140.4	353	Sureste
28117	161.6	383	Noreste
28121	108.9	40	Cenital
28123	92.7	180	Sureste
412906	173.3	180	Sin valor
413060	156.5	89	Este
415060	168.0	151	Sureste
415701	80.3	40	Sur
415702	79.7	28	Suroeste
415972	93.9	36	Sur
417622	136.6	52	Sureste
419976	156.9	103	Suroeste

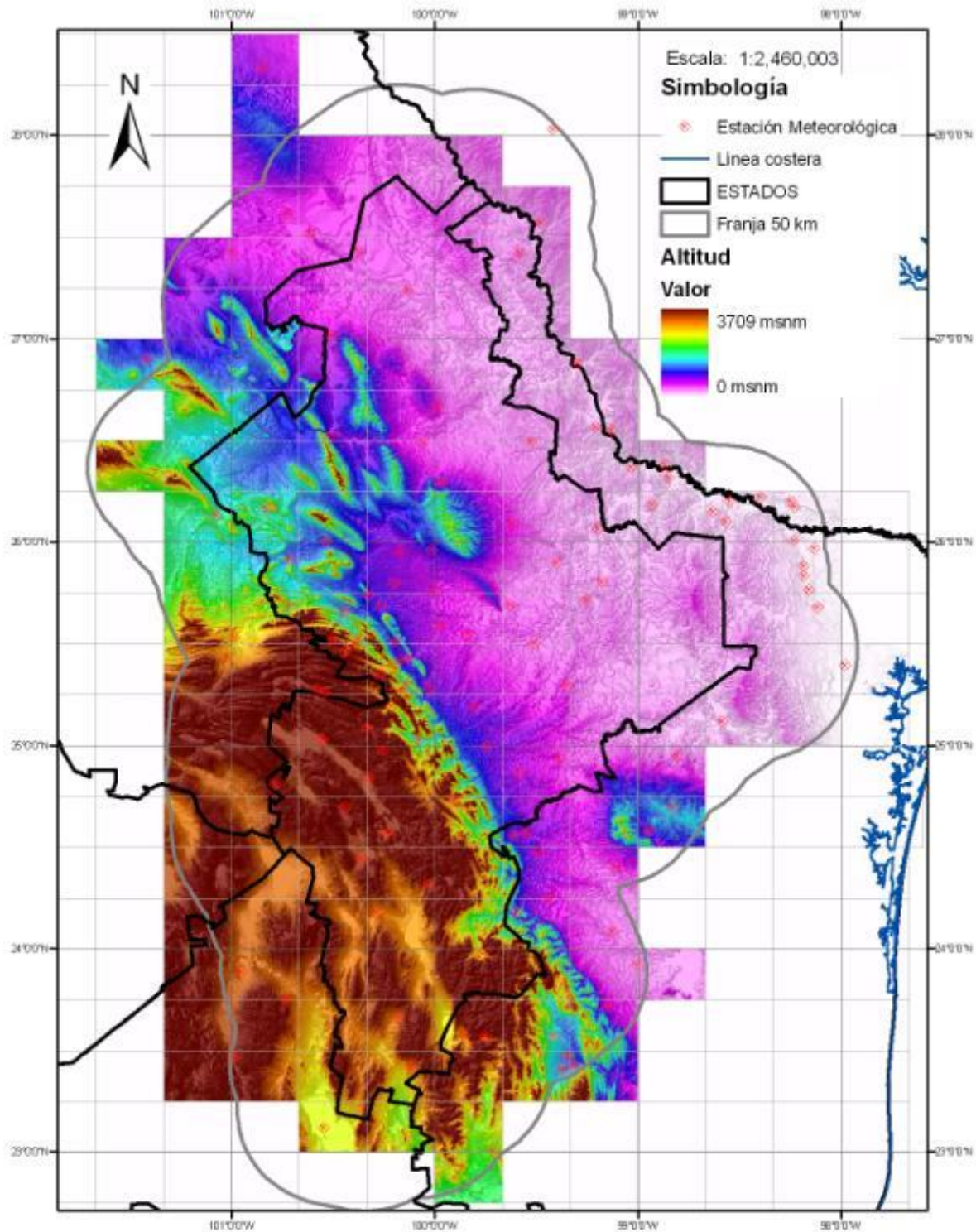


Figura D. 2 Mapa de altitud sobre el nivel del mar para el Estado Nuevo León.

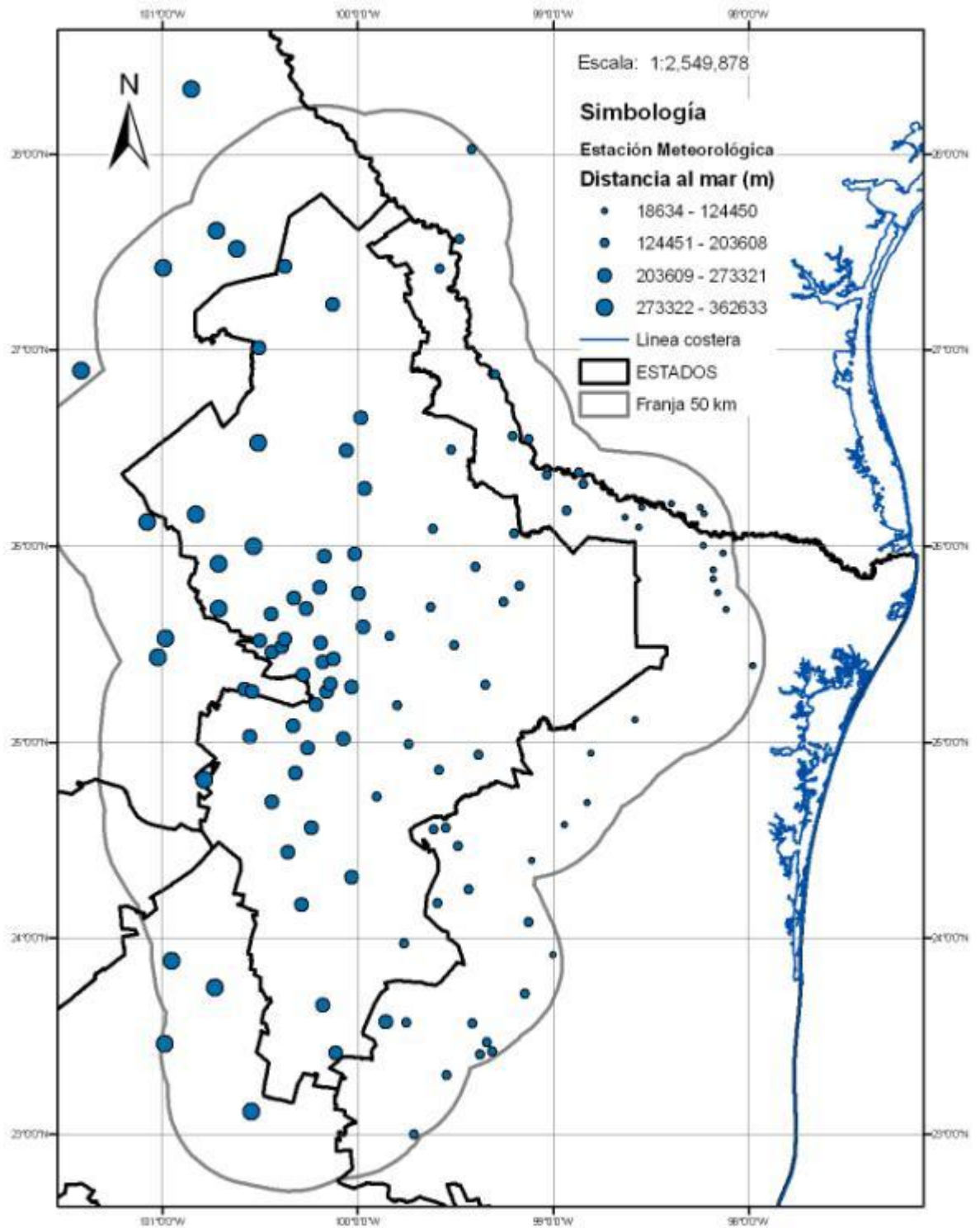


Figura D. 3 Distancia al mar de las estaciones meteorológicas del Estado de Nuevo León.

