



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Modalidad Tradicional

Título de T E S I S

*“Evaluación de riesgos en la salud pública del estado de Aguascalientes ante la variabilidad climática a partir de indicadores de calidad de agua y suelo”*

PRESENTA

**Martha Esthela Venegas Pérez**

Para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Biológicas**

TUTORES

Dr. en C. ELSA MARCELA RAMÍREZ LÓPEZ

Dr. en C. VÍCTOR ORLANDO MAGAÑA RUEDA

INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL

Dr. en C. FRANCISCO JAVIER AVELAR GONZÁLEZ

Aguascalientes, Ags., 14 de diciembre de 2023.

Dra. en C. Elsa Marcela Ramírez López  
(Universidad Autónoma de Aguascalientes)

Dr. en C. Víctor Orlando Magaña Rueda  
(Universidad Nacional Autónoma de México)

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González  
(Universidad Autónoma de Aguascalientes)

**ASESOR EN ESTADÍSTICA**

M. en C. Patricia Rangel  
(Universidad Autónoma de Aguascalientes)

**ASESOR EN SUELOS**

Dr. en C. Armando López Santos  
(Universidad Autónoma Chapingo URUZA)

**CARTA DE VOTO APROBATORIO  
COMITÉ TUTORAL**

**M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez  
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS**

**PRESENTE**

Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **MARTHA ESTHELA VENEGAS PÉREZ** con ID 158120 quien realizó la *tesis* titulado: **“EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA SALUD PÚBLICA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES ANTE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA A PARTIR DE INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA Y SUELO.”**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

**ATENTAMENTE  
“Se Lumen Proferre”**

**Aguascalientes, Ags., a 05 de diciembre de 2023.**

  
**Dra. en C. ELSA MARCELA RAMÍREZ LOPEZ**  
Tutor de tesis

  
**Dr. en C. VÍCTOR ORLANDO MAGAÑA RUEDA**  
Co-Tutor de tesis

  
**Dr. en C. FRANCISCO JAVIER AVELAR GONZÁLEZ**  
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.

Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.

Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16

Actualización: 00

Emisión: 17/05/19



**DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO**



Fecha de dictaminación dd/mm/aa 08-dic-23

ID 158120

NOMBRE: MARTHA ESTHELA VENEGAS PÉREZ LGAC (del posgrado): BIOINGENIERÍA Y TOXICOLOGÍA AMBIENTALES

PROGRAMA: DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS, MODALIDAD TRADICIONAL

TIPO DE TRABAJO:  Tesis  Trabajo práctico

**EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA SALUD PÚBLICA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES ANTE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA A PARTIR DE INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA Y SUELO.\***

**TÍTULO:**  
**IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):**

El estudio realizado permitirá prevenir riesgos sanitarios para la población de Aguascalientes

**INDICAR SI/NO SEGÚN CORRESPONDA:**

*Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:*

- SI El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
- SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
- SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
- SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
- SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
- SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
- SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
- NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica

*El egresado cumple con lo siguiente:*

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
- SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
- SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
- NO Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
- SI Coincide con el título y objetivo registrado
- SI Tiene congruencia con cuerpos académicos
- SI Tiene el CVU del Conacyt actualizado
- SI Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos Institucionales (en caso que proceda)

*En caso de Tesis por artículos científicos publicados:*

- SI Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
- SI El estudiante es el primer autor
- SI El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
- SI En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
- SI Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
- SI La aceptación o publicación de los artículos en revistas Indexadas de alto Impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

SI   
No

**FIRMAS**

Elaboró:  
\* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN:

Dra. ALMA LILIAN GUERRERO BARRERA

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

DRA. ALMA LILIAN GUERRERO BARRERA

\* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del RAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano.

Revisó:  
NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

P.A. DR. JUAN JAUREGOTRINCÓN

Autorizó:  
NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

M. en C. JORGE MARTÍN ALFEREZ CHÁVEZ

**Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado**  
En cumplimiento con el Art. 109C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: ... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.  
**LA EGRESADA NO CUMPLE CON LOS REQUISITOS PARA OBTENER SUMMA CUM LAUDE CON ACUERDO AL PROGRAMA DE ESTUDIOS VIGENTE**

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.  
Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: D. Control Escolar/ D. Apoyo al Posg.



## The impact of phenomena El Niño and La Niña and other environmental factors on episodes of acute diarrhoea disease in the population of Aguascalientes, Mexico: a case study

Martha Esthela Venegas-Pérez<sup>1</sup>, Elsa Marcela Ramírez-López<sup>1</sup>, Armando López-Santos<sup>2</sup>, Víctor Orlando Magaña-Rueda<sup>3</sup>, and Francisco Javier Avelar-González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Biochemical Engineering Department/Physiology and Pharmacology Department, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México

<sup>2</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Durango, México

<sup>3</sup>Center for Atmospheric Sciences, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México

Correspondence to: Elsa Marcela Ramírez-López (emramir@correo.uaa.mx)

Received: 12 December 2015 – Revised: 9 February 2016 – Accepted: 15 February 2016 – Published: 8 March 2016

**Abstract.** Acute diarrhoea diseases (ADDs) are one of the major health problems in Aguascalientes, Mexico. Due to the risk of significant increases of ADDs in the hot season, it has been necessary to determine the weather conditions that might lead to escalating ADD events. The effects of El Niño and La Niña phenomena on the morbidity rate of ADD (MRADD) in the State of Aguascalientes were determined during the period of 2000–2010. The MRADD was calculated from cases reported by the State Health Department. The Oceanic Niño Index (ONI) was obtained from the US National Oceanic and Atmospheric Administration. The impact of El Niño and La Niña on the MRADD was determined using the Pearson correlation coefficient and analysis of variance (ANOVA). The results gave a significant inverse correlation between El Niño phenomenon and MRADD ( $r = -0.55$ ,  $P \leq 0.001$ ), but a correlation was not observed on the La Niña phenomenon ( $r = -0.022$ ,  $P = 0.888$ ). Field data showed significant inverse influence of El Niño on MRADD for the years 2000–2010.

ENSO has produced colder winters and drier and warmer summers often producing severe droughts.

Several studies have shown a potential impact of ENSO on human health with vector-borne diseases (Schaffner and Mathis, 2014) and with acute diarrhoea diseases (ADDs) (Patz and Olson, 2006). These studies agree that the ENSO can increase the ambient temperature that could enhance the survival and persistence of many microorganisms causing ADDs because microorganisms can reproduce faster in warmer conditions.

Subsequent studies have shown that climatic factors significantly affect seasonal diarrhoea in susceptible populations (El-Fadel et al., 2012).

Global deaths of children aged less than 5 years from diarrhoea were estimated at 1.87 million (95 % confidence interval, CI: 1.56–2.19), approximately 19 % of total child deaths. WHO African and South-East Asia Regions combined showed 78 % (1.46 million) of all diarrhoea deaths occurring among children in the developing world; 73 % of these deaths occurred in 15 developing countries (Boschi-Pinto et al., 2008).

In Mexico, the recorded mortality rate of ADDs was 28 deaths in 2013 and 16 519 new cases per 100 000 children under one year of age were also reported. Moreover, 266 deaths were registered with a rate of 3.5 per 100 000 children among 1 to 4 years of age. The ADDs were the fifth cause of death in this age group.

### 1 Introduction

Several authors have investigated the ways in which El Niño Southern Oscillation (ENSO) has occurred in Mexico. The main consequences of El Niño phenomenon in Mexico are the intensification of winter rainfall in the northwest and northeast of Mexico while decreasing toward the south.

## **AGRADECIMIENTOS:**

### ***A Dios,***

Por llenar mi vida de bendiciones y darme un sinnúmero de oportunidades para ser mejor. Gracias Señor.

### ***A Alfredo,***

Por llenar mi vida con tu amor y paciencia, por darme aliento en los días tristes y tranquilidad en los días buenos, porque has sacrificado mucho de ti para apoyarme a lograr mis metas, te amo.

### ***A mis hijas Elizabeth, Karen y Nelly,***

Por su amor y apoyo para continuar estudiando, porque me enseñaron a distribuir mi tiempo y lograr enfrentarme a mis propios temores y salir adelante y por ser una de las partes más importantes de mi vida. Las amo profundamente.

### ***A mis padres y a mis hermanos,***

Por el amor y apoyo que siempre me dan, gracias por creer en mí y por estar presentes en mi vida, los amo.

### ***A la Dra. Elsa Marcela Ramírez López***

Por haber creído y por haber puesto su total confianza en mí. Por desear mi superación personal y profesional, dándome mucho de su tiempo, de su conocimiento y valor.

### ***Al Dr. Víctor Orlando Magaña***

Por mostrarme como ser una persona sencilla, pero con una grandeza de corazón y dedicación al proyecto.

### ***Al Dr. Armando López,***

Porque me dedicó tiempo y me transmitió confianza para obtener el grado.

### ***Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,***

Por la beca No. 331558, otorgada para la realización de mis estudios de Doctorado.

*A todas las personas que desinteresadamente de alguna u otra manera me apoyaron en la realización y culminación de este proyecto, muchas gracias.*

**INDICE GENERAL**

Contenido

LISTA DE CUADROS.....6

LISTA DE FIGURAS.....9

NOMENCLATURA.....16

ACRÓNIMOS.....17

RESUMEN.....19

ABSTRACT.....20

CAPÍTULO 1. VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....21

    1.1 ANTECEDENTES .....21

        1.1.1. El estado del tiempo y clima .....21

        1.1.2. Circulación general del sistema climático .....21

        1.1.3. Variabilidad climática .....23

        1.1.4 Índice El Niño/ Oscilación del Sur (ENSO) .....25

        1.1.5 Amenazas climáticas y eventos extremos .....28

        1.1.6 El clima en el Estado de Aguascalientes .....30

        1.1.7 Área de estudio .....31

    1.2 JUSTIFICACIÓN .....36

    1.3 OBJETIVOS .....38

    1.4 METODOLOGÍA.....39

        1.4.1 Estimación de la variabilidad climática.....39

        1.4.2 Análisis de series de datos o de series históricas.....41

        1.4.3 DISTRIBUCION GUMBEL O EXTREMA TIPO I.....43

        1.4.4. Bases de Datos Fenómenos El Niño, La Niña .....47

    1.5 RESULTADOS .....49

        1.5.1 Características Climáticas.....49

        1.5.2. Tendencia de eventos extremos por municipio.....68

---

1.5.3. Relación del índice ONI (El Niño) con la temperatura y precipitación .....	76
1.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	79
1.7 CONCLUSIONES.....	90
CAPÍTULO 2 RELACIÓN CLIMA- ENFERMEDADES DIARREICA AGUDAS (EDAs) .....	92
2.1 ANTECEDENTES .....	92
2.1.1. Las enfermedades diarreicas agudas .....	92
2.1.2. Temporalidad .....	95
2.1.3. Factores de riesgo .....	96
2.1.4 Mortalidad y Morbilidad por EDAs.....	101
2.1.5. Relación del clima con las enfermedades diarreicas .....	102
2.1.6. Estudio para correlacionar las EDAs y las variables climáticas .....	103
2.1.7 Área de estudio .....	104
2.2 JUSTIFICACIÓN .....	106
2.3 OBJETIVOS .....	108
2.4 METODOLOGÍA.....	109
2.4.1. Base de Datos.....	109
2.4.2. Análisis estadístico.....	110
2.4.3. Análisis de correlación lineal .....	110
2.4.4. Desarrollo del modelo Binomial .....	111
2.4.5. Correlación entre índice ONI (El Niño), La Niña y las tasas de morbilidad de las EDAs .....	111
2.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos (Encuesta).....	112
Técnicas.....	112
2.4.7. Procesamiento y análisis de los datos de encuesta .....	113
2.5 RESULTADOS .....	115
2.5.1 Casos registrados de EDAs registrados en el periodo 2000-2010. ....	115

2.5.2. Tasa de morbilidad de EDAs por municipio y principales grupos de Edad de interés. ....	120
2.5.3. Análisis de correlación lineal entre los casos de EDAs con la temperatura máxima, la temperatura mínima y la precipitación acumulada semanal.....	125
2.5.4. Modelo estadístico .....	130
2.5.5. Correlación entre índice ONI (Niño) y las tasas de morbilidad de las EDAs....	133
2.5.6. Condiciones socio- culturales y de salubridad .....	137
2.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	145
2.7 CONCLUSIONES.....	148
CAPITULO 3. RECURSO HÍDRICO Y SUELOS.....	150
3.1 ANTECEDENTES .....	150
3.1.1 El Agua.....	150
3.1.2 Efectos de la contaminación del agua .....	152
3.1.3 Impactos del cambio climático en el sector hídrico.....	154
3.1.4 Antecedentes hidrológicos del Estado de Aguascalientes.....	156
3.2.JUSTIFICACIÓN .....	165
3.3 OBJETIVOS .....	166
3.4 METODOLOGÍA.....	167
3.4.1 Revisión y análisis de información hidrológica.....	167
3.4.2 Integración de bases de datos .....	167
3.4.3 Estudio del impacto en el río San Pedro .....	169
3.4.4. Determinaciones analíticas .....	170
3.4.5 Determinación de infiltración .....	171
3.5 RESULTADOS .....	175
3.5.1 Localización de .los pozos de agua potable .....	175
3.5.2 Parámetros de la calidad del agua potable subterránea.....	176
3.5.3 Análisis bacteriológico en los pozos de agua potable del municipio de Aguascalientes.....	177

---

3.5.4 Río San Pedro.....	178
3.5.5 Caracterización de los suelos: .....	183
3.5.6 Determinación de tasa de infiltración .....	186
3.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	189
3.6.1 Parámetros analizados del agua.....	189
3.6.2 Capacidad de infiltration en el Río San Pedro .....	190
3.7 CONCLUSIONES.....	192
CAPÍTULO 4 VULNERABILIDAD .....	193
4.1 ANTECEDENTES .....	193
4.1.1 Características del tiempo y el clima.....	193
4.1.2 Vulnerabilidad .....	195
4.2 JUSTIFICACIÓN .....	200
4.3 OBJETIVOS .....	201
4.4 METODOLOGÍA.....	202
4.4.1. Base de Datos de los pozos de agua .....	202
4.4.2 Base de datos de la incidencia de enfermedades diarreicas agudas .....	202
4.4.3 Correlación entre los parámetros de calidad del agua potable subterránea y los casos de enfermedades diarreicas agudas. ....	202
4.4.4 Estimación del índice de vulnerabilidad .....	202
4.4.5 Arreglo de las bases de datos.....	203
4.4.6 Normalización de los indicadores .....	204
4.4.7 Asignación de peso a los indicadores normalizados .....	206
4.4.8 Estimación del índice de vulnerabilidad .....	207
4.4.9 Asignación del nivel de vulnerabilidad .....	207
4.5 RESULTADOS .....	208
4.5.1 Pozos de agua potable contaminados .....	208

---

4.5.2 Relación lineal entre los parámetros de calidad del agua con la temperatura máxima, la precipitación y las enfermedades diarreicas.....	210
4.5.3 Relación lineal entre los casos de EDA con la temperatura máxima y la precipitación acumulada mensuales .....	210
4.5.4. Índice de Vulnerabilidad de la población estimado en los once municipios de Aguascalientes durante 2000, 2005 y 2010 .....	210
4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	221
4.7 CONCLUSIONES.....	224
GLOSARIO.....	225
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	231
REFERENCIAS WEB.....	259



## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.1	Población y área geográfica de los municipios del estado de Aguascalientes.	31
1.2	Valores de D en Test de Kolmogorov-Smirnov	46
1.3	Promedios acumulados de precipitación del periodo 1970-2013	53
1.4	Probabilidad de ocurrencia y el periodo de retorno de precipitaciones acumuladas máximas por mes	53
1.5	Tendencia del número de días por decenio con temperaturas máximas calientes (Iguales o mayores al percentil 95 en cada municipio)	71
2.1	Descripción de casos de diarrea por grupo y variables climáticas estudiadas del periodo 2000-2010.	115
2.2a	Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la precipitación pluvial acumulada semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R <sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística	125
2.2b	Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la precipitación pluvial acumulada semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R <sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística	126
2.3a	. Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la temperatura máxima semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R <sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística.	127
2.3b	Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la temperatura máxima semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R <sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística.	128
2.4	Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la temperatura mínima semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R	129

es el coeficiente de correlación y R<sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística.

2.5a	Coeficientes estimados del modelo de regresión binomial usando Box Cox y los intervalos de confianza.	131
2.5b	Coeficientes estimados del modelo de regresión binomial usando Box Cox y los intervalos de confianza.	132
2.6	Variabilidad de la ecuación para los grupos de edades usando Box Cox	132
2.7	Variabilidad de la ecuación para el grupo menores de 5 años usando Box Cox	133
2.8	Media y Desviación estándar de la tasa de reportes de enfermedad diarreica aguda (episodios por cada 10,000 habitantes) en menores de cinco años, personas entre 5 a 59 años y adultos mayores de 60 años en presencia del fenómeno el Niño, La Niña y en condiciones neutras en el periodo 2000-2010.	134
2.9a	Correlación entre la tasa de morbilidad de EDAs (por cada 10,000 habitantes) en cada municipio y las variables climatológicas, así como el índice de oscilación de El Niño	134
2.9b	Correlación entre la tasa de morbilidad de EDAs (por cada 10,000 habitantes) en cada municipio y las variables climatológicas, así como el índice de oscilación de El Niño	135
2.10	Coeficiente y valor P de la tasa de reportes de enfermedad diarreica aguda (episodios por cada 10,000 habitantes) en menores de cinco años, personas entre 5 a 59 años y adultos mayores de 60 años en presencia del fenómeno el Niño, La Niña y en condiciones neutras en el periodo 2000-2010	136
2.11	Coeficiente y valor P de la tasa de reportes de enfermedad diarreica aguda (episodios por cada 10,000 habitantes) en menores de cinco años, personas entre 5 a 59 años y adultos mayores de 60 años en presencia del fenómeno el Niño, La Niña y en condiciones neutras y en días con temperaturas mayores de 30°C y de días con precipitación diferente de cero milímetros en el periodo 2000-2010	137
2.12	Conocimiento de factores que causan diarrea, según la percepción de la población en cada municipio de Aguascalientes	141

3.1	División hidrológica del Estado de Aguascalientes. <a href="http://www.inegi.gob">www.inegi.gob</a> Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000	158
3.2	Características generales de los sitios de experimentación.	179
3.3	Caracterización de los suelos	184
3.4	Densidad real, aparente y % de porosidad de los sitios donde se realizan las pruebas de infiltración con el doble anillo modificado	185
3.5	Tasas de infiltración obtenidas en el sitio San Jacinto con el doble anillo modificado	186
3.6	Tasas de infiltración obtenidas en el sitio San Jacinto con mini-infiltrómetro	186
4.1	Arreglo matricial de los indicadores seleccionados para estimar el Índice de Vulnerabilidad.	204
4.2a	Relación de funcionalidad entre los indicadores seleccionados y la vulnerabilidad para los años 2000 y 2005.	205
4.2b	Relación de funcionalidad entre los indicadores seleccionados y la vulnerabilidad para el año 2010 que incluye información obtenida de las encuestas.	206
4.3	Categorías para clasificar el nivel de vulnerabilidad	207
4.4	Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2000	211
4.5	Índice de Vulnerabilidad normalizado para los once municipios de Aguascalientes en el año 2000	212
4.6	Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2005	213
4.7	Índice de Vulnerabilidad normalizado para los once municipios de Aguascalientes en el año 2005	214
4.8a	Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2010	215
4.8b	Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2010 (continuación)	216
4.9a	Índice de Vulnerabilidad normalizado para los once municipios de Aguascalientes en el año 2010	217

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.1	Visión esquemática de los componentes del sistema climático mundial que revisten importancia para los cambios climáticos a escala temporal de siglo (negrita), sus procesos e interacciones (flecha fina) y algunos elementos que pueden cambiar (flecha negrita).	22
1.2	Localización de las regiones El Niño en el Océano Pacífico.	27
1.3	Evolución del índice ONI desde 1950 hasta junio 2015.	28
1.4	Estaciones seleccionadas (círculo verde) para la determinación de calidad y homogeneidad de los registros climatológicos, de las estaciones proporcionadas por la CONAGUA.	49
1.5	Climas de Aguascalientes.	50
1.6	Comportamiento promedio de la precipitación y temperaturas en el Estado de Aguascalientes.	51
1.7	Comportamiento de las precipitaciones en el Estado de Aguascalientes, según datos de las estaciones climatológicas de la CONAGUA. La línea amarilla representa el valor promedio del periodo 1970 al 2013.	51
1.8	Comportamiento del promedio de las precipitaciones por mes en el Estado de Aguascalientes de 1970- 1999 (Años base), y del 2001- 2013, datos de las estaciones climatológicas de la CONAGUA.	52
1.9	Histogramas de temperatura máxima de los municipios Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.	54
1.10	Histogramas de temperatura máxima de los municipios del Estado de Aguascalientes, en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.	55
1.11	Histogramas de temperatura mínima de los municipios del Estado de Aguascalientes, en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.	56
1.12	Histogramas de temperatura mínima de los municipios del Estado de Aguascalientes, en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.	57
1.13	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Aguascalientes, Asientos y Calvillo.	58

1.14	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Cosío, El Llano, y Jesús María.	59
1.15	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo.	60
1.16	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de San José de Gracia y Tepezalá.	61
1.17	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Aguascalientes, Asientos y Calvillo.	62
1.18	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Cosío, El Llano y Jesús María.	63
1.19	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo	64
1.20	Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de San José de Gracia y Tepezalá.	65
1.21	Comportamiento de la temperatura máxima promedio anual en el Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, la línea verde es la tendencia lineal, datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA	66
1.22	Temperaturas máximas del mes de mayo del periodo 1970- 2013, en el Estado de Aguascalientes	66
1.23	Comportamiento de la temperatura mínima promedio anual en el Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, (la línea verde es la tendencia lineal), según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.	67
1.24	Temperatura mínima del mes de enero del periodo 1970- 2013, en el Estado de Aguascalientes	68

1.25	Duración total anual de las Olas de Calor en cada municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013 con línea de tendencia lineal, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.	69
1.26	Duración total anual de las Olas de Calor en cada municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013 con línea de tendencia lineal, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.	70
1.27	Determinación de número de ola de calor por municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA	72
1.28	Determinación de número de ola de calor por municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA	73
1.29	Determinación de número de días con ola de calor para los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo y Cosío, de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA	74
1.30	Determinación de número de días con ola de calor para los municipios de El Llano, Jesús maría, Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA	75
1.31	Determinación de número de días con ola de calor para los municipios de San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA	75
1.32	Evolución del índice ONI desde 1950 hasta junio 2015 (Tomado de <a href="http://ggweather.com/enso/oni.htm">http://ggweather.com/enso/oni.htm</a> ).	76
1.33	Número de días con temperaturas igual o superior a 30 °C (percentil 90) en Aguascalientes, México.	77
1.34	Climograma del periodo 2000-2010 del estado de Aguascalientes. El mes 1 es enero, y el 12 diciembre.	77
2.1	Etiología de las enfermedades Diarreicas Agudas (Tomado de CEVECE, Panorama Epidemiológico de las EDA's en menores de cinco años en el Estado de México)	94

---

2.2a	Casos reportados de EDAs en los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo y Cosío en las semanas epidemiológicas, del periodo de tiempo 2000-2010	116
2.2b	Casos reportados de EDAs en los municipios de El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos en las semanas epidemiológicas, del periodo de tiempo 2000-2010	117
2.2c	Casos reportados de EDAs en los municipios de San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá, en las semanas epidemiológicas, del periodo de tiempo 2000-2010.	118
2.3	Comparativo por municipios, excepto el de Aguascalientes, de casos de EDAs acumulados semanales en el periodo 2000-2010.	119
2.4	Casos de EDAs acumulados semanales en el periodo 2000-2010 en el municipio de Aguascalientes.	119
2.5a	Series de tiempo semanal de los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano, Jesús maría, de los cuatro grupos de edad en el periodo de tiempo del 2000 al 2010.	120
2.5b	Series de tiempo semanal de los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá de los cuatro grupos de edad en el periodo de tiempo del 2000 al 2010.	121
2.6	Series de tiempo de las tasas de morbilidad de EDAs para el grupo de los menores de cinco años de edad desde la semana 1 del año 2000 hasta la semana 52 del año 2010	122
2.7a	Series de tiempo de las tasas de EDAs para el grupo de los adultos mayores de 60 años de edad desde la semana 1 del año 2000 hasta la semana 52 del año 2010 para los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano y Jesús María.	122
2.7b	Series de tiempo de las tasas de EDAs para el grupo de los adultos mayores de 60 años de edad desde la semana 1 del año 2000 hasta la semana 52 del año 2010 para los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo San José de gracia y Tepezalá	123

2.8a	Series de tiempo de los promedios semanal de las tasas de EDAs en los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo y Cosío de cuatro grupos de edades, del periodo 2000 al 2010.	123
2.8b	Series de tiempo de los promedios semanal de las tasas de EDAs en los municipios de El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá de cuatro grupos de edades, del periodo 2000 al 2010	124
2.9	Comparación de los casos observados de EDAs para el grupo de edad entre 5 y 14 años de edad y los casos estimados por el modelo, considerando a la Temperatura máxima y la mínima, así como la precipitación acumulada. Los círculos rojos representan las predicciones del modelo. Los puntos negros representan los casos observados de morbilidad de EDAs	130
2.10	Cercanía de las viviendas en cada municipio a posibles fuentes de infección o a vectores causantes de EDAs, según encuesta realizada entre noviembre 2013 y marzo 2014.	138
2.11	Áreas donde los infantes suelen jugar o realizar actividades de entretenimiento.	139
2.12	Tipo de agua que bebe la población en cada municipio del estado de Aguascalientes.	139
2.13	Sintomatología que presenta un menor de edad para que se determine que padece diarrea, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes	140
2.14	Sintomatología que presenta un menor de edad, para que se determine que está deshidratado, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes	142
2.15	Sintomatología que presenta un menor de edad, antes de recibir atención médica, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes	143
2.16	Tratamiento que se emplea cuando un menor padece diarrea, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes	144
2.17	Incidencia (por cada 100,100 habitantes) de Infecciones intestinales. por otros organismos y las mal definidas (A04, A08-A09) FUENTE: SS-	146

SUIVE-1-2000, Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica/Dirección General de Epidemiología/SSA

3.1	Diagrama esquemático de los principales procesos que relacionan la lluvia y la escorrentía. Fuente: Ongley, 1997	153
3.2	Cuenca Río Verde Grande. Fuente: www.inegi.gob Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000	157
3.3	Distribución de las Subcuencas relacionadas con el Río San Pedro. Fuente www.inegi.gob Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000	158
3.4	Cruce del Río San Pedro por el estado de Aguascalientes; Incluye zonas urbanas y de asentamientos humanos, así como los ríos que confluyen, mencionándolos de arriba abajo, del lado izquierdo: Pabellón, Blanco, Chicalote y a la derecha: Morcinique. Fuente www.inegi.gob Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000	160
3.5	Río San Pedro en el Valle de Aguascalientes. Fuente: Instituto Municipal de Planeación de Aguascalientes “IMPLAN”	161
3.6	Un paseo por el río San Pedro. Fuente Archivo Histórico de Aguascalientes	161
3.7	Flujo de infiltración del agua en suelo	171
3.8	Colocación del mini-infiltrómetro	172
3.9	Imagen y partes del mini-infiltrómetro Turf Tech	173
3.10	Penetrómetro de cono estático manual	174
3.11	Localización de los pozos analizados en el presente estudio (puntos de color negro), los triángulos rojos son los pozos y presas con información de la CCAPAMA de parámetros de calidad del agua.	175
3.12	Localización de los pozos analizados en el presente estudio en el municipio de Aguascalientes con información de la CCAPAMA de parámetros de calidad del agua	176
3.13	Pozos del municipio de Aguascalientes con coliformes totales y fecales encontradas en los pozos de agua potable	177
3.14	Mapa del Estado de Aguascalientes con puntos de muestreo ubicados y seleccionados aledaños al cauce del río San Pedro. Fuente MDE del INEGI año 1998.	178
3.15	Corte y colocación de marcadores en la pared del cauce del río suelo	180

3.16	Imagen del doble anillo modificado	180
3.17	Corte del perfil de infiltración	181
3.18	Perfiles de infiltración con mini-infiltrómetro Turf Tech® a cuatro profundidades.	182
3.19	Penetrómetro de cono estático manual	182
3.20	Velocidades de infiltración calculada en cm/min y ajuste de polinomios de segundo grado obtenidos a partir de las tasas de infiltración calculadas con datos de campo por el método de doble anillo modificado.	187
3.21	Velocidades de infiltración calculada en cm/min y ajuste de polinomios de segundo grado obtenidos a partir de las tasas de infiltración calculadas con datos de campo por el método de mini-infiltrómetro	188
4.1	Esquema del sistema climático global. Créditos: IPCC, tomado de la red.	193
4.2	Marco metodológico del Índice Prototipo de Vulnerabilidad-Resiliencia. Fuente: Traducido de Brenkert and Malone, 2005 e Ibararán <i>et al.</i> , 2008.	197
4.3	Pozos en el municipio de Aguascalientes con coliformes totales mayores a 2 en 100 mL de muestra.	208
4.4	Pozos en el municipio de Aguascalientes con coliformes fecales en 100 mL de muestra.	208
4.5	Pozos en los diez municipios restantes de Aguascalientes con coliformes totales mayores a 2 en 100 mL de muestra.	209
4.6	Pozos en los municipios restantes de Aguascalientes con coliformes fecales en 100 mL de muestra.	209
4.7	Índice de vulnerabilidad para el año 2010 con datos de factores socioculturales obtenidos en las encuestas.	220

**NOMENCLATURA**

%	Porcentaje o por ciento
$\Sigma$	Sumatoria
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
h	Horas
m <sup>2</sup> /g	Metros cuadrados por gramo
mg	Miligramos
mg/L	Miligramos por litro
min	Minutos
ml	Mililitros
n	n-ésimo
NOM	Norma Oficial Mexicana
O	Oxígeno
pH	Potencial de hidrógeno
pp	Precipitación pluvial
ppm	Partes por millón
R <sup>2</sup>	Parámetro de ajuste
T	Temperatura
t	Tiempo
V	Volumen
vs	Contra
WHO	Organización Mundial de la Salud

## ACRÓNIMOS

**CDS.-** Comisión de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas).

**CCAPAMA.-** Comisión Ciudadana de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Aguascalientes.

**CENAPRED.-** Centro Nacional de Prevención de Desastres.

**CONAGUA.-** Comisión Nacional del Agua.

**COTAS.-** Comité Técnico de Aguas Subterráneas.

**DBO<sub>5</sub>.-** Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días.

**DQO.-** Demanda química de Oxígeno.

**ENOA.-** Fenómeno El Niño/Oscilación Austral.

**GEI.-** Gases de Efecto Invernadero.

**GIRH.-** Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

**GIZ.-** Cooperación Alemana al Desarrollo (Por sus siglas en alemán).

**IMAE.-** Instituto de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes

**IMTA.-** Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

**INAGUA.-** Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes.

**INE.-** Instituto Nacional de Ecología.

**INEGI.-** Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

**INIFAP.-** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

**IPCC.-** Panel Intergubernamental Expertos sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés).

**MCG.-** Modelo de Circulación General.

**MSNM.-** Metros Sobre el Nivel del Mar

**NAME.-** Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias.

**NAMIN.-** Nivel de Aguas Mínimas

**NAMO.-** Nivel de Aguas Máximas Ordinarias de Operación.

**OMM.-** Organización Meteorológica Mundial.

**PNUMA.** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

**Ppm.-** Partes por Millón

**PTAR.-** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**SAAM.-** Sustancias Activas al Azul de Metileno

**RNM.-** Red Nacional de Monitoreo.

**SEMARNAP.-** Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

**SEMARNAT.-** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**SST.-** Sólidos Suspendidos Totales.

**UNESCO.-** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (por sus siglas en inglés).

**UNFCCC.-** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés).

**WWAP.-** Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (por sus siglas en inglés).

## RESUMEN

La presente tesis doctoral titulado “Evaluación de riesgos en la salud pública del estado de Aguascalientes ante la variabilidad climática a partir de indicadores de calidad de agua y suelo” trata de identificar, analizar, comprender y explicar la posible relación entre la variabilidad climática que se ha presentado en los once municipios del estado de Aguascalientes y la incidencia de las enfermedades diarreicas en la población.