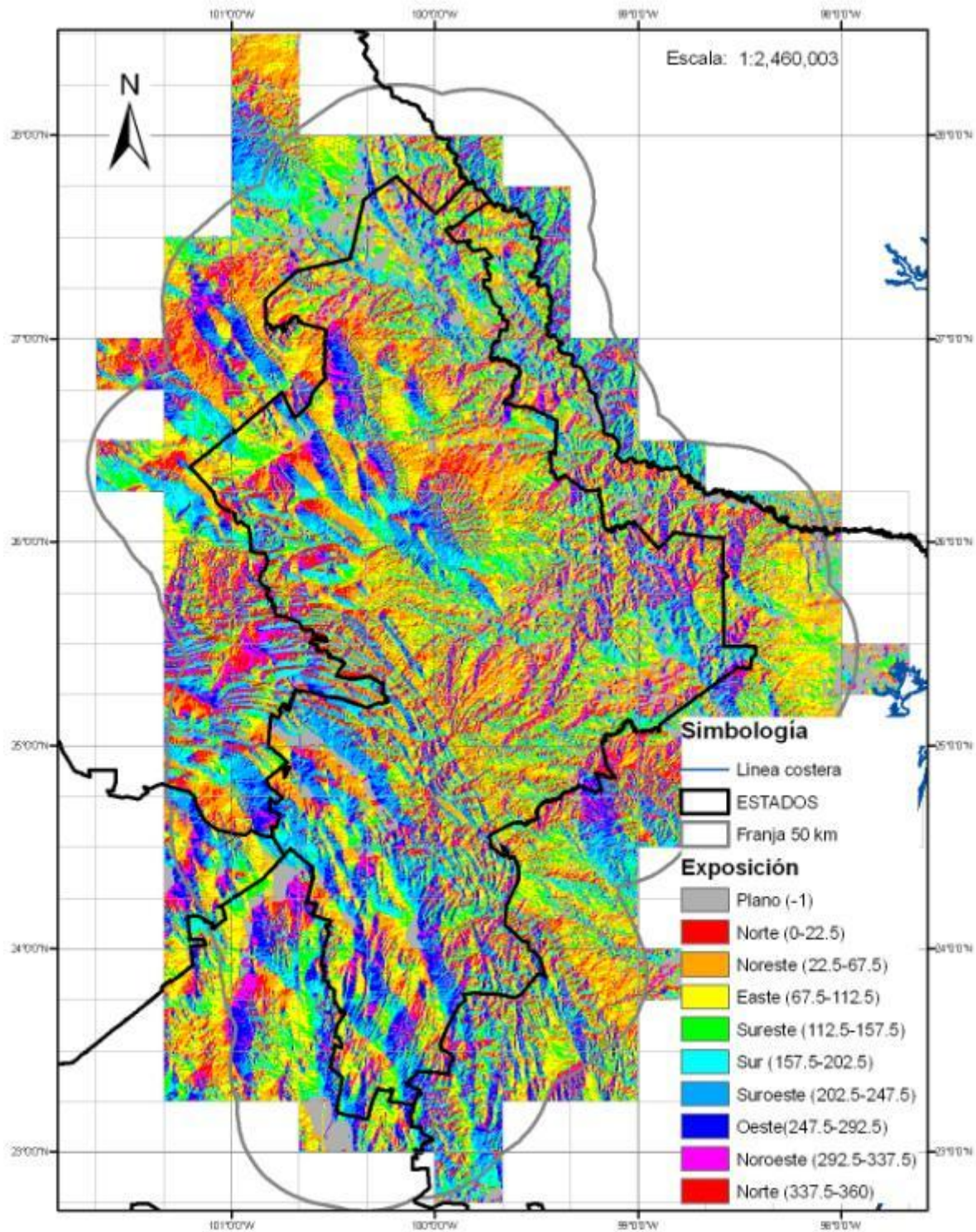


Figura D. 4 Orientación de la exposición solar

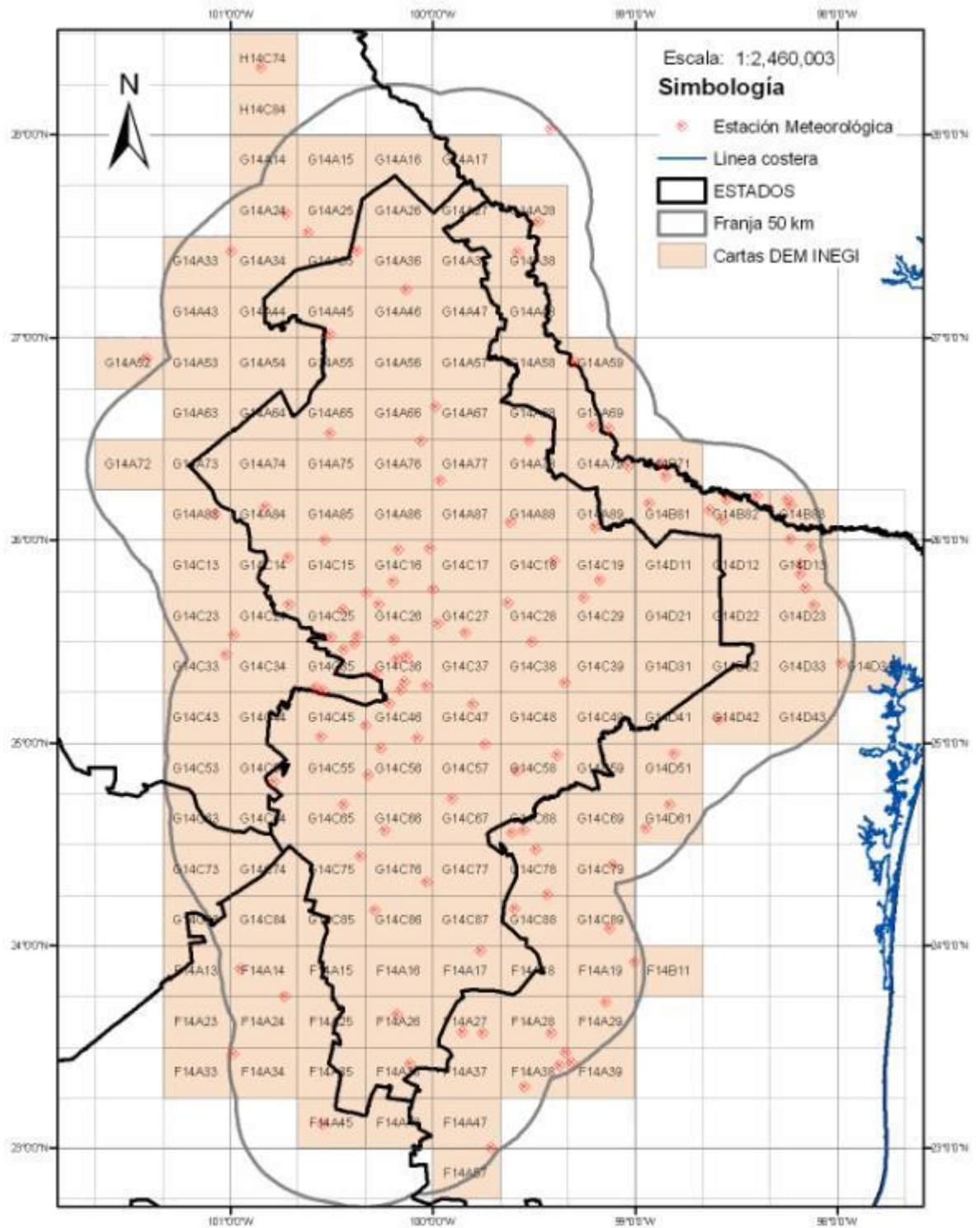


Figura D. 5 Índice de cartas DEM INEGI 1:50,000 utilizadas

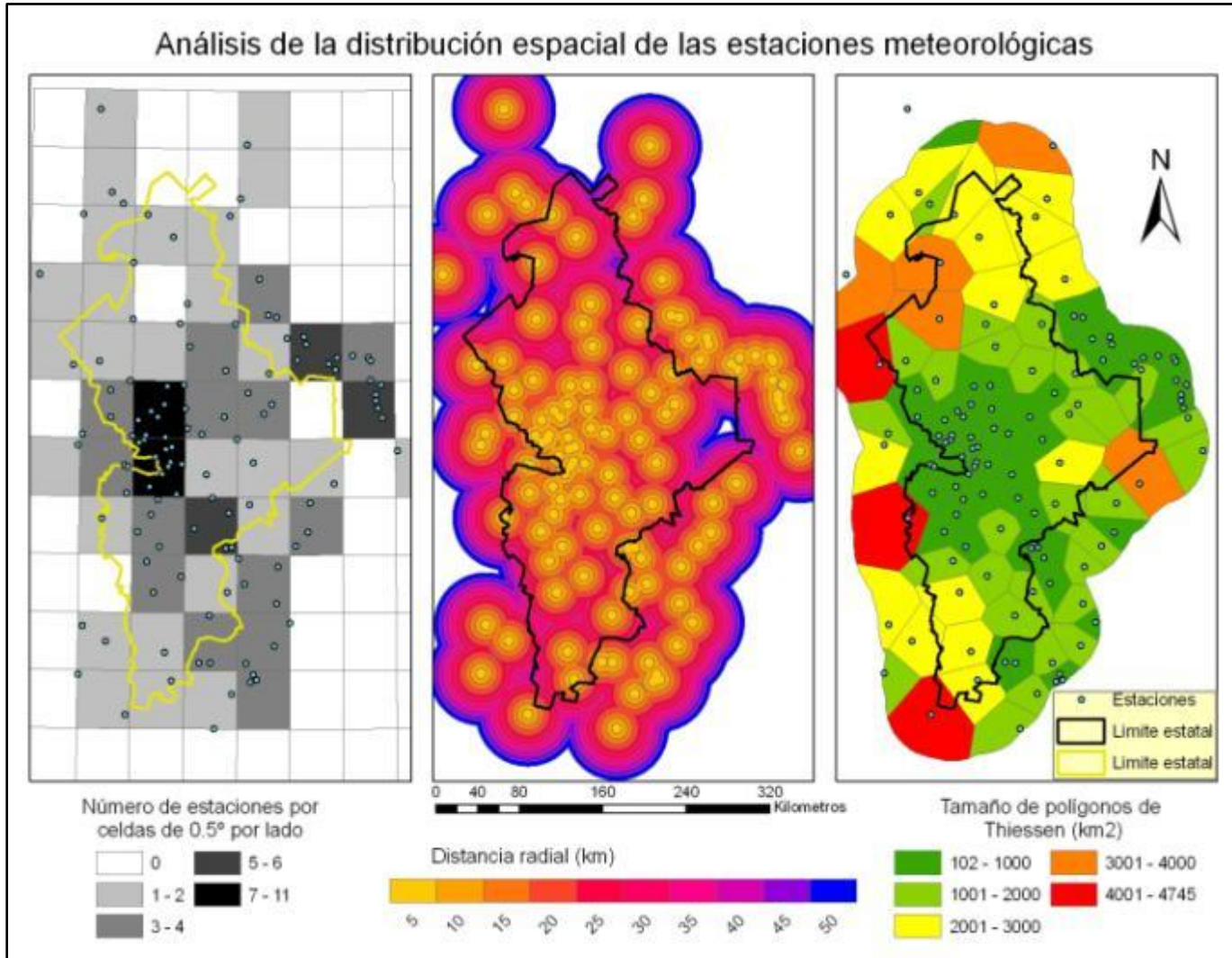


Figura D. 6 Distribución espacial de las estaciones meteorológicas en el Estado y a 50Km.

Anexo E: Incertidumbre asociada al cálculo de escenarios

Se seleccionaron las estaciones ubicadas en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) mostradas en la Figura E.1 para evaluar la incertidumbre que pudiera estar asociada al proceso de estimación de temperaturas y precipitación. Las temperaturas mínima promedio, máxima promedio y precipitación se graficaron en las Figuras E.2 a E.16 para los periodos representados por los años 2020, 2050 y 2080 y sus intervalos de confianza para ver su comportamiento contra el tiempo. Se observan tendencias de incremento para las temperaturas mínimas y máximas, en el caso de la precipitación no se observa una tendencia de cambio entre el 2020 y el 2050 y para el 2080 se observa una tendencia de decremento. La variabilidad en la temperatura es baja mientras que es alta para la precipitación.

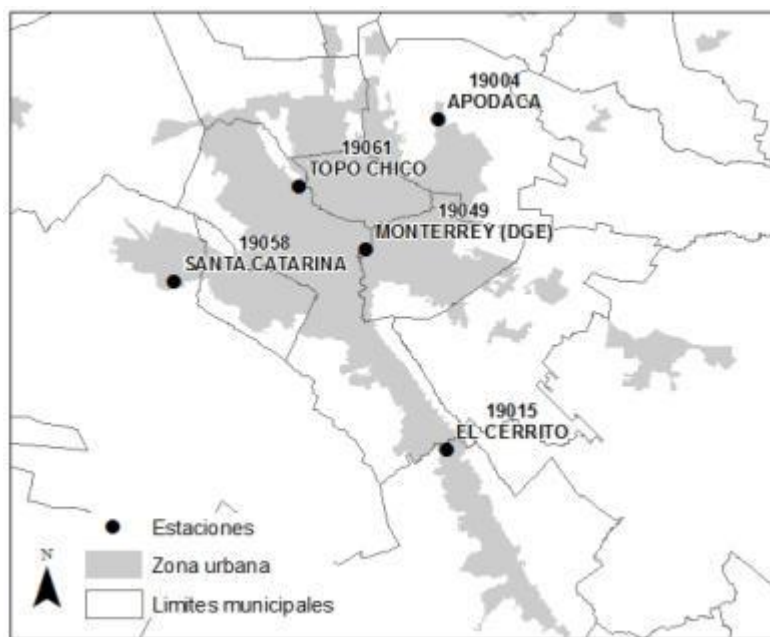


Figura E. 1 Estaciones meteorológicas ubicadas en el AMM.