Se analiza de manera científica la variabilidad climática que se ha presentado en el estado de Aguascalientes con datos del periodo 1970-2010 de las estaciones localizadas en los municipios del Estado de Aguascalientes; también se estima la presencia y duración de las olas de calor como un evento extremo y una posible correlación entre los eventos extremos y el índice ONI (fenómeno El Niño, y La Niña) y la variabilidad de la temperatura máxima y mínima durante el periodo de estudio. También se analiza qué grupo etario es el que presenta un incremento en la incidencia de enfermedades diarreicas agudas y la posible relación con las variables climáticas; así como con factores socioculturales. Así mismo, se obtuvieron índices de vulnerabilidad para determinar la población de cuál de los once municipios de Aguascalientes es la más vulnerable a la variabilidad climática ante los indicadores de calidad del agua y del suelo y tiempo.

En el estado de Aguascalientes se presentaron tendencias lineales crecientes para la temperatura máxima y mínima extremas; las precipitaciones mostraron también eventos cada vez más extremos. Se encontraron correlaciones lineales positivas entre los casos de las enfermedades diarreicas agudas con la temperatura máxima, la mínima y la precipitación acumulada semanal. Se pudo realizar un modelo estadístico de regresión que correlacionó de manera débil; El modelo de regresión mostró un buen ajuste para la asociación que existe entre la tasa de morbilidad de EDAs, para niños de 5 a 9 años, y las variables climáticas presentadas en el periodo de estudio. En este modelo no se incluyeron factores socio culturales.

Los municipios de Asientos y El Llano presentaron los índices de vulnerabilidad más altos y esto se puede explicar debido a sus elevados indicadores de sensibilidad y menores de capacidad de adaptación; además de que en estos municipios se han presentado un incremento en las olas de calor, así mismo un incremento en las temperaturas superiores al percentil 95.

## ABSTRACT

This doctoral thesis entitled "Public health risk assessment in the state of Aguascalientes in the face of climate variability based on water and soil quality indicators" seeks to identify, analyze, understand and explain the possible relationship between the climate variability that has occurred in the eleven municipalities of the state of Aguascalientes and the incidence of diarrheal diseases in the population.

A scientific analysis is made of the climatic variability that has occurred in the state of Aguascalientes with data from the period 1970-2010 from the stations located in the municipalities of the State of Aguascalientes; the presence and duration of heat waves as an extreme event and a possible correlation between extreme events and the ONI index (El Niño and La Niña phenomenon) and the variability of the maximum and minimum temperature during the study period are also estimated. It is also analyzed which age group presents an increase in the incidence of acute diarrheal diseases and the possible relationship with climatic variables, as well as with sociocultural factors. Likewise, vulnerability indexes were obtained to determine the population of which of the eleven municipalities of Aguascalientes is the most vulnerable to climate variability in terms of water and soil quality and weather indicators.

In the state of Aguascalientes, there were increasing linear trends for maximum and minimum temperature extremes; precipitation also showed increasingly extreme events. Positive linear correlations were found between cases of acute diarrheal diseases with maximum temperature, minimum temperature and weekly accumulated precipitation. A statistical regression model that correlated weakly could be performed; the regression model showed a good fit for the association that exists between the morbidity rate of ADEs, for children aged 5 to 9 years, and the climatic variables presented in the study period. Socio-cultural factors were not included in this model.

The municipalities of Asientos and El Llano presented the highest vulnerability indexes and this can be explained due to their high sensitivity indicators and lower adaptive capacity; in addition to the fact that these municipalities have presented an increase in heat waves, as well as an increase in temperatures above the 95th percentile

## CAPÍTULO 1. VARIABILIDAD CLIMÁTICA

### 1.1 ANTECEDENTES

#### 1.1.1. El estado del tiempo y clima

El tiempo es el estado momentáneo en el que se encuentra la atmósfera, y la suma total de sus propiedades físicas en un periodo cronológico corto, este puede ser instantáneo, ya que existe una interacción de las variables de superficie como la temperatura, la cantidad y tipo de precipitación y, la fuerza y la dirección del viento (García, 1989). El estado del tiempo puede ser descrito por la medición de las variables de superficie, la presión del aire, y los tipos de nubes. Conforme van cambiando las estaciones del año, los estados del tiempo también varían, y sus variaciones son diarias al distribirse la energía solar en la tropósfera del planeta. En general, el tiempo atmosférico que explica las condiciones de la atmósfera en un lugar determinado para un periodo de tiempo relativamente corto, que pueden ser minutos, días o semanas (Paz *et ál.*, 2008; Amador & Alfaro, 2009)

El clima es considerado como el tiempo promedio, o, un estado de la atmósfera a largo plazo que comprende el efecto conjunto de los fenómenos meteorológicos, tanto los extremos, valores medios y todas sus variaciones, esto es, son los valores estadísticos de una época, quinquenios, décadas, siglos u otra temporalidad, calculados a nivel global o regional que describen el estado de la atmósfera y del océano (García, 1989; Barry & Chorley, 1999; McGuffie y Henderson-Sellers, 2011). El clima no sólo se describe por los promedios estadísticos, sino también por funciones estadísticas de mayor nivel como es la varianza, que nos ayuda en la caracterización climática, definido como variabilidad. Y nos puede llevar a la definición del cambio climático como la diferencia entre dos estados climáticos; así como a las anomalías climáticas, que es la diferencia entre estados climáticos y el estado promedio de una zona de estudio (McGuffie y Henderson-Sellers, 2011).

#### 1.1.2. Circulación general del sistema climático

El clima de la superficie de la Tierra está conformado por la interacción de cinco componentes principales del sistema climático, que incluyen a la atmósfera, los océanos

(corrientes marinas), la biosfera terrestre (distribución de tierras) y marinas (distribución de aguas), la criosfera (hielo de las diferentes zonas del planeta), y la configuración de la superficie terrestre (relieves), como se muestra en la figura 1.1 (García, 1989).

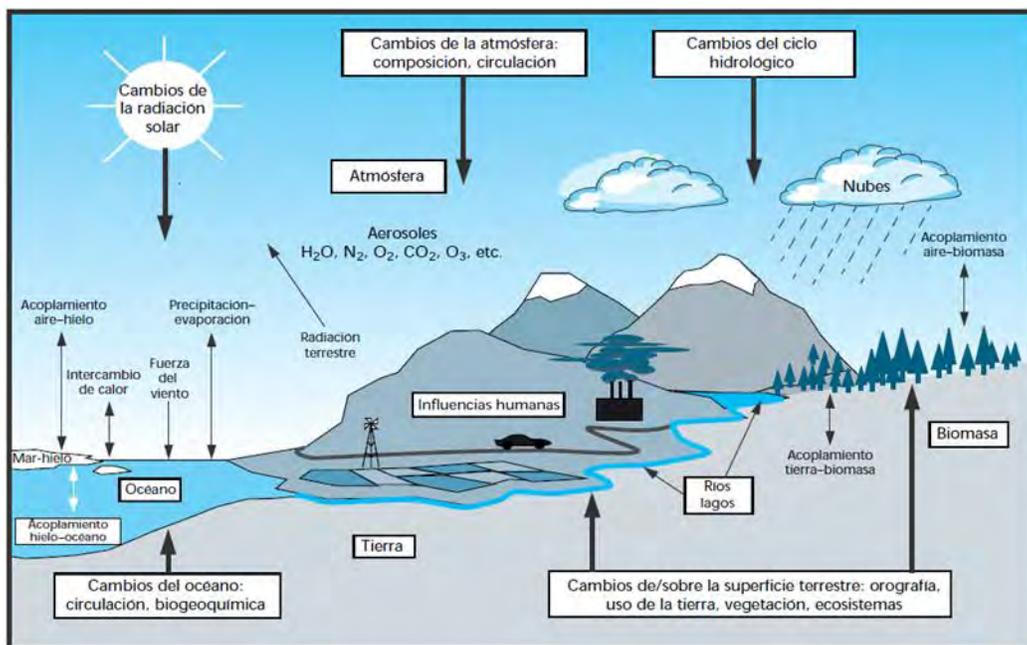


Figura 1.1. Visión esquemática de los componentes del sistema climático mundial que revisten importancia para los cambios climáticos a escala temporal de siglo (negrita), sus procesos e interacciones (flecha fina) y algunos elementos que pueden cambiar (flecha negra).

[\(https://perspectivaclimaticaterritorial.wordpress.com/noticias-sobre-adaptacion/\)](https://perspectivaclimaticaterritorial.wordpress.com/noticias-sobre-adaptacion/).

Por lo anterior, el sistema climático es un sistema dinámico gobernado por la recepción, transformación y redistribución de energía, mediante la interacción de la atmósfera, el océano y la configuración de las masas de tierra (Izaguirre, 2011).

La mayor fuente de energía que propulsa el sistema climático es la radiación solar entrante, y ésta no incide homogéneamente en toda la superficie de la Tierra, siendo mayor en el ecuador y los trópicos, y menor en las regiones polares. En consecuencia, la transferencia de calor de esta zona central, más caliente, va hacia la zona más fría, en la región de los polos, por medio del movimiento del aire tibio y las masas de agua (los océanos). La atmósfera domina este transporte en latitudes medias mientras que la mayor parte del transporte en latitudes bajas corre a cargo del océano, al liberarse ese calor latente, el vapor de agua condensa y forma la lluvia. Esta distribución no uniforme del calor y densidad en la atmósfera y el océano genera un patrón de circulación a gran escala (Hardy, 2003; Izaguirre, 2011).

Este balance de energía llevado a cabo por la atmósfera y el océano tiene como objetivo mantener condiciones climáticas cuasi-estacionarias, caracterizadas por procesos atmosféricos como el viento, la temperatura del aire o la precipitación, y oceánicos como el oleaje, las corrientes o la temperatura superficial del agua. Sin embargo, el estado del sistema climático no es constante, sino que varía como resultado de forzamientos externos y variaciones internas (Hemer *et al.*, 2010)

Los principales patrones de circulación atmosférica y de los océanos están directamente relacionados al balance de calor de la Tierra, de tal manera que cualquier perturbación en estos patrones ocasiona cambios en el clima global (Hardy, 2003, McGuffie y Henderson-Dellers, 2005).

### 1.1.3. Variabilidad climática

El clima presenta fluctuaciones durante periodos o escalas relativamente cortas. Estas fluctuaciones son referidas como variabilidad climática, la cual se analiza con el registro de datos de una variable meteorológica por encima o por debajo de las normales climatológicas (Montealegre, 2004; Vásquez, 2009). Esta variabilidad, que proporciona la estabilidad al sistema es, por tanto, una característica natural.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda que, para dar una descripción estadística del clima en términos de media y variabilidad, debe considerarse al menos 30 años de análisis de datos diarios. A partir de este promedio, que se llama “Normal climatológica”, se calcula la variación del parámetro con respecto de su promedio, llamada anomalía. Ésta es la desviación de alguna variable con respecto a su promedio histórico o multianual, el cual se considera como su condición normal. En general, las condiciones van a ser normales si es que las anomalías van a estar dentro del intervalo de una desviación estándar, indicando qué tanta variabilidad existe en el parámetro analizado (Montealegre, 2004; Silva, 2007; Vásquez, 2009; Paz *et al.*, 2008).

La variabilidad climática es entendida como intrínseca al clima, y comprende variaciones en el estado medio del clima en todas las escalas temporales y espaciales, comprendiendo eventos meteorológicos extremos que ocurren con cierta periodicidad como las sequías prolongadas, devastadores eventos lluviosos, años extraordinariamente cálidos, inundaciones y condiciones que resultan de eventos periódicos “El Niño” y “La Niña”, entre otros (Torres y Gómez, 2008; Muller, 2007).

En la escala temporal, las fluctuaciones más significativas son: de orden diario, intraestacional, estacional o anual, interanual e interdecadal. Cada uno de ellos presenta

fenómenos asociados (Amador y Alfaro, 2009; Montealegre, 2004; Vásquez, 2009; Silva, 2007). Dentro de las fluctuaciones temporales del clima se tiene:

- ❖ La variabilidad **diurna** es una variabilidad temporal de muy corta duración. Se define como el “cambio de una variable meteorológica entre el día y la noche, producido por las diferencias de calentamiento y enfriamiento [amplitud térmica] que experimenta la Tierra” (Ahrens, 2003). Este tipo de variabilidad origina las brisas tierra-mar y de valle-montaña, así como las heladas.
- ❖ **Intraestacional:** oscilaciones que determinan las condiciones de tiempo durante semanas, es decir, se presentan oscilaciones dentro de las estaciones que determinan condiciones de tiempo durante decenas de días o de uno a dos meses (por ejemplo, dentro de la estación de lluvia), pero es mayor que las de eventos meteorológicos específicos (tormentas, heladas, entre otros) (Montealegre, 2004; Vásquez, 2009; Silva, 2007). Dado que su amplitud es pequeña en comparación con las del ciclo anual, la mayoría de las veces estas oscilaciones pasan desapercibidas por el común de la gente. Se destaca una señal de tipo ondulatorio de 30-60 días u Oscilación de Madden-Julian (OMJ) (Vásquez, 2009).
- ❖ **Estacional:** corresponde a la fluctuación del clima a nivel mensual. En latitudes medias está asociada con la secuencia de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño; mientras que en las latitudes tropicales está relacionada a la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas, producto principalmente de la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (sistema productor de lluvias), es considerada como una de las más importantes fluctuaciones climáticas de la escala estacional. (Montealegre, 2004; Vásquez, 2009). La posición, intensidad y densidad de la convección profunda en esta región puede resultar en periodos de fuertes lluvias o severas sequías para México (Magaña *et al.*, 2003).
- ❖ **Interanual:** es una escala con variaciones de año a año de las variables climáticas. La variabilidad climática, enmarcada dentro de esta escala, podría estar relacionada con alteraciones en el balance global de radiación (Vásquez, 2009). Así, por ejemplo, en algunos años tenemos que las lluvias son más intensas que otros, lo mismo puede suceder con las temporadas secas. También pueden encontrarse años más cálidos o fríos que otros, a esta escala

de variabilidad se encuentra por ejemplo El Niño/La Niña” Oscilación del Sur (Silva, 2007).

- ❖ **Interdecadal:** En esta escala se manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas. Comparativamente con la variabilidad interanual, la amplitud de estas oscilaciones es menor. Sin embargo, estas fluctuaciones de largo plazo influyen notablemente en las actividades humanas y resultan muy importantes en la determinación de posibles tendencias en las variables climáticas.

#### 1.1.4 Índice El Niño/ Oscilación del Sur (ENSO)

Los fenómenos naturales que producen eventos extremos son frentes fríos muy organizados, células estacionarias secas; huracanes, perturbaciones tropicales y células con una humedad desproporcionada, las cuales pueden provocar precipitación excesiva o sequías prolongadas. En México, al igual que en muchas partes del mundo (Conde y Saldaña, 2007; IPCC, 2007; Trenberth & Thomas, 2003; Adger *et al.*, 2007; Méndez *et al.*, 2010), se considera que tales fenómenos están relacionados con la Oscilación del Sur-El Niño (ENSO, por sus siglas en inglés). Éste fenómeno es el evento natural de mayor impacto socioeconómico en Latinoamérica (IPCC, 2008).

El efecto del ENSO sobre territorio mexicano ha sido evaluado por algunos investigadores como Cavazos y Hastenrath (1990), Magaña y Quintanar (1997), Mosiño y Morales (1998), Magaña *et al.*, (1997b, 1998, 2003), Vázquez Aguirre (2007), Pavón y Sánchez (2011), encontrando que durante inviernos en periodos de El Niño aumenta el número de frentes fríos y se observa lluvia por arriba de lo normal en casi todo el País, excepto en el sur de Veracruz, Guerrero y Oaxaca. Otro aspecto importante del clima invernal es la presencia de nortes (temperaturas mínimas extremas en el noroeste y centro del País), que se incrementan durante episodios de El Niño más que en los de La Niña; el aumento en los nortes acarrea un descenso de la temperatura en la región al aumentar así la incursión de masas de aire polar en la zona (Ruíz y Tejeda, 2008). Por el contrario, en inviernos bajo periodos de La Niña, la precipitación disminuye/aumenta en las mismas zonas del país que tenían más/menos lluvia bajo condiciones de El Niño (Magaña y Gay, 2002). En periodos de El Niño, durante el verano, las condiciones conllevan a altas temperaturas con severas sequías en la mayor parte del territorio mexicano, exceptuando las penínsulas, y el sur de Veracruz; Tabasco y el norte de Chiapas en donde existe un aumento de lluvias; mientras que, en los veranos, bajo condiciones de La Niña, la lluvia

regresa a su esquema normal o inclusive se presentan lluvias por encima de lo normal en la mayor parte del país (Ruíz y Tejeda, 2008).

La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, [NOAA, por sus siglas en inglés, 2011] de los Estados Unidos, señala que el ENSO es el resultado de anomalías positivas o negativas de la temperatura de la superficie oceánica y la atmósfera; es el más importante fenómeno que vincula los sistemas acoplados océano-atmósfera, que origina fluctuaciones de la temperatura superficial y de la presión del aire en el océano Pacífico, en cuyo transcurso se alternan episodios cálidos y fríos, más conocidos como El Niño y La Niña, respectivamente (PNUD, 2000) y es el causante de la variabilidad climática global durante series de tiempo interanuales.

El Niño inicia en el Océano Pacífico Tropical cerca de Australia e Indonesia, durante el invierno el centro de alta presión que se desplaza a lo largo de la costa de América del Sur se debilita, reduciendo la diferencia de presiones entre la zona de alta y baja presión en regiones de la celda de circulación de Walker, causando que los vientos alisios del sureste se debiliten. A su vez, las aguas superficiales se calientan, lo cual provoca una mayor estratificación y debido al hundimiento de la termoclina se dificulta el ascenso de aguas superficiales ricas en nutrientes, provocando que la productividad primaria disminuya (Glantz *et al.*, 2001; Oliver, 2005; Mann *et al.*, 2005).

El área geográfica de origen de este fenómeno es el pacífico ecuatorial, comprendiendo una superficie que abarca entre las longitudes de 80°W a 160°W, y entre las latitudes de 5°N y 5°S. La región se divide en cuatro subregiones de El Niño: El Niño 1+2 (0° - 10°S, 90° - 80°W), El Niño 3 (5°N - 5°S; 150° - 90°W), El Niño 3.4 (5°N - 5°S; 170° - 120°W) y El Niño 4 (5°N - 5°S; 160°E - 150°W). La Región 3.4 es el área de interés que manifiesta las condiciones de anomalías que impactan a México y Norteamérica (Figura 1.2)

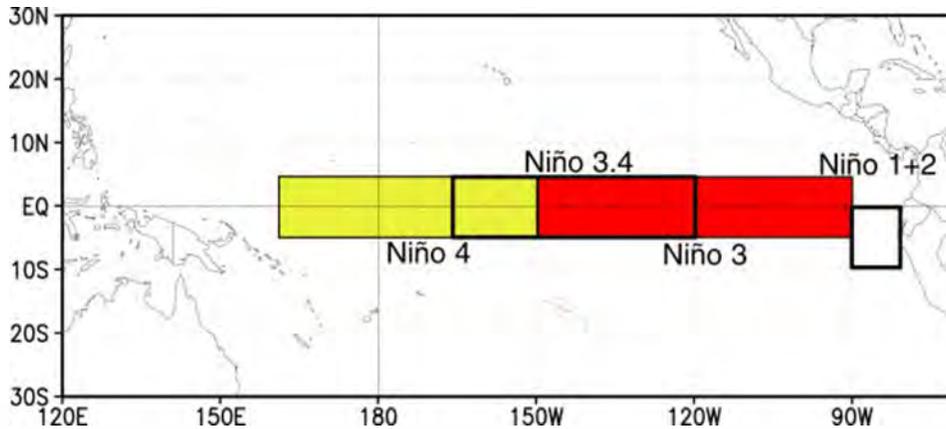


Figura 1.2 Localización de las regiones El Niño en el Océano Pacífico (tomado de [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/nino\\_regions.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.shtml)).

Para identificar y definir el fenómeno de El Niño se han diseñados numerosos índices, unos con base en las características atmosféricas o del mar, o bien, por combinaciones de ambas (Guevara Díaz, 2008). El índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés) es la media móvil de 3 meses de la anomalía de la superficie del mar en la región Niño 3.4, la NOAA identifica los episodios cálidos (anomalías positivas, El Niño) o fríos (anomalías negativas, La Niña), cuando el valor del ONI supera el umbral de  $+0.5^{\circ}\text{C}$  para El Niño, o es inferior a  $-0.5^{\circ}\text{C}$  para La Niña, durante por lo menos cinco períodos consecutivos (NOAA 2014).

A nivel local, el estudio de la variabilidad climática permite analizar los impactos de la variación del clima o del cambio climático, pues se sitúa en una escala temporal y espacial adecuada a nuestro periodo de vida “que influye en el quehacer humano, produciendo importantes impactos en la sociedad y la economía de los países” (Montealegre, 2004). La variabilidad climática no presenta un problema en sí misma, pero sumada al Cambio Climático, en algunos casos, y sobre todo en poblaciones pobres, aumenta la vulnerabilidad de éstas (Torres y Gómez, 2008).

Magaña (2004) indicó que *“las anomalías del clima experimentadas en el último siglo, o por vivirse en las próximas décadas, podrían incluir alteraciones en las formas en como actualmente experimentamos la variación interanual e interdecadal del clima. Eventos de El Niño más frecuentes o intensos, huracanes de mayor magnitud, ondas cálidas o frías más pronunciadas son algunas de las formas como la atmósfera podría manifestar las alteraciones climáticas resultado de la actividad humana.”*

Desde 1950 hasta la fecha, se han presentado tres fenómenos El Niño con intensidad de “muy fuerte” (valor de ONI mayor a 2) en 1972-1973, 1982-1983 y 1987-1988. Se

observaron tres fenómenos con intensidad “Fuerte” (valor de ONI 1.5-2.0) en 1957-1958, 1965-1966y 1987-1988; y de intensidad “moderada” (valor ONI 1-1.5) ocho fenómenos de El Niño en los años de 1951-1952, 1963-1964, 1968-1969, 1986-1987, 1991-1992, 1994-1995, 2002-2003 y 2009-2010.

A partir 1950, el fenómeno La Niña se ha presentado cinco eventos de intensidad “fuerte” (valor ONI -1.5 a -2) los años de 1973-1974, 1975-1976, 1988-1989, 1999-2000 y 2010-2011; con intensidad “moderada” sólo cuatro eventos los años de 1955-1956, 1970-1971, 1998-1999 y 2007-2008 (Figura 1.3.) (NOAA, 2015b).

Durante el decenio de 2001-2010 no se experimentó ningún fenómeno de El Niño importante, que normalmente se relaciona con el calentamiento del clima mundial (como ocurrió en el entonces año cálido récord de 1998). Hasta mediados de 2006 prevalecieron principalmente los episodios de La Niña y las condiciones neutras, seguidos de un breve episodio de El Niño. Las condiciones de enfriamiento de La Niña se repitieron desde finales de 2007 hasta enero 2009 y desde junio de 2009 se produjo un breve episodio de El Niño al que siguió un episodio de La Niña de intensidad moderada que comenzó a mediados de 2010 hasta el 2012. En el año 2013 se presentó un episodio de El Niño débil y a partir del 2015 nuevamente se está presentando un fenómeno de El Niño (Figura 1.3) (NOAA, 2015b).

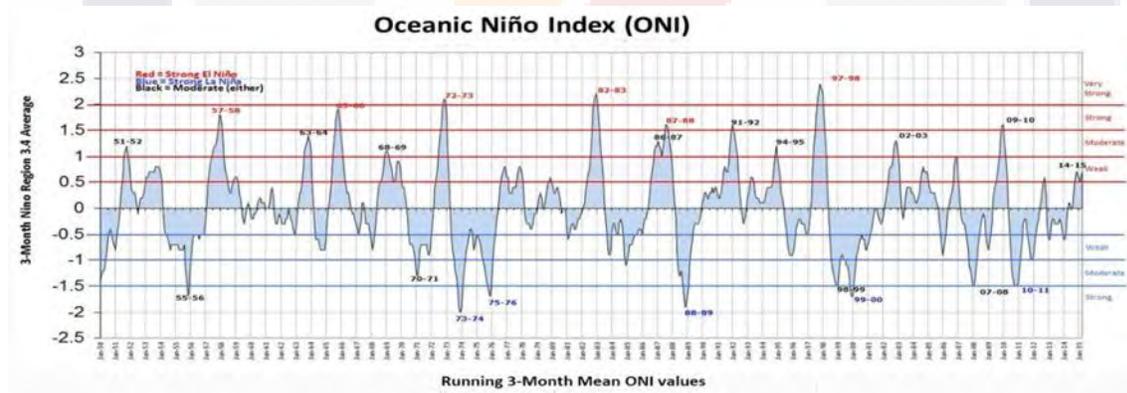


Figura 1.3 Evolución del índice ONI desde 1950 hasta junio 2015. (Tomado de [http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml))

### 1.1.5 Amenazas climáticas y eventos extremos

Una amenaza es un fenómeno que puede ser causado tanto por la naturaleza (ciclones tropicales, sequías, olas de calor, tsunamis, sismos, erupciones volcánicas, entre otros) o provocados por el hombre, por ejemplo, la explosión de plantas nucleares, o la

disipación de sustancias tóxicas de las industrias químicas; su magnitud determina la afectación a diferentes escalas de un espacio geográfico y puede presentarse en cualquier momento, siendo una fuente principal en causar daños a la vida de una sociedad y sus bienes materiales (García, 2006).

Las amenazas de tipo climáticas serán aquellas donde se involucre uno o más eventos de tipo hidrometeorológicos (ciclones tropicales, lluvias torrenciales, sequías, vendavales, olas de calor, ondas frías, heladas y granizadas), afectando potencialmente la vida de la sociedad, al provocar daños a su entorno físico y espacial en cualquier momento. Grupos sociales distintos tendrán diversos grados de vulnerabilidad según su entorno físico y capacidad socioeconómica (Lim, 2006).

#### 1.1.5.1 Principales áreas afectadas por el clima

La influencia del clima es muy amplia y todos los componentes del medio natural dependen de condiciones climáticas determinadas. Cuatro son las principales áreas afectadas por el clima más directamente (Fernández García, 1995):

- 1) **La vegetación natural y los cultivos** son quizás los que de manera más acusada reflejan las condiciones del ambiente climático en el que se desarrollan. La producción vegetal y la distribución espacial de las especies está, en gran medida condicionada por la distribución de precipitaciones y temperaturas y su ritmo vital depende de los regímenes térmicos y pluviométricos.
- 2) **El hombre, como el resto de los seres vivos**, sufre las influencias del tiempo y del clima, aunque su capacidad de adaptación y transformación del medio le diferencia de los demás.
- 3) **La contaminación** y su interacción con el clima desempeña un papel importante en la difusión de los contaminantes y éstos, a su vez parecen ser los principales causantes de los cambios climáticos a gran escala que se prevé puedan ocurrir. La preocupación por la salud y la calidad del aire en las zonas urbanas e industriales ha sido la principal razón del auge actual del estudio del clima es este campo.
- 4) **El relieve** está condicionado por otros muchos factores diferentes de clima, pero éste influye de manera esencial en algunos de los procesos relacionados con ellos. Es el clima el que controla la evolución del relieve y los procesos morfogenéticos que lo determinan.

### 1.1.6 El clima en el Estado de Aguascalientes

Los asentamientos sedentarios en Aguascalientes se dieron en lugares con abundancia de *agua*. El origen de la población se remonta a la aparición de las huertas cuyas casas grandes permitieron el desarrollo de los barrios más antiguos de la ciudad: Triana, San Marcos, Guadalupe y la Estación (Madrid Alanís, 1995).

El nombre de Aguascalientes se debe a la abundancia de aguas termales existentes en la zona. El 22 de octubre de 1575 fue fundada la Villa de Nuestra Señora de la Asunción de las Aguas Calientes, como resultado de la necesidad de proteger y dar asilo a aquellos que recorrían la llamada Ruta de La Plata, la cual comprendía el camino entre Zacatecas y la ciudad de México (Madrid Alanís, 1995).

En mayo de 1707 cayó un fuerte aguacero que causó una gran inundación en la villa de Aguascalientes. A mediados del Siglo XVIII volvió a presentarse una temporada de lluvias muy abundantes originando grandes inundaciones que perjudicaron los caminos impidiendo el comercio entre Zacatecas y esta Villa. Varias presas fueron destruidas y el río San Pedro no dio vado en 43 días, en dos de los cuales el agua subió 5.3 m de los pilares del puente de San Ignacio (Madrid Alanís, 1995).

Contrastando con la escasez de agua que normalmente aparecía en la primavera, a medianoche del 15 de abril de 1865 se abatió sobre la ciudad un aguacero tan abundante de granizo que inundó todas las partes bajas. Ese mismo año, ya en temporada de lluvias sorprendió a la población una tormenta que duró más de siete horas afectando aún más a los puentes afectados por la inundación anterior (Madrid Alanís, 1995).

En el verano de 1958, hubo varias tormentas que inundaron diversas zonas de la ciudad, el agua subió cuatro metros en algunas partes; hubo casas que se derrumbaron, mientras que otras quedaron seriamente dañadas (Madrid Alanís, 1995).

Según Contreras Servín (2005) en el Estado de Aguascalientes también se han presentado desoladoras sequías en el periodo 1808-1811; en 1868, en 1877, en los periodos de 1884 a 1885 y de 1892 a 1896, en 1947, en 1957, en 1969, en 2009, y en el periodo 2011-2013. A finales de los años setenta, también se presentó una década especialmente errática en precipitaciones. Y de repente llegaron los años de abundancia de agua, y aunque escasos, suelen ser tan dañinos –y memorables– como los de las frecuentes y desoladoras sequías (Madrid Alanís, 1995).

**1.1.7 Área de estudio**

El Estado de Aguascalientes se localiza en el centro de la República Mexicana, entre las coordenadas geográficas 21° 37' a 22° 28' de latitud norte y 101° 50' a 103° 00' de longitud oeste. Colinda al norte, este y oeste con el Estado de Zacatecas, y por el sur con el Estado de Jalisco. Tiene una superficie de 5,680.33 Km<sup>2</sup> (0.29 % del territorio nacional) (Gobierno del Estado de Aguascalientes, 2016), ocupando el lugar 29 de la clasificación estatal por extensión territorial. El estado se divide en 11 municipios los cuales son: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, El Llano y San Francisco de los Romo (INEGI, 2010).

La población del estado según el censo de población de 2010 es de 1 184 996 habitantes, en donde 608 358 son mujeres y 576 638 son hombres, la población se distribuye en los 11 municipios de la siguiente manera (Cuadro 1.1.):

*Cuadro 1.1 Población y área geográfica de los municipios del estado de Aguascalientes.*

<b>Municipio</b>	<b>Superficie Km<sup>2</sup></b>	<b>Población total (Año 2015)</b>
Aguascalientes	1204.243	797,010
Asientos	645.230	45,492
Calvillo	908.228	54,136
Cosío	189.240	15,042
El Llano	456.727	18,828
Jesús María	563.000	99,590
Pabellón de Arteaga	177.529	41,863
Rincón de Romos	353.533	49,156
San Francisco de los Romo	133.567	35,769
San José de Gracia	815.623	8,443
Tepezalá	456.727	18,828

#### 1.1.7.1. Unidades de relieve

Los principales rasgos de relieve lo forman planicies, lomeríos, mesetas y sierras.

Dentro de las planicies se encuentran los siguientes valles:

- a) Valle de Aguascalientes: Es el más importante, se inicia desde las cercanías de la ciudad de Zacatecas y se prolonga hacia el estado de Jalisco; de forma alargada y con orientación norte-sur, ocupa una franja de 15 Km de ancho en la parte central del Estado, con altitud promedio de 1,900 m. Colinda al oriente con la sierra de Tepezalá, el valle de Chicalote y el valle de El Llano; al occidente, está flanqueado por las sierras y mesetas de la Sierra Fría. A lo largo de este valle fluye el Río San Pedro.
- b) Valle de Chicalote: Se localiza en el oriente del Estado, es de forma alargada con dirección noreste-sureste y su altitud varía de 2,000 m al norte a 1,900 en el suroeste. Queda limitado al oeste por la sierra de Tepezalá y en el norte, oriente y sur por lomeríos. A lo largo de este valle escurre el Río Chicalote, afluente del San Pedro.
- c) Valle El Llano: se encuentra en el sureste del Estado y se prolonga al este y sur hacia el Estado de Jalisco. Es una planicie de forma irregular con pendiente hacia el suroeste. Con altitud promedio de 2,000 m; colinda al norte con cerros y lomeríos mientras al oeste se une a los valles de Chicalote y Aguascalientes. Es drenado por pequeños arroyos intermitentes.
- d) Valle de Calvillo: Ubicado al suroeste del estado, tiene forma alargada, con orientación noreste-suroeste. Constituye un valle intermontaño de la Sierra Fría que se prolonga en el suroeste hacia el Estado de Zacatecas, la altura promedio es de 1,700 m; lo drena el Río Calvillo.
- e) Valle El Venadero: valle intermontañoso, se localiza al poniente de la ciudad de Aguascalientes, y de forma irregular, con una altura promedio de 2,000 m es el valle de menor extensión. Lo drenan corrientes intermitentes.

Dentro de las principales unidades orográficas destaca la Sierra Fría, localizada en el oeste, con altitud máxima de 3,050 m; comprende aproximadamente el 40% de la superficie total del Estado. También es notable la Sierra de Tepezalá localizada en el noreste del Estado con altitud máxima de 2,660m.

### 1.1.7.2. Tipos de suelo

Los valles de Aguascalientes y Chicalote están constituidos básicamente por suelos secos, característicos de zonas áridas y semiáridas. Su profundidad promedio es de 50 cm y son de textura intermedia (arena, limo y arcilla). Estos suelos son poco compactos, sin cementante y de buena porosidad y permeabilidad (INEGI, 1997).

Los valles de El Llano y El Venadero están compuestos por suelos de zona semiárida. Éste suelo es poco compacto y su porosidad y permeabilidad disminuyen en profundidad debido a una fase impermeable, tepetate o fragmentos de roca que se presentan a menos de 50 cm, los cuales tienen una fuerte cementación, por lo que impiden el desarrollo normal de las raíces de las plantas y el drenaje del terreno ([www.aguascalientes.gob.mx](http://www.aguascalientes.gob.mx)).

El valle de Calvillo está compuesto por suelos con poco espesor, característico de zonas de lomeríos. Este material es escasamente compacto, sin cementante y de permeabilidad baja. En la subregión sur predomina los suelos pedregosos ([www.aguascalientes.gob.mx](http://www.aguascalientes.gob.mx)). En sierras y mesetas las condiciones de permeabilidad son despreciables.

### 1.1.7.3. Características climáticas

El clima predominante en la mayor parte de la entidad es semi-árido, debido a cuatro factores principales: dos de naturaleza general: La situación del país con relación a la zona intertropical de altas presiones y la orientación dominante de las grandes cadenas montañosas, que constituyen un obstáculo de las masas de aire húmedas procedentes de los mares. Los otros dos factores, de tipo local, son la localización del Estado en la Mesa Central, donde por continentalización se extreman, progresivamente, los caracteres climáticos y aumenta la oscilación térmica, tanto diurna como anual, que en Aguascalientes oscila entre 8 y 10 °C. Por último, cabe señalar la importancia del relieve de este territorio, cuya elevada altitud media atenúa un tanto la aridez que cabría esperar, mientras su morfología, de extensos valles y algunas sierras aisladas, condicionan la distribución y variación espacial tanto de las temperaturas como de las precipitaciones.

#### 1.1.7.3.1. Temperatura, precipitación y evaporación

Su temperatura media anual es de 17.4 °C, la máxima se da entre los 28 °C y 30°C, en el mes de junio; y la mínima se presenta en enero, y oscila entre los 3 °C y 4 °C. Tiene una precipitación pluvial media de 526 milímetros anuales; se caracteriza por que la

evaporación excede a la precipitación; el mes de máxima incidencia de lluvias es julio, en un rango que va de 140 a 156 milímetros; el mes de marzo es el que registra la mínima, con un valor menor de cinco milímetros (INAFED, 2010; INEGI, 2012).

#### **1.1.7.4. Consecuencias hidrológicas del régimen climático**

Puesto que la evaporación excede a la precipitación a lo largo del año, ésta no es suficiente en Aguascalientes para mantener húmedo el suelo ni para alimentar corrientes permanentes en las cuales, cuando existen, es muy notable la diferencia del volumen entre el caudal que llevan en la época de lluvias y el de la larga temporada seca; variación que se ha acentuado debido a la intervención del hombre a través de obras de retención, redistribución e irrigación que abundan en el Estado y han dado como resultado, modificaciones relevantes en los niveles de infiltración y escorrentía, así como en las pautas de comportamiento de la red hidrográfica y el drenaje al transformarse muchos ríos, originalmente permanentes, en corrientes intermitentes (INEGI 1993).

#### **1.1.7.5. Características hidrográficas**

Las características climáticas, geológicas y las modificaciones antropológicas, no permiten el desarrollo de los recursos hidráulicos; se encuentra sin corrientes fluviales de gran caudal, más bien tiene cauces, o lechos de río que drenan las aguas pluviales y residuales sanitarias (INAFED, 2010).

Las corrientes de agua de mayor importancia las constituyen el río Aguascalientes o San Pedro, al que se unen por la margen derecha los ríos Chicalote y San Francisco, y los arroyos de las Pilas, Caldera, Cedazo, y Pirules. Por la margen izquierda recibe las aguas de los ríos Morcinique, Santiago, Pabellón y el Arroyo del Saucillo.

En cuanto a la infraestructura hidráulica más importante que se localiza en el Estado, existen las presas presidente Plutarco Elías Calles, Presidente Abelardo L. Rodríguez, El Niágara, la Media Luna, Malpaso, y La Colorada. Aguascalientes cuenta con manantiales entre los que destacan el de Ojocaliente en Aguascalientes y el de Valladolid en Jesús María (INAFED, 2010).

**1.1.7.6. Características de uso de suelo y vegetación**

Los principales tipos de vegetación son los pastizales y bosques, cada uno ocupa un tercio de la vegetación natural del territorio. En segundo lugar, se localizan los matorrales, ubicados en las zonas planas y lomeríos al oriente del Estado. La mitad oeste se caracteriza por su topografía de sierras y mesetas, también cuenta con una pequeña porción de selvas en el valle de Calvillo, ubicado en el extremo suroeste. En las zonas altas existen bosques de coníferas y encinos. Las zonas agrícolas abarcan 42% de la superficie (INAFED, 2010).



## 1.2 JUSTIFICACIÓN

En diversos estudios realizados por el Panel Intergubernamental ante el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se prevé que el cambio climático provocará el aumento en la intensidad de los fenómenos climáticos extremos, tales como súper huracanes, lluvias torrenciales, sequías y olas de calor más frecuentes e intensas.

Con el cambio climático global se agrava el problema de los desastres asociados a eventos hidrometeorológicos y climáticos (HMyC) ya que el aumento de temperatura y de la variabilidad climática genera nuevos patrones de distribución de enfermedades infecciosas, impacta a las economías locales y nacionales, e incide de manera importante en el bienestar social (IPCC, 2012).

El cambio climático podría incrementar la variabilidad climática afectando los patrones de circulación natural, las teleconexiones climáticas asociadas a El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y la frecuencia e intensidad de eventos HMyC extremos (IPCC 2007, Seneviratne *et. al.*, 2012).

Los impactos socioeconómicos de los desastres por eventos meteorológicos ocurridos en el país han sido superiores a un millón de dólares, 50 veces cada año; que han ocurrido pérdidas de al menos \$ 15 millones de dólares al menos 10 veces por año; y que ha habido pérdidas de \$300 millones de dólares al menos una vez por año y de mil millones de dólares al menos una vez cada seis años. Además, los eventos hidrometeorológicos con un periodo de retorno de un año afectan cerca de 300,000 personas y generan en promedio 16,000 evacuados, 88,380 víctimas, 2000 heridos, 53 muertes y pérdidas económicas de aproximadamente \$400 millones de dólares (Cavazos, 2015; Cardona *et. al.*, 2011).

Por mencionar un ejemplo, en el año 2013 nueve de cada 10 desastres que ocurrieron en el país fue a consecuencia de fenómenos hidrometeorológicos los cuales impactaron en 20 entidades, provocando que 401 municipios del país fueran decretados zona de desastre; 2013 mantuvo la tendencia de los últimos 15 años, en la cual 90 % del impacto socioeconómico correspondió a este tipo de fenómenos. La cantidad de daños y pérdidas ascendió a 4,476 millones de dólares, cifra que supera por más del doble el promedio anual que se registró en los primeros 13 años del siglo XXI, con 2,135 millones de dólares. En términos macroeconómicos, significaron 0.37 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país, aunque los efectos más significativos se observaron en el ámbito social, ya que cerca de

50 % de los municipios declarados en desastre presentan grados de marginación entre alto y muy alto (CENAPRED, 2014).

La frecuencia, importancia e impacto de los desastres asociados a eventos HMyC extremos han aumentado de manera significativa durante las últimas décadas en México y en el mundo, pero México ha otorgado poca atención a la prevención, en particular en el caso de los desastres asociados a estos eventos (Cavazos, 2015). Entre los aspectos a los que México ha dado poca atención destacan los siguientes: 1) la escasez de estudios que documenten y analicen las causas físicas y sociales de los desastres a partir de un enfoque multidimensional necesarios para el diseño de estrategias de prevención y reducción del riesgo de los desastres; 2) la falta de indicadores y métricas que representen los riesgos de las amenazas naturales y la vulnerabilidad y 3) hacen falta planes y programas continuos de prevención con una visión de adaptación al riesgo de desastres en el corto, mediano y largo plazos (Cavazos, 2015).

La sociedad humana y el medio ambiente natural se han tornado cada vez más vulnerables a las amenazas naturales, aunque algunas de estas consecuencias negativas podrían reducirse si se fortalecen las capacidades de adaptación.

Por lo tanto, es de suma importancia entender la variabilidad climática presente de los fenómenos naturales (que regularmente se asocian con daños en la agricultura y la salud, entre otros) para poder adaptarnos y tomar medidas anticipadas con el fin de reducir el riesgo presente y futuro. Por consiguiente, es pertinente realizar diagnósticos que determinen los probables factores climáticos que inciden en la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de la población en el Estado de Aguascalientes.

## 1.3 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar los eventos extremos y determinar las tendencias en temperaturas máximas y mínimas y de precipitación pluvial en el Estado de Aguascalientes ante la variabilidad climática.

### OBJETIVOS PARTICULARES

1. Identificar las tendencias de las precipitaciones y de las temperaturas máxima y mínima, para el periodo 1970-2010 de las estaciones localizadas en los municipios del Estado de Aguascalientes.
2. Obtener las probabilidades de precipitación y estimar la precipitación pluvial a 5, 10 y 25 años con datos del periodo 1970-2010 de las estaciones localizadas en los municipios del Estado de Aguascalientes.
3. Estimar las olas de calor como un evento extremo en los once municipios del estado de Aguascalientes, con datos del periodo 1970-2010 de las estaciones hidrometeorológicas.
4. Identificar si existe correlación entre los eventos extremos y el índice ONI (fenómeno El Niño, y La Niña)

## 1.4 METODOLOGÍA

### 1.4.1 Estimación de la variabilidad climática

El estudio de las estimaciones relacionadas con la variabilidad climática y el cambio climático se realiza considerando los registros de las estaciones meteorológicas que contienen información diaria de temperaturas máxima y mínima, y precipitación pluvial. Éstas obtenidas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), y de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (<http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datatools/selectlocation>). La selección de las estaciones climatológicas se hizo considerando las que contenían información disponible en un periodo de 1970 a 1999. El año base para este trabajo fue el 2000.

Las estaciones seleccionadas se etiquetaron como “principales” que correspondieron a las que cuentan con los registros más antiguos y completos.

La información o base de datos de las estaciones meteorológicas se sometió a un proceso de control de calidad que se describe a continuación. De esta manera se seleccionaron las estaciones que cubrían estos requisitos.

El estudio de variabilidad climática se realizó en 36 estaciones climatológicas con datos desde 2000 a 2013 con el propósito de conformar valores acumulados mensuales de cada una de las estaciones.

La representatividad de cada estación principal en términos de área de influencia se calculó por el método de polígonos de Thiessen y se corroboró con el mapa de isoyetas (Aparicio, 1997). Al resto de las estaciones interiores y en sitios adyacentes, se les denominó estaciones auxiliares y se emplearon para completar datos faltantes o para sustituir los errores. Se completaron los datos faltantes de precipitación y de temperaturas (máxima y mínima) en aquellas estaciones que tuvieran por lo menos 70% (20 días) de registros válidos por mes.

#### **1.4.1.1. Control de calidad de los datos**

Antes de proceder a generar la base de datos, se aplicó a cada una de las estaciones disponibles dentro del periodo de análisis un control de calidad que incluyó dos etapas:

##### ***I. Errores de registro***

- Verificación y en su caso, corrección de posición geográfica de las estaciones climatológicas.
- Eliminación de registros repetidos.
- Detección de errores de captura.

##### ***II. Consistencia de valores extremos en precipitación***

- Esta etapa tuvo la finalidad de preservar los eventos extremos, tanto los grandes eventos de lluvias diarias, como los eventos en que las precipitaciones acumuladas mensuales o estacionales fueron inusuales, e incluso las situaciones en que los eventos extremos de precipitación se produjeron muy cerca de forma temporal. Todos ellos podrían ser la causa de las inundaciones más grandes ocurridas en las últimas décadas.
- Se considera que cuando un evento extremo ocurre en un sitio, su señal se verá reflejada en al menos una de las estaciones de los alrededores. A partir de la serie de tiempo de una estación, llamada "estación de referencia", se determinó el valor umbral de la precipitación mensual que correspondió al percentil 90 y que definió un evento extremo. En la estación de referencia se identificaron las fechas en que la precipitación mensual rebasó dicho umbral y se comparó con las estaciones vecinas localizadas en un radio de aproximadamente 20 Km. Si al menos una estación vecina rebasó su correspondiente valor umbral en la misma fecha, entonces se consideró que el valor extremo en la estación de referencia era válido. En caso contrario, el registro de lluvia en esa estación fue removido y se reemplazó por el valor correspondiente obtenido con el método de deducción de datos faltantes propuesto por U.S. National Weather Service (Viessman *et al.*, 2003), y la ecuación de referencia es:

$$p_x = \frac{\sum \frac{p_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}}$$

Donde:

$p_x$ : Precipitación deducida, en milímetros (mm)

$p_i$ : Precipitación en la estación i, en milímetros (mm)

$d_i$ : Distancia de la estación i a la estación en estudio, en kilómetros (Km).

Para que la base de datos a desarrollar tuviera la habilidad de detectar la señal de eventos extremos en precipitación, se definió el valor de precipitación mensual que corresponde al percentil 90, o a la lluvia extrema: que es definida como aquella que supera el valor promedio en un porcentaje determinado, y que tiene como características una muy baja probabilidad de ocurrencia (OMM 2011, Aparicio 1997). La Organización meteorológica mundial (OMM) (2011) define a la precipitación extrema como aquella que es mayor o igual de 50 mm en 24 horas. Para el caso de la ciudad de México, las lluvias superiores a 45 mm/h se consideran como extremas, en este trabajo para Aguascalientes se seguirá el mismo valor que para la Cd. de México.

Un análisis adecuado para detectar la presencia de fluctuaciones y ciclos, y evitar cálculos erróneos o redundantes, fue la aplicación de pruebas estadísticas de normalidad, homogeneidad, independencia y aleatoriedad a la base de datos mensuales de precipitación y de temperaturas máximas y mínimas (Campos, 2006).

#### **1.4.2 Análisis de series de datos o de series históricas**

Para las series de tiempo de las temperaturas máximas y mínimas se usó el software Minitab 16®, con el fin de determinar si había una tendencia o un patrón estacional, se crearon gráficas de series de tiempo al graficar los datos en orden cronológico.

Se usó un modelo aditivo dado que el patrón estacional en los datos no dependió del valor de los datos, o sea que el patrón estacional no cambió conforme la serie se incrementó o disminuyó de valor.

Se obtuvo el error porcentual absoluto medio (MAPE, por sus siglas en inglés) que expresa la exactitud como un porcentaje del error; la desviación absoluta de la media (MAD, por sus

siglas en inglés) que expresó exactitud en las mismas unidades que los datos, lo que ayudó a conceptualizar la cantidad del error y finalmente, la desviación cuadrática media (MSD, por sus siglas en inglés) que midió la exactitud de los valores ajustados de las series de tiempo. Los valores atípicos en éste parámetro tienen mayor efecto en MSD que en MAD. La tendencia en los meses de enero y mayo (mes más frío y mes más cálido en el Estado) se realizó empleando el software Minitab 16®;

#### **1.4.2.1 Eventos extremos**

##### **1.4.2.1.1. Temperatura**

Los eventos extremos analizados fueron las Olas de Calor, para ello se siguió el criterio propuesto por Jáuregui (2002), que establece que en México se utilice el valor umbral de la temperatura máxima entre 30 y 35°C (Percentil 90) y la temperatura promedio sea mayor o igual a 24°C, estas dos temperaturas deben ser superadas en al menos tres días consecutivos. De existir ambas situaciones, el evento fue registrado tantas veces como se generaron dichas condiciones.

La identificación del número de días que sobrepasan el percentil 90 de la temperatura máxima y de la precipitación (diaria y mensual), en el periodo de tiempo comprendido 1970-2013, así como su tendencia lineal, se realizaron con el software Excel de Microsoft Office 2007®.

##### **1.4.2.1.2 Precipitaciones**

Los eventos extremos de precipitación pluvial se determinaron en la base de datos de cada municipio, abarcando el periodo 1970-2010; buscando día a día si el valor era mayor o igual a 45 mm/h, de igual forma que para las temperaturas, son catalogados en función de su intensidad.

Para el cálculo de la probabilidad de la precipitación y su periodo de retorno, en el periodo estudiado (2000-2010) para cada municipio, se realizó a partir de la Ley de Distribución de Gumbel (Gumbel, 1941), método empleado por diferentes investigadores (Espejo et al., 2008). Con la finalidad de corroborar el ajuste de esta función se calcula el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y se realiza la prueba de bondad de Kolmogorov Smirnov usando el software Minitab ®16.

### 1.4.3 DISTRIBUCION GUMBEL O EXTREMA TIPO I

La ley de distribución de Gumbel posee una adecuada capacidad de ajuste para la precipitación en distintos períodos de tiempo y para la representación del comportamiento de crecientes y sequías (máximos y mínimos).

#### 1.4.3.1 Función de distribución de Probabilidad

$$P(X \geq x) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde

$P(X \geq x)$  es la probabilidad de excedencia del evento  
 $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la distribución

#### 1.4.3.2 Estimación de parámetros

$$\alpha = \frac{1.281}{s_x}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45s_x$$

En donde

$\bar{x}$  es la media

$s_x$  es la desviación estándar de la muestra

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s_x = \left( \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

#### 1.4.3.3 Función de Densidad

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} - e^{\frac{-x-\beta}{\alpha}} e^{\frac{-x-\beta}{\alpha}}$$

**1.4.3.4. Factor de frecuencia ( $K_T$ ):**

Este factor permite indicar el número de veces de desviación típica en que el valor extremo considerado excede a la media de la serie.

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[ \ln \left( \frac{T_T}{T_T - 1} \right) \right] \right\}$$

Donde  $T_T$  es el periodo de retorno. Para la distribución Gumbel se tiene que el caudal para un período de retorno de 2.33 años es igual a la media de los caudales máximos.

**1.4.3.5. Bondad del ajuste**

Se entiende por bondad de ajuste, la asimilación de datos observados de una variable, a una función matemática previamente establecida y reconocida. A través de ésta es posible interpolar y extrapolar información; en otras palabras, predecir el comportamiento de la variable en estudio (Pizarro *et al*, 1986).

Para la estimación de la bondad de ajuste, existen variadas pruebas, las cuales poseen distinto grado de efectividad.

En el presente documento se entrega el test de Kolmogorov-Smirnov y el coeficiente de determinación (Cid *et al*, 1990; Shao, 1990).

**1.4.3.5.1 Test de Kolmogorov-Smirnov:**

Para la aplicación del test señalado, es necesario determinar la frecuencia observada acumulada.

Para la frecuencia observada en el caso especial de Gumbel, se ordena la información de menor a mayor y se aplica:

$$F_n = \frac{n}{N + 1}$$

Donde:

$F_n(x)$ : frecuencia observada acumulada.

n: N° total de orden

N: N° total de datos.

En el caso de la frecuencia teórica acumulada, ésta se determina a través de la función de Gumbel.

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Una vez determinadas ambas frecuencias, se obtiene el supremo de las diferencias entre ambas, en la i-ésima posición de orden, que se denomina D.

$$D = \text{Sup}|F_n(x)_i - F(x)_i|$$

Donde:

- $(x)_i$  es el i-ésimo valor observado en la muestra (cuyos valores se han ordenado previamente de menor a mayor).
- $F_n(x)_i$  es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que  $x_i$ .
- $F(x)_i$  es la probabilidad de observar valores menores o iguales que  $x_i$  cuando  $H_0$  es cierta

Luego, asumiendo un valor de significancia, se recurre a la tabla de valores críticos de D en la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov, y considerando el tamaño de la muestra, se establece lo siguiente:

Si  $D < D(\text{tabla}, n, \alpha)$  (tabla 1.2) se acepta que el ajuste es adecuado, con el nivel de confiabilidad asumido.

Cuadro 1.2 Valores de D en Test de Kolmogorov-Smirnov

Grados de libertad	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,2$
1	0,995	0,975	0,95	0,925	0,9
2	0,929	0,842	0,776	0,726	0,684
3	0,828	0,708	0,642	0,597	0,265
4	0,733	0,624	0,564	0,525	0,494
5	0,669	0,565	0,51	0,474	0,446
6	0,618	0,521	0,47	0,436	0,41
7	0,577	0,486	0,438	0,405	0,381
8	0,543	0,457	0,411	0,381	0,358
9	0,514	0,432	0,388	0,36	0,339
10	0,49	0,401	0,368	0,342	0,322
11	0,468	0,391	0,352	0,326	0,306
12	0,45	0,375	0,338	0,313	0,295
13	0,433	0,361	0,325	0,302	0,284
14	0,418	0,349	0,314	0,292	0,274
15	0,404	0,338	0,304	0,283	0,266
16	0,392	0,328	0,295	0,274	0,258
17	0,382	0,318	0,286	0,266	0,25
18	0,371	0,309	0,278	0,259	0,244
19	0,363	0,301	0,272	0,252	0,237
20	0,356	0,295	0,264	0,265	0,231
25	0,32	0,27	0,24	0,22	0,21
30	0,29	0,24	0,22	0,2	0,19
35	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18
40	0,25	0,21	0,19	0,18	0,17
45	0,24	0,2	0,18	0,17	0,16
50	0,23	0,19	0,17	0,16	0,15
recurrencia para n mayor	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$

**1.4.3.6 Coeficiente de Determinación.**

Se encuentra definido por la siguiente expresión

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(F_n(x))_i - F(x)_i)^2}{\sum(F_n(x)_i - \overline{F_n(x)_i})^2}$$

donde:

$R^2$ : Coeficiente de determinación  $0 \leq R^2 \leq 1$

$\overline{F_n(x)_i}$  : Media de las frecuencias observadas acumuladas.

El coeficiente de determinación señala qué proporción de la variación total de las frecuencias observadas, se explica por las frecuencias teóricas acumuladas.

#### **1.4.4. Bases de Datos Fenómenos El Niño, La Niña**

Para definir la ocurrencia del fenómeno “El Niño” como la presentación consecutiva de cinco o más valores consecutivos a  $0.5^{\circ}\text{C}$  sobre la anomalía de la temperatura de la superficie del mar; se emplearon los datos del Índice Oceánico El Niño (ION) obtenidos del National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA-USA) para el periodo 2000-2010 (NOAA, 2014). Así como también para el fenómeno “La Niña” definida como la presencia consecutiva de cinco o más valores menores a  $-0.5^{\circ}\text{C}$ .

##### **1.4.4.1 Eventos extremos**

###### **1.4.4.1.1. Temperatura (Olas de calor)**

Los eventos extremos analizados fueron las Olas de Calor, para ello se modificó la metodología propuesta por Jáuregui (2002), que establece que en México se utilice el valor umbral de la temperatura máxima entre  $30$  y  $35^{\circ}\text{C}$ , pero se realizó calculando del tiempo de estudio, a cada estación su temperatura umbral al percentil del 95% de la temperatura máxima y la temperatura promedio de cada día.

El siguiente paso consistió en localizar los episodios que fueron considerados como olas de calor, para ello se siguieron los siguientes criterios: Primero: se seleccionaron los episodios cálidos, entendido como los periodos en que la temperatura del percentil 95 estuvo superada en al menos tres días consecutivos y la temperatura promedio fue mayor o igual a  $24^{\circ}\text{C}$ .

Segunda etapa: se determinaron los días cálidos, cuando al menos el 10 % de las estaciones registraron la misma tendencia ese día.

Tercera etapa: se identificaron las olas de calor, son todos aquellos episodios de tres o más días cálidos consecutivos, si la ola de calor es interrumpida por un día con menor temperatura que el umbral, seguida de dos días más con temperatura mayor a el umbral se considera como la misma ola de calor; el evento fue registrado tantas veces como se generaron dichas condiciones. Las olas de calor y de frío fueron calculadas mensual y anualmente.

Las olas de calor a escala anual fueron correlacionadas con el Índice Multivariado del ENSO (MEI, por sus siglas en inglés), usando correlación de Pearson al 90 % de confiabilidad.

#### 1.4.4.1.2. Anomalías

La metodología para el cálculo de la Anomalía de temperatura máxima o mínima mensual es el resultado del promedio de todos los valores de temperatura máxima de treinta años anteriores sin discriminarlos por meses, de cada municipio, a los que se les restó la temperatura media del mes objeto de cálculo.

Valores positivos del indicador indicaron temperaturas superiores a las normales en ese mes mientras que valores negativos denotaron temperaturas inferiores a las normales.

$$AT_i = T_i - \bar{T}_1$$

Donde:

$AT_i$  = Anomalías de la temperatura del mes  $i$

$T_i$  = Temperatura media mensual del mes  $i$ .

$\bar{T}_1$  = Temperatura media del mes  $i$  en el periodo 1970 – 1999

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Características Climáticas

El estudio de la variabilidad climática se realizó con información de 36 de las 45 estaciones meteorológicas elegidas. Las estaciones seleccionadas fueron las que contaron con más del 90% de información de temperaturas máxima y mínima y precipitación pluvial diaria; analizando su adecuada posición geográfica, la eliminación de registros repetidos y que no existieran errores en la captura. Como se ha descrito en la metodología.

De las bases de datos de las 45 estaciones climatológicas situadas en Aguascalientes, y las colindantes con Jalisco y Zacatecas fueron revisadas, solo se pudo trabajar con la información de 36, incluidas las colindantes, de las cuales 18 de ellas tuvieron información desde 1970 al 2010 y el resto con información del 2000 al 2013. La figura 1.4 muestra la localización de cada una de las estaciones climatológicas.

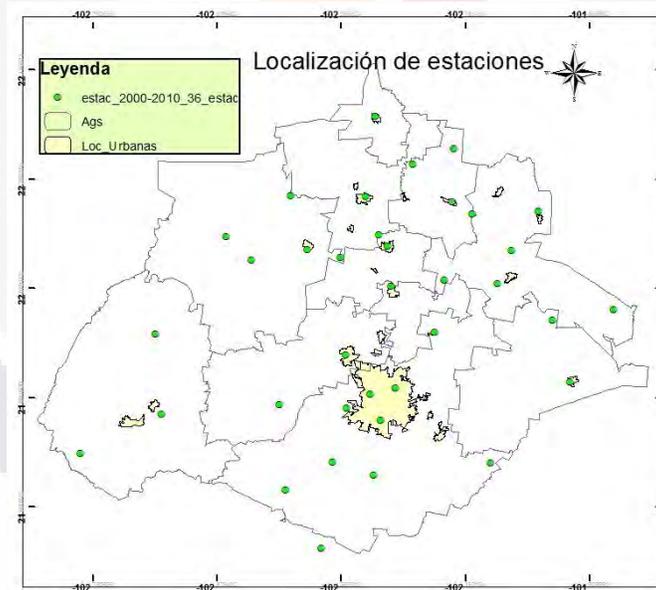


Figura 1.4. Estaciones seleccionadas (círculo verde) para la determinación de calidad y homogeneidad de los registros climatológicos, de las estaciones proporcionadas por la CONAGUA. Fuente: grupo de climatología UAA.

La figura 1.5 muestra el análisis de las bases de datos de las estaciones meteorológicas mostrando los diferentes climas presentados en las regiones del Estado de Aguascalientes,

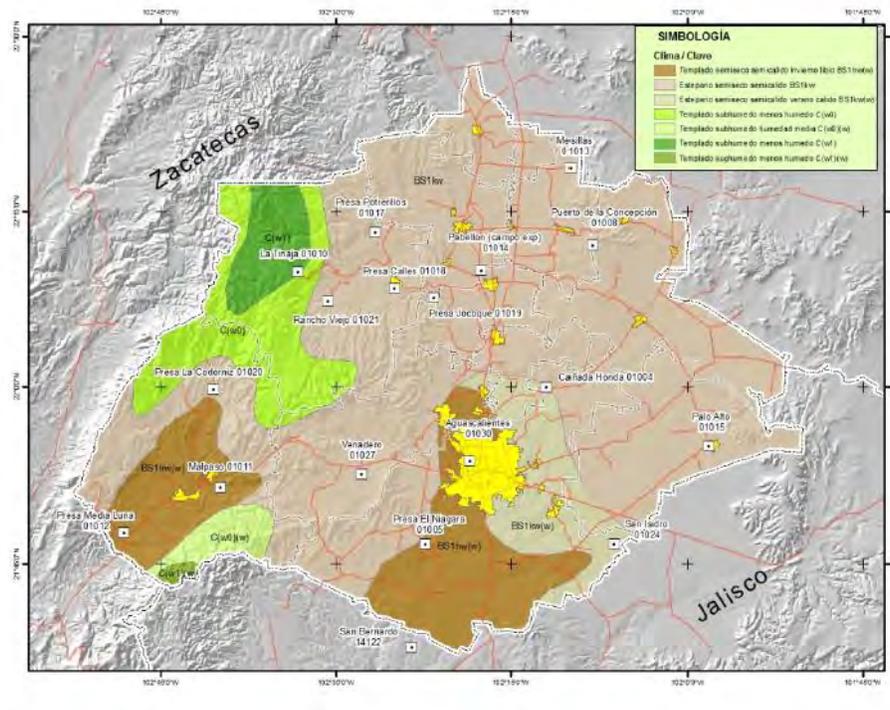


Figura 1.5. Climas de Aguascalientes. Fuente: grupo de climatología UAA.