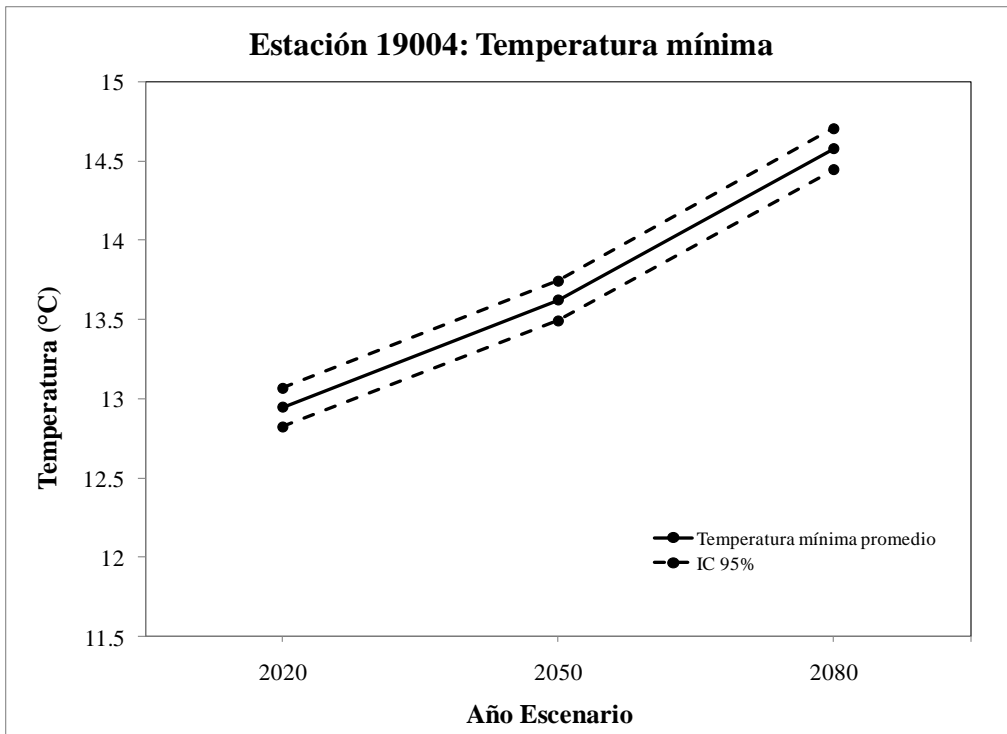


Figura E. 2 Temperatura mínima de la estación 19004 bajo escenario A2

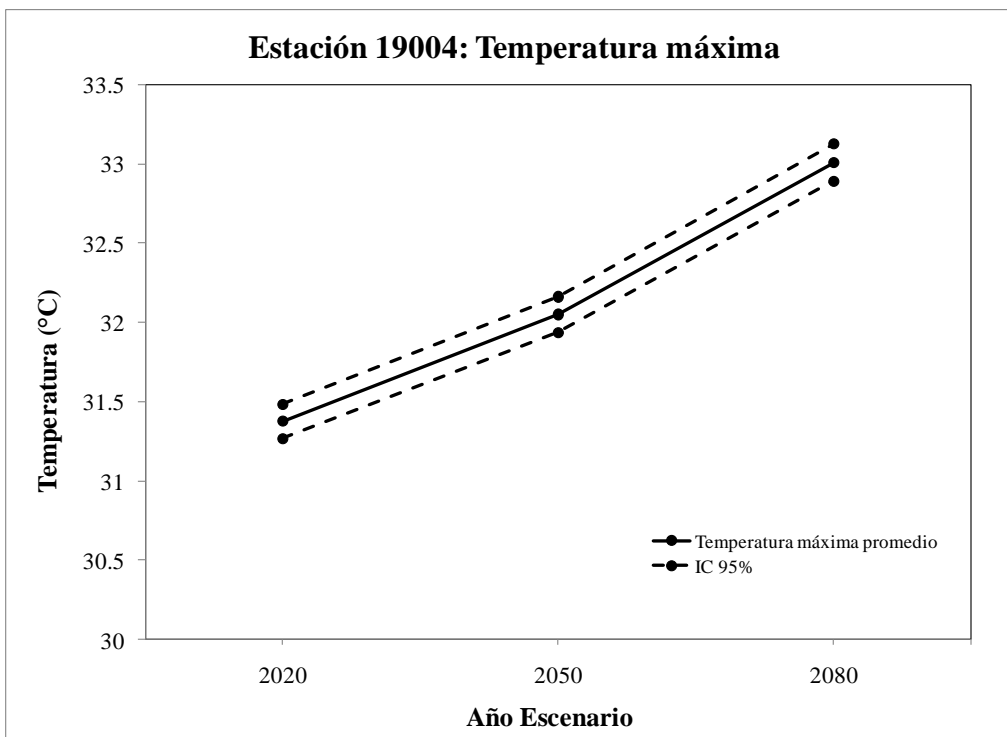


Figura E. 3 Temperatura máxima de la estación 19004 bajo escenario A2

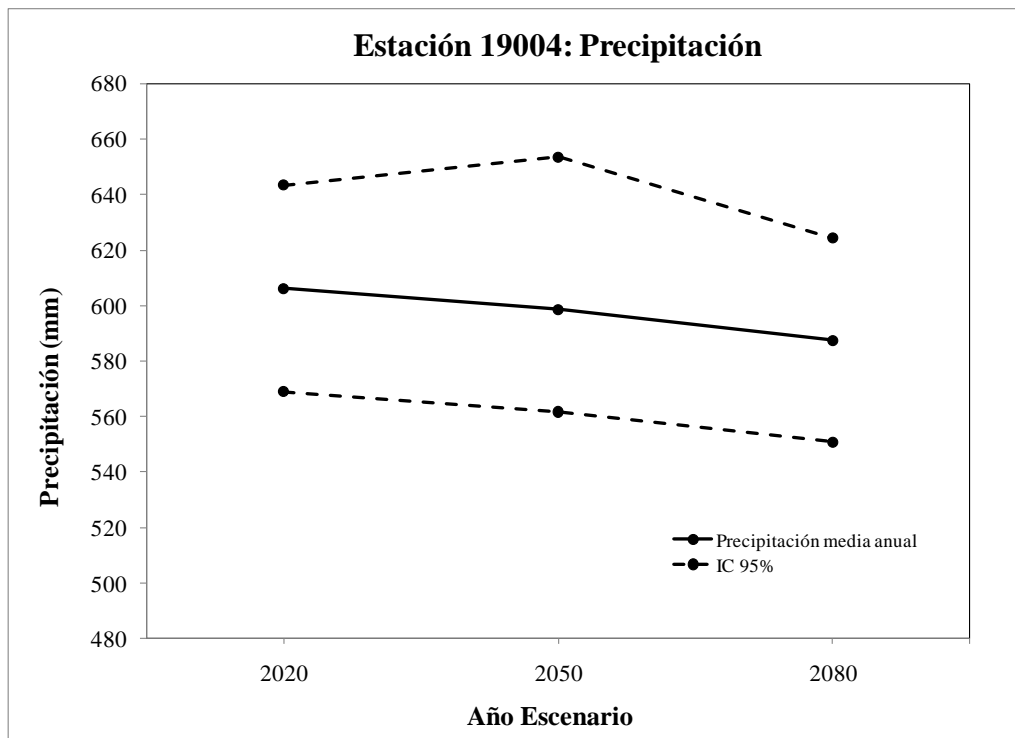


Figura E. 4 Precipitación de la estación 19004 bajo escenario A2

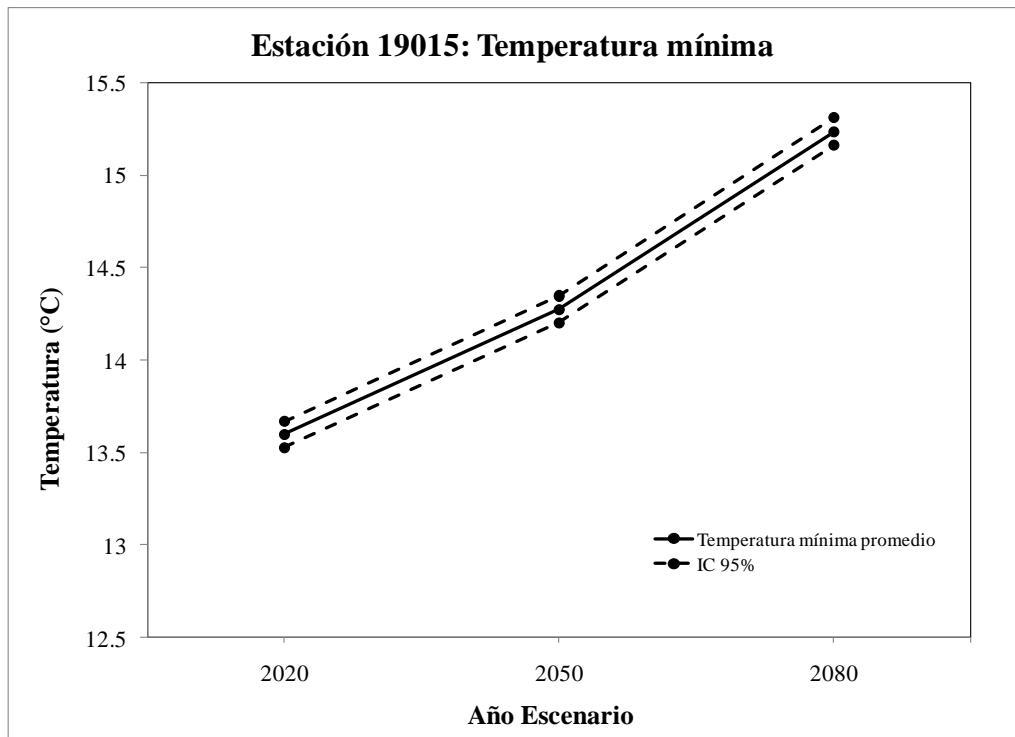


Figura E. 5 Temperatura mínima de la estación 19015 bajo escenario A2

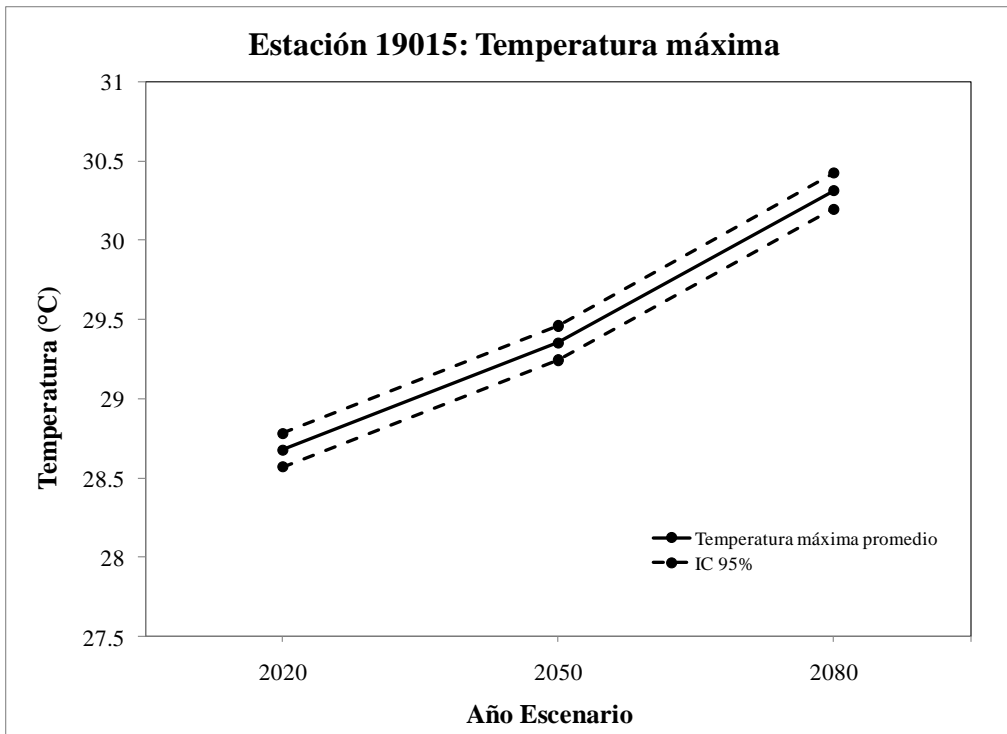


Figura E. 6 Temperatura máxima de la estación 19015 bajo escenario A2

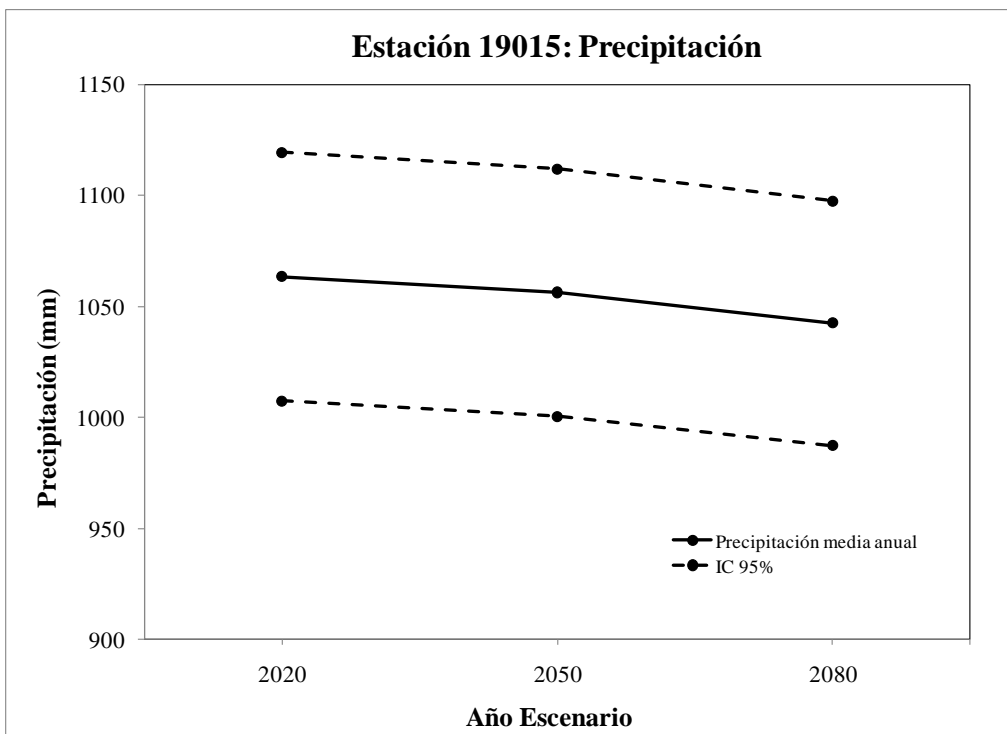


Figura E. 7 Precipitación de la estación 19015 bajo escenario A2

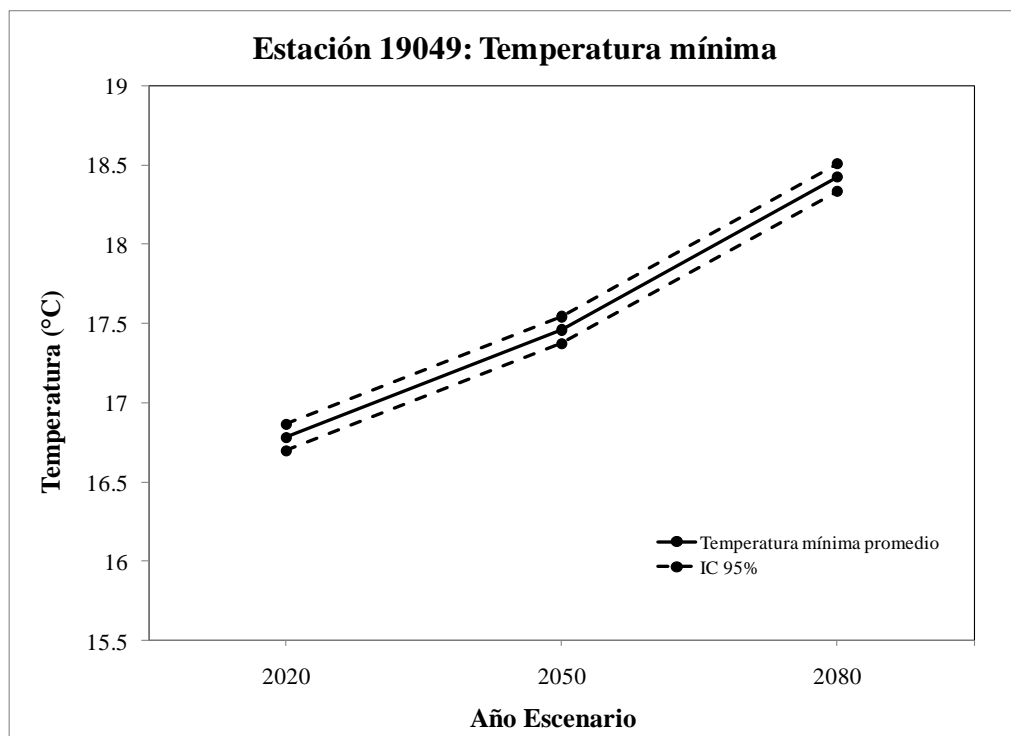


Figura E. 8 Temperatura mínima de la estación 19049 bajo escenario A2

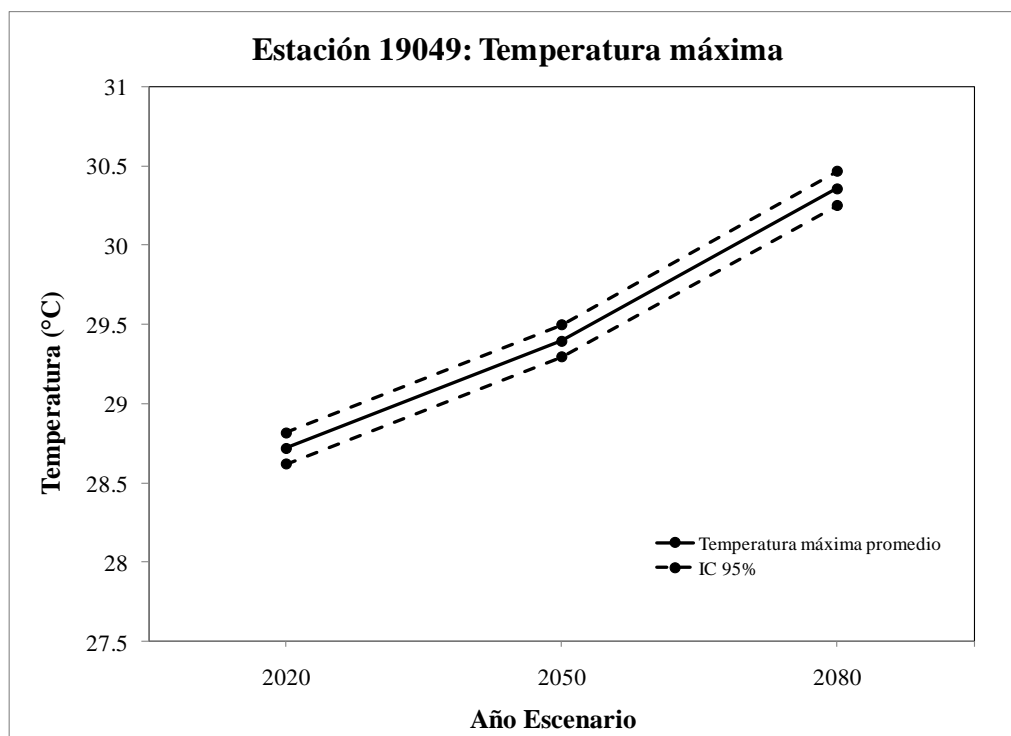


Figura E. 9 Temperatura máxima de la estación 19049 bajo escenario A2

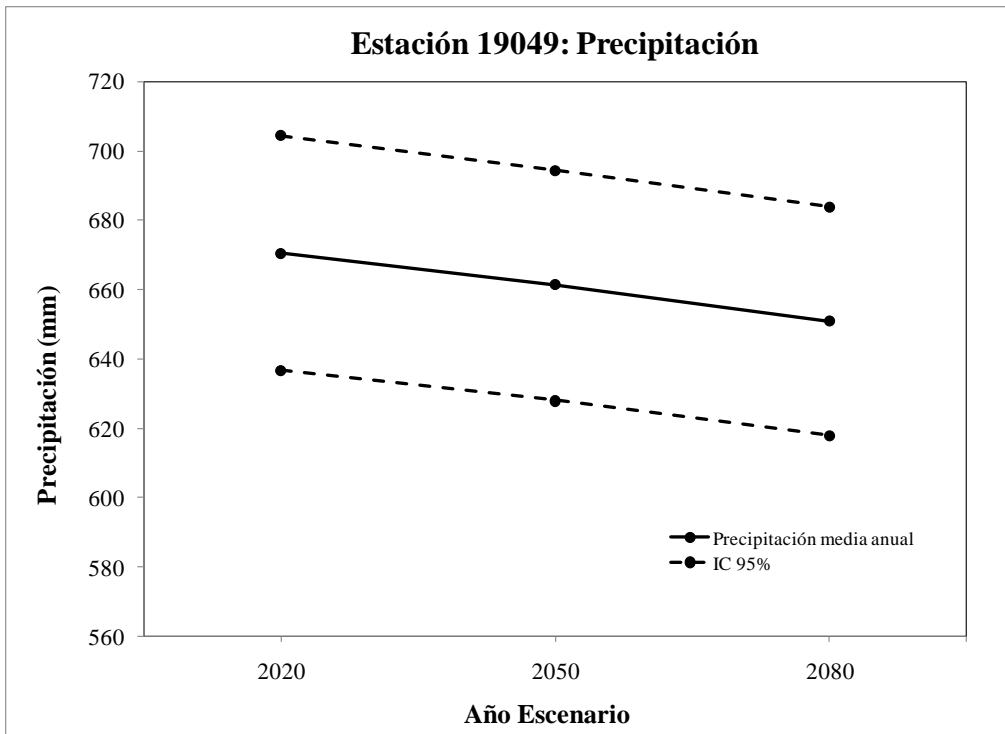


Figura E. 10 Precipitación de la estación 19049 bajo escenario A2

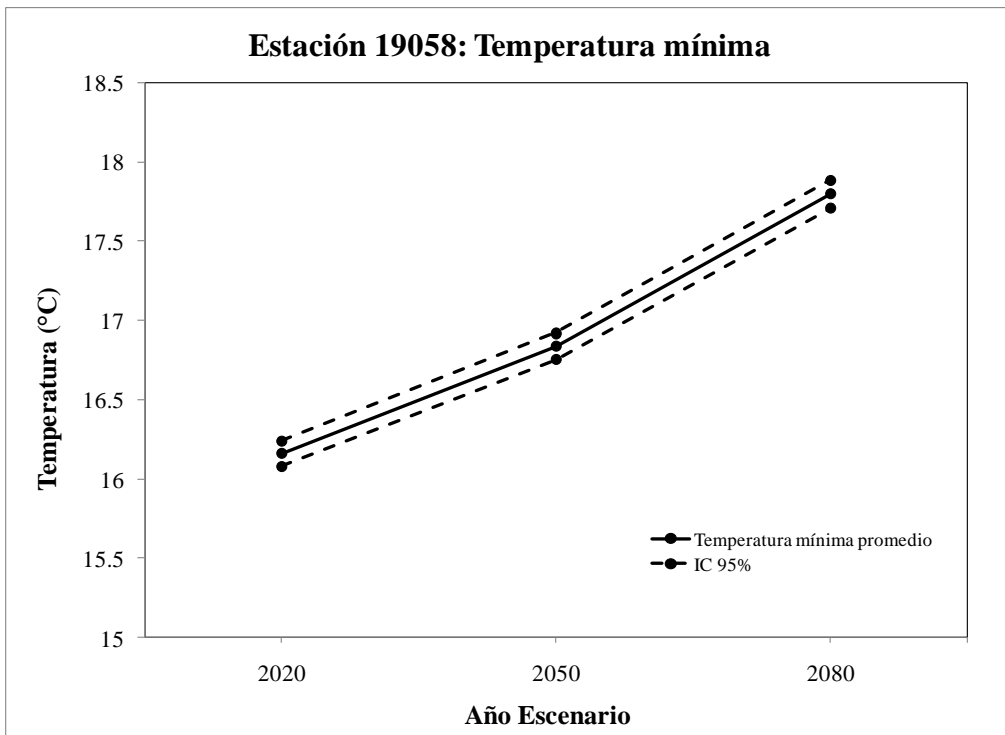


Figura E. 11 Temperatura mínima de la estación 19058 bajo escenario A2

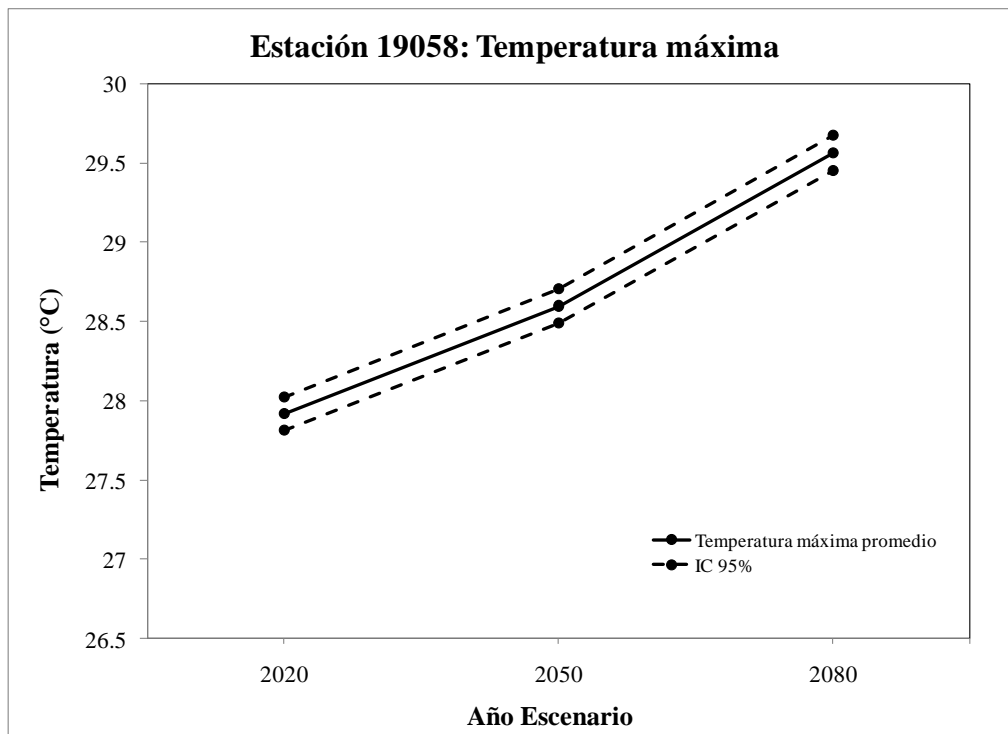


Figura E. 12 Temperatura máxima de la estación 19058 bajo escenario A2

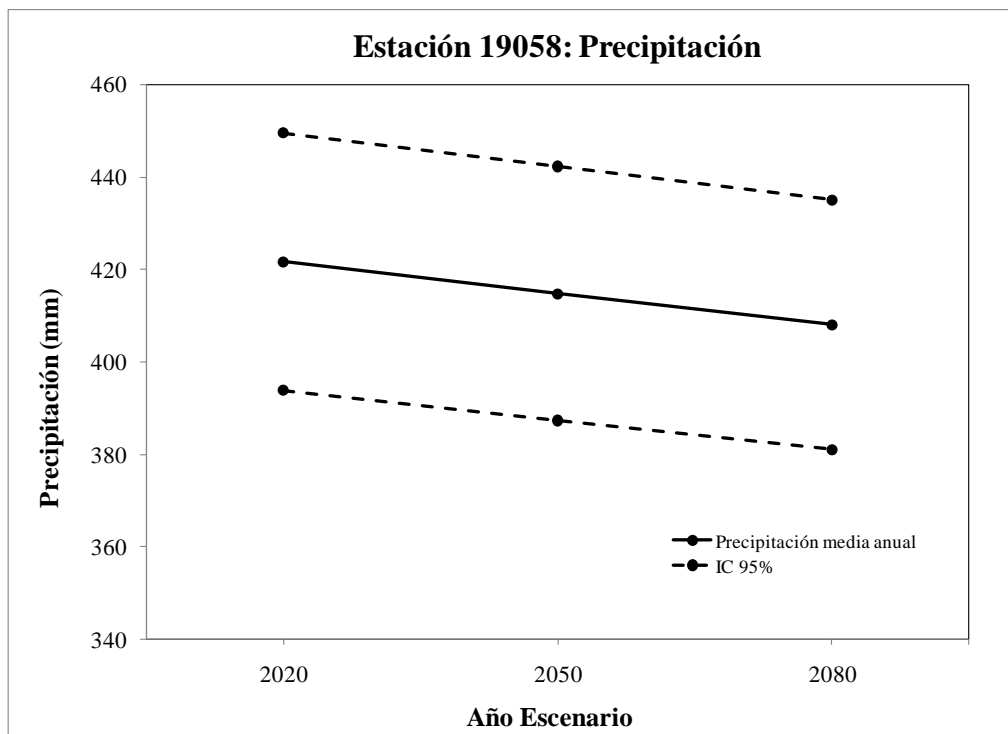


Figura E. 13 Precipitación de la estación 19058 bajo escenario A2

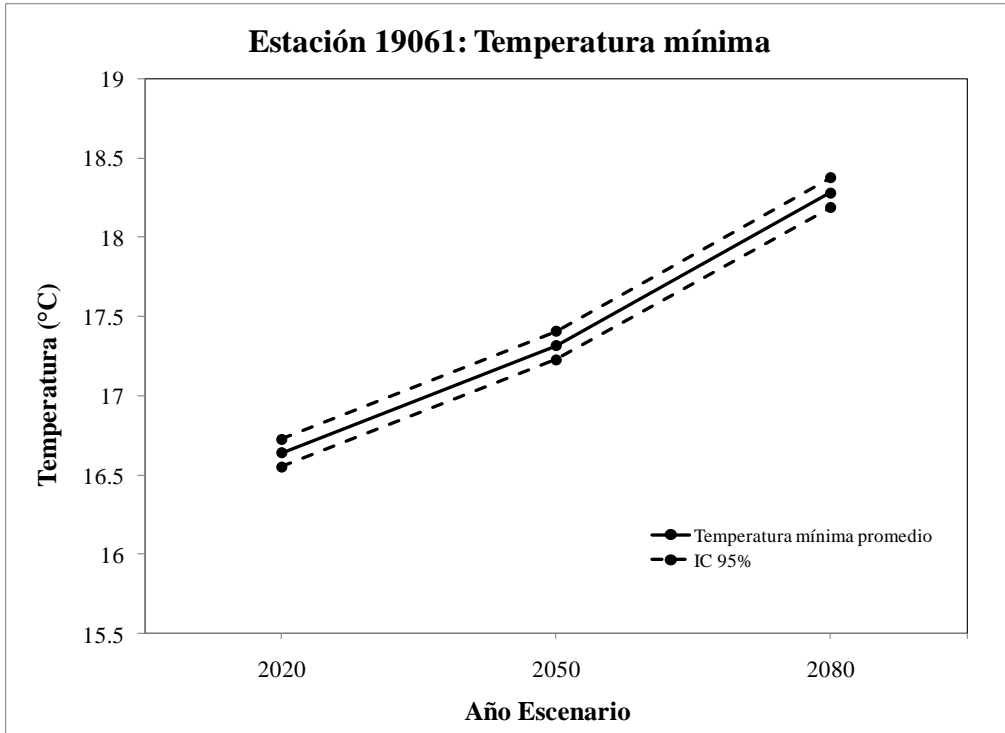


Figura E. 14 Temperatura mínima de la estación 19061 bajo escenario A2

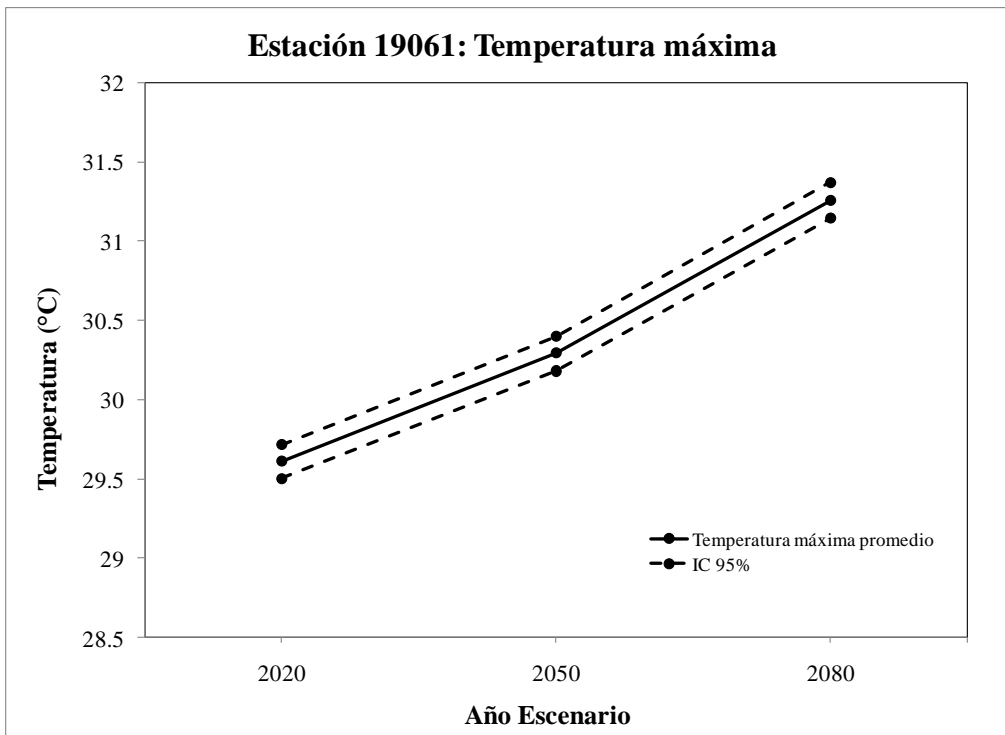


Figura E. 15 Temperatura máxima de la estación 19061 bajo escenario A2

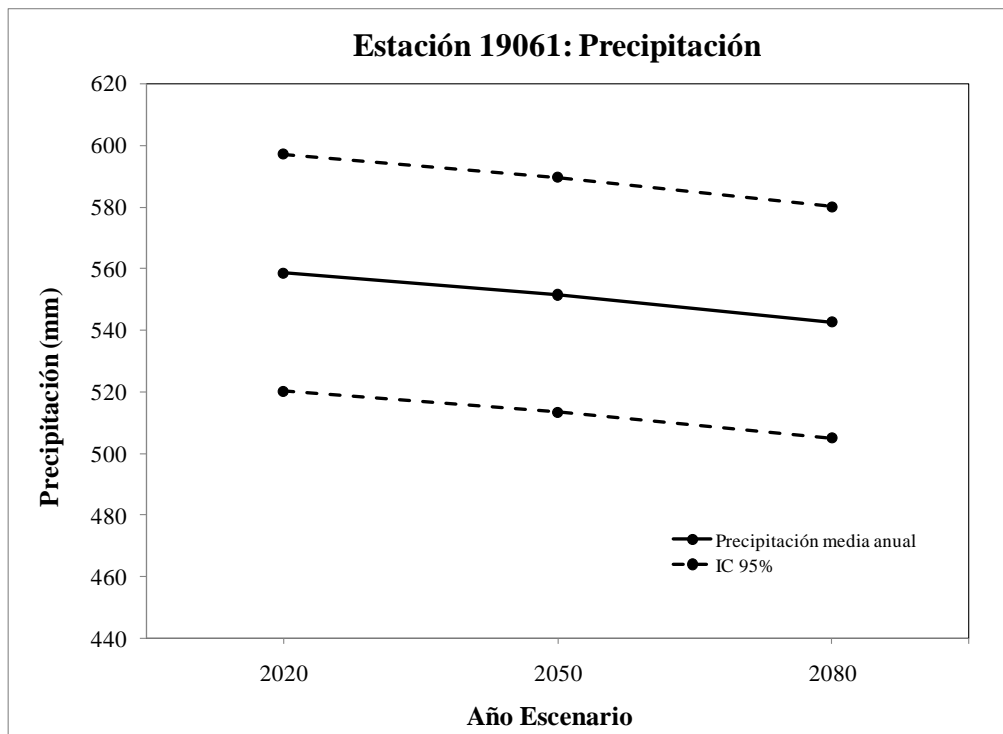


Figura E. 16 Precipitación de la estación 19061 bajo escenario A2

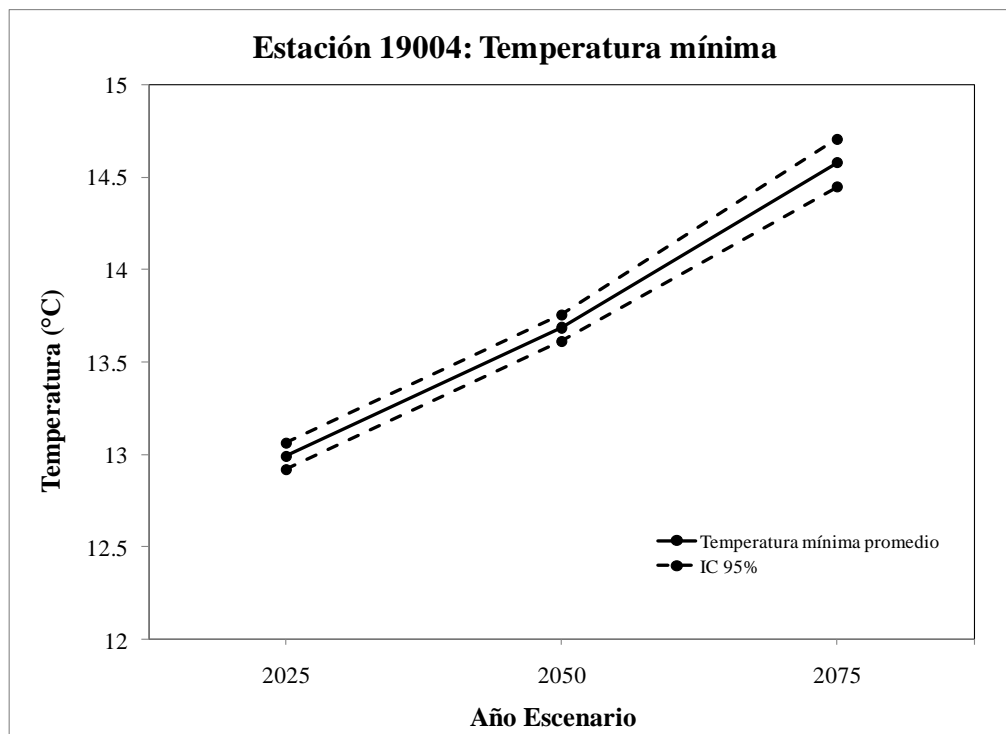


Figura E. 17 Temperatura mínima de la estación 19004 bajo escenario A1B

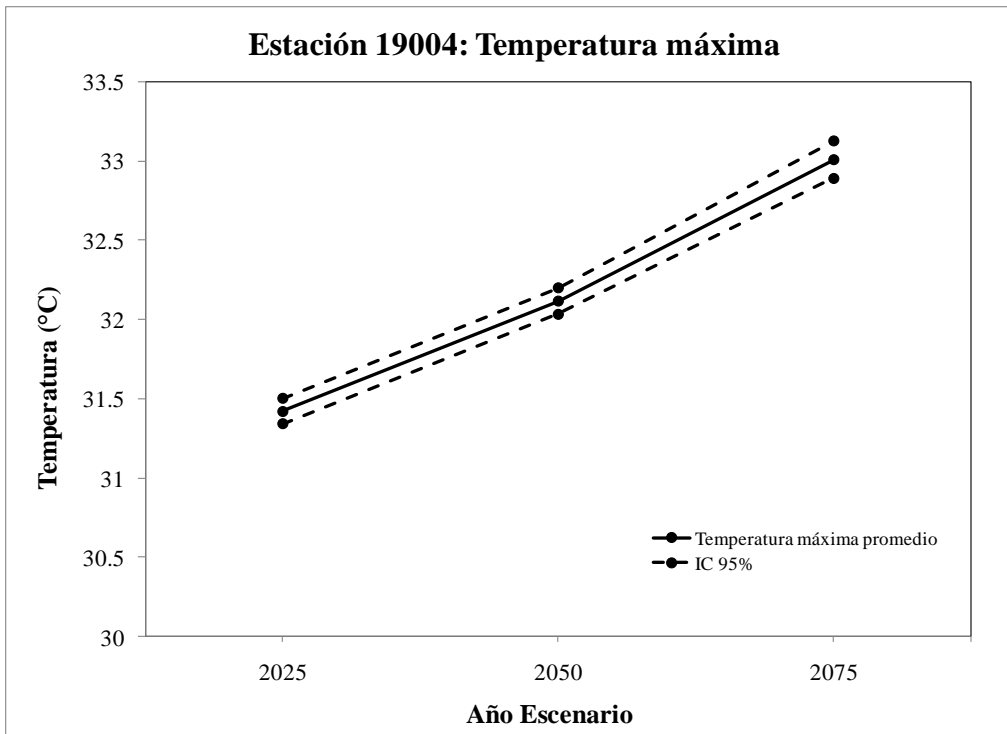


Figura E. 18 Temperatura máxima de la estación 19004 bajo escenario A1B