La variabilidad climática observada durante el periodo que comprende de 1970-2013 en el Estado de Aguascalientes se observa en la figura 1.6. Se puede observar las variaciones mes a mes en los valores promedio de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial.

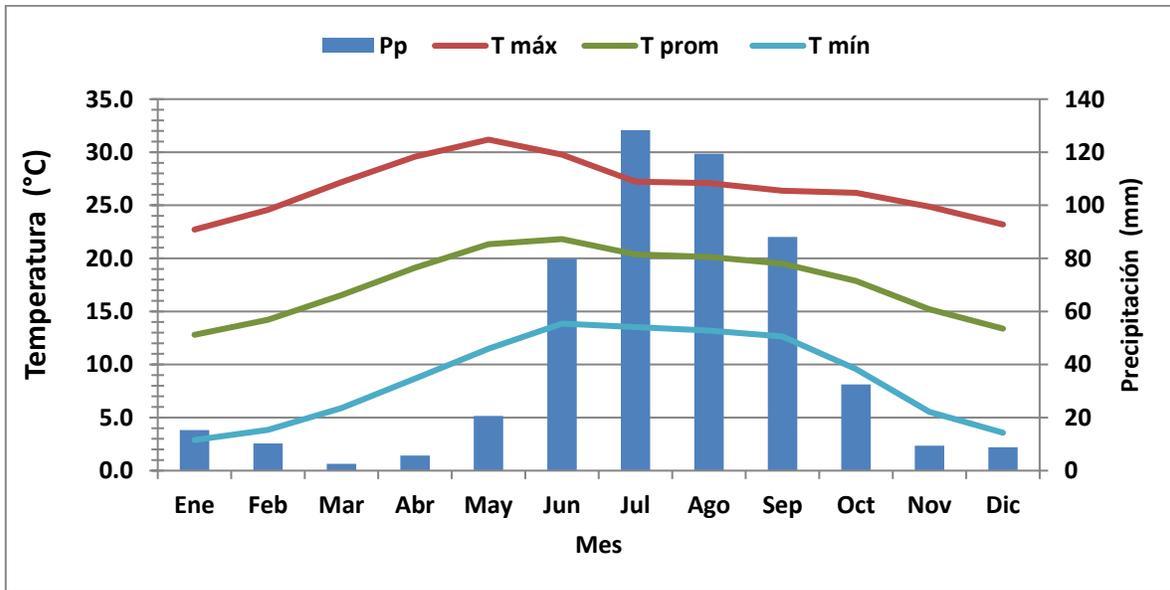


Figura 1.6 Comportamiento promedio de la precipitación y temperaturas en el Estado de Aguascalientes, elaborada con datos de CONAGUA (1970-2013).

### 1.5.1.1. Comportamiento de la precipitación en el periodo 1970-2013

El valor medio de la precipitación mensual acumulada del periodo base que correspondió de 1970-2013 fue de 530 mm. La línea amarilla en la figura 1.7 permite comparar los valores mayores o menores al promedio histórico y hasta el año 2013.

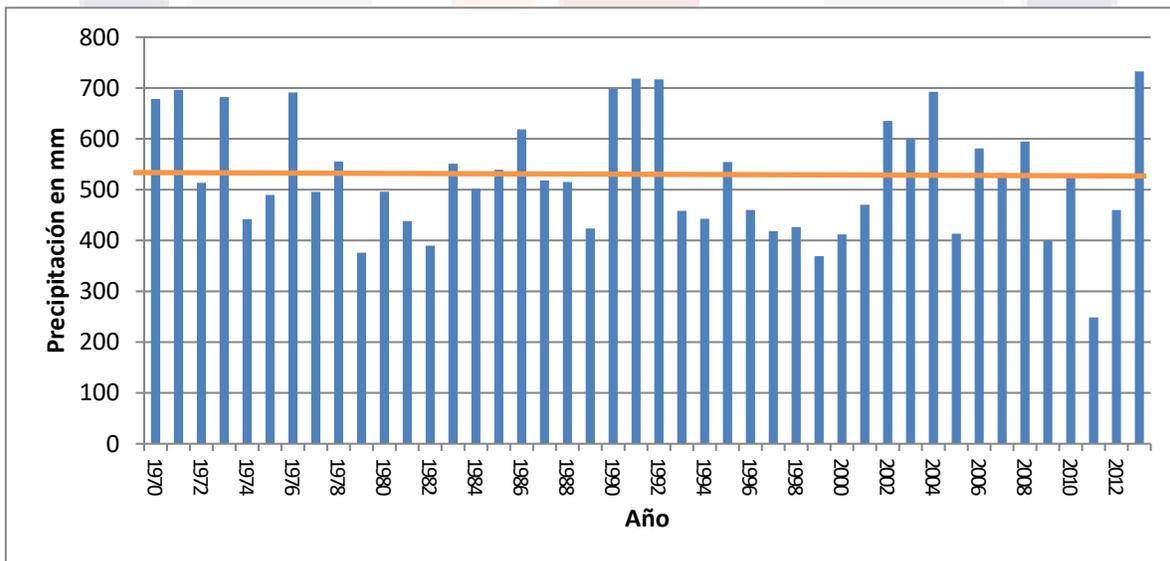


Figura 1.7. Comportamiento de las precipitaciones en el Estado de Aguascalientes, según datos de las estaciones climatológicas de la CONAGUA. La línea amarilla representa el valor promedio del periodo 1970 al 2013.

En la figura 1.8 se observa la distribución de las precipitaciones en los diferentes meses del año, mostrando diversos eventos atípicos que modificaron notablemente el comportamiento normal de precipitación. Dichos sucesos se caracterizaron por lluvias intensas en cortos periodos de tiempo.

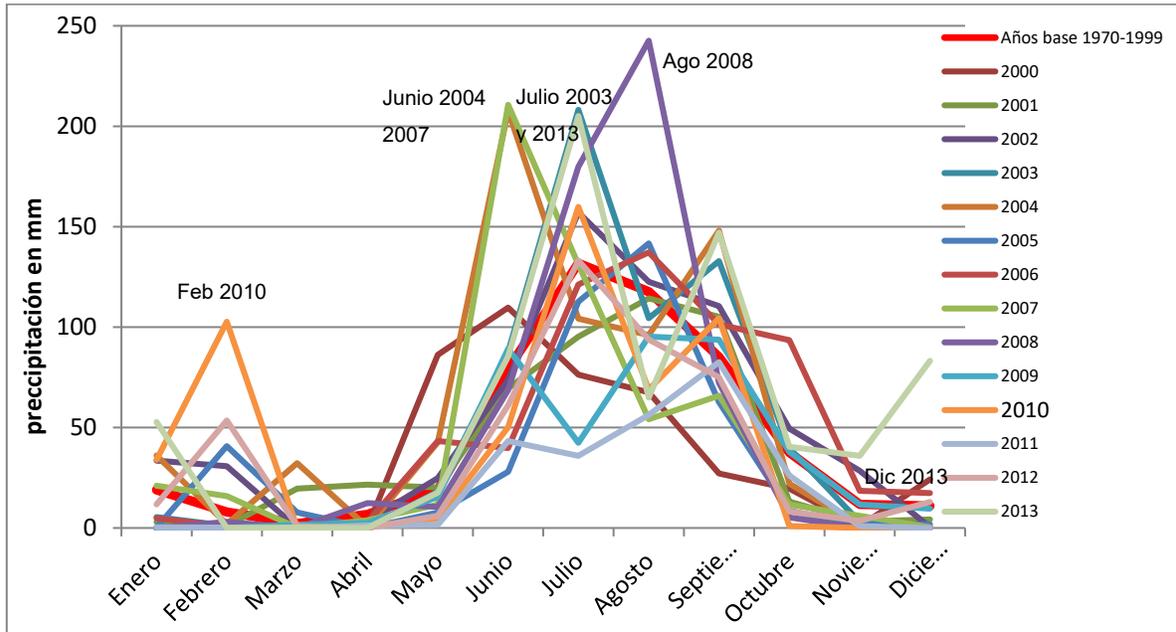


Figura 1.8. Comportamiento del promedio de las precipitaciones por mes en el Estado de Aguascalientes de 1970- 1999 (Años base), y del 2001- 2013, datos de las estaciones climatológicas de la CONAGUA.

El cuadro 1.3 muestra la probabilidad de ocurrencia y el periodo de retorno de precipitaciones acumuladas máximas por mes y el cuadro 1.4, la probabilidad de ocurrencia y el periodo de retorno de precipitaciones acumuladas máximas por mes para cada uno de los municipios del estado de Aguascalientes.

Cuadro 1.3. Promedios acumulados de precipitación del periodo 1970-2013

Municipio	Mensual	De junio a septiembre	Anual
Aguascalientes	43	103	514.09
Asientos	46	104	577
Calvillo	50	122	595
Cosío	33	73	380
El Llano	41	94	486
Jesús María	43	104	521
Pabellón de Arteaga	39	90	464
Rincón de Romos	40	92	476
San Francisco de los Romo	41	95	491
San José de Gracia	41	95	491
Tepezalá	39	89	478

Cuadro 1.4. Probabilidad de ocurrencia y el periodo de retorno de precipitaciones acumuladas máximas por mes

Municipio	Precipitación acumulada mensual máxima esperada (mm)			Coeficiente de determinación	Bondad de ajuste de K-S
	Tr en años / probabilidad de Gumbel				
	5 / 0.8	10 / 0.9	25 / 0.96	R <sup>2</sup>	P
Aguascalientes	184	194	206	0.9680	0.9980
Asientos	264	321	395	0.9190	0.5000
Calvillo	236	270	313	0.9880	0.9990
Cosío	205	249	306	0.9510	0.6100
El Llano	208	245	292	0.9490	0.7750
Jesús María	229	271	325	0.9740	0.9900
Pabellón de Arteaga	227	277	341	0.9460	0.5600
Rincón de Romos	224	273	334	0.9400	0.2680
San Francisco de los Romo	247	301	369	0.9460	0.5800
San José de Gracia	236	288	353	0.8730	0.2600
Tepezalá	230	280	343	0.9200	0.3680

1.5.1.2. Temperaturas Promedio Mensual 1970-2013

Los histogramas obtenidos que representan a la temperatura máxima para el periodo de 1970 al 2013, para cada uno de los municipios, se muestra en las figuras 1.9, 1.10. Los histogramas para las mínimas en las figuras 1.11 y 1.12 para cada uno de los municipios que conforman el Estado en dos diferentes periodos. Los histogramas representan el primer periodo de 1970 a 1999 con las barras en color café, y el segundo del 2000 al 2010, con barras en color verde.

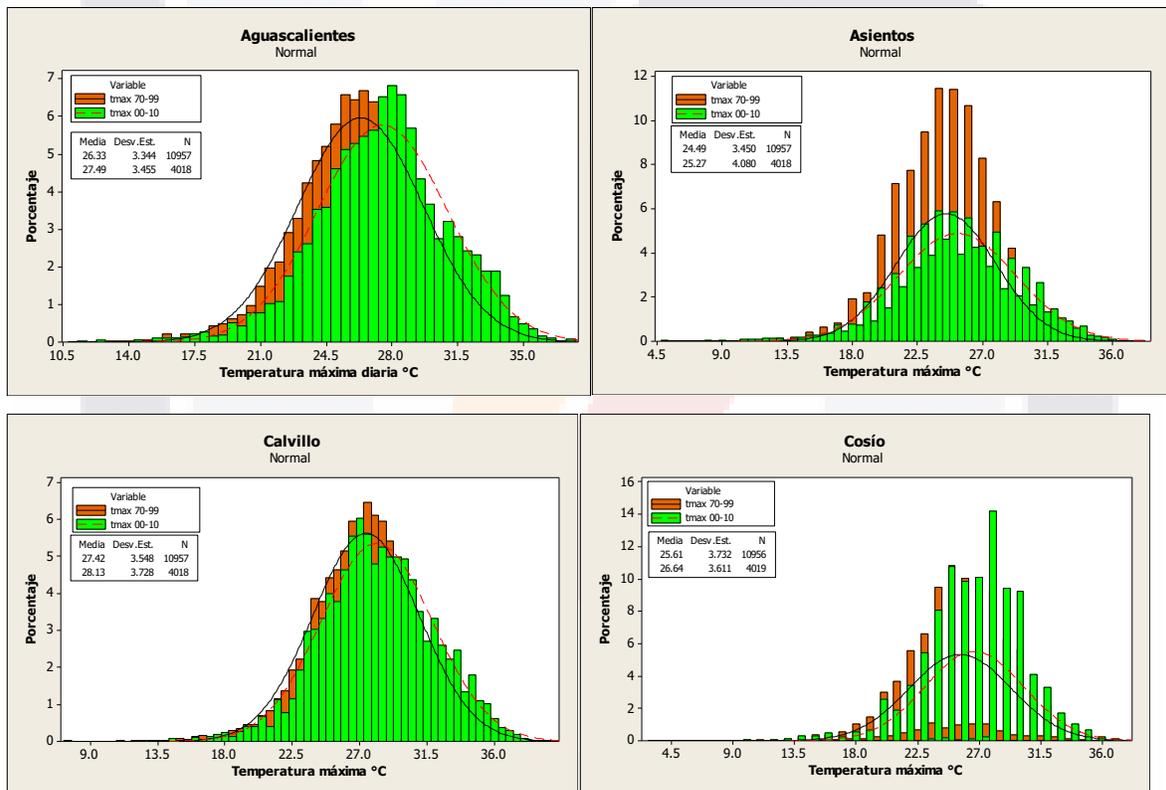


Figura 1.9. Histogramas de temperatura máxima de los municipios Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.

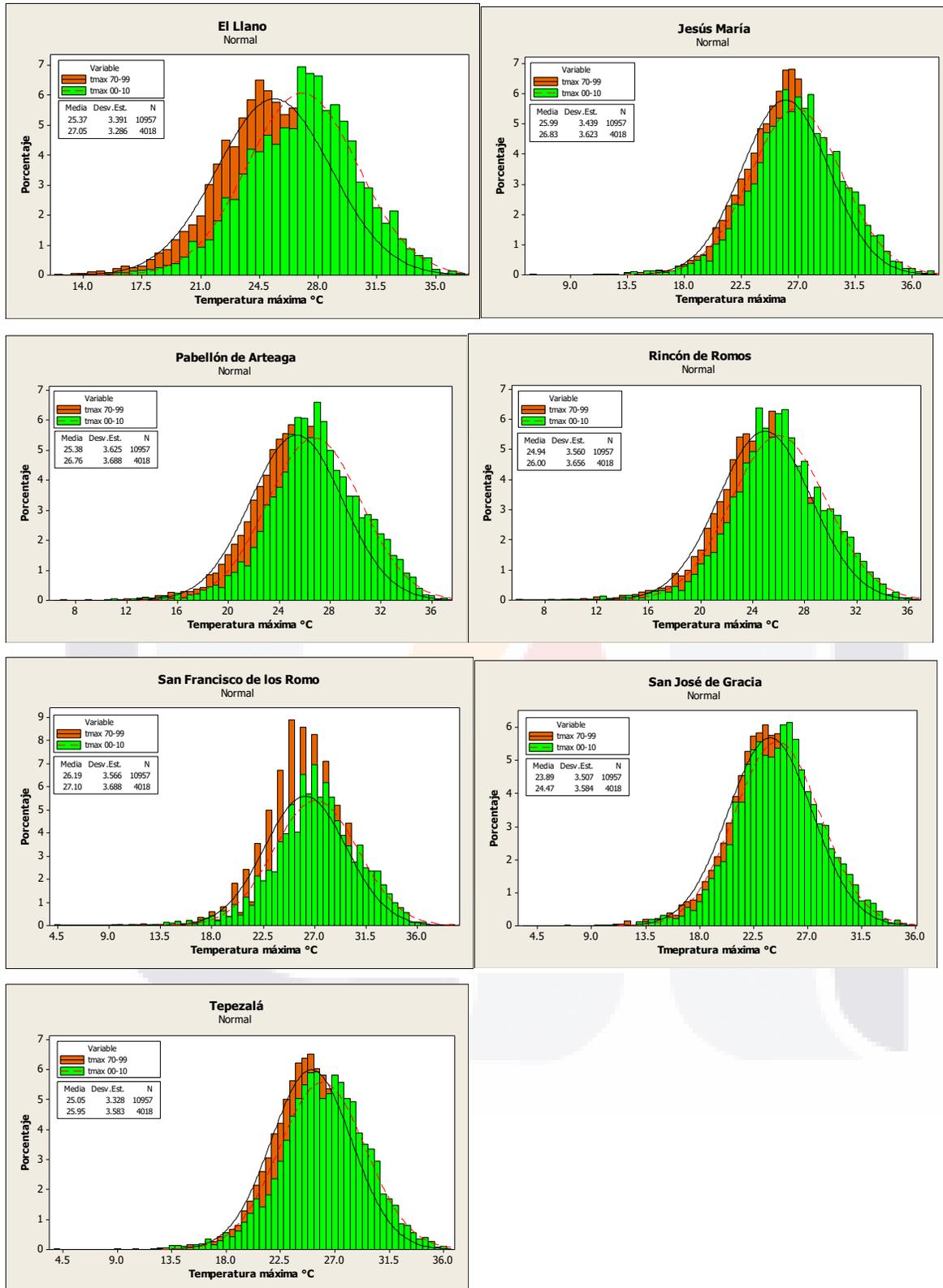


Figura 1.10. Histogramas de temperatura máxima de los municipios del Estado de Aguascalientes, en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.

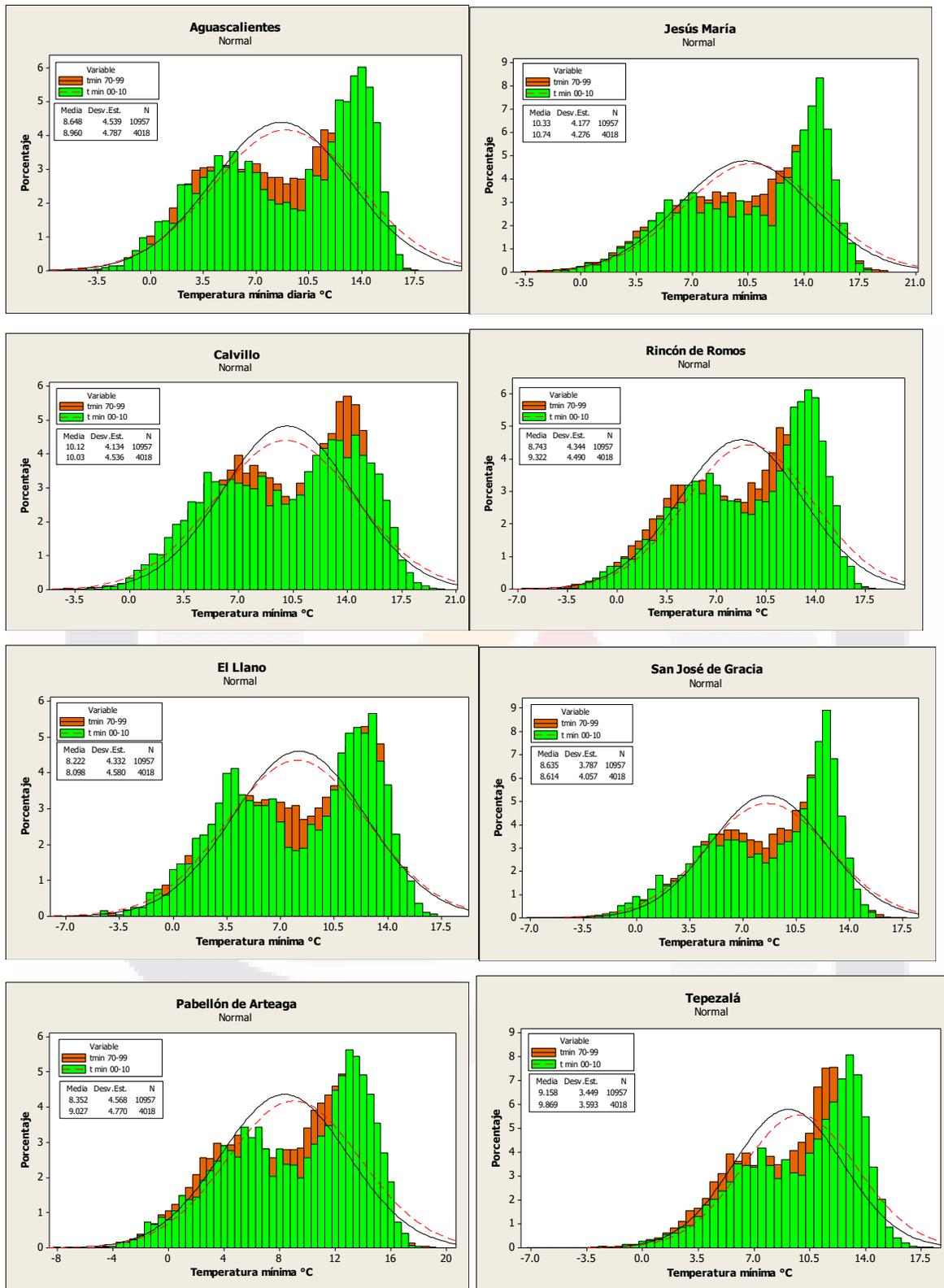


Figura 1.11. Histogramas de temperatura mínima de los municipios del Estado de Aguascalientes, en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.

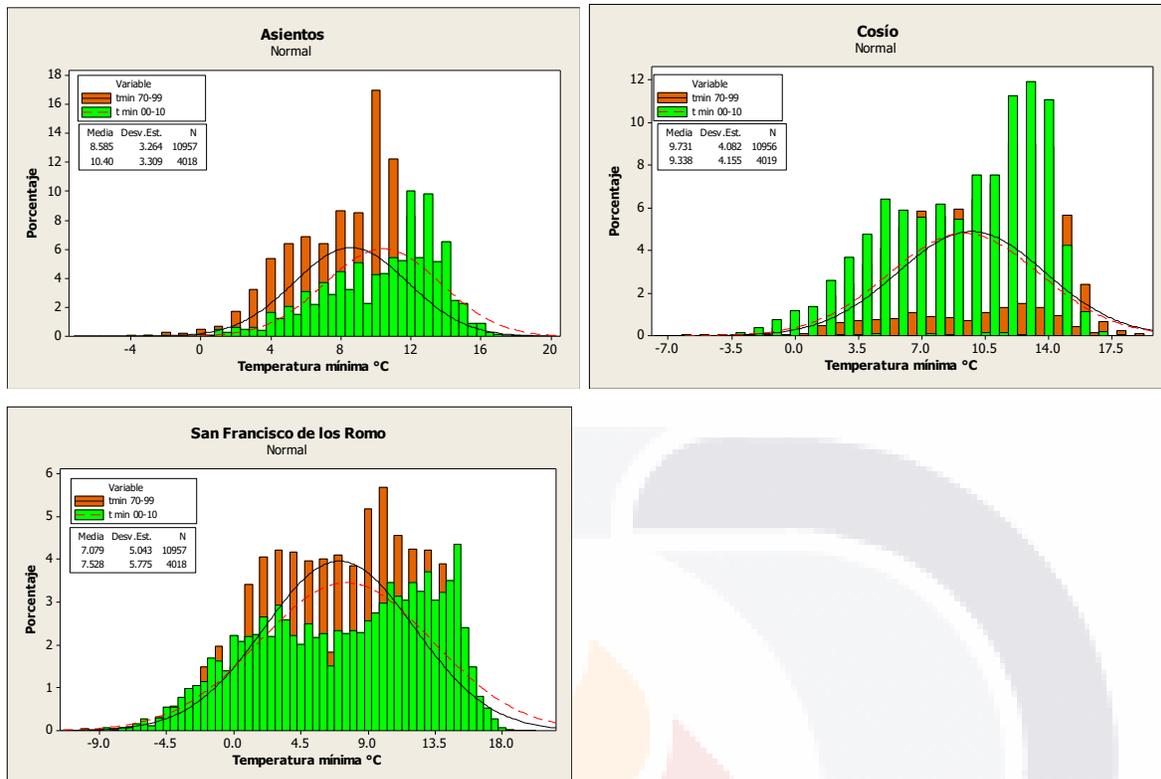


Figura 1. 12. Histogramas de temperatura mínima de los municipios del Estado de Aguascalientes, en los periodos 1970 a 1999 y de 2000 al 2010.

### 1.5.1.3. Anomalías de Temperaturas Promedio Mensual 2000-2010

Los gráficos obtenidos que representan a la anomalía en la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para cada uno de los municipios, se muestra en las figuras 1.13, 1.14, 1.15 y 1.16. Los gráficos para las mínimas en las figuras 1.17, 1.18, 1.19 y 1.20 para cada municipio que conforman el Estado.

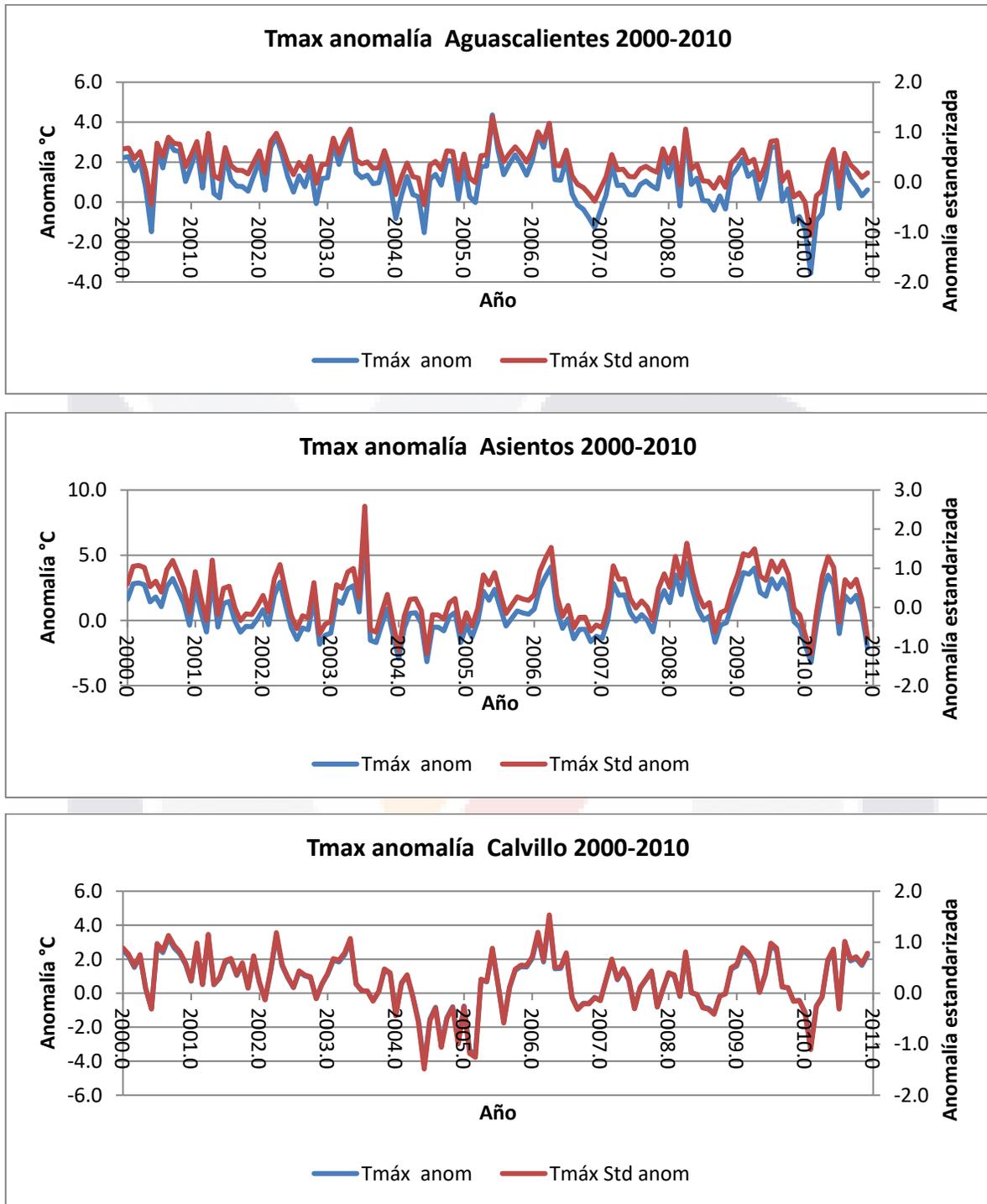


Figura 1.13 Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Aguascalientes, Asientos y Calvillo.

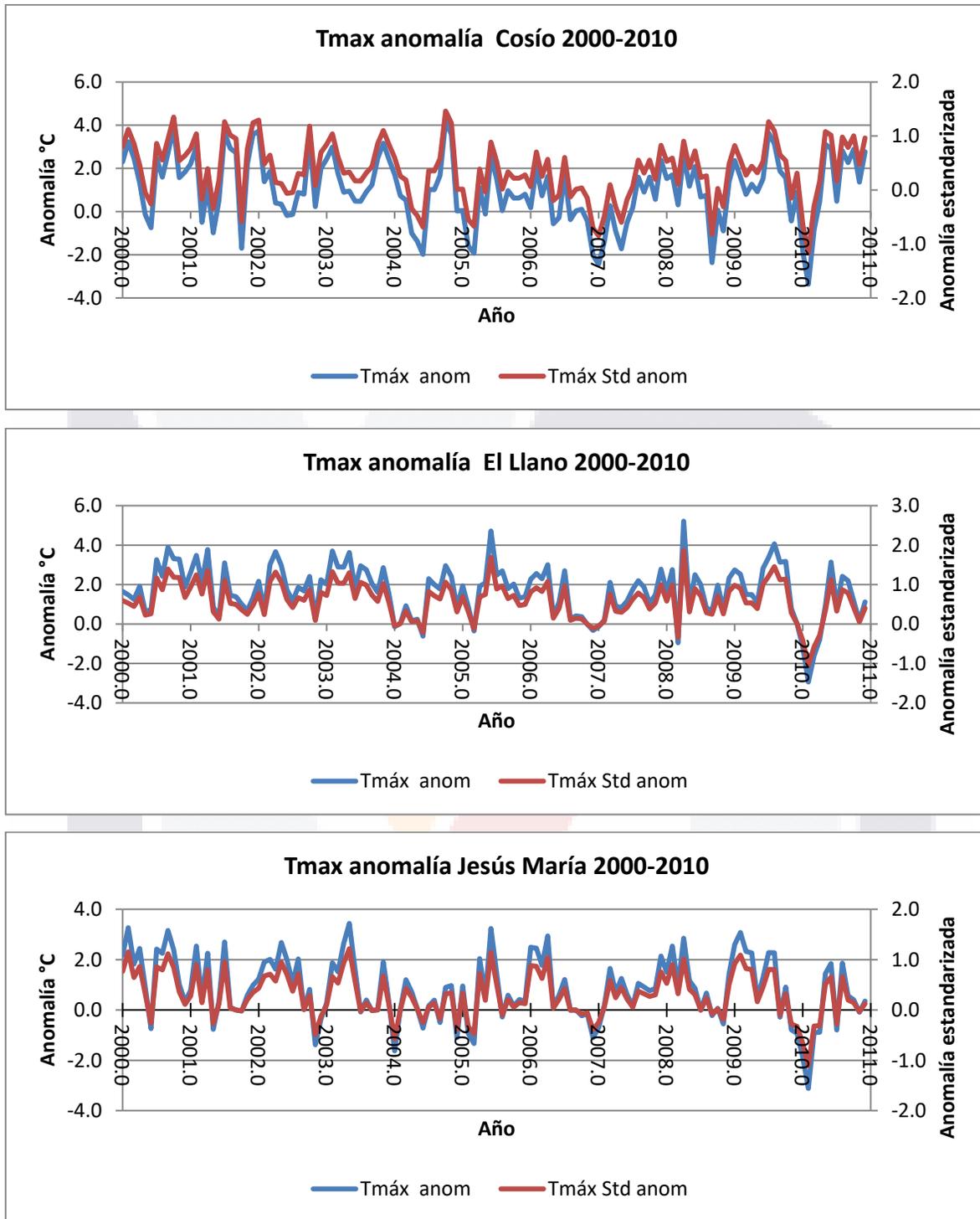


Figura 1.14 Anomalia y anomalia estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Cosío, El Llano, y Jesús María.

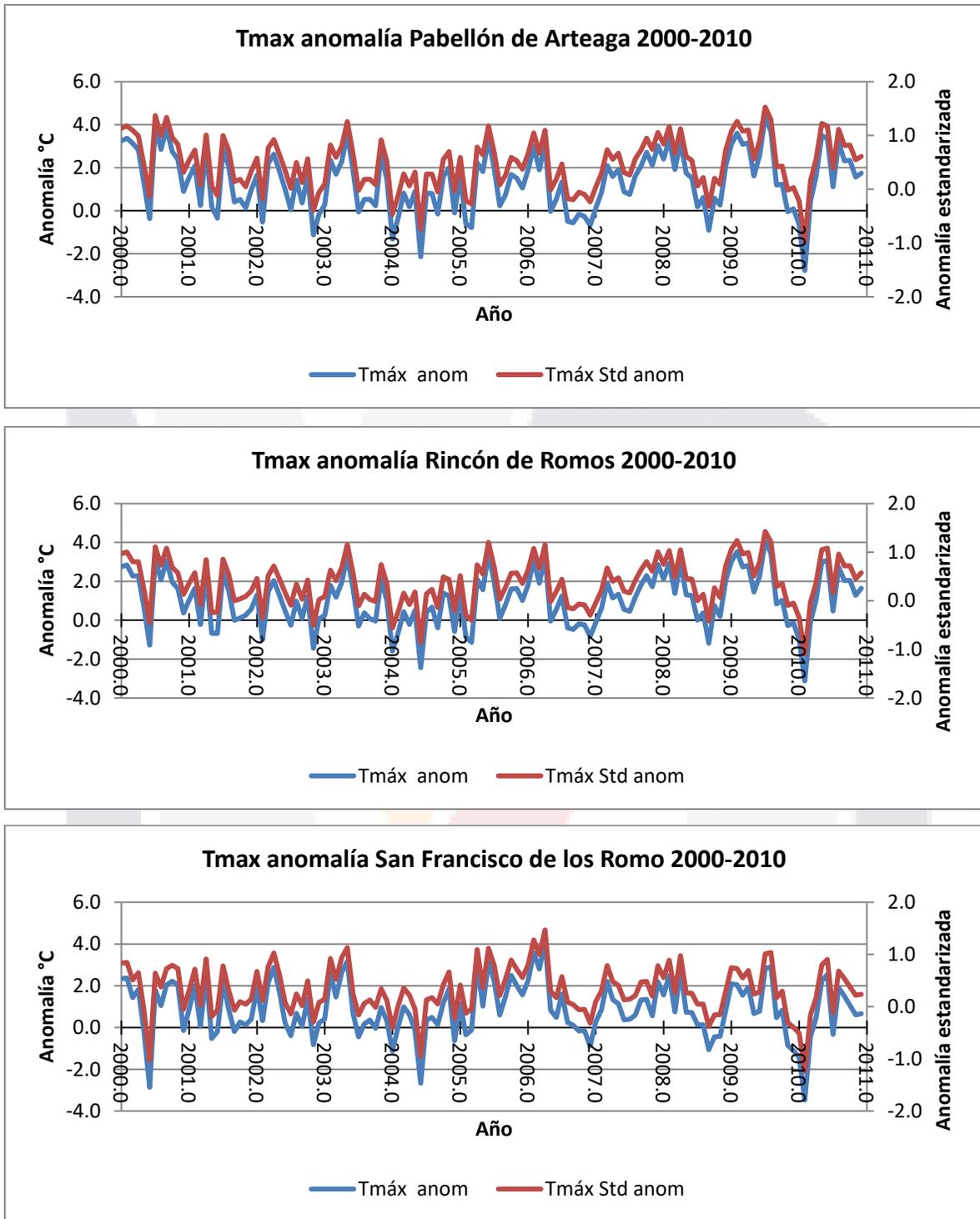


Figura 1.15 Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo.

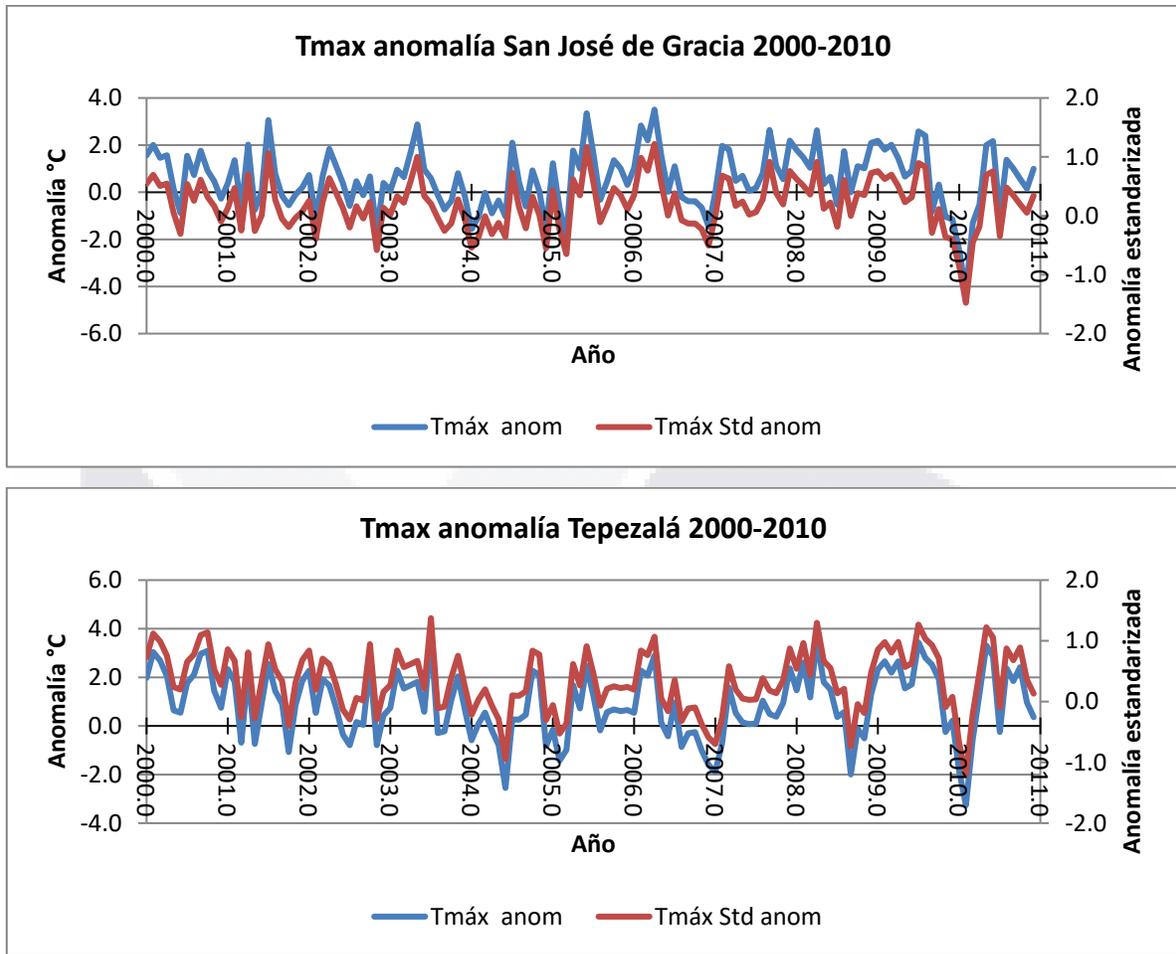


Figura 1.16 Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de San José de Gracia y Tepezalá.

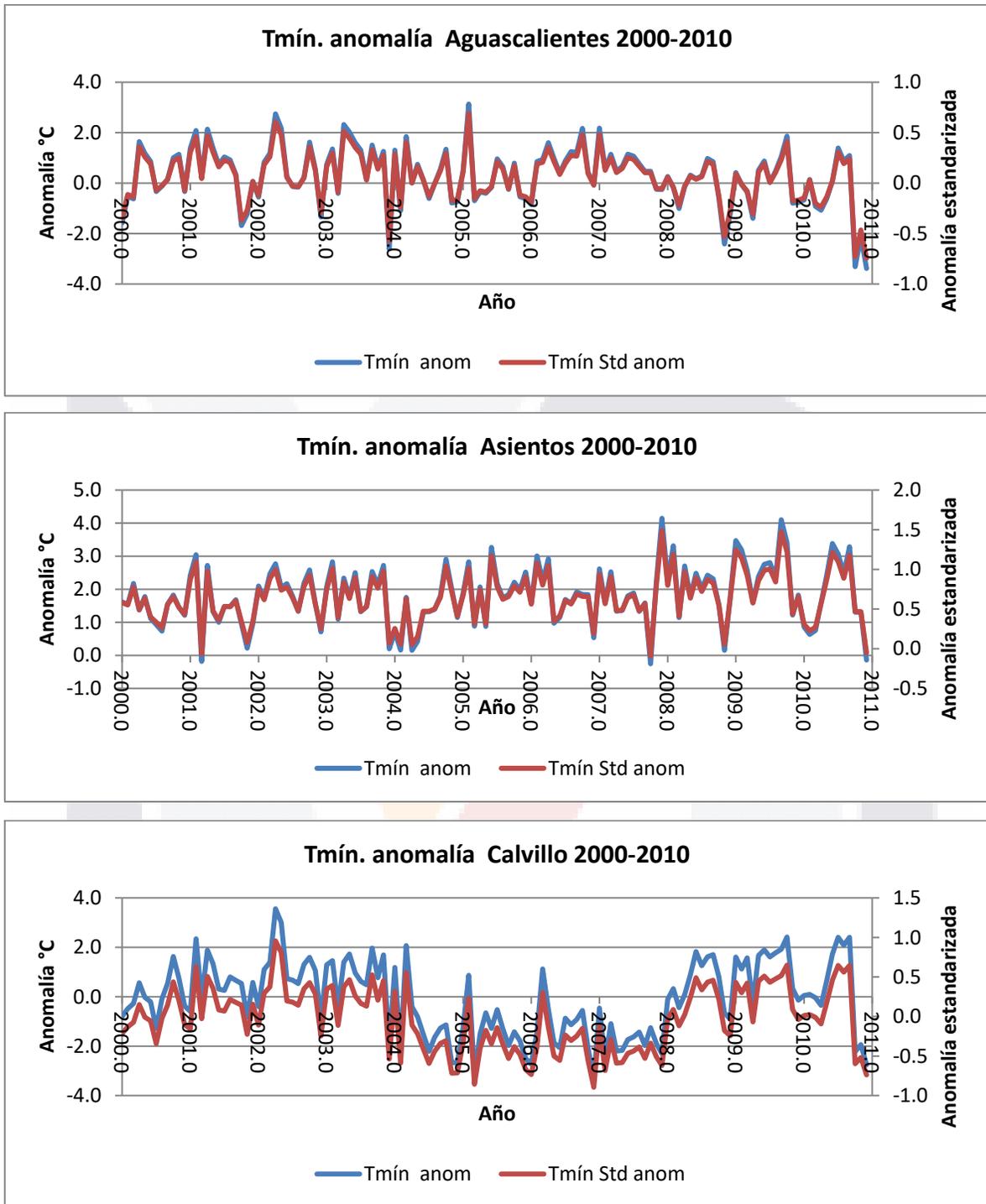


Figura 1.17 Anomalia y anomalia estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Aguascalientes, Asientos y Calvillo.

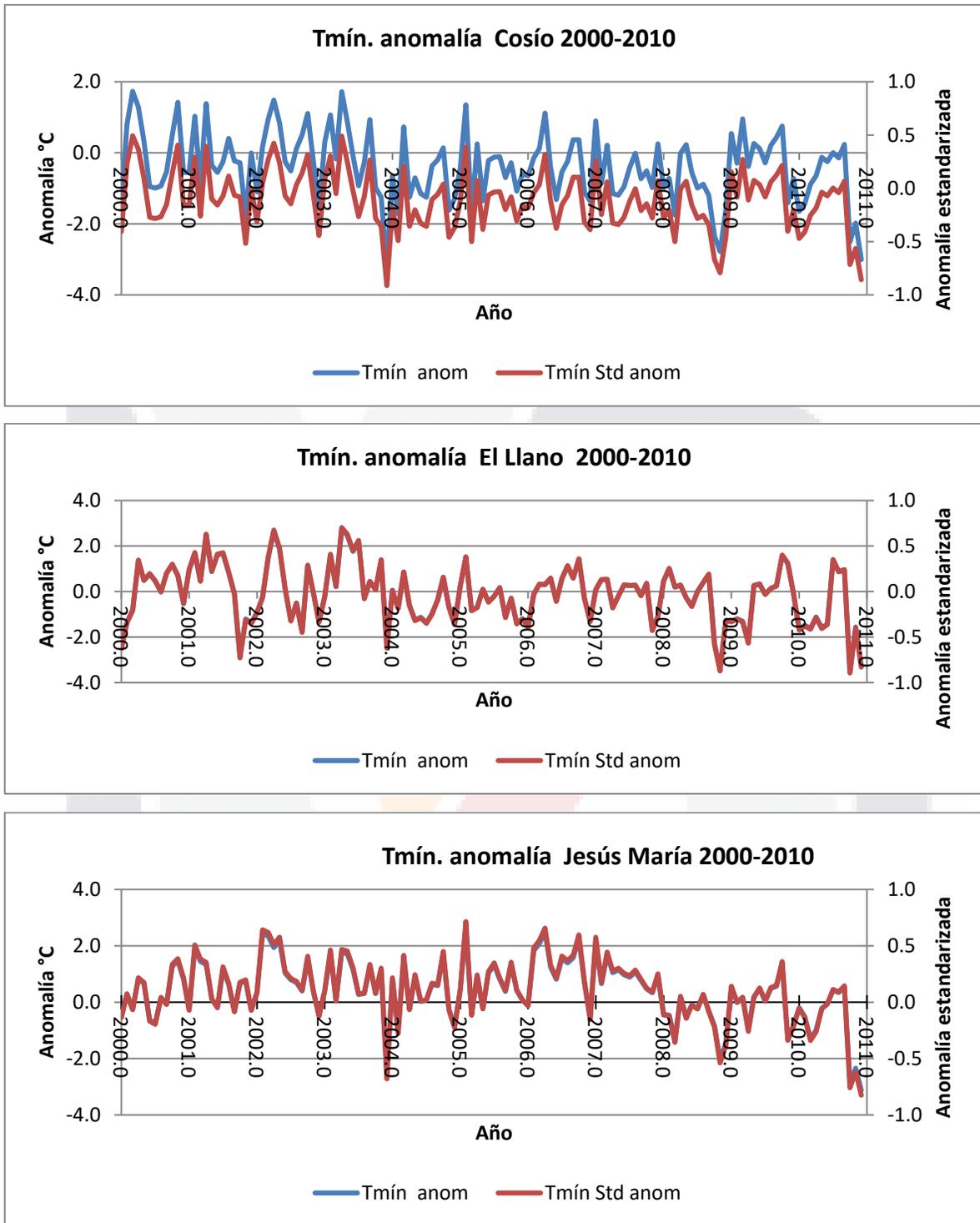


Figura 1.18 Anomalia y anomalia estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Cosío, El Llano y Jesús María.

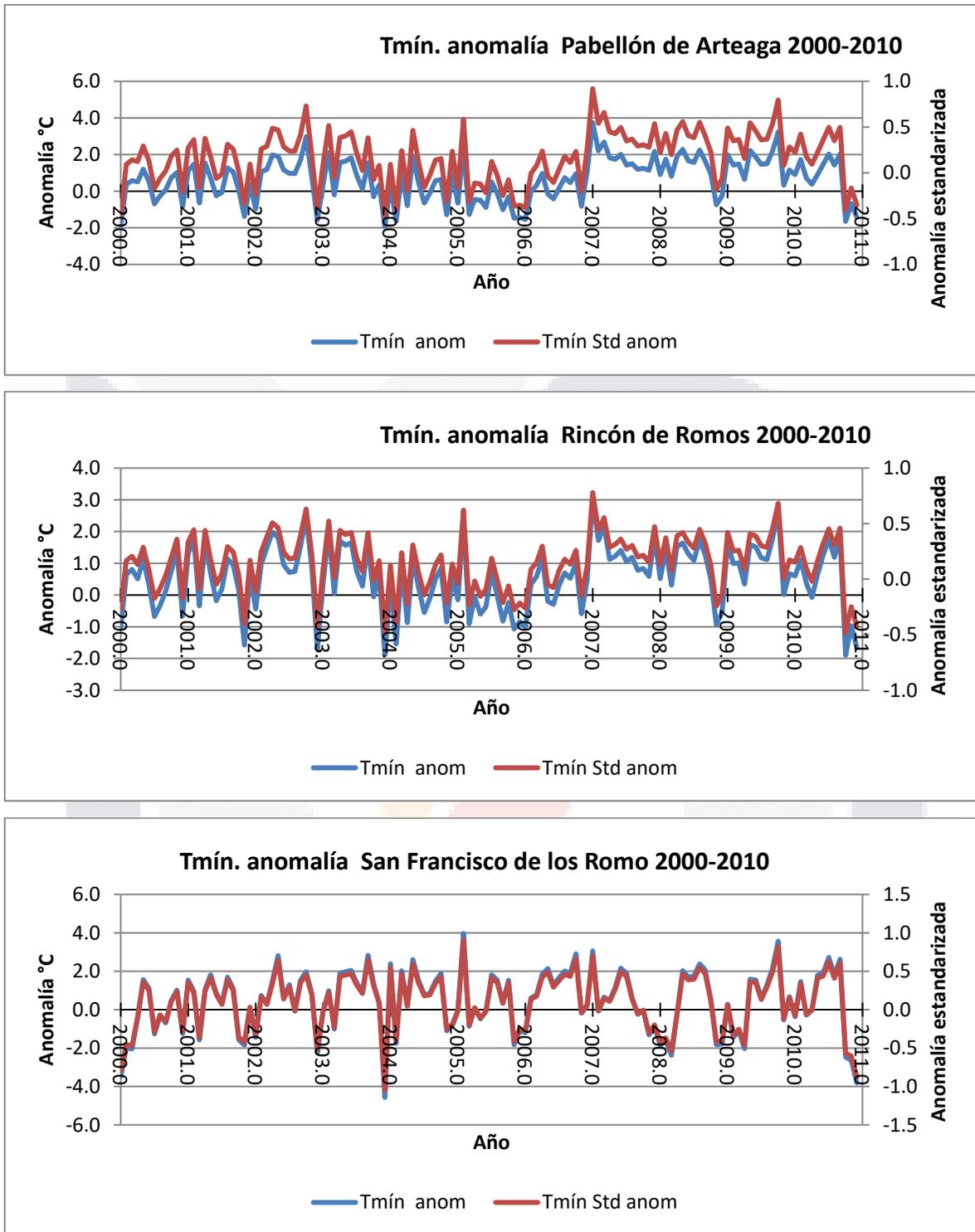


Figura 1.19 Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo

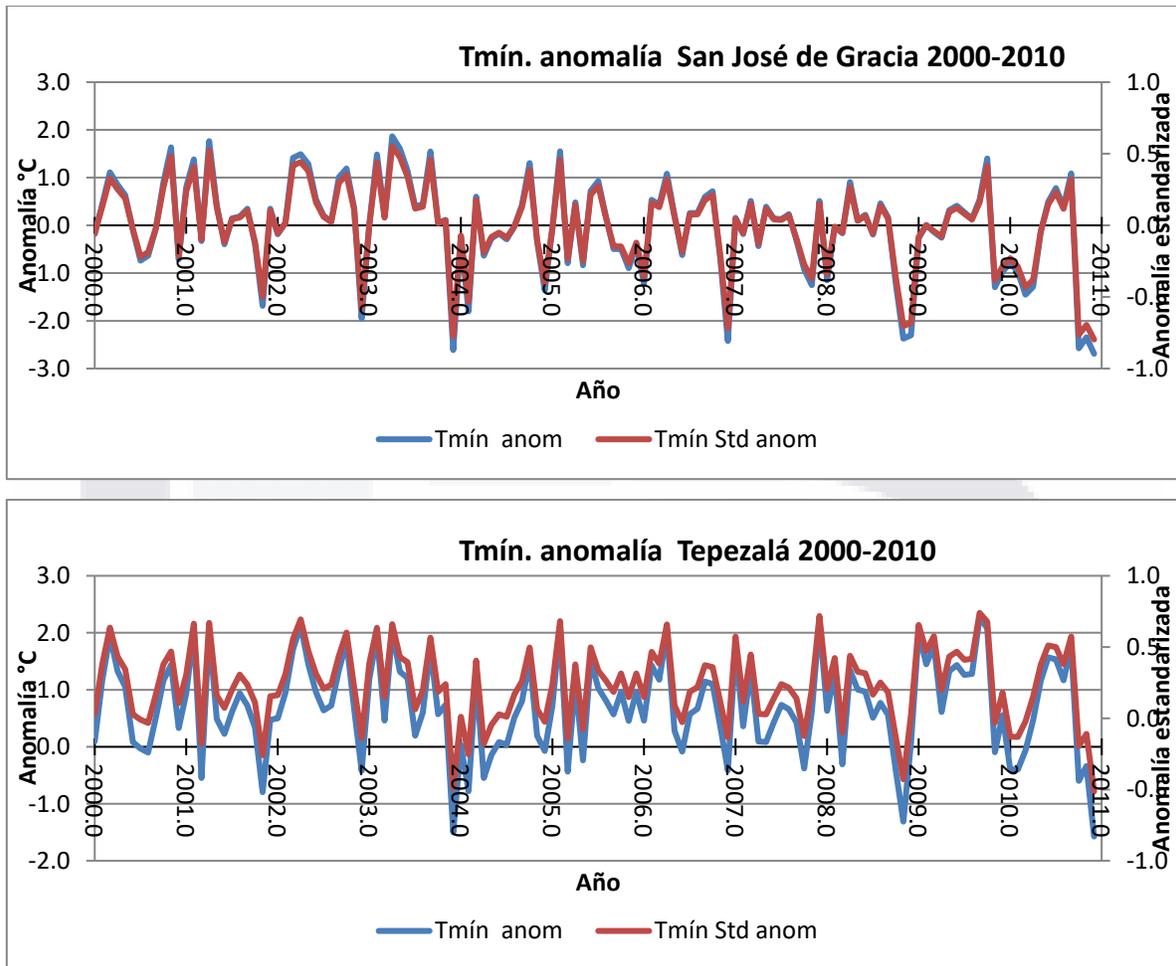


Figura 1.20 Anomalía y anomalía estandarizada de la temperatura mínima mensual para el periodo de 2000-2010 para los municipios de San José de Gracia y Tepezalá.

La figura 1.21 muestra la tendencia y el comportamiento de la temperatura máxima en el Estado, que se presentó para el periodo de 1970 a 2013, y la figura 1.22 evidenció las temperaturas máximas del mes de mayo de cada año, del periodo de estudio, en el Estado de Aguascalientes donde también se pudo apreciar los eventos extremos que se han presentado.

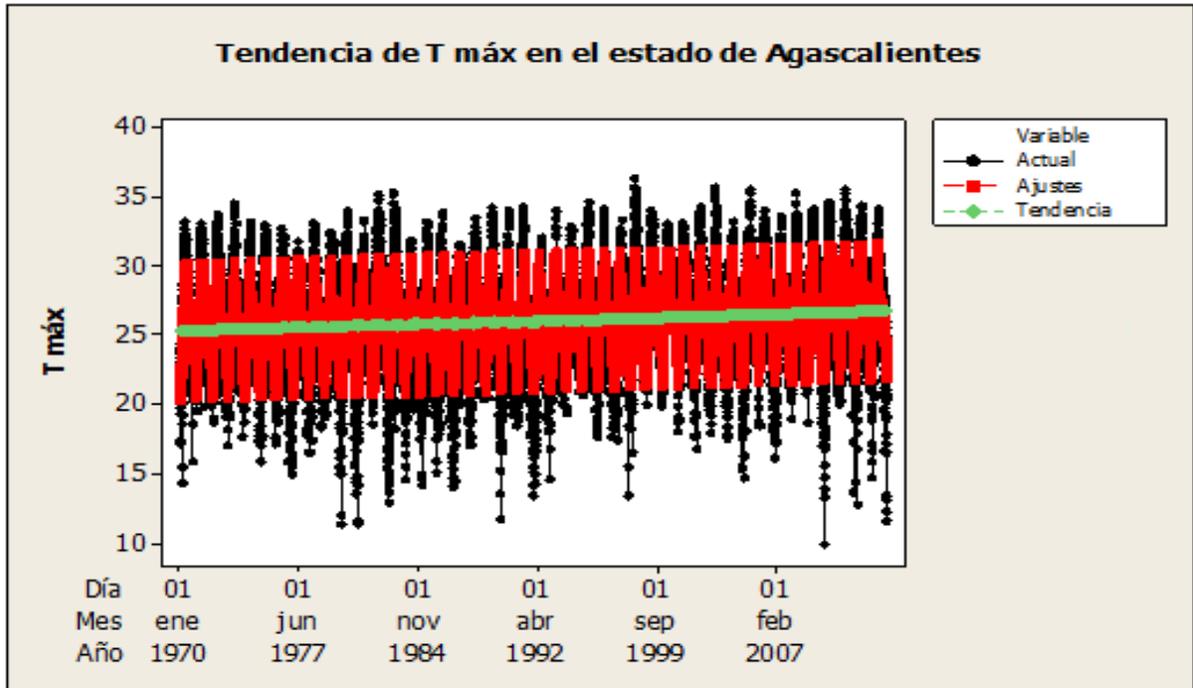


Figura 1.21 Comportamiento de la temperatura máxima promedio anual en el Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, la línea verde es la tendencia lineal, datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.

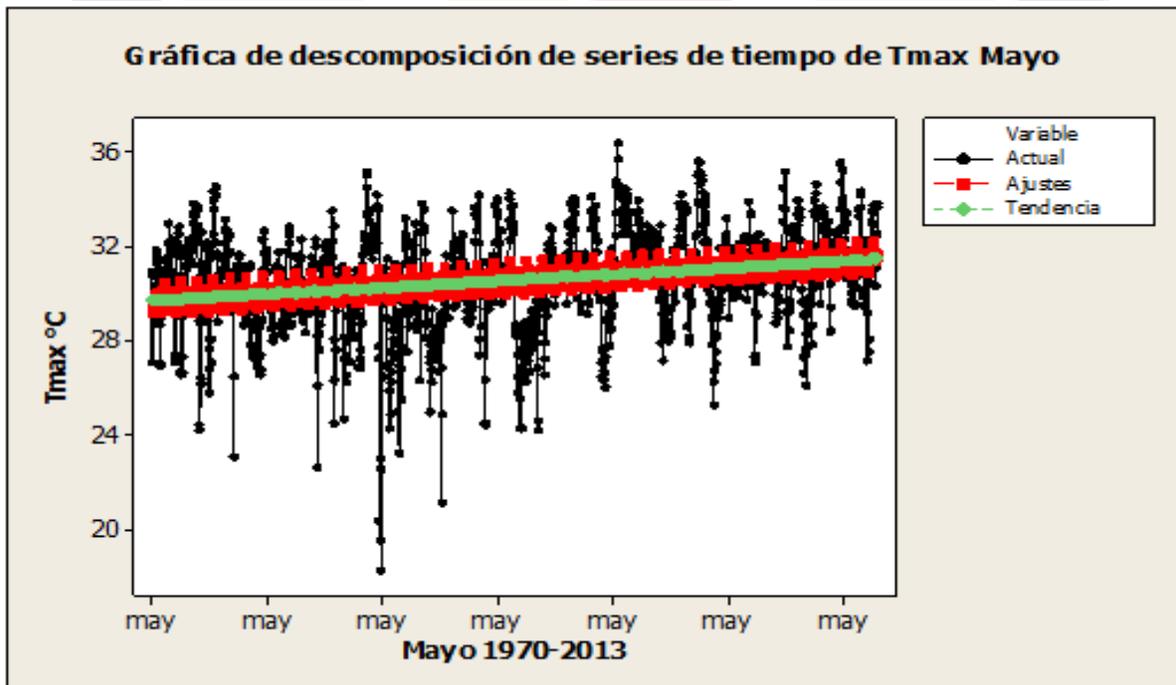


Figura 1.22 Temperaturas máximas del mes de mayo del periodo 1970- 2013, en el Estado de Aguascalientes

Igualmente, en la figura 1.23 se observa la tendencia y el comportamiento que tuvo la temperatura mínima en el Estado, para el periodo de 1970 a 2013 y la figura 1.24 es el comportamiento que tuvo la temperatura mínima de cada mes de enero del periodo de estudio, para el estado de Aguascalientes.

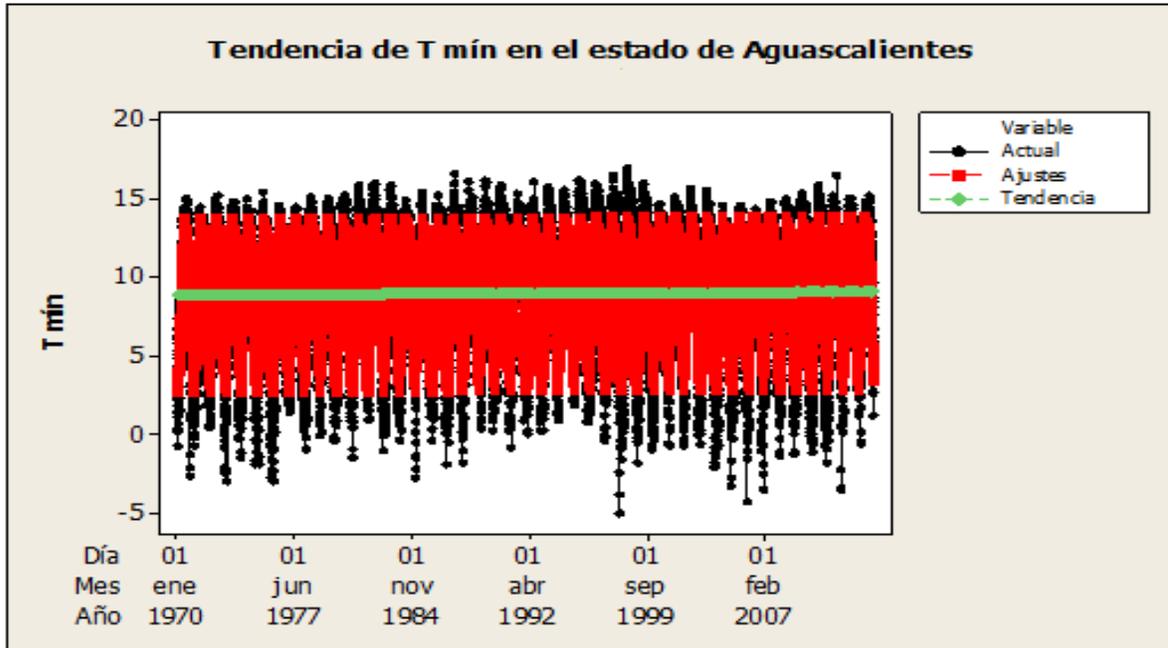


Figura 1.23 Comportamiento de la temperatura mínima promedio anual en el Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, (la línea verde es la tendencia lineal), según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.