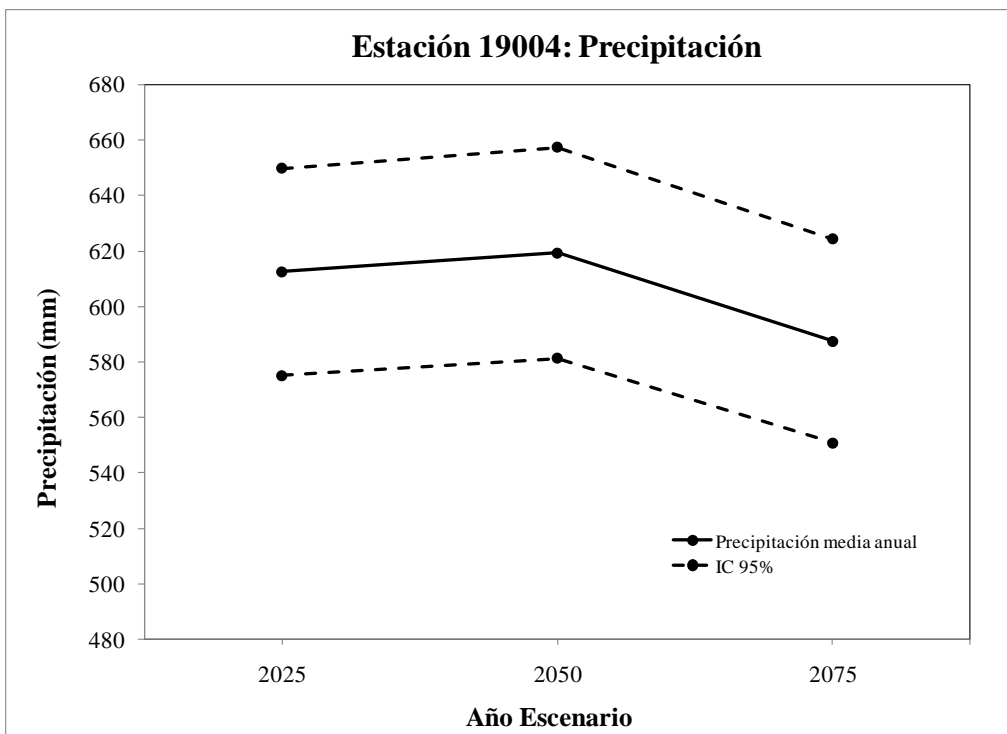


Figura E. 19 Precipitación de la estación 19004 bajo escenario A1B

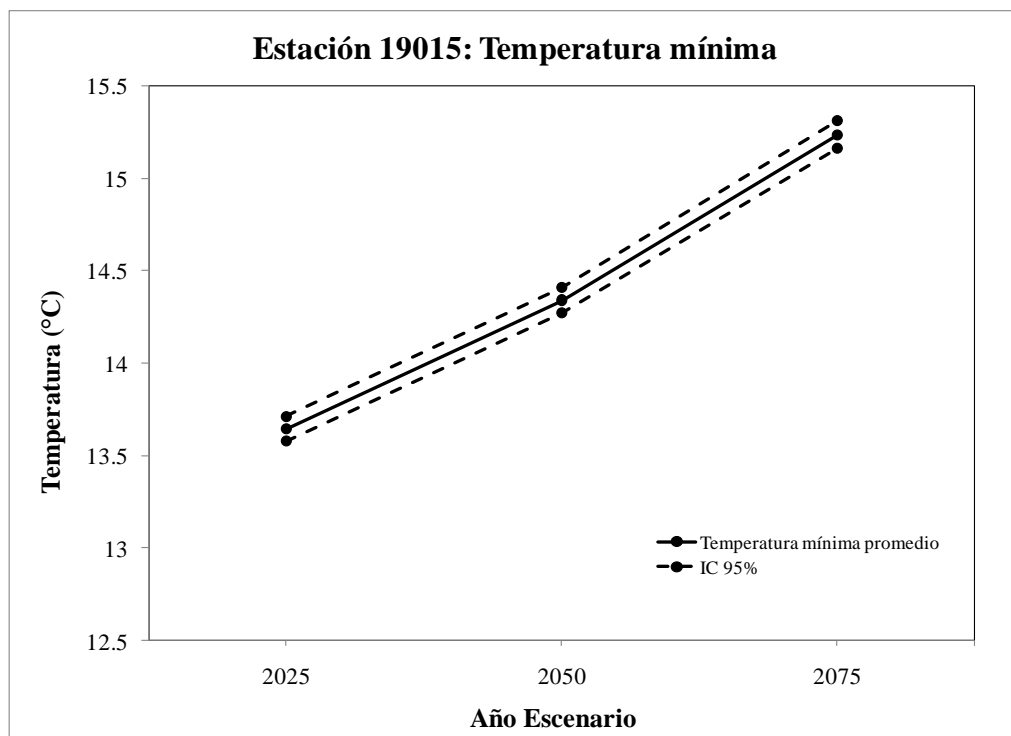


Figura E. 20 Temperatura mínima de la estación 19015 bajo escenario A1B

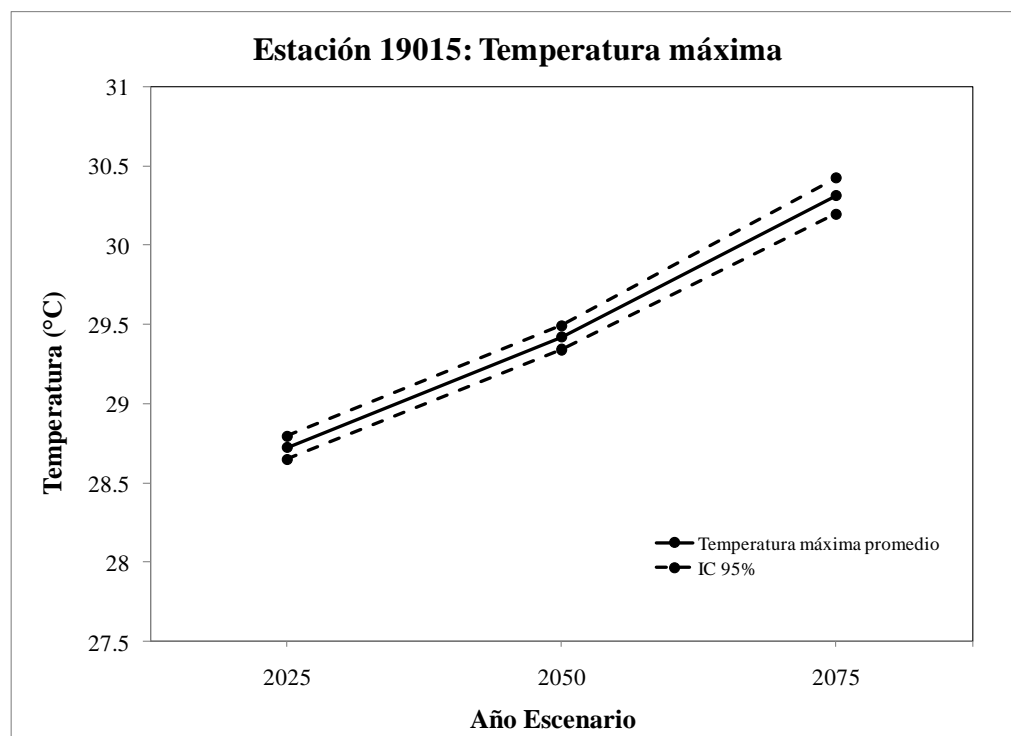


Figura E. 21 Temperatura máxima de la estación 19015 bajo escenario A1B

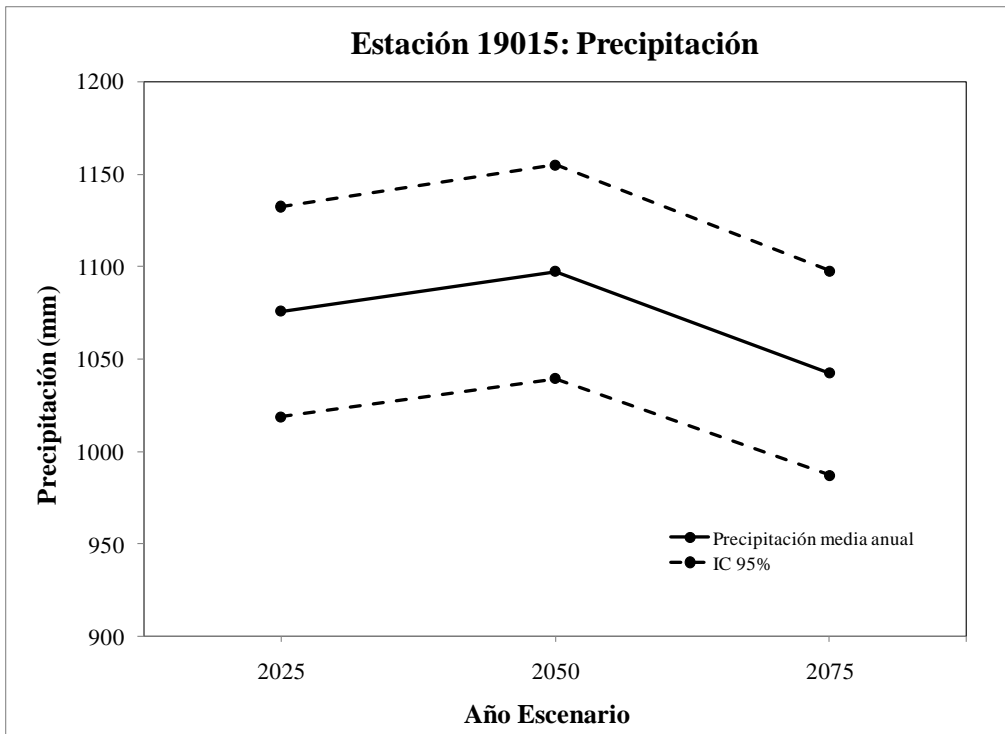


Figura E. 22 Precipitación de la estación 19015 bajo escenario A1B

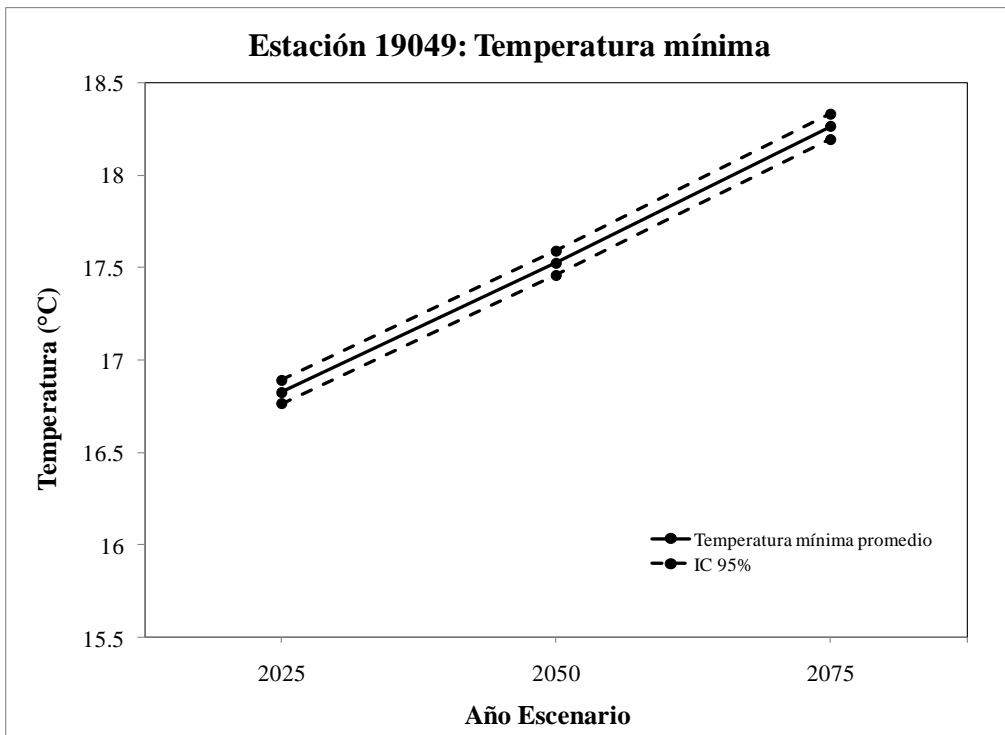


Figura E. 23 Temperatura mínima de la estación 19049 bajo escenario A1B

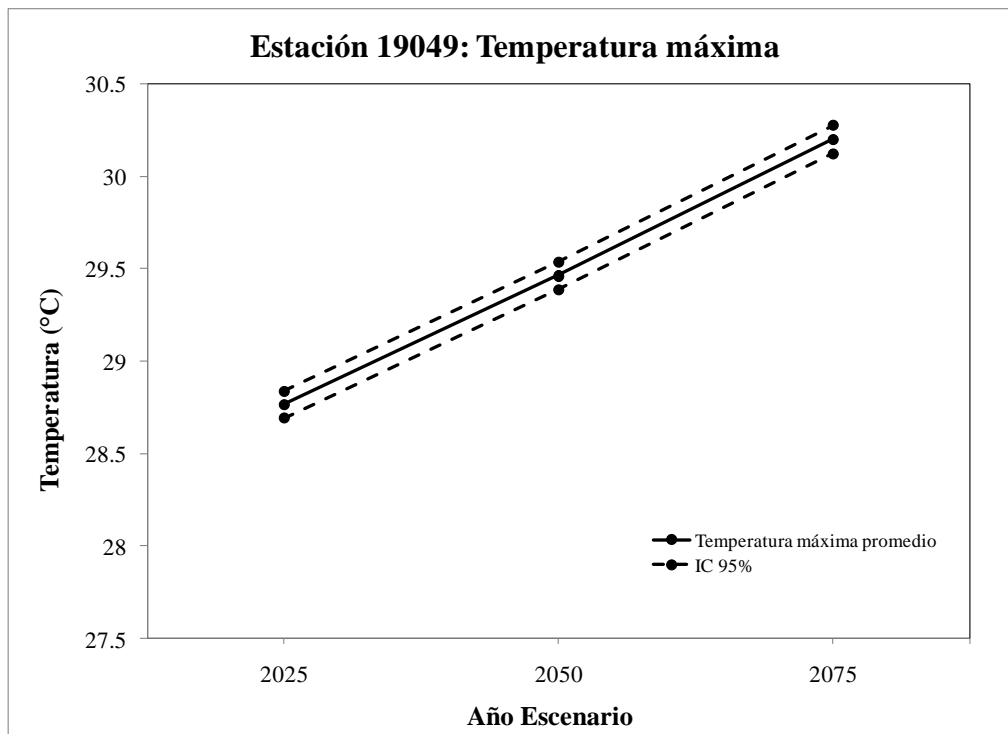


Figura E. 24 Temperatura máxima de la estación 19049 bajo escenario A1B

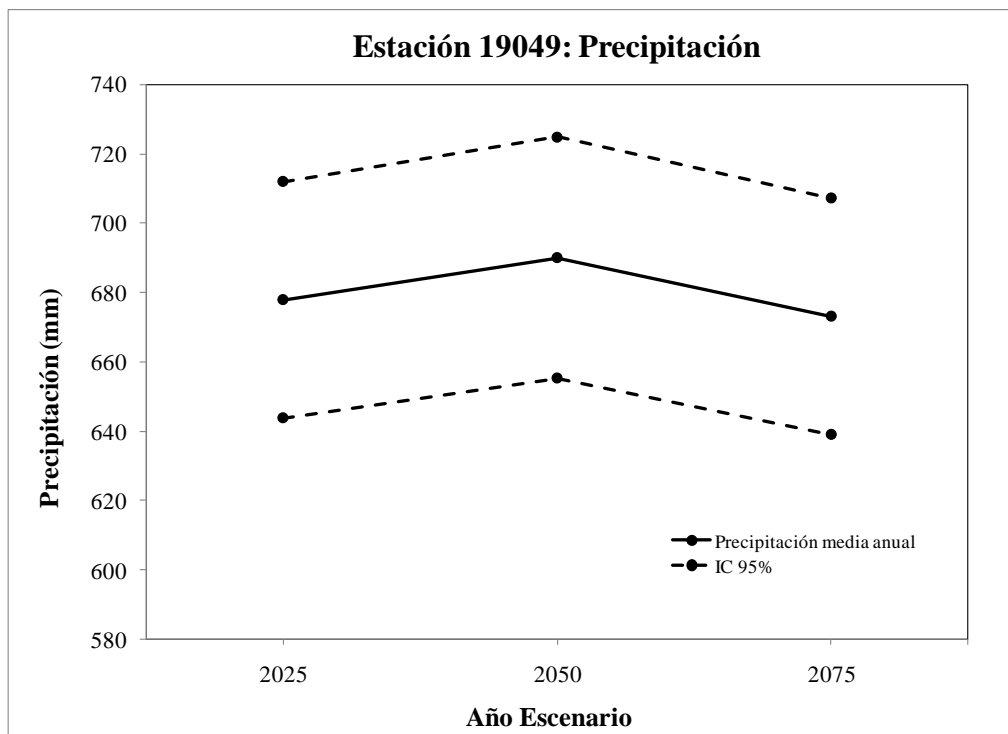


Figura E. 25 Precipitación de la estación 19049 bajo escenario A1B

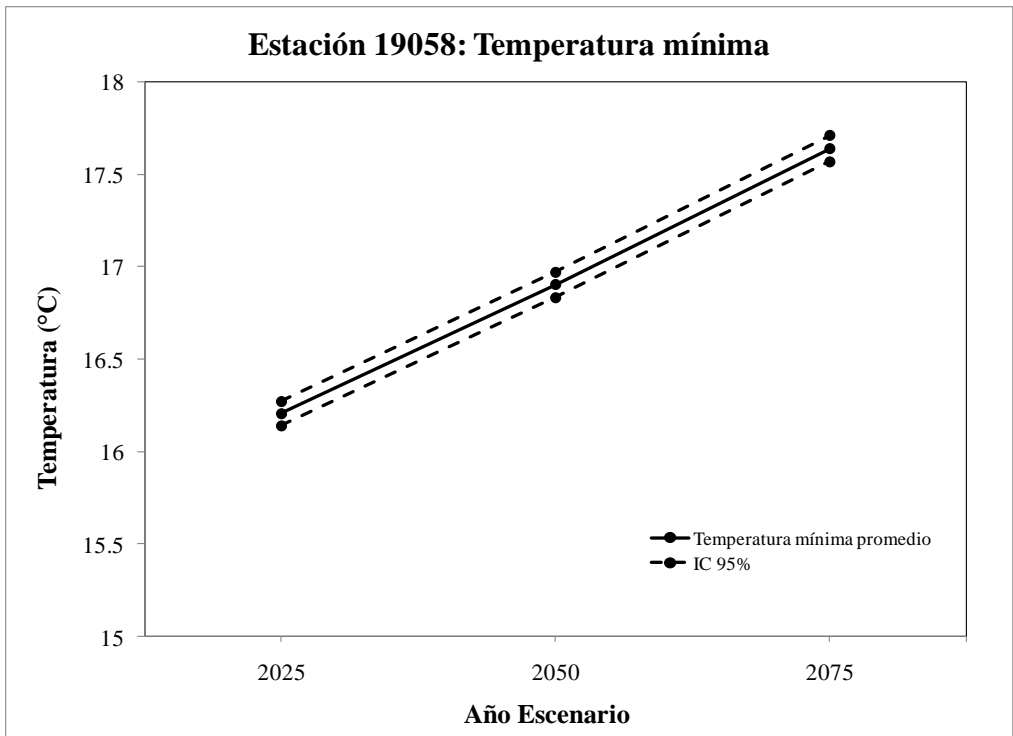


Figura E. 26 Temperatura mínima de la estación 19058 bajo escenario A1B

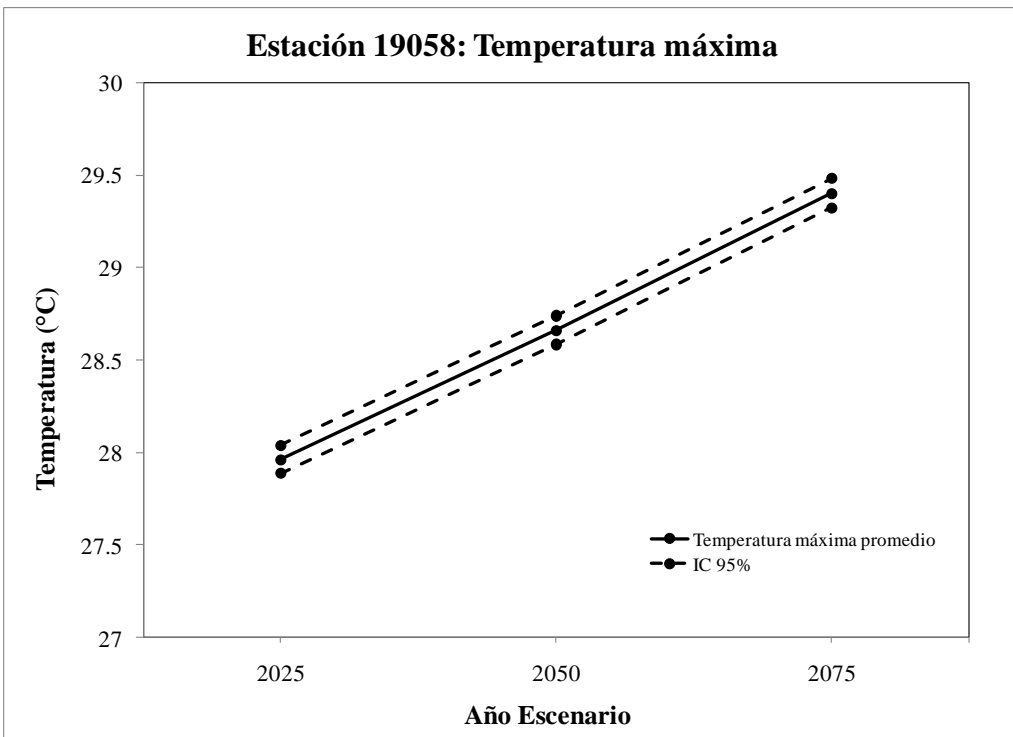


Figura E. 27 Temperatura máxima de la estación 19058 bajo escenario A1B

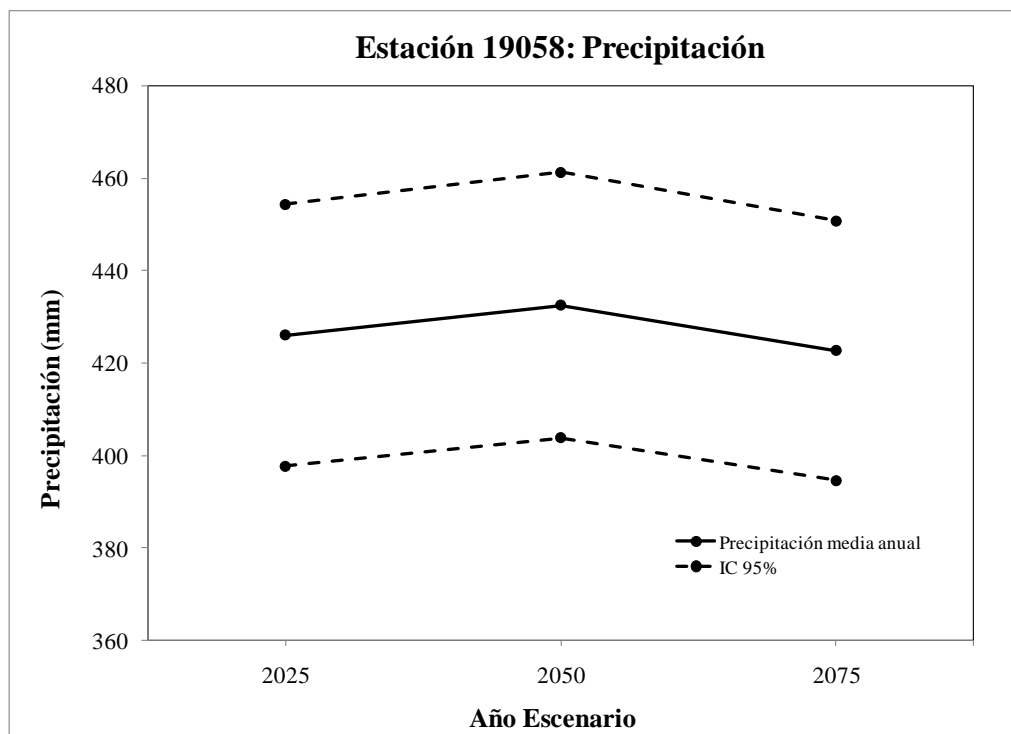


Figura E. 28 Precipitación de la estación 19058 bajo escenario A1B

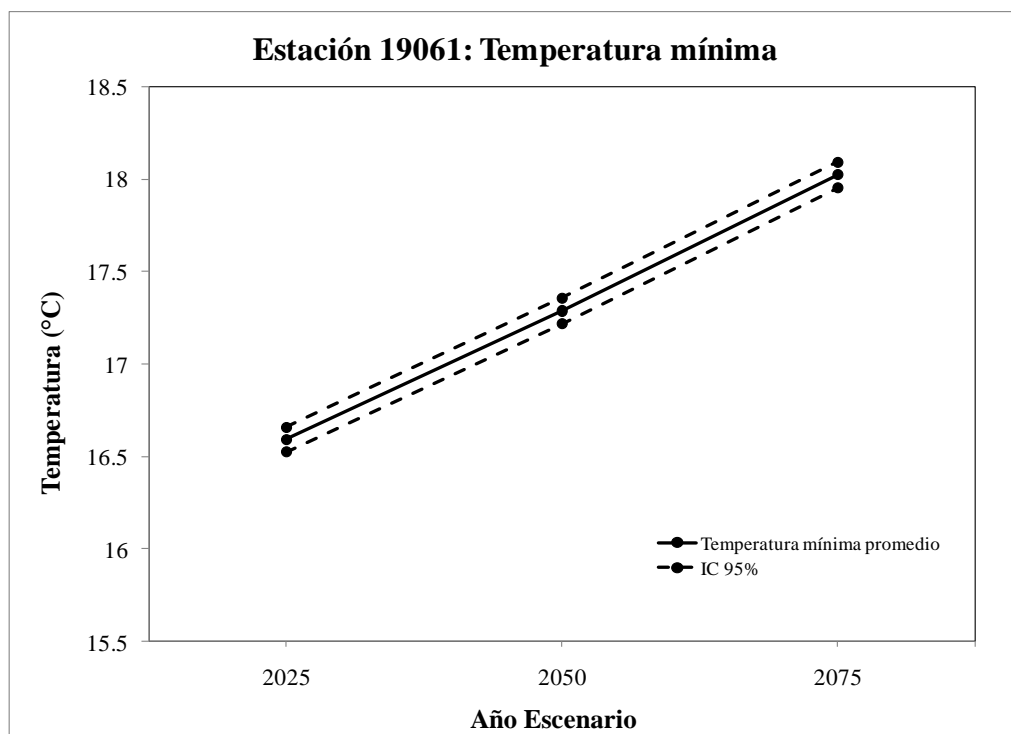


Figura E. 29 Temperatura mínima de la estación 19061 bajo escenario A1B

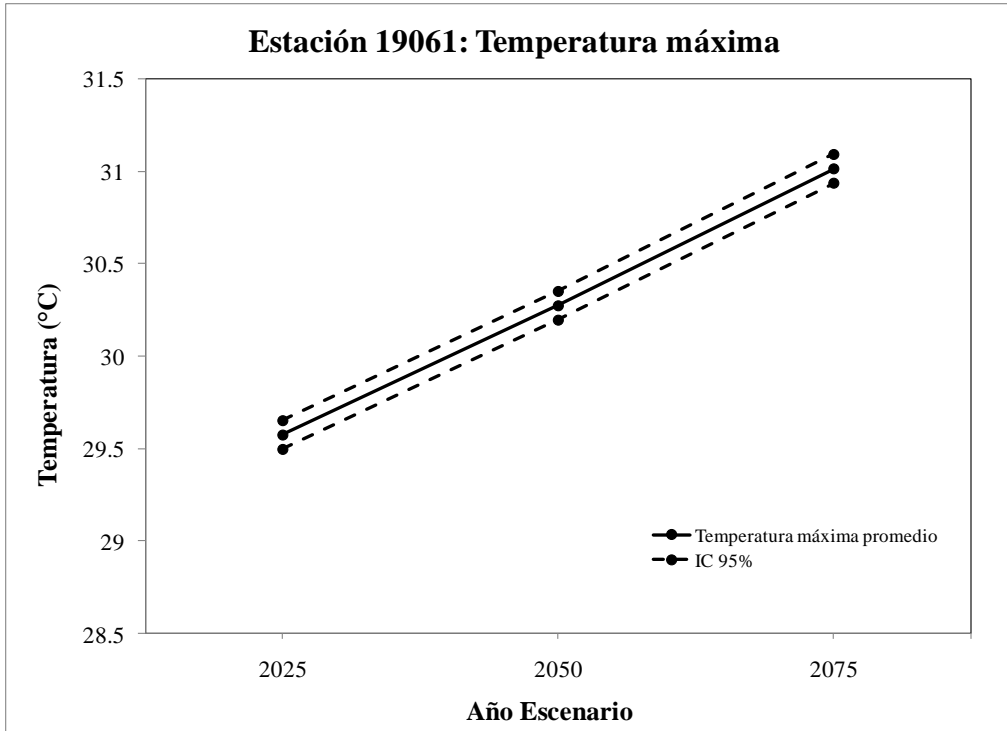


Figura E. 30 Temperatura máxima de la estación 19061 bajo escenario A1B

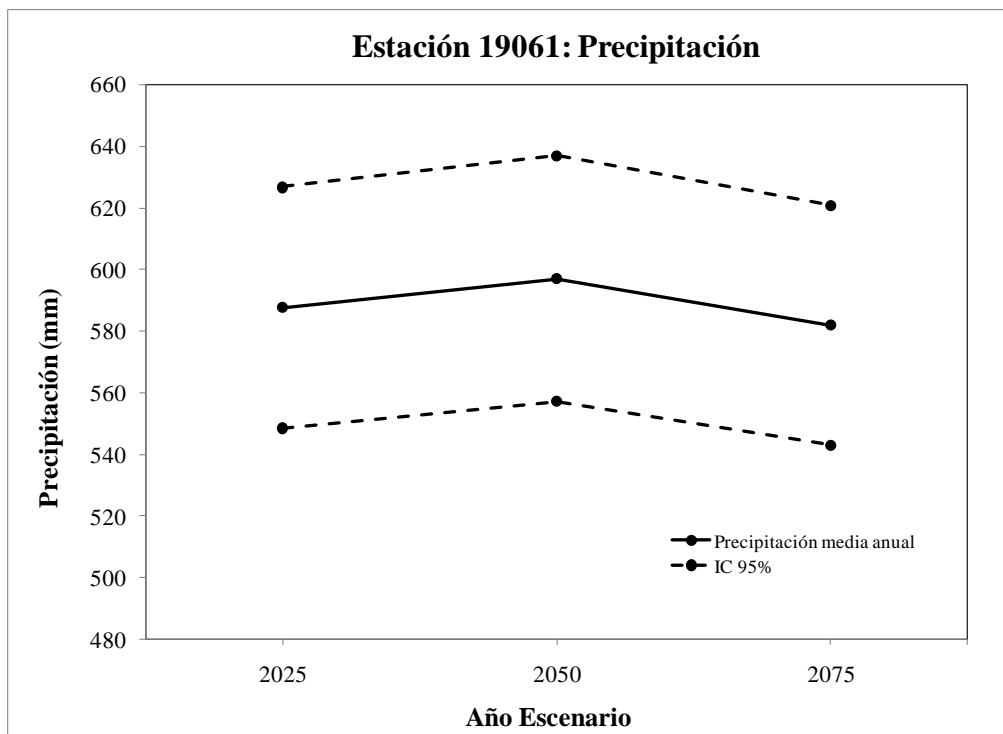


Figura E. 31 Precipitación de la estación 19061 bajo escenario A1B

Anexo F: Base de datos de enfermedades

Tabla F. 1 Casos de dengue hemorrágico de 1988 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	168	4.86	1	0	0	0	0	0	0	0	5	47	111	4
1996	90	2.55	3	0	1	2	1	0	0	1	26	56	0	0
1997	48	1.34	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	22	25
1998	85	2.33	0	0	2	1	3	1	0	4	13	50	8	3
1999	128	3.4	0	0	0	0	0	3	3	46	49	27	0	0
2000	3	0.08	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
2001	2	0.05	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