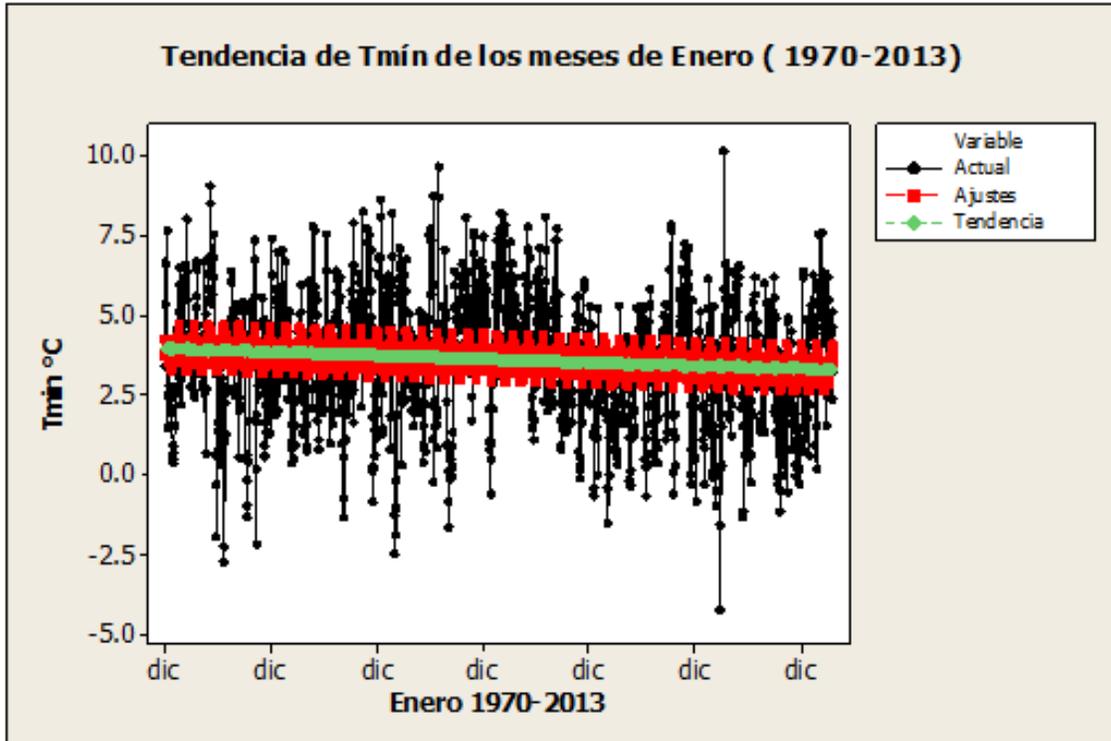


Figura 1.24 Temperatura mínima del mes de enero del periodo 1970- 2013, en el Estado de Aguascalientes

## 1.5.2. Tendencia de eventos extremos por municipio

### 1.5.2.1. Determinación de número de días con temperatura superior al percentil 95

Los percentiles 95 de las temperaturas máximas y el número de días por año que son iguales o superiores a dicho percentil fueron calculados para el periodo de tiempo de 1970 a 2013, y obtenido para cada municipio, como se muestra en las figuras 1.25 y 1.26.

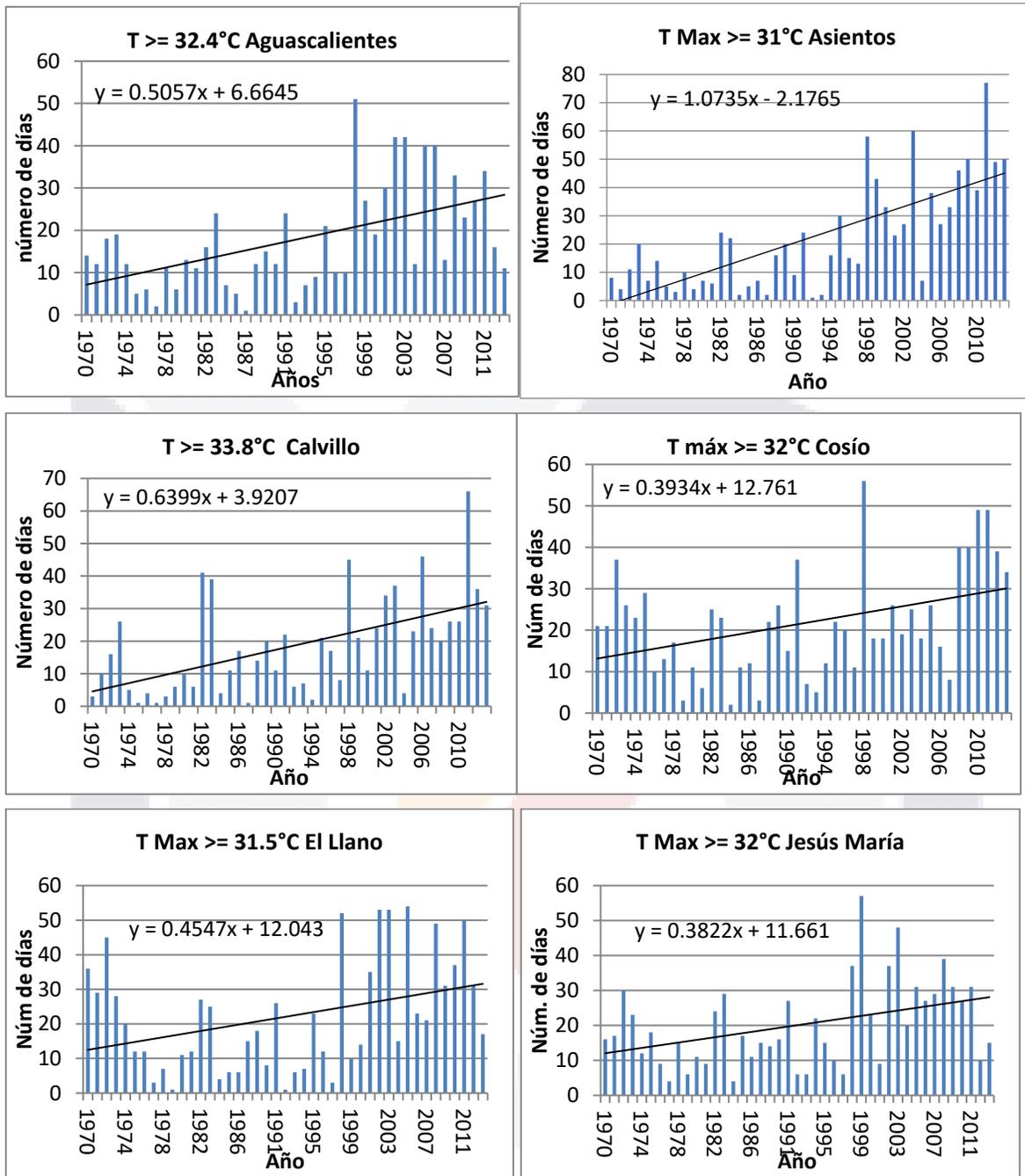


Figura 1.25: Duración total anual de las Olas de Calor en cada municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013 con línea de tendencia lineal, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.

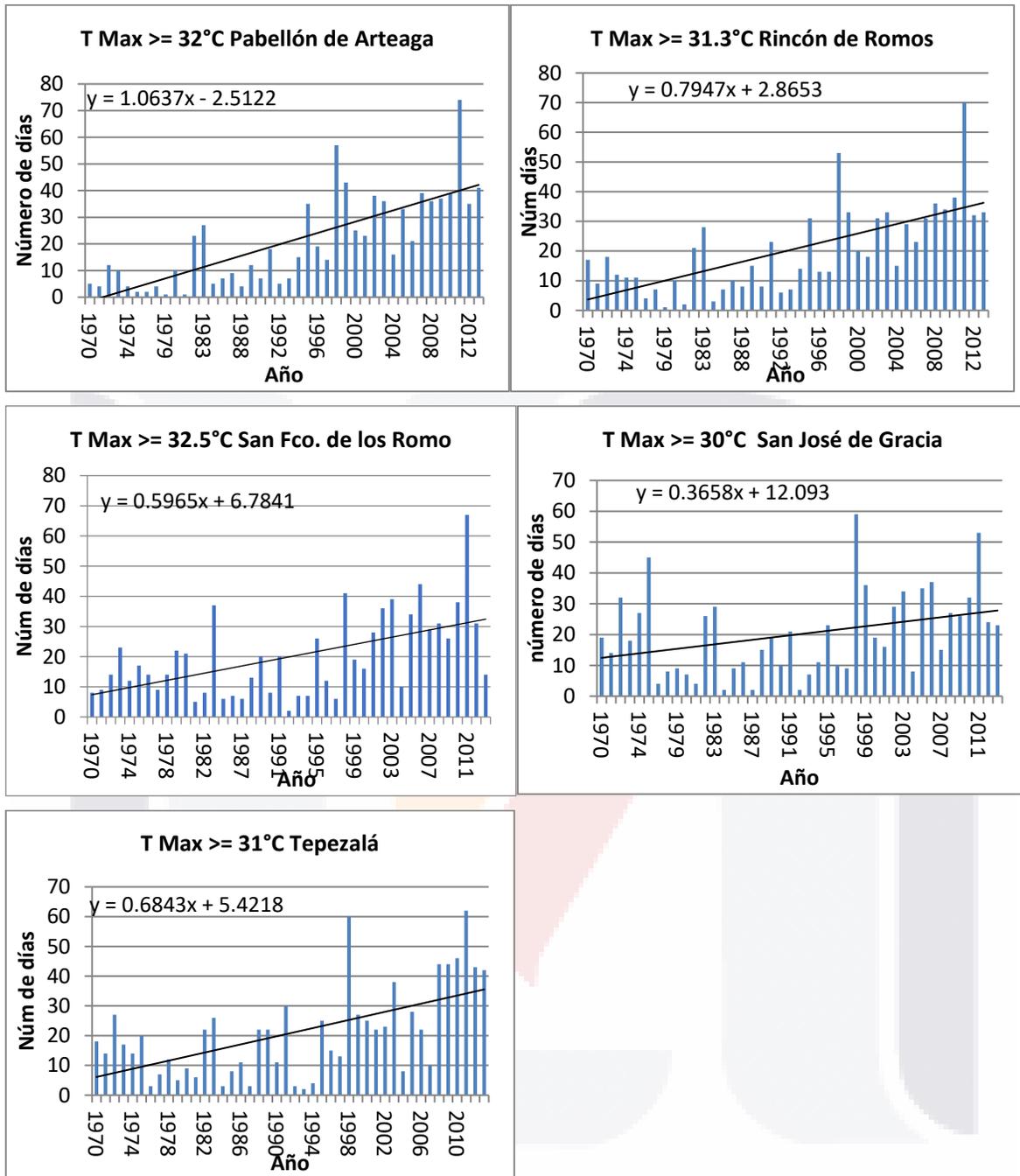


Figura 1.26 Duración total anual de las Olas de Calor en cada municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013 con línea de tendencia lineal, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.

El análisis del número de días con temperaturas máximas calientes, iguales o mayores al percentil 95 en cada uno de los municipios se muestra en el cuadro 1.5

Los modelos de regresión lineal para la temperatura máxima dieron como resultado  $Y = -40.5 + 0.00379 X$  (donde Y es la temperatura en °C, y X es el tiempo en meses) cuando se considera una muestra de n= 528 meses (1970 a 2013), con una R<sup>2</sup> de 0.30.

En la temperatura mínima mensual el modelo lineal resultantes fue  $Y = -14.7 + 0.00205 X$ , cuando se consideró una muestra de n= 528 meses en el periodo 1970 -2013, con una R<sup>2</sup> de 0.25

*Cuadro 1.5 Tendencia del número de días por decenio con temperaturas máximas calientes (Iguales o mayores al percentil 95 en cada municipio)*

Municipio	Tendencia (días/decenio)	Tmáx (°C) p (95)
Aguascalientes	5	32.4
Asientos	10.7	31.0
Calvillo	6.4	33.8
Cosío	3.93	32.0
El Llano	4.54	31.5
Jesús María	3.82	32.0
Pabellón de Arteaga	10.63	32.0
Rincón de Romos	7.95	31.3
San Francisco de los Romo	5.96	32.5
San José de Gracia	3.66	30.0
Tepezalá	6.84	31.0

**1.5.2.2. Determinación de número de eventos de ola de calor por municipio**

El número de eventos de las olas de calor en el Estado de Aguascalientes se analizaron para cada uno de los municipios como se muestra en las figuras 1.27 y 1.28 en el periodo de 1970 a 2012.

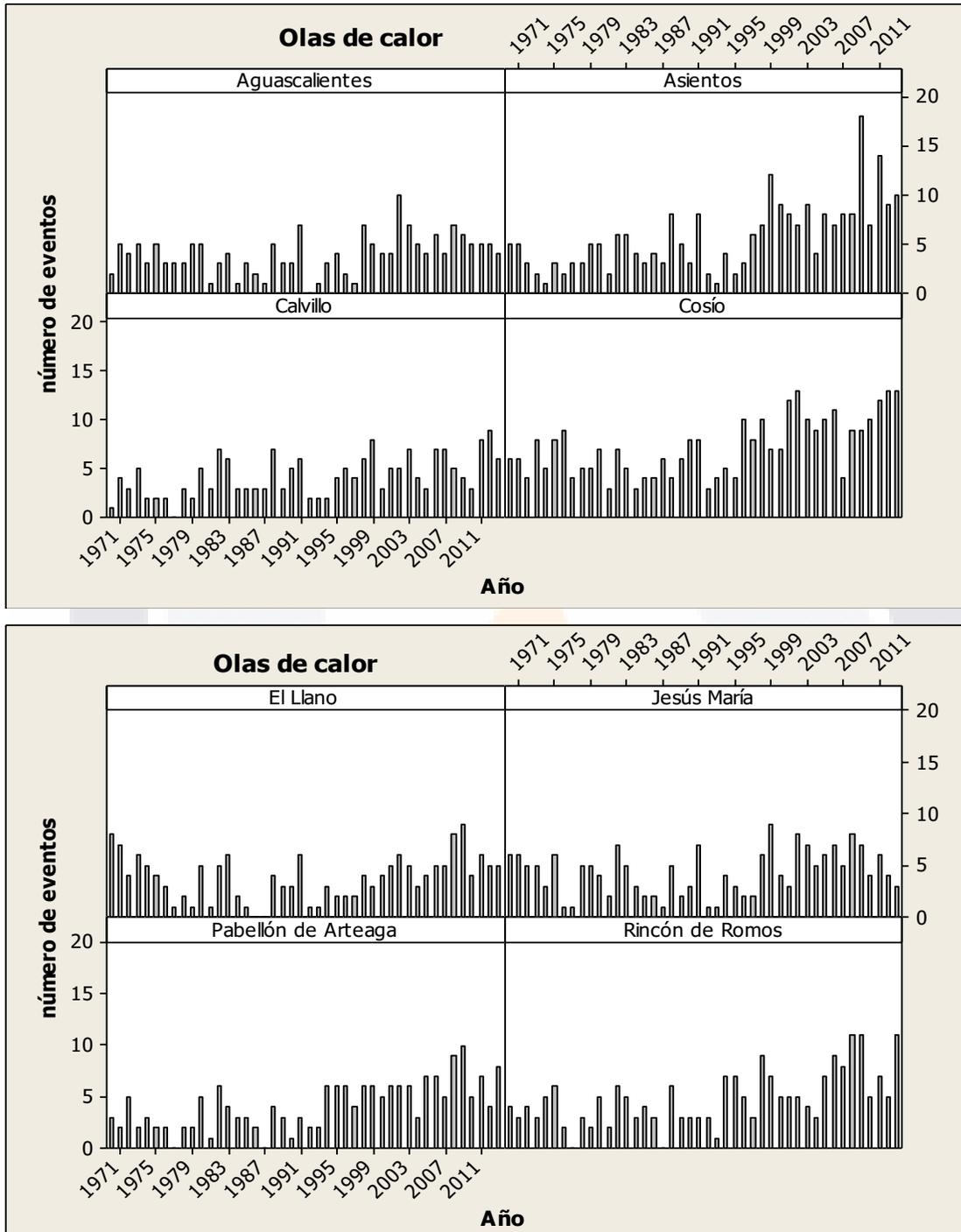


Figura 1.27 Determinación de número de ola de calor por municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA

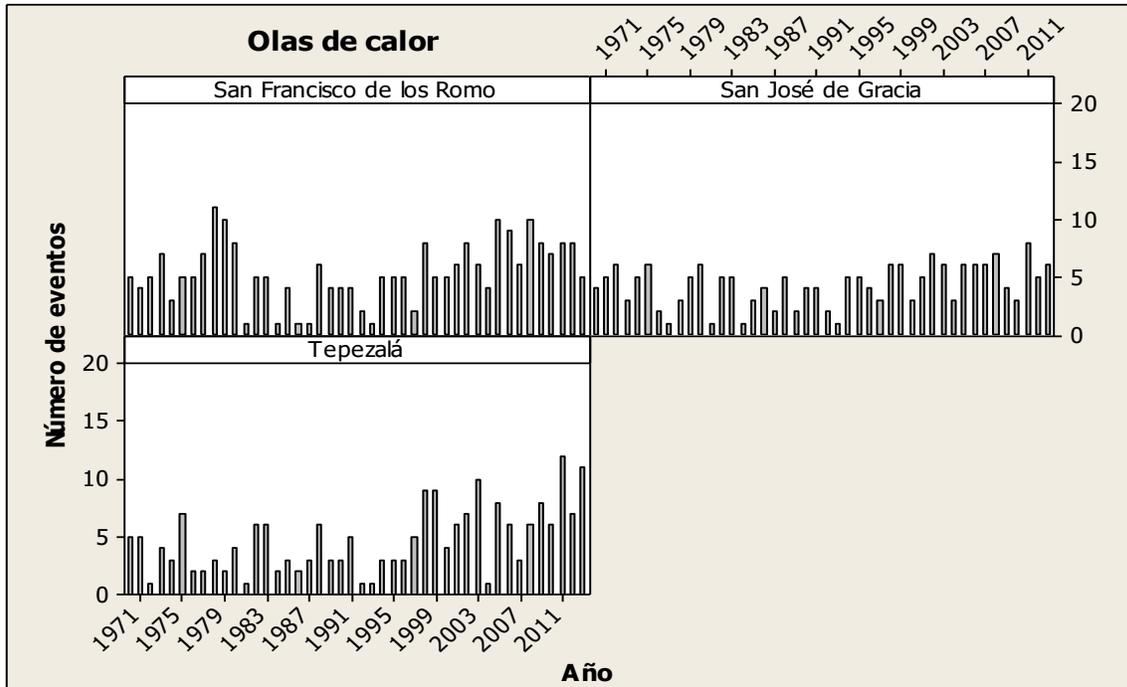


Figura 1.28 Determinación de número de ola de calor por municipio del Estado de Aguascalientes, de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA

**1.5.2.3. Determinación de número de días con ola de calor por municipio**

Para determinar la intensidad de la ola de calor, se evaluaron los números de días con olas de calor por cada municipio, para cada año en que se presentó un evento de ola de calor.

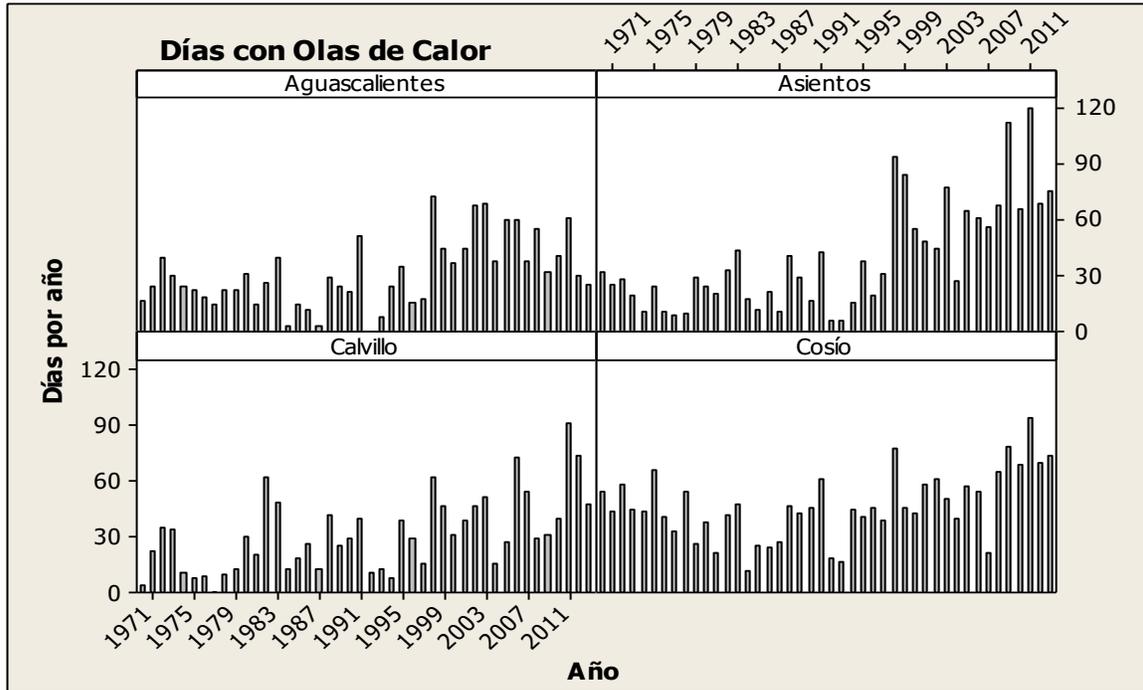


Figura 1.29 Determinación de número de días con ola de calor para los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo y Cosío, de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA.

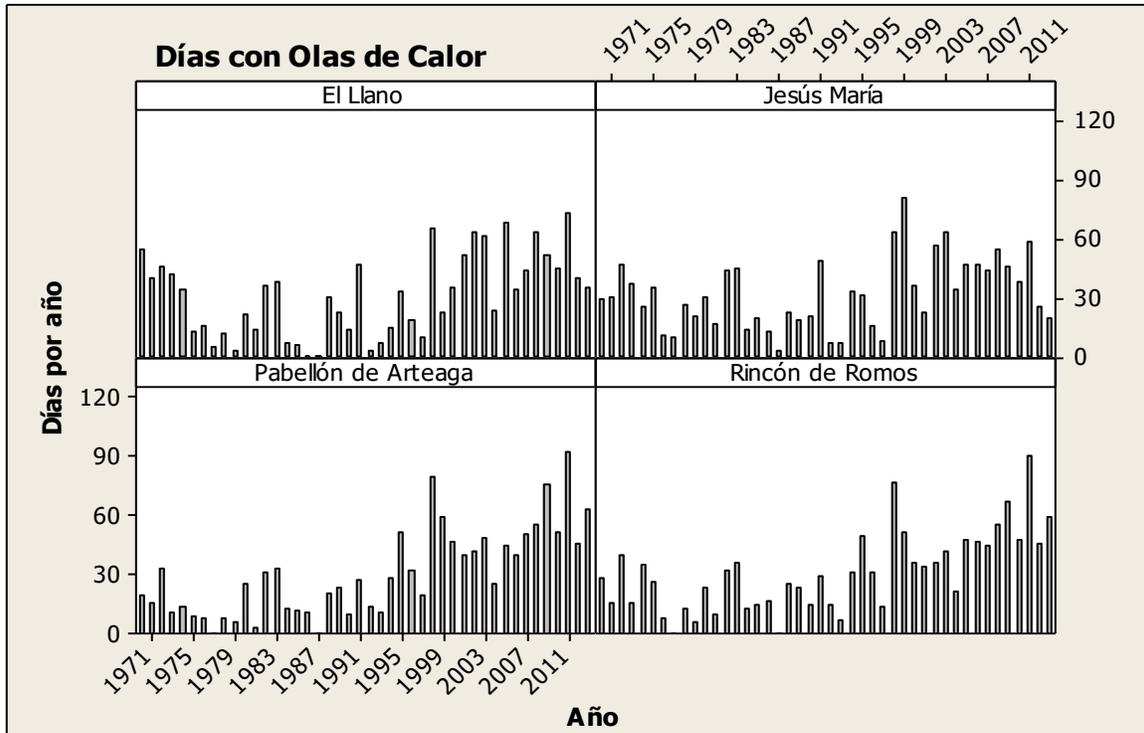


Figura 1.30 Determinación de número de días con ola de calor para los municipios: de El Llano, Jesús maría, Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA

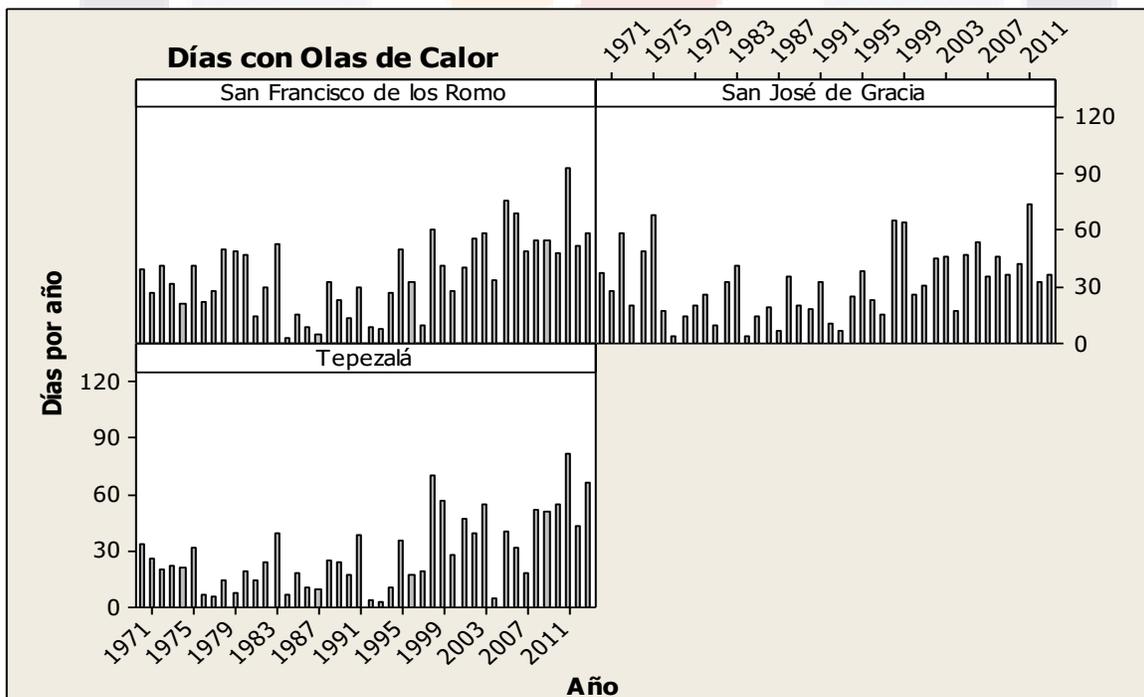


Figura 1.31 Determinación de número de días con ola de calor para los municipios: San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá de los años 1970 a 2013, según datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA

### 1.5.3. Relación del índice ONI (El Niño) con la temperatura y precipitación

Los datos del Índice Oceánico El Niño (ION) obtenidos del National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA-USA, siglas en inglés) para el periodo 2000 – 2010 (figura 1.32), fueron aquellos que contaran con cinco o más valores consecutivos a 0.5°C sobre la anomalía de la temperatura de la superficie del mar (NOAA, 2014). Para encontrar la relación entre el fenómeno ION y el número de días con la temperatura superior a 30°C, representado por el percentil 90 (figura 1.33). Y la interacción para el fenómeno “La Niña” teniendo la presencia consecutiva de cinco o más valores menores a -0.5°C, con el número de días con precipitación diferente a cero (figura 1.33).

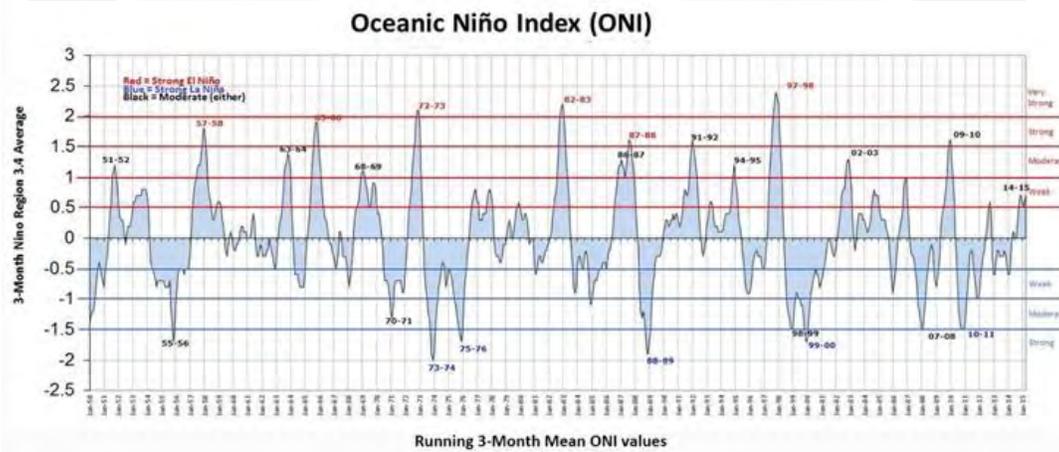


Figura 1.32 Evolución del índice ONI desde 1950 hasta junio 2015 (Tomado de <http://ggweather.com/enso/oni.htm>).

La figura 1.33 muestra el número de días con temperaturas iguales o superiores a 30 °C para el periodo 2000 - 2010. Esta gráfica se empleó para encontrar la correlación entre el fenómeno El Niño con el número de días con temperatura igual o superior a 30°C, los resultados mostraron una correlación significativa inversa ( $r$ ) de -0.430, y  $p = 0.014$ ; y con el fenómeno La Niña, no hubo relación teniendo valores de  $r = -0.228$ , y  $p = 0.146$ .

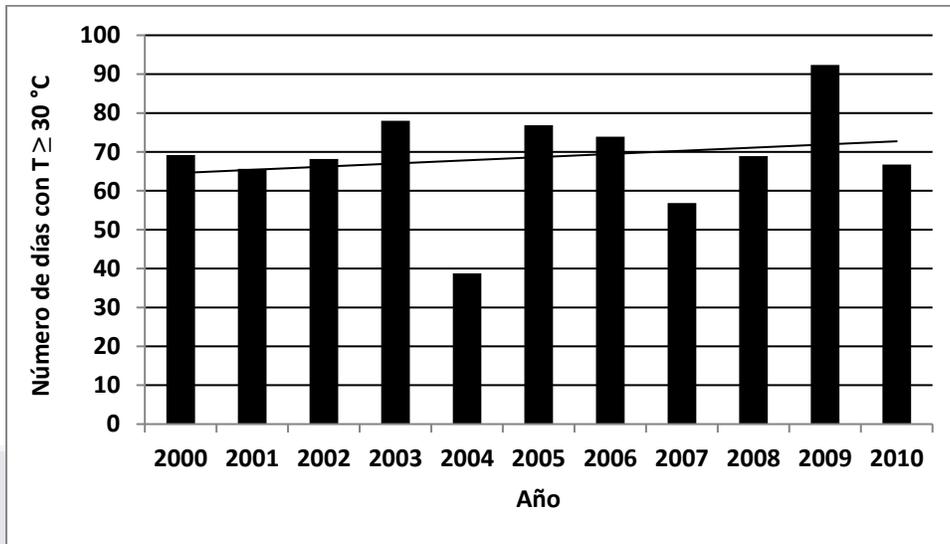


Figura 1.33 Número de días con temperaturas igual o superior a 30 °C (percentil 90) en Aguascalientes, México.

Otro elemento de estudio del clima de Aguascalientes fue el régimen pluviométrico, el cual se muestra en la figura 1.23, marcando los meses del año, de enero (1) a diciembre (12), para las condiciones promedio de la precipitación pluvial, la temperatura máxima y la temperatura mínima, para el periodo del 200 al 2010 (figura 1.34).