2002	4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	3	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
2005	344	8.11	0	0	0	1	0	0	0	43	127	158	15	0
2006	46	1.07	0	1	1	2	0	0	0	1	5	11	24	1

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 2 Casos de dengue clásico de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	933	31.42	0	0	0	0	0	0	0	0	309	190	307	127
1986	2036	64.6	83	2	2	0	5	0	2	0	43	202	1284	413
1987	599	19.4	2	2	9	0	0	2	2	9	43	490	25	15
1988	253	8.04	3	0	1	0	1	2	1	4	9	39	186	7
1989	149	4.65	1	0	0	1	1	0	1	6	10	28	90	11
1990	1109	34.1	9	1	1	0	0	0	0	0	76	76	782	164
1991	88	2.67	13	1	3	0	1	0	1	1	10	37	5	16
1992	1	0.03	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1993	104	3.05	0	0	0	0	0	0	0	1	9	85	9	0
1994	524	15.05	0	0	0	1	1	4	0	13	67	146	200	92
1995	1181	34.16	3	0	0	4	0	0	0	1	28	486	586	73
1996	3221	91.42	10	2	0	11	9	14	1	17	252	1599	1146	160
1997	675	18.81	11	1	1	13	2	19	22	28	112	309	156	1
1998	3611	98.84	5	2	1	1	6	5	31	10	92	1797	1301	360
1999	11478	301.3	6	6	5	5	25	492	505	549	2466	6295	1003	121
2000	22	0.57	1	0	0	1	1	0	0	10	3	3	3	0
2001	14	0.36	0	0	0	0	0	0	0	1	7	3	3	0
2002	18	0.45	1	0	3	0	2	1	4	2	1	0	3	1
2003	36	0.88	1	1	2	4	2	3	5	5	5	3	4	1
2004	36	0.86	4	3	4	1	2	4	1	0	4	7	3	3
2005	517	12.19	0	1	1	3	4	4	6	68	179	238	13	0
2006	133	3.09	0	2	3	2	2	0	14	10	29	25	41	5

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 3 Casos de oncocercosis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	S/D													
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	14	0.44	0	3	5	0	0	0	0	1	4	0	1	0
1990	4	0.12	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	3	0.07	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	2	0.05	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 4 Casos de tripanosomiasis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	S/D													
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	1	0.02	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2006	2	0.05	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 5 Casos de leishmaniasis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	S/D													
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	14	0.36	0	1	0	1	4	4	1	2	0	0	0	1
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 6 Casos de cólera de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	S/D													
1986	S/D													
1987	S/D													
1988	S/D													
1989	S/D													
1990	S/D													
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	28	0.84	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	11	9
1993	97	2.85	8	7	39	5	5	14	5	11	1	0	1	1
1994	18	0.52	0	0	1	0	0	2	0	8	3	2	1	1
1995	144	4.18	4	3	5	14	34	26	14	16	22	6	0	0
1996	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	34	0.98	0	0	0	0	1	0	0	3	8	22	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 7 Casos de paludismo de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	4	0.13	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
1986	11	0.3	1	0	1	0	1	1	2	2	1	0	1	1
1987	5	0.2	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1988	10	0.3	0	1	0	1	0	0	0	2	2	1	2	1
1989	17	0.53	0	1	0	0	2	2	3	0	0	8	1	0
1990	2	0.06	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	2	0.06	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	2	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1993	2	0.06	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1994	2	0.06	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	2	0.06	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1998	1	0.03	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	0.03	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 8 Casos de fiebre tifoidea de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	479	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	482	16.23	21	29	28	37	52	44	45	51	37	58	51	29