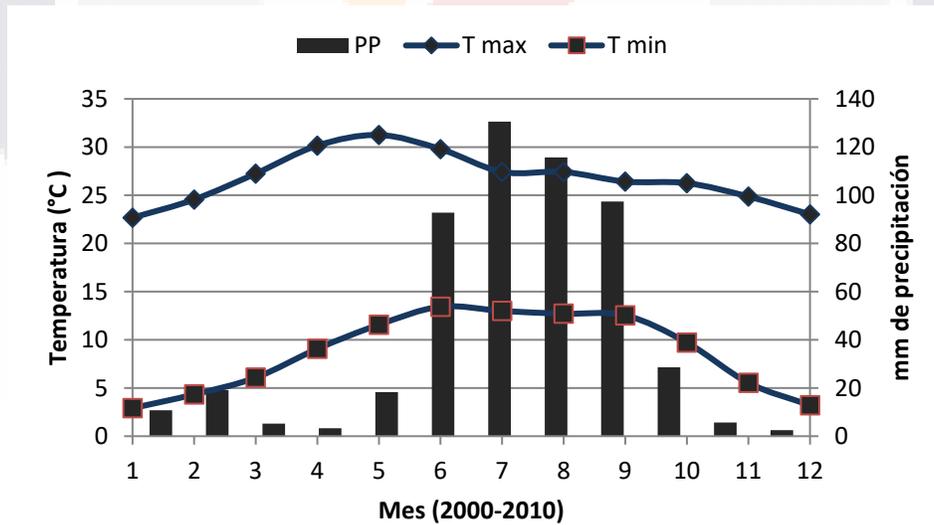


Figura 1.34 Climograma del periodo 2000-2010 del estado de Aguascalientes. El mes 1 es enero, y el 12 diciembre

No se encontró correlación con el número de días con precipitación diferente de cero con los fenómenos observados de El Niño ( $r -0.301$ ,  $P -0.094$ ), ni con el fenómeno de La Niña ( $r -0.251$   $P -0.100$ )



## 1.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### El clima en Aguascalientes

A partir de la base de datos de las 36 estaciones climatológicas analizadas se pudo observar que, en la mayor parte del Estado, principalmente en la parte central, el subclima fue semiseco templado con veranos cálidos, presentando Temperatura promedio de 19.8 °C, lluvias de verano y escasa precipitación invernal con 12.6 mm acumulado mensual como se muestra en la figura 1. 6.

Los municipios de Calvillo y San José de Gracia, principalmente, presentaron un subclima semiseco semicálido con inviernos frescos (Temperatura promedio 20.05 y 16.74 °C respectivamente), lluvias en verano (391 y 334.5 mm correspondientemente) y escasa precipitación invernal (0.4 y 0.5 mm respectivamente). En los municipios de Asientos y El Llano predominó el subclima seco templado con verano cálido, lluvias de verano y poca precipitación invernal.

### Variabilidad climática

En el periodo de estudio de 1970 a 1999 los meses más fríos en todas las estaciones resultaron ser diciembre y enero; el mes más cálido fue mayo; el mes de marzo presentó la menor precipitación y julio el mes con mayor precipitación (figura 1.6).

El análisis de las series de tiempo mostró que la temperatura máxima promedio diaria registrada varió de 11.4 °C (25 enero 1980) hasta 36.3 °C (7 mayo 1998). Los meses de marzo a agosto presentaron temperaturas máximas más elevadas, desde 27.1 hasta 31.2 °C en promedio, y de septiembre a febrero con las más bajas (de 22.7 a 26.7 °C).

Los meses con temperaturas mínima promedio más elevadas fueron de mayo a octubre, entre 10 y 14 °C, y los de menor temperatura mínima promedio de noviembre a abril con valores entre 3 y 10°C (figura 1.6). En cuanto a esta temperatura mínima, se presentaron días con valores de extremos de -4.9°C (14 dic 1997) y de 16.9°C (19 junio 1998).

Los promedios de la precipitación mensual presentan en la figura 1.6 un comportamiento en una curva normal. De mayo a octubre se extiende la temporada de lluvias superiores a 20 mm de precipitación promedio, y, mayor nivel de precipitaciones en los meses de junio, julio, agosto y septiembre con promedios superiores a 80 mm y hasta 128 mm.

La temporada seca va de octubre a abril, con muy escasas precipitaciones (< 20 mm) y por consecuencia, un menor nivel de humedad. Julio es el mes con mayor cantidad de lluvias (128 milímetros), mientras que marzo es el mes más seco (3 milímetros) de acuerdo con

las series de tiempo analizadas (figura 1.6). Las lluvias se produjeron generalmente en horas de la tarde. El mayor acumulado mensual de 436.mm fue en julio de 1991 y un mínimo de cero en casi todos los meses de marzo de la serie analizada.

La temperatura máxima promedio osciló entre 20.1 y 32.4° C, la temperatura mínima promedio entre 1.9 y 13.5° C (figura 1.6) y la precipitación pluvial promedio entre 0 y 252.2 mm; el mes más cálido fue mayo y el más frío enero. Estos resultados fueron de acuerdo con la información meteorológica para el Estado que comprende más de 30 años (1970 al 2010).

Las cuatro estaciones estuvieron bien diferenciadas durante el periodo de estudio (figura 1.6): el verano (de junio a septiembre) fue cálido y lluvioso; el otoño (de octubre a diciembre) fresco y con menos lluvias; el invierno (de diciembre a marzo) fue frío, pero con muchos días soleados; y la primavera (de abril a junio) fue calurosa, no demasiado húmeda.

Del estudio y análisis de las series de tiempo realizada precedentemente, se pudieron clasificar las temporadas en función del conjunto de meses predominantes, la temporada de calor comprendió los meses de marzo a agosto, con temperatura máxima promedio entre 25 y 30 °C, y la de frío de septiembre a febrero, con condiciones por debajo de los 25 °C. La temporada de lluvia de mayo a octubre, con precipitaciones superiores a los 20 mm, y estiaje la de noviembre a abril (figura 1.6), con precipitación pluvial inferior a los 20 mm.

Las temporadas se ajustan a que cuando hay frío, existe una temporada de estiaje y baja humedad. Cuando hay calor, con temperaturas entre 26.2°C y 27.2°C, predominan las lluvias y la alta humedad. Más específicamente podemos decir que las lluvias tienen un desfase de dos meses con respecto a la temporada de calor, y la temporada de humedad alta correspondiente a los meses de mayo a octubre.

### **Comportamiento de la precipitación pluvial**

El comportamiento de la precipitación pluvial en el Estado mostró que el año más húmedo para Aguascalientes fue el 2013 presentándose cantidades atípicas de la caída de agua, alcanzando hasta 720 mm (figura 1.7), debido a la presencia de los huracanes Paulina y Manuel. Los años 1990, 1991 y 1992 tuvieron precipitaciones anuales acumuladas superiores a 700 mm debido a la presencia del fenómeno de El Niño, que tuvo intensidad “muy fuerte” en esos periodos de tiempo (figura 1.3). Durante el periodo analizado el año más seco fue el 2011, con una precipitación máxima de 250 mm, por la sequía causada en la República Mexicana por el fenómeno “La niña” de intensidad “fuerte” (figura 1.3).

Durante 2008 (junio y agosto) hubo periodos de precipitaciones abundantes que ocasionaron inundaciones de hasta un metro de altura (El Universal, 2008 a, b) en zonas de valles del territorio estatal; la precipitación promedio del mes de agosto fue de 242 mm siendo casi el triple de la precipitación promedio (82 mm) del periodo base para el mes.

En los años 2009, 2010 y 2011 se tuvieron casos atípicos en la precipitación, el 2009 tuvo un prolongado periodo de sequía hasta el mes de agosto, con lluvias torrenciales en septiembre por arriba del promedio normal mensual en el Estado alcanzando una precipitación máxima anual de 400 mm (figura 1.8). De la misma manera en el mes de febrero del 2010 se tuvo un periodo de lluvia atípico que modificó favorablemente las condiciones ambientales en el territorio estatal (figura 1.8). De noviembre de 2010 a octubre de 2011 la ocurrencia del fenómeno de La Niña coincidió con la continuación de un periodo de sequía que afectó gran parte del territorio nacional, los estados de la república mexicana que se vieron afectados por la sequía fueron: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Durango y Tamaulipas; en el centro del país, en menor grado, Aguascalientes, Michoacán y Guanajuato (Ramírez-Castillo y Meza-Ramos, 2012).

Por otro lado, se puede mencionar, de acuerdo con lo analizado en la figura 1.17, que existieron periodos prolongados de sequía del 2008 al 2012, que afectaron a todo el Estado, reduciendo la humedad ambiental que agudizó los eventos de estiaje en perjuicio de la cantidad de agua disponible para abastecer la demanda en el estado (Domínguez, 2016).

En la distribución de las precipitaciones en los diferentes meses del año (figura 1.8) dentro del periodo 1970-2013 se muestran eventos atípicos que modificaron notablemente el comportamiento normal de precipitación. Dichos sucesos se caracterizaron por lluvias intensas en cortos periodos de tiempo, como los de los meses de julio 2003, junio 2004 y 2007, agosto 2008 y la de febrero de 2010. Durante 2008 (junio y agosto) hubo periodos de precipitaciones abundantes que ocasionaron inundaciones de hasta un metro de altura, como se mencionó en la nota de El Universal (2008 a, b) en diferentes zonas del valle de Aguascalientes, cercanías al río San Pedro, así como Peñuelas, Pabellón de Arteaga y Calvillo; la precipitación promedio del mes de agosto fue de 242 mm siendo casi el triple de la precipitación promedio (82 mm) del periodo base para este mes.

Este evento de agosto del 2008 fue de gran importancia para los hidrocálidos, debido a que el Estado de Aguascalientes estuvo incomunicado al bloquearse por inundaciones, la vía federal 45 sur, por estas lluvias atípicas que duraron poco más de 4 días por los remanentes de la depresión tropical Julio (La Jornada 2008, El Universal 2008 a, b).

Del cuadro 1.5, de la probabilidad de ocurrencia y el periodo de retorno de precipitaciones acumuladas máximas por mes (eventos extraordinarios) en cada municipio del Estado mostraron que se pueden producir eventos extremos (lluvias torrenciales) en periodos de retorno de 5, 10 y 25 años.

Si se toma en cuenta que la precipitación acumulada promedio de cada municipio en los meses de junio a septiembre son menores que los esperados para cada uno de los valores probables de precipitación acumulada esperada en los periodos de retorno evaluados con la función de Gumbel, significa que es probable que vengan más inundaciones como las del 2008 y 2013 en el estado de Aguascalientes.

Conforme a los resultados de los estadísticos de la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov Smirnov y los Coeficientes de Determinación ( $R^2$ ), se considera que, para las estaciones meteorológicas del estado de Aguascalientes incorporadas en el estudio, la Función de Gumbel se ajusta satisfactoriamente, lo cual resulta consistente con lo señalado por Garrido (1992) y Koutsoyiannis (2003), quienes citan que, para valores extremos, esta función es una de las más adecuadas

Las precipitaciones extremas se encuentran entre los fenómenos atmosféricos más perturbadores. Estos eventos afectaron negativamente a las poblaciones urbanas y a su infraestructura, la cual a menudo es insuficiente para dar cabida a las inundaciones que ocasionan (Liebmann et al., 2001). Las inundaciones se convierten en peligro cuando los espacios ocupados por las poblaciones abarcan llanuras de inundación naturales de un río y, por consecuencia, son afectadas por la acumulación de agua (Garnica y Alcántara, 2004).

Las previsiones para los próximos años no permitieron, en principio, confirmar un aumento significativo de la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos extremos en el área de estudio. No obstante, cualquier cambio en las condiciones climáticas, como un incremento de la temperatura en la región del Golfo o del Pacífico, podría provocar un aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos más catastróficos como el visto en el año 2013 con el huracán Ingrid (figura 1.7) y la tormenta tropical Manuel que ingresaron al mismo tiempo por el Pacífico y el Golfo de México y afectaron el estado de Aguascalientes. Los estudios de Adame y Estrada, (2003) advirtieron sobre dicha posibilidad.

En los próximos años se pueden producir cambios progresivos en la frecuencia, intensidad y distribución de los eventos extraordinarios en Aguascalientes y su área metropolitana. Sin

embargo, es importante reconocer las incertidumbres inherentes al proceso climático, que va a complicar la predicción de las inundaciones en las ciudades (Moser & Dalling, 2007).

### **Temperaturas máximas promedio mensuales**

La temperatura es una de las variables de mayor importancia en el estudio de eventos como el cambio climático y la variabilidad climática. Es un factor determinante para la ocurrencia de fenómenos meteorológicos relevantes, y su posible efecto en riesgos para la salud. En el periodo de 1970 a 2013 se pudo observar que existió una tendencia generalizada a un incremento en la temperatura promedio anual en los municipios del Estado entre 1.2 y 1.6°C.

De los histogramas de frecuencia para la temperatura máxima, los datos se distribuyeron en una concentración de valores simétricos positivos, en el caso del municipio de Aguascalientes con una mayor concentración de valores entre los 25 y 28°C para el periodo de 1970 a 1999 y de 27.0 a 29°C y con extremo más alto de 27.5°C (figura 1.10). Lo anterior significa que en la temperatura máxima presenta con mayor frecuencia valores más altos a los máximos esperados. También es de interés mencionar que se han registrado temperaturas superiores a los 31.5°C con mayor frecuencia, llegando hasta 38°C.

En Asientos se observó que hubo una distribución de valores simétricas que forman una curva ascendente con mayor concentración de valores entre los 24 °C y 25 °C para ambos periodos de tiempo, pero también se observa un desfase de temperatura, de 24.49 °C de 1970-1999 a 25.27 °C en los años 2000-2010 (figura 1.10), sin embargo, para este último periodo presentó una disminución en la frecuencia de estas altas temperaturas. Así mismo es importante mencionar que también durante el periodo de estudio se han presentado temperaturas superiores al percentil 90 con mayor frecuencia.

En los datos usados para la elaboración del histograma y la curva normal para el municipio de Calvillo (figura 1.10) se tenía una temperatura máxima promedio de 27.4 °C, incrementando a 28.11 °C durante 2000 al 2010.

En Cosío se presentó el mismo desfase de temperaturas máximas de 25.61 a 26.64 °C en el periodo de estudio. Uno de los municipios que llama más la atención por ser mayor el incremento de temperatura es el de El Llano (figura 1.9b), en donde la frecuencia de temperatura máxima incrementó de manera importante, siendo más probable observar valores de 27.05 °C y mayores, en el decenio del 2000 al 2010, que los 25.37 °C o media de temperatura máxima de los años base (1970 – 1999).

Pabellón de Arteaga también obtuvo frecuencias mayores en la media de la temperatura máxima de 25.38 a 26.76°C, con mayores frecuencias de temperatura mayor a 34°C.

Rincón de Romos al igual que el resto de los municipios, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá, presentaron el mismo comportamiento en la frecuencia de valores mayores y desfasados de temperatura máxima, siendo de casi 1 °C más que el año base. En estos municipios también se observaron mayores porcentajes de ocurrencia de temperaturas mayores al percentil 90 (figura 1.9b).

### **Temperaturas mínimas promedio mensuales**

Para la temperatura mínima en los municipios de Aguascalientes, Calvillo, El Llano, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia, Tepezalá y Cosío presentaron comportamientos bimodales (figura 1.11 y 1.12); no así Asientos que para esta temperatura se ajustan más a una curva unimodal (figura 1.10b).

Al igual que para la temperatura máxima se observaron mayores porcentajes de frecuencia de valores de temperatura más cálidos en el periodo de estudio que en los valores de temperatura del año base. Valores entre los 13 y 14 °C como temperatura mínima son muy frecuentes en casi todos los municipios del Estado.

Los municipios de Asientos y Jesús María tuvieron como media valores de 10.4°C y 10.74°C, respectivamente.

El municipio de Asientos presentó una frecuencia superior a 8.6, la mayor frecuencia de la temperatura mínima, con valores de a 10.4 °C del periodo base (1970 – 1999); del lado contrario están los valores de temperatura mínima para Cosío que en el periodo de estudio presentó un valor de temperatura 0.4°C inferior al periodo de referencia, siendo 9.3 °C del 2000 al 2010 y ligeramente mayor la frecuencia con una temperatura de 9.7°C en el año base. En todos los municipios se observa que la temperatura máxima y la mínima han incrementado.

De la realización y graficado de la anomalía estandarizada de temperaturas máximas mensuales se observó en los valores de los municipios del estado de Aguascalientes, que los valores en su gran mayoría se encuentran entre 0 y 1 de anomalía estandarizada, y en pocas ocasiones con valores inferiores a 0. En todos los municipios se observa que la anomalía estandarizada de la temperatura máxima mensual en el mes de enero del 2010 fue cercana a -1 debido a que en ese mes y año se presentó agua nieve en el estado,

provocando una disminución de la temperatura y haciéndola más fría que el promedio de los años base. Así mismo en el 2004 se observó de manera generalizada en los municipios del Estado valores de anomalía estandarizada menores a -0.5 en los meses de abril-junio. Como se mencionó anteriormente se observaron anomalías estandarizadas superiores a 0, lo que significa que las temperaturas máximas mensuales efectivamente son mayores que el promedio de temperatura del año base. Esto coincide con lo mencionado por el IPCC (2013), en donde los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850 y que el decenio de 2000 fue el más cálido de todos.

Las anomalías estandarizadas de temperaturas mínimas mensuales en general también presentaron valores arriba de 0, con excepción de Cosío, que la mayoría de sus valores de anomalía estandarizada en el periodo de estudio fue menor que el promedio de temperatura mínima para el año base; esto indicó que las temperaturas mínimas mensuales fueron ligeramente más frías

Los municipios de Asientos, El Llano, Jesús María, San José de Gracia y Tepezalá presentaron valores de anomalías estandarizadas superiores a 0, con algunos valores menores a 0, lo que significa que estos municipios están presentando valores de temperaturas mínimas más cálidas en el último decenio. Por lo que es probable que la situación se torne crítica al existir días más cálidos aún en la estación de invierno; si a ésta condición de altos niveles de temperatura se suma la tendencia de las lluvias a decrecer, según prevén los modelos de escenarios climáticos, la situación podrá tornarse crítica y dar lugar a una mayor incidencia de casos de insolación, de enfermedades cardiovasculares, y de padecimientos gastrointestinales por la proliferación de bacterias al descomponerse con mayor facilidad los alimentos.

### **Temperatura máxima promedio anual en el Estado**

La temperatura máxima promedio anual en el Estado mostró un comportamiento cíclico, como se observa en la figura 1.13, presentándose las menores temperaturas en invierno y las mayores en el verano, y existió una clara tendencia hacia el calentamiento en el territorio estatal, mismo comportamiento que se ha presentado en otros estados (INECC, 2016). Como se mencionó con anterioridad las bajas temperaturas que se presentaron en invierno,

podrían afectar la salud de las poblaciones humanas de las comunidades de las zonas altas del norte del Estado, así como la producción agrícola.

El comportamiento de la temperatura mínima promedio anual en el Estado, como se muestra en la figura 1.14, presentó una tendencia lineal ascendente para el periodo de 1970 a 2013, entre 0.3 y 1 °C en los últimos años (1996-2013). Esto confirma la tendencia global señalada por el IPCC (2014) de que se está presentando un cambio climático a nivel mundial y en el estado de Aguascalientes no es la excepción.

### **Eventos extremos en los municipios de Aguascalientes**

Una tendencia lineal creciente altamente significativa ( $p < 0.0001$ ) de  $0.46^{\circ}\text{C decenio}^{-1}$  fue identificada para la serie de temperatura mensual máxima en el estado de Aguascalientes, una tendencia lineal creciente altamente significativa ( $p < 0.0001$ ) de  $0.247^{\circ}\text{C decenio}^{-1}$ .

Tanto los seres humanos como otros seres vivos son susceptibles a los efectos de las temperaturas extremas. Éstas pueden causar tensiones importantes en el cuerpo humano, afectando especialmente la salud de los ancianos, enfermos y niños o en las actividades cotidianas (Campetella and Rusticucci, 1998).

Se observó en el cuadro 1.6.1 que existió una evidente tendencia al incremento en el número de días con valores extremos (máximas cálidas) en los once municipios.

### **Determinación de número de días con temperatura superior al percentil 95**

El cálculo del percentil 95 de las temperaturas máximas diarias en cada uno de los municipios mostraron un incremento importante, variando desde 2 y hasta más de 70 días con temperaturas superiores a los  $30^{\circ}\text{C}$  (figuras 1.18 y 1.19), para las series de tiempo de 1970 a 2013. Estos valores de acuerdo a lo definido por Díaz *et al.* (2002) y García-Herrera *et al.* (2004) nos permitió determinar las olas de calor en cada uno de los municipios.

### **Número de eventos y número de días de ola de calor**

A partir de los resultados obtenidos observamos que los municipios donde presentaron más de 10 eventos de olas de calor fueron Asientos, Tepezalá, Cosío, San Francisco de los Romo, y Rincón de Romos, como se muestra en las figuras 1.20 y 1.21. Y más de ocho eventos se presentaron en Calvillo, El Llano, Aguascalientes, Jesús María, y Pabellón de Arteaga. Solamente San José de Gracia tuvo entre uno y ocho eventos de calor, esto se ve favorecido debido a la zona de bosque que se encuentra en este municipio.

El 55% de los municipios presentaron olas de calor con más de 80 días con temperaturas mayores a los 30 °C, y el 45% restante registraron menos de 80 días. Los primeros corresponden a Calvillo, Asientos, Cosío, Rincón de Romos, Pabellón de Arteaga, y San Francisco de los Romo. Mientras que los segundos fueron Aguascalientes, El Llano, Jesús María, San José de Gracia, y Tepezalá.

Estos resultados obtenidos en relación a la duración, frecuencia e intensidad de las olas de calor no son discordantes con las previsiones del IPCC (2012), debido a que la tendencia lineal para cada uno de los municipios mostró que las olas de calor van a ser, probablemente, cada vez más frecuentes y más intensas. Estas tendencias observadas en el Estado podrán tener un efecto importante en la morbimortalidad como lo mencionan Díaz et al. (2002a) y Smoyer (1998). En Aguascalientes también se ha observado como lo mencionan Hulme et al. (2002), un incremento en la intensidad y en la frecuencia de las olas de calor en los primeros meses del verano.

Del análisis de los datos de temperatura máxima se determinó la presencia de una ola de calor sobre los mencionados municipios; se entiende como una ola de calor a un período prolongado de temperaturas superiores a los normales en una zona geográfica concreta, la cual puede ser muy intensa de corta duración (3 a 5 días) y larga duración (15 días) (Colacino y Conte, 1995) y recordando que una ola de calor es aquel periodo en que las temperaturas máximas diaria supere el percentil 95 de las serie de temperatura máxima diaria (Díaz et al., 2002), (García-Herrera, et al., 2004).

En el caso de las olas de calor este impacto se va a traducir en un aumento de la morbimortalidad asociada con estos eventos extremos (Díaz et al 2002a, Smoyer 1998). Ya que las previsiones apuntan hacia un aumento en intensidad y en frecuencia de aparición de las olas de calor, especialmente en los primeros meses del verano (Hulme et al., 2002).

Se sabe que la primera ola de calor es la que tiene un mayor impacto sobre la mortalidad por tener mayor número de sujetos susceptibles (Weisskopf et al., 2002), porque la población no está aún aclimatada a las temperaturas extremas y por consiguiente menos preparada para soportar los incrementos de temperatura; por consiguiente, es claro que los

extremos térmicos asociados al cambio climático van a tener un efecto directo sobre la morbi-mortalidad (Linares *et al.*, 2013).

### **Relación del índice ONI con la temperatura y precipitación**

Es notorio que en el año 1998 existió un pico en el aumento de días con temperaturas cálidas extremas, en todos los municipios, así como en los años 1972-1973, 1982-1983; y 1998 (figura 1.18) lo cual correspondió en estos años a eventos del fenómeno de El Niño, donde se evidencia la influencia que tiene dicho fenómeno sobre el aumento de las temperaturas máximas absolutas sobre Aguascalientes (figura 1.18).

En el caso opuesto se puede observar las consecuencias los fenómenos La Niña (figura 1.18), en 1973-1974 1976 y 1998-2000 (figura 1.18). Donde se observaron periodos prolongados de temperaturas anormalmente frías. Es decir, durante esos años se observó una notable disminución de temperaturas máximas extremas.

Como se aprecia en la figura 1.22, el número de días con temperaturas iguales o superiores a 30 °C en Aguascalientes, presentaron una línea de tendencia al incremento de forma sostenida desde 2000 hasta 2010 y los valores máximos de días con temperaturas iguales o superiores al percentil 90 (30°C) se alcanzaron en 2009.

Con respecto a lo obtenido en relación con el fenómeno de El Niño, y los días con temperatura igual o superior al percentil 90 de temperatura máxima se encontró una correlación positiva, débil significativa. Caso contrario con el fenómeno La Niña no se encontró correlación lineal ni con los días de temperatura ni con la precipitación. De lo anterior no queda descartada la posibilidad de que efectivamente exista relación entre los fenómenos de El Niño y La Niña con la temperatura máxima y la precipitación.

A pesar de los efectos del fenómeno de El Niño y de La Niña sobre el estado de Aguascalientes podemos decir que hay una probable tendencia al incremento en el número de días con temperaturas máximas extremas y parece ser que la causa de ocurrencia es en la escala de unos cuantos días y que podrían estar asociados a sistemas atmosféricos en su mayoría regionales (Aguirre, 2010).

El otro elemento del clima de Aguascalientes donde se refleja con certeza la ocurrencia de cambios significativos atmosféricos es el régimen pluviométrico (Figura 1.23). Las estaciones climáticas del Estado fueron definidas por las peculiaridades del régimen de precipitaciones, de donde se estableció la subdivisión del año en dos semestres bien definidos: el semestre lluvioso, que se extendió desde mayo hasta octubre, y el semestre poco lluvioso desde noviembre hasta abril (Figura 1.23).

Durante los fenómenos observados de La Niña y de El Niño (figura 1.21), se buscó correlación con el número de días con precipitación diferente a cero y no se encontró ni en El Niño ( $r=-0.301$ ,  $P= 0.094$ ) ni con el fenómeno La Niña ( $r=0.251$ ,  $P=0.100$ ).



## 1.7 CONCLUSIONES

Los valores de referencia de temperatura máxima, mínima y de precipitación, podemos afirmar que, en el estado de Aguascalientes se presentaron tendencias lineales crecientes para la temperatura máxima y mínima extremas. Es decir, se ha estado observando un incremento en el número de días y temperaturas superiores al percentil 95 de las temperaturas máximas; así como también más días con una disminución de la temperatura mínima; las precipitaciones mostraron también eventos cada vez más extremos o milímetros de precipitación mayores. Lo que puede indicar que en el estado de Aguascalientes sí se está sintiendo los efectos de la variabilidad climática.

Las olas de calor son cada vez más frecuentes y de mayor duración; se presentaron eventos con mayor duración en los municipios de Asientos y Cosío. Estos eventos extremos podrían ser provocados debido al cambio climático.

Analizar series largas de temperaturas extremas y de precipitación acumulada es una necesidad prioritaria, porque sus tendencias podrían tener impactos profundos en la sociedad Hidrocálida.

El fenómeno de El Niño y La Niña, mostraron relación con el clima en Aguascalientes, específicamente el efecto de El Niño intenso se observa al haber días más fríos y húmedos en invierno, y días con temperaturas más calientes y secas durante el verano. El fenómeno de La Niña causa inviernos secos y cálidos y veranos húmedos y frescos.

## RECOMENDACIONES

Por consiguiente, aún es una necesidad prioritaria el analizar series largas de temperaturas extremas y de precipitación acumulada, porque sus tendencias podrían tener impactos profundos en la sociedad Hidrocálida.

Se ha avanzado en estudios a pequeña escala, por lo que es necesario continuar profundizando y ampliando en número de áreas estudiadas en base a un enfoque multidisciplinario. El estudio realizado se debe considerar de índole preliminar, por las limitaciones antes expuestas.



## **CAPÍTULO 2 RELACIÓN CLIMA- ENFERMEDADES DIARREICA AGUDAS (EDAS)**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Las actividades biogénicas y principalmente las antropogénicas han contribuido en el incremento de la temperatura del planeta, la intensidad del fenómeno de El Niño y en la aceleración de la manifestación más intensa del cambio climático, como se ha mencionado en el primer capítulo. La temperatura media global en la superficie de la Tierra, de acuerdo al IPCC (2013), ha sido de 0.89°C entre 1901 y 2012. Estudios como los de Gajadhar & Allen (2004), McMichael et al. (2004), Patz et al. (2005), Hashizume et al. (2007), Emch et al. (2008), De Magny et al. (2008), D'Souza et al. (2008), El-Fadel et al. (2012) y Musengimana et al., (2016) mencionan los efectos de las variaciones en las condiciones climáticas y su efecto en la salud humana, los sistemas ecológicos, a los sectores socioeconómicos, hidrológicos, la producción de alimentos entre otros. En la salud humana afecta significativamente con la presencia de casos de diarrea estacional de las poblaciones susceptibles.

Las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años, y ocasionan la muerte de 525 000 niños cada año (OMS c, 2020) La Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha mencionado que en América Latina el Rotavirus es el principal causante de enfermedades diarreicas agudas, ocurren en esta región 15,282 muertes por Rotavirus y 75,000 niños son hospitalizados anualmente por esta causa (OPS, 2010). En México el sistema de vigilancia epidemiológica registró, entre 2000 y 2010, aproximadamente cinco millones de casos nuevos de EDA por año (SS, 2020).

#### **2.1.1. Las enfermedades diarreicas agudas**

En México la Enfermedad Diarreica Aguda en menores de cinco años, sigue siendo una de las 10 principales causas de mortalidad, además que es la segunda causa de morbilidad en nuestro país; así mismo, se presentan al año más de 1 millón de casos, afectado principalmente a los niños menores de 1 año de edad (SS, 2010)

Esta enfermedad se define como la deposición, tres o más veces al día (o con una frecuencia mayor que la normal para la persona) de heces sueltas o líquidas. La deposición

frecuente de heces formes (de consistencia sólida) no es diarrea, ni tampoco la deposición de heces de consistencia suelta y “pastosa” por bebés amamantados (OMS, 2009). La diarrea es persistente si se mantiene por más de dos semanas, y si la duración llega al mes se considera diarrea crónica (Gómez et al., 2001). La diarrea suele ser un síntoma de una infección del tracto digestivo, que puede estar ocasionada por diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos y las no infecciosas (intolerancia a los alimentos, o enfermedades intestinales) son un importante problema de salud pública a nivel mundial. Se considera de esta manera debido a la asociación que existe con el consumo de agua y alimentos contaminados.

De acuerdo con el perfil epidemiológico y la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, versión oficial vigente (CIE-10), específicamente de las enfermedades infecciosas intestinales, la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) considera nueve de éstas, que se enlistan a continuación y se incluye el código internacional de enfermedades (CIE):

- i). amebiasis intestinal, A06.0, A06.1, A06.2, A06.9,
- ii). cólera (Aa00),
- iii). fiebre tifoidea (A01.0),
- iv). giardiasis (A07.19),
- v). infecciones intestinales causadas por otros organismos y las mal definidas (A4, A08, A09),
- vi). intoxicación alimentaria bacteriana (A05),
- vii). otras infecciones debidas a protozoarios (A07.0, A07.2, A07.9),
- viii). paratifoidea y salmonelosis (A01.1, A01.4, A02;) y
- ix). shigelosis (A03).

#### **2.1.1.1 Agentes causantes de las EDAs y sintomatología**

Los agentes patógenos que causan las EDAs son transmitidos diferencialmente por la ingestión de agua o de alimentos infectados (Figura 35). Las EDAs atribuibles al agua contaminada se denominan hidro transmisibles o de origen hídrico.