1986	589	18.7	22	16	23	41	57	29	74	40	29	43	144	71
1987	805	26	6	22	56	69	74	113	106	66	101	80	65	47
1988	1171	37.19	54	61	108	98	77	131	92	163	81	72	197	37
1989	1543	48.18	102	52	69	97	86	157	188	219	127	149	160	137
1990	1514	48.65	80	89	84	111	133	178	134	147	120	282	91	65
1991	949	28.77	75	94	81	65	102	80	128	87	91	84	34	28
1992	391	14.75	37	55	63	40	22	30	11	32	62	15	13	11
1993	366	10.75	28	38	35	18	38	37	30	31	60	25	15	11
1994	342	9.82	8	9	15	28	35	50	31	54	24	49	26	13
1995	508	14.69	22	41	28	96	31	69	54	13	38	46	34	36
1996	631	17.91	30	54	50	21	46	34	35	38	100	127	69	27
1997	1029	28.67	67	61	59	78	68	113	134	89	140	111	63	46
1998	944	25.84	52	99	65	84	80	115	81	66	104	97	56	45
1999	797	20.9	48	49	70	41	57	106	80	82	105	67	55	37
2000	678	17.26	35	59	83	51	74	68	46	69	54	42	55	42
2001	870	22.16	46	63	45	43	88	122	64	106	68	91	64	70
2002	930	22.34	62	59	57	63	112	116	142	65	77	91	56	30
2003	1267	30.81	117	81	89	116	74	88	123	99	202	75	87	116
2004	1342	32.12	102	73	78	53	73	143	239	127	150	113	125	66
2005	1170	27.58	80	92	82	96	146	110	108	145	117	97	70	27
2006	986	22.9	111	84	75	79	104	80	87	106	92	100	47	21

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 9 Casos de salmonelosis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	S/D													
1986	S/D													
1987	1935	62.6	80	132	170	220	246	124	282	150	158	141	108	124
1988	3692	117.26	133	238	246	240	306	460	346	486	310	375	369	183
1989	4682	146.21	198	229	217	248	449	428	497	541	493	587	609	186
1990	5473	168.28	368	304	318	247	535	513	432	636	529	893	415	283
1991	4871	147.66	287	277	337	392	547	504	563	537	377	523	328	199
1992	5042	151.42	226	283	265	483	452	529	704	416	599	460	389	236
1993	6245	183.37	457	298	493	378	551	675	708	704	664	676	285	356
1994	7248	208.18	351	377	414	516	619	711	768	894	651	778	849	320
1995	5626	162.71	540	396	386	458	523	577	639	538	543	539	278	209
1996	5794	164.46	338	303	357	484	431	535	519	594	639	817	501	276
1997	7057	146.65	365	383	407	520	537	724	953	793	677	789	487	422
1998	8624	236.05	417	520	526	734	799	932	1044	831	909	758	601	553
1999	6482	170.1	477	541	606	488	528	678	539	660	729	530	429	277
2000	5083	130.95	347	350	537	452	660	517	462	568	415	293	321	161
2001	5208	132.59	315	340	308	329	501	551	551	707	401	577	371	257
2002	4851	121.73	363	324	311	464	501	514	539	502	403	525	266	139
2003	4306	104.7	340	302	375	416	412	326	413	300	445	324	402	251
2004	5190	124.22	264	294	519	397	460	686	469	631	438	432	414	186
2005	3358	79.15	237	280	339	316	324	345	247	352	295	229	265	129
2006	2791	64.82	291	198	215	162	323	262	210	297	241	301	173	118

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.

Tabla F. 10 Casos de shigelosis de 1984 a 2006 recopilados de la base de datos de CENA VECE

Año	Total	Tasa*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	S/D													
1985	S/D													
1986	S/D													
1987	S/D													
1988	1050	33.35	17	27	60	54	79	142	114	169	94	139	104	51
1989	924	28.85	57	35	34	50	132	69	61	150	115	103	79	39
1990	589	18.11	37	43	54	45	97	65	59	46	28	77	30	8
1991	240	7.28	17	7	18	19	39	18	46	17	18	25	4	12
1992	340	10.21	15	14	40	32	30	47	26	18	42	27	30	19
1993	348	10.22	25	37	21	28	25	50	35	47	24	30	13	13
1994	321	9.22	17	14	22	35	19	73	31	26	29	22	22	11
1995	794	22.96	22	10	59	42	45	70	72	48	69	93	55	209
1996	531	15.07	28	16	27	29	36	58	43	38	81	98	50	27
1997	525	14.63	26	19	8	38	34	77	67	47	59	70	28	52
1998	791	21.65	61	44	27	53	79	86	78	63	90	107	51	52
1999	407	10.7	34	45	43	25	28	41	41	30	37	29	42	12
2000	279	7.21	22	19	36	15	35	18	19	38	24	17	20	16
2001	290	7.38	20	6	9	38	36	34	17	42	26	41	13	8
2002	366	9.18	13	8	19	21	7	58	59	53	73	25	21	9
2003	400	9.73	27	16	24	39	50	39	76	23	27	35	31	13
2004	304	7.28	28	20	13	10	9	16	63	31	26	57	26	5
2005	296	6.98	16	6	23	25	31	38	22	37	23	26	33	16
2006	256	5.95	16	17	12	24	26	17	17	29	17	27	39	15

S/D = Sin datos / *por cada 100,000 habitantes.