Existen diferentes causantes de las EDAs, como son las bacterias, virus y parásitos, los cuales pueden encontrarse presentes en el aire, agua y suelo. Estos organismos y microorganismos pueden tener periodos de incubación que van desde 3 horas hasta 10 días.



Figura 2.1 Etiología de las enfermedades Diarreicas Agudas (Tomado de CEVECE, Panorama Epidemiológico de las EDA's en menores de cinco años en el Estado de México)

Algunos de estos organismos y microorganismos que provocan las enfermedades diarreicas se enlistan a continuación:

- i) Bacterias: Campylobacter jejuni, Cryptosporidium sp, Escherichia coli enterotoxigénica (ECET), Escherichia coli enteroinvasiva (ECEI), Escherichia coli enterepatogénica (ECEP), Escherichia coli hemorrágica (ECEH), Salmonellae sp, Shigellae sp, Vibro cholerae, Yersenia enterocolítica.
- ii) Virus: Adenovirus entéricos, Astrovirus, Calcivirus, Rotavirus, Virus Norwalk.
- iii) Parásitos: Entamoeba histolytica y Giardia lamblia

Otros factores que influyen en la ocurrencia de la EDA son la higiene personal deficiente y la limpieza en la preparación y consumo de alimentos, contaminación fecal del agua y de alimentos; en el caso de la población infantil influyen factores como la desnutrición, ausencia o prácticas inapropiadas de lactancia materna, bajo peso al nacer, esquema de vacunación incompleto, falta de capacitación de la madre para la higiene familiar y deficiencia de vitamina A (NUTRAVE, 2012).

Las personas afectadas por una EDA pueden presentar fiebre, vómito, dolor abdominal y diarrea moderada intensa. Los niños y los ancianos suelen sufrir los efectos más agudos (Hernández, 2002; Ferrano et al., 2003) por la excesiva pérdida de electrolitos que aflige al cuerpo durante la enfermedad y que puede causar una deshidratación grave (Hernández et al., 2012), y en ocasiones la muerte (Hernández et al., 2011).

Los factores que influyen en las personas para tomar la decisión de no acudir a consulta médica incluyen: si los síntomas son ligeros, la falta de recursos económicos y/o si la persona no es derechohabiente a algún servicio de salud. Investigaciones de García et al. (2007) al encuestar a estudiantes de la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo, de la Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León, encontraron que el 21% de los encuestados acudió a consulta médica para ser atendidos, 26% se automedicó, y 20% tomó remedios caseros, como té de manzanilla y agua mineral. Los que utilizaron el reposo para sentirse mejor fue 26% y quienes prefirieron el ayuno como práctica curativa, el 7%.

Las secuelas a largo plazo de las EDA incluyen la desnutrición (Black, 1991), disminución del crecimiento (Checkley et. al, 2003) y deterioro en el desarrollo cognitivo (Niehaus et. al, 2002).

### **2.1.2. Temporalidad**

Las EDAs presentan un patrón altamente estacional, es decir, son sensibles al clima. La mayor incidencia se presenta en los meses cálidos ya que el aumento de la temperatura favorece la proliferación de bacterias y parásitos que pueden llegar a infectar a las personas a través del agua o de los alimentos. Así mismo se presentan en los meses lluviosos y se ha demostrado como las visitas a urgencias por infecciones gastrointestinales están relacionadas con la turbidez del agua para beber (Riojas et al., 2006). Se ha observado una tendencia marcadamente incremental coincidente con las inundaciones, donde aumenta el riesgo de enfermedades diarreicas.

Las principales causas de diarrea relacionadas con precipitaciones abundantes y contaminación del abastecimiento de agua son el cólera, las criptosporidiosis, las infecciones por *E. coli*, las giardiasis, las shigelosis, la fiebre tifoidea y las virosis como la hepatitis A (Sánchez et al, 2009). Los picos más altos de infección de EDA's durante el año se presentan en marzo, mayo, julio y octubre (SSA, 2012).

Hernández et al., (2011) publicaron que hay más incidencia de EDAs por bacterias preferentemente en el ciclo primavera-verano. En México, las EDAs por rotavirus se

presentan durante todo el año con un incremento en los meses fríos de enero a marzo particularmente, en la población menor de 2 años de edad (SSA, 2012).

Checkley et al. (2003) mostraron que, al incrementar la temperatura máxima, por encima de los 35 °C, hubo un aumento en las diarreas bacterianas y parasitarias, además de extenderse la supervivencia de bacterias, como *Escherichia coli* en alimentos contaminados que causan entero gastritis. Las altas temperaturas (> 30 °C), también pueden afectar indirectamente los patrones de comportamiento, como el aumento en el consumo de agua (Chou et al., 2010) que, sumado a la falta de higiene y la proliferación de microorganismos, trae como consecuencia el aumento de casos de diarrea. En el 2000, Checkley *et al.*, reportaron que las admisiones hospitalarias diarias por diarrea presentaron un incremento dos veces mayor, por cada 5 °C de aumento en la temperatura media del ambiente.

En Tabasco, México, se presentó un brote de gastroenteritis causado por la bacteria *E. coli* y el rotavirus en marzo de 2012, así mismo en ese mismo año en Chiapas también hubo un brote de rotavirus cuando el valor de la temperatura alcanzó 40°C, los casos atendidos en los servicios de urgencias de las instituciones médicas ascendieron a 2,398 (SSA, 2012).

### 2.1.3. Factores de riesgo

Los factores asociados a un mayor riesgo de enfermar e incluso de morir por enfermedades diarreicas agudas

La mayor parte de la carga mundial de morbilidad y las causas principales de las inequidades en salud, que se encuentran en todos los países, surgen de las condiciones en las que se nace, vive, trabaja y envejece la gente. Estas condiciones se conocen como “determinantes sociales de la salud”, que es una manera sencilla de incluir los determinantes sociales, económicos, políticos, culturales y medioambientales de la salud (OMS, 2011).

Estas diferencias configuran el estado de salud y los resultados de salud de cada individuo a través de su repercusión sobre determinantes intermedios, como las condiciones de vida, las circunstancias psicosociales, factores conductuales o biológicos y el propio sistema de salud (OMS, 2011).

### **2.1.3.1. Factores Biológicos:**

Diversos factores de tipo biológicos pueden influir en las EDAs, por un lado, la desnutrición influye de manera importante en pacientes desnutridos, quienes pueden presentar una lenta velocidad de recuperación de la mucosa intestinal. Además de la edad del paciente, ya que La mayor parte de las enfermedades diarreicas ocurre durante los dos primeros años de vida. Su incidencia es mayor en los lactantes de 6 a 11 meses de edad, cuando se produce el destete o comienza la ablactación. Este patrón refleja los efectos combinados de la disminución de anticuerpos adquiridos de la madre, la falta de inmunidad activa del menor de un año, la introducción de alimentos que pueden estar contaminados con agentes enteropatógenos y el contacto directo con heces cuando el niño gatea.

#### **2.1.3.1.1 Desnutricion:**

En pacientes desnutridos la velocidad de recuperación de la mucosa intestinal es más lenta, puede estar aumentada la susceptibilidad a diarreas prolongadas que deterioran aún más su estado nutricional.

#### **2.1.3.1.2. Ausencia De Lactancia Materna:**

Los expertos señalan que el método más eficaz para otorgar al recién nacido una buena nutrición y protegerlo de las infecciones es la lactancia materna como práctica exclusiva durante la infancia. La OMS y el UNICEF señalan que la lactancia materna es una forma inigualable de facilitar el alimento ideal para el crecimiento y desarrollo correcto de los niños y que ésta debería mantenerse hasta que el niño o la madre decidan, sin que exista ningún límite de tiempo (Payne & Tully, 2008). Los niños que no reciben lactancia exclusiva al seno materno tienen un riesgo significativamente elevado de padecer diarrea aguda desde el inicio de la vida, además el efecto protector de la lactancia materna es independiente del que tienen factores de riesgo como educación materna deficiente, falta de apoyo social y madre adolescente (Macías et. al, 2005).

#### **2.1.3.2 Factores Socioeconómicos:**

**La incidencia de las EDAs se ve asociada a diversos factores económicos, como son:**

- Eliminación de basura y excretas a campo abierto.
- Mala higiene personal y doméstica,
- Presencia de animales dentro de la vivienda

- Inadecuada preparación y almacenamiento de alimentos,
- Hacinamiento
- Bajo nivel educativo
- Consumo de agua sin tratamiento

#### **2.1.3.2.1 Eliminación De Basura Y Excretas A Campo Abierto**

Las heces y la basura a campo abierto son peligrosas para la salud por ser focos de contaminación e infecciones, la eliminación inadecuada y antihigiénica de las heces humanas infectadas da lugar a la contaminación del suelo y de las fuentes de agua. A menudo proporciona criaderos a ciertas especies de moscas y mosquitos, dándole la oportunidad de poner sus huevos y multiplicarse o de alimentarse del material expuesto y transmitir la infección. Atrae también animales domésticos, roedores y otros, que transportan consigo las heces y con ellas posibles enfermedades como la diarrea, parasitosis y tifoidea, entre otros (DSA,2019).

#### **2.1.3.2.2. Mala Higiene Personal**

Es necesaria la limpieza del cuerpo y, en particular, lavarse las manos después de la defecación, manipulación de heces y antes de la preparación de los alimentos, para interrumpir la transmisión de agentes patógenos que causan la diarrea. Evidentemente será más fácil fomentar la higiene personal cuando exista en las casas agua corriente y un sistema adecuado para evacuar las aguas residuales (Meneses, 2013).

#### **2.1.3.2.3. Presencia De Animales Intradomiciliares**

Los animales intradomiciliarios constituyen una de las principales fuentes de infección para el hombre, debido a la íntima relación que mantienen (kidshealth, 2016).

Las heces y la orina de los animales que comparten el techo con los seres humanos pueden albergar agentes patógenos y dificultar la limpieza, aumentando así la exposición a insectos y animales vectores de enfermedad (OPS, 2001)).

En los últimos años se ha observado que han emergido y reemergido algunas zoonosis, fenómeno estrechamente relacionado a cambios ecológicos, climáticos y socioculturales que han determinado que la población animal comparta su hábitat con el hombre, cada vez con mayor frecuencia. Hay algunos estudios en los cuales se señala que las mascotas constituyen un riesgo para la salud de los propios dueños (Vargas et. al, 2004).

Las mordeduras y las alergias son las amenazas más comunes y dan como resultado infecciones localizadas; sin embargo, existen otras infecciones (parasitarias, bacterianas, virales y micóticas) que pueden ser transmitidas por mascotas. Otras infecciones son transmitidas por vía cutánea, mucosa, digestiva o respiratoria, por contacto directo con las mascotas, sus excretas o a través de artrópodos. Los niños pequeños son los que tienen mayor riesgo de padecer enfermedades por mascotas (Vargas et. al. 2004).

#### **2.1.3.2.4. Presencia De Fauna Nociva**

Las enfermedades transmitidas por vector (ETV) son aquellas en las que intervienen mosquitos, moscas, piojos, chinches, pulgas, garrapatas y otros artrópodos, capaces de recibir y transmitir de un huésped a otro, los agentes causales de enfermedad: virus, bacterias, protozoarios, nemátodos y rickettsias. El proceso de transmisión está condicionado por factores de riesgo que modulan las posibilidades de enfermar (Rodríguez, 2009).

Los cambios climáticos, la invasión del hombre a nichos ecológicos, la sobrepoblación, la higiene personal y el saneamiento de la vivienda, todos pueden influir en un mayor riesgo de presentación de ETV (Laniak et. al, 2013).

#### **2.1.3.2.5. El aseo y el orden en las viviendas**

Los entornos domésticos ayudarán a reducir la exposición directa a microorganismos y a combatir las plagas de insectos y roedores y los vectores de enfermedad. El agua dejada en recipientes abiertos o encharcada se convierte en criadero de mosquitos vectores de diversas enfermedades parasitarias, y las viviendas en mal estado de limpieza y conservación son lugares en los que las vectores pueden anidar y reproducirse. Facilitan también su proliferación los alimentos mal almacenados y el descuido en la eliminación de desechos y sobras de comida (Laniak et. al, 2013).

Las familias campesinas que crían animales corren especiales riesgos. Los establos deben estar distanciados de las viviendas y se debe desinfectar a los animales domésticos a fin de reducir la transmisión de enfermedades, especialmente a los niños (De Salud, 2011).

#### **2.1.3.2.6. Preparación higiénica de los alimentos**

Los hábitos alimentarios en el hogar son doblemente importantes para la salud de la comunidad. Por una parte, el estado nutricional guarda íntima relación con la resistencia

a la enfermedad; puede decirse incluso que la nutrición es principal determinante del estado de salud, los medios para preparar los alimentos influyen en las prácticas y el estado nutricionales (Meneses, 2013).

Por otra parte, los alimentos contaminados son vía de transmisión para diversas enfermedades causadas por bacterias virus protozoos y helmintos. Aunque hay fuentes de contaminación no relacionadas con la vivienda (toxinas naturales, residuos químicos, adulteración de alimentos, almacenamiento y comercialización insalubres), debido a que importantes riesgos domésticos pueden atribuirse a la utilización de agua no potable para cultivar productos alimenticios, lavarlos o cocinarlos; a métodos insalubres de secarlos, almacenarlos, manipularlos o prepararlos; a una manera inadecuada de cocinar y a una mala higiene personal y doméstica, como la limpieza insuficiente de recipientes y utensilios (Córdova, 2012).

#### **2.1.3.2.7. Hacinamiento**

El hacinamiento refiere a la relación entre el número de personas en una vivienda o casa y el espacio o número de cuartos disponibles. Dado que el acceso de los pobres a los recursos es limitado, las instalaciones de vivienda que ocupan tienden a ser menos apropiadas que aquellas disponibles para las personas no pobres. En general, esto se refiere a la ubicación, la infraestructura, equipamientos y servicios colectivos y de vivienda. La idea del hacinamiento depende de un juicio normativo acerca de los niveles apropiados de ocupación, densidad y privacidad. Las normas que se aplican varían considerablemente entre sociedades diferentes (Hernández et. al, 2000).

La ocupación se determina a partir de identificar el número de personas por unidad de alojamiento. Cuando múltiples ocupantes de diferentes hogares tienen que compartir los servicios, esto puede interpretarse como un problema de espacio o como evidencia de “hogares ocultos”, una forma de “no tener domicilio fijo”. Dado que los servicios son compartidos, altos niveles de ocupación pueden llevar implícitos problemas relacionados con la higiene y la sanidad (Spicker et. al, 2009).

La densidad se determina en referencia al espacio (personas por metro cuadrado) o la ocupación por habitación (personas por habitación) estableciendo un límite de 1.5 o 2 personas por habitación. Pero en países desarrollados, esta medida ha sido complementada con estándares adicionales (Spicker et. al, 2009).

#### **2.1.3.2.8 Consumo de agua sin tratamiento**

El abastecimiento de suficiente agua salubre y potable contribuye a prevenir la propagación de enfermedades gastrointestinales (Hernández, 2016).

Como el agua es esencial para vivir, se la debe proteger contra la contaminación biológica por microorganismos nocivos como la *Shigella*, la salmonela, la *Escherichia coli* entero patógena, ciertos virus entéricos y diversos protozoos y helmintos parasitarios. Las enfermedades diarreicas transmitidas por el agua afectan especialmente a los niños pequeños y, en algunos países en desarrollo, pueden causar hasta la tercera parte de las defunciones de niños menores de cinco años (OMS 1987). La gravedad de esas enfermedades aumenta notablemente cuando la exposición se combina con los efectos de la malnutrición (OMS c, 2020).

Para una higiene personal y doméstica adecuada se necesita agua en cantidad razonable, la cual, suministrada en condiciones idóneas, promueve esos usos, así como la productividad de la familia y la preparación higiénica de los alimentos (Hernández, 2016). Si el agua tiene que acarrear desde una cierta distancia, la cantidad disponible en el hogar será casi siempre insuficiente y habrá un mayor riesgo de contaminación (OMS, 2019).

#### **2.1.3.2.9 Bajo nivel educativo**

Se considera analfabeta a la mujer que auto declara no haber aprobado o concluido ni un año de educación formal. La mujer alfabetizada es aquella que declara haber aprobado siete o más año de educación formal (Chávez, 2008).

La escolaridad de la madre permite medir el efecto en la salud de los hijos e hijas. Madres con menores niveles de escolaridad han presentado, a lo largo del tiempo tasas de morbimortalidad infantil y tasas de morbi-mortalidad de menores de 1 a 4 años, mayores, en comparación con las madres con mayor escolaridad (Chaves, 2008), las madres están en menor capacidad de brindar o administrar el tratamiento adecuado para controlar este tipo de enfermedades (Rayo, 2007).

#### **2.1.4 Mortalidad y Morbilidad por EDAs**

Las EDAs producen la mortalidad de aproximadamente dos millones de niños cada año en los países en desarrollo, haciendo que sea la segunda causa de mortalidad infantil sin embargo la diarrea puede en la mayoría de los casos ser prevenida y tratada, puesto que un manejo adecuado puede salvar hasta el 90% de vidas, que se perderían por efecto

de esta enfermedad. Las dos causas más comunes de enfermedades diarreicas en países en desarrollo son los rotavirus y *Escherichia coli* (WHO 2009).

En México el rotavirus es la principal causa de gastroenteritis aguda en niños menores de cinco años, especialmente en lactantes menores de un año, quienes por primera vez están expuestos al rotavirus, y la morbilidad y mortalidad por este agente se observan especialmente durante la temporada fría (Velásquez *et al.*, 2004).

En México, las enfermedades diarreicas son una causa importante de morbilidad y mortalidad infantil, y, por lo tanto, como se ha dicho, una causa importante de desnutrición. En el año 2010 en el país 1.39 millones de niños menores de 5 años enfermaron a causa de la diarrea, en el mismo año fallecieron por diarreas 852 niños menores de cinco años y se ubicaron como la quinta causa de muerte en este grupo de edad, 266 muertes con tasa de 3.5 por 100 000 nacimientos estimados (SINAVE, 2012). También en el año 2012, la enfermedad diarreica fue la quinta causas de defunción infantil (Fernández *et al.*, 2012), y la sexta en el Estado de Aguascalientes (ISSEA, 2013). Los niños menores de 5 años presentaron entre dos y cuatro episodios diarreicos por año (Trejo *et al.*, 2012).

Las acciones que han contribuido a reducir la mortalidad infantil debida a las enfermedades diarreicas en el país son:

- La distribución de suero oral (a partir de 1984).
- Las campañas de vacunación (a partir de 1986).
- El programa agua limpia (a partir de 1991).
- El incremento de la cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento, que reducen la exposición a los agentes patógenos
- Los hábitos de higiene, educación, acceso a los servicios de salud y condiciones socioeconómicas y ambientales.

Dado que estas enfermedades son directamente dependientes de las variaciones térmicas, la influencia del cambio climático es obvia, esperándose que se presenten brotes más intensos durante las épocas de extremos térmicos (Méndez *et. al.*, 2010).

### **2.1.5. Relación del clima con las enfermedades diarreicas**

La relación entre clima y salud humana puede ser difícil de establecer (Ize Lema, 2002) por la interacción entre uno o más de los siguientes factores, en conjunto con el cambio climático:

- el origen multifactorial de las enfermedades,

- el nivel económico con el que cuenta una población,
- el incremento de la densidad de población humana,
- los cambios ecológicos, la disminución de la disponibilidad de agua, entre otros.
- las condiciones sociales, el incremento comercial, las facilidades y velocidad del transporte de personas, animales o productos de un lado al otro del mundo,
- y las políticas de adaptación.

Por lo tanto, existen limitantes para correlacionar las enfermedades y el clima dado el origen multicausal de las primeras y la participación multisistémica como determinante del segundo, es así, que “la conexión entre el clima y la salud se puede considerar, en el mejor de los casos, como muy compleja” (Michael *et al.*, 1996).

El cambio climático global se ha visto acelerado principalmente por la actividad antropogénica, la biogénica, el fenómeno de la oscilación del sur (ENSO), entre otros fenómenos naturales. Estas actividades han ocasionado un aumento de la temperatura media global en la superficie de 0.89 °C entre 1901 y 2012 (IPCC, 2013), afectando a la salud humana, los sistemas ecológicos, a los sectores socioeconómicos, hidrológicos, la producción de alimentos entre otros. Varios autores han demostrado que el cambio climático actual afecta significativamente a la salud, con la presencia de casos de diarrea estacional de las poblaciones susceptibles (Gajadhar & Allen, 2004, McMichael *et al.*, 2004; Patz *et al.*, 2005; Hashizume *et al.*, 2007, Emch *et al.*, 2008; De Magny *et al.*, 2008; D'Souza *et al.*, 2008; El-Fadel *et al.*, 2012).

#### **2.1.6. Estudio para correlacionar las EDAs y las variables climáticas**

Pascual *et al.* (2000) y Rodó *et al.* (2002) estudiaron series de tiempo para correlacionar las epidemias de diarrea y los factores climáticos. Kale *et al.* (2004), Hashizume *et al.* (2007) y De Magny *et al.* (2008) emplearon modelos de regresión de las series de tiempo para correlacionar las epidemias de diarrea extremas por el impacto del cambio climático a largo plazo. Chou *et al.* (2010), Fernández *et al.*, (2009), Hashizume *et al.*, (2008) y El-Fadel *et al.*, (2012) aplicaron modelos de regresión de Poisson para estimar el impacto de la variabilidad climática en las infecciones diarreicas y observaron una fuerte asociación entre la temperatura máxima y las precipitaciones extremas con la morbilidad asociada a diarrea. Navarro *et al.* (2001) mostró que los modelos binomiales negativos son más adecuados para modelar tasas de fenómenos recurrentes que el de regresión de

Poisson, a fin de evaluar los posibles efectos de la estacionalidad, las tendencias a largo plazo y la autocorrelación.

En México, la información sobre los impactos del clima en salud humana sigue siendo escasa, y son pocos los estudios que toman en cuenta los efectos de la variabilidad climática y los factores que influyen en la transmisión de patógenos, incluyendo las migraciones humanas, las medidas de salud pública en algunas regiones, y el incremento de la resistencia de vectores y parásitos (SEMARNAT, 2009).

### **2.1.7 Área de estudio**

El Estado de Aguascalientes se localiza en el centro de la República Mexicana, entre las coordenadas geográficas 21° 37' a 22° 28' de latitud norte y 101° 50' a 103° 00' de longitud oeste. Colinda al norte, este y oeste con el Estado de Zacatecas, y por el sur con el Estado de Jalisco. Tiene una superficie de 5,589 Km<sup>2</sup> (0.28 % del territorio nacional), con una población total de 1'182,586 habitantes (INEGI, 2010).

#### **2.1.7.1 Antecedentes de las EDAs en Aguascalientes**

Según las estadísticas presentadas por el Dr. Jesús Díaz de León en 1898 la población de indios chichimecas fue diezmada al morir entre el 14 y 21% de ella en 1576 ya que apareció la matlazáhuatl, enfermedad identificada como una especie de tifo transmitida por agua contaminada; se consideró que la causa de esta enfermedad fue la susceptibilidad de la acequia construida a la contaminación por el paso de la población sobre ésta y de ser el abrevadero de los animales (Madrid 2005).

En 1734, la matlazáhuatl apareció de nuevo provocando que hubiera gente enferma por todos los pueblos y barrios; muchos ranchos y jacales fueron abandonados por el temor al contagio (Madrid 2005).

La susceptibilidad del sistema de agua potable a la contaminación con excrementos animales y humanos fue decisiva en la transmisión del cólera morbus que se difundió por todo el país en 1833 (Gómez Serrano 1988).

La insalubridad del agua provocó en 1850 una epidemia de cólera morbus peor que la anterior, pues para diciembre ya habían muerto 10,000 personas en todo el estado (Gómez Serrano, 1988).

Varias enfermedades de origen hídrico se desarrollaron en la entidad, algunas de ellas se convirtieron en epidemias, como la tifoidea que azotó a Aguascalientes en 1863; el

---

tabardillo, especie de tifoidea muy severa con tasa de mortalidad del 15%, la disentería y la enterocolitis disentérica (Madrid 2005).



## 2.2 JUSTIFICACIÓN

Las variaciones en los patrones meteorológicos, que se presentan durante eventos de variabilidad climática causadas por el inusual calentamiento de las aguas oceánicas del Pacífico tropical y los debidos al cambio climático global, tales como inundaciones, lluvias copiosas y elevadas temperaturas, tienen una importante influencia en numerosos ecosistemas, cualquier variación mayor que éste experimente afectará a los demás componentes, entre los cuales se incluyen microorganismos, vectores insectarios, reservorios animales y seres humanos susceptibles, generando un cambio en la incidencia y distribución de numerosas patologías, mayoritariamente infecciosas (Cerdea et al., 2008).

Al respecto existe preocupación en torno al impacto que tendrán las variaciones climáticas sobre la incidencia, prevalencia y el curso de las enfermedades diarreicas agudas, especialmente en los menores de cinco años de edad, como el grupo más susceptible (Daniels et al., 2000; Lesmana et al., 2001; Tangkanakul et al., 2000). Además, se ha demostrado que las visitas a urgencias por infecciones gastrointestinales están relacionadas con la turbidez del agua para beber, por el efecto de la temperatura ambiental (Schwartz et al., 1997). Otros estudios muestran asociación entre EDA's y el consumo de alimentos mal cocidos o contaminados presentan la mayor incidencia durante los meses cálidos (Tangkanakul et al., 2000; Daniels et al., 2000). La forma en que se prepara la sociedad frente a condiciones extremas del clima como las ondas de calor, las lluvias intensas, o las sequías prolongadas; es un elemento determinante de la vulnerabilidad (Landa et al., 2008).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008), afirma que las repercusiones del cambio climático afectarán de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables, tales como niños pequeños, adultos mayores, enfermos, pobres y las poblaciones aisladas; por lo tanto, se espera un aumento en las EDAs en particular en los asentamientos con elevados índices de marginación.

En México la variabilidad climática se asocia con fenómenos con importantes impactos socioeconómicos y ambientales, que podrían verse exacerbados por el calentamiento global. Si los efectos de este extremo climático se incrementan, nuestro país se verá expuesto a eventos de desastre de origen hidrometeorológico, a menos que se corrijan prácticas sociales que incrementan la vulnerabilidad (Landa et al., 2008).

En nuestro país, las enfermedades diarreicas son una causa importante de morbilidad y mortalidad infantil, en el año 2010, en la nación 1.39 millones de niños menores de 5 años enfermaron a causa de la diarrea, en el mismo año fallecieron por diarreas 852 niños menores de cinco años y se ubicaron como la quinta causa de muerte en este grupo de edad, 266 muertes con tasa de 3.5 por 100 000 nacimientos estimados (SINAVE, 2012).

En el año 2012, la enfermedad diarreica fue la quinta causas de defunción infantil a nivel nacional (Fernández et al., 2012), y la sexta en el Estado de Aguascalientes (ISSEA, 2013). Los niños menores de 5 años presentaron entre dos y cuatro episodios diarreicos por año (Trejo et al., 2012). Es deseable contar con mejor información y capacidad de pronóstico a escalas regional y local, así como con diagnósticos precisos de la vulnerabilidad que permitan construir valoraciones dinámicas del riesgo (Landa et al., 2008).

Los municipios en el estado de Aguascalientes presentan diferentes grados de desarrollo social y económico. Por lo anterior es pertinente e importante, realizar un diagnóstico para determinar cuáles municipios tienen más probabilidad de presentar afectaciones de salud en la población por efecto de la variabilidad climática natural y determinar qué factores sociales, demográficos, culturales, educacionales y qué condiciones habitacionales son los que están jugando un rol importante en la afectación por enfermedades diarreicas agudas entre niños menores de cinco años.

## 2.3 OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar los municipios de Aguascalientes con mayores problemas de enfermedades diarreicas agudas asociadas a la variabilidad climática natural, las condiciones culturales de los hogares de los cuales provienen los pacientes, y las situaciones de salubridad de las zonas de estudio, que permita explicar la dinámica de la enfermedad en el área de estudio.

### Objetivos particulares

- Realizar un diagnóstico de los registros de los casos de enfermedades diarreicas agudas en los once municipios del estado de Aguascalientes.
- Determinar si existe correlación estadística entre las enfermedades diarreicas agudas con la temperatura máxima, la temperatura mínima y la precipitación acumulada, con base a datos históricos disponibles.
- Determinar cuál es la edad de los grupos de personas en los municipios con mayor tasa de morbilidad por enfermedades diarreicas agudas.
- Proponer un modelo matemático que correlacione las tasas de enfermedades diarreicas agudas por grupo de edad, temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial acumulada semanal y el tiempo.
- Determinar si existe correlación entre las tasas de enfermedades diarreicas agudas y el índice oceánico del El Niño (ONI, por sus siglas en inglés).
- Realizar una encuesta entre la población de los once municipios para determinar las condiciones culturales de los hogares de los cuales provienen los pacientes y la salubridad de las zonas donde se encuentran los hogares que permita explicar la dinámica de la enfermedad en el área de estudio.

## 2.4 METODOLOGÍA

### 2.4.1. Base de Datos

El estudio de las enfermedades diarreicas agudas (EDAs) se hace en función de la información del número de casos más frecuentes y representativos en el estado de Aguascalientes para el periodo 2000 al 2010, de las infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas, con código CIE 10: A04, A08-A09, (A04: infecciones intestinales bacterianas debidas a Escherichia Coli: enteropatógena, enterotoxígena, enteroinvasiva y enterohemorrágica, Campylobacter, Yersenia Enterocolitica, Clostridium Difficile; A08: Infecciones intestinales debidas a virus y otros organismos especificados: Rotavirus, Agente Norwalk, Adenovirus; y A09 Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso) a partir de los reportes mensuales del Instituto de Salud del Estado de Aguascalientes (ISEA) para los grupos quinquenales: a) menores de un año, b) 01 a 04, c) 05 a 09, d) 10 a 14, e) 15 a 19, f) 20 a 24 , g) 25 a 44, h) 45 a 49, i) 50 a 59, j) 60 a 64, k) mayores de 65 años de edad, y l) se ignora la edad. Los casos de EDA's comprenden tanto hombres como mujeres.

La producción de bases de datos cumplió con los lineamientos y directrices establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-1994 para la vigilancia epidemiológica; así como todas aquellas que hicieron referencia a la vigilancia epidemiológica de Enfermedades Transmisibles, Emergentes y Reemergentes para generar el panorama epidemiológico de esas enfermedades y la información epidemiológica veraz y oportuna para los tomadores de decisiones (SS, 2020). Los reportes semanales del Sistema de Notificación de Casos Semanales o bien de algún Sistema Especial de Vigilancia Epidemiológica, según correspondió, se entregaron a la Dirección de Información Epidemiológica.

La base de datos que cumplió con las especificaciones establecidos en el manual de procedimientos y con la norma oficial mexicana, fue proporcionada por medio de la secretaría de salud para la realización de este trabajo de investigación.

### Variables climáticas

Para el análisis de las bases de datos meteorológicas se retoma del estudio de variabilidad climática del primer capítulo, considerando las variables de calidad de datos descrita en éste. Considerando a las treinta y cuatro estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para el periodo 2000 al 2010; se obtuvieron los

promedios mensuales de las variables climáticas (temperatura media, máxima y mínima, y la precipitación pluvial) para cada uno de los once municipios del estado de Aguascalientes.

#### 2.4.2. Análisis estadístico

La agrupación de las enfermedades diarreicas agudas se realizó por grupo de edad, municipio y semana para el periodo de tiempo 2000-2010. Los datos de las bases de datos se grafican para realizar el análisis comenzando como número 1 en la semana 1 del año 2000 hasta la semana número 574, que corresponde a la semana 52 del año 2010.

La comparación de las tasas de morbilidad se realizó formando cuatro grupos para hacer más visible la comparación de éstas, los grupos de municipios son a) Aguascalientes, Asientos y Calvillo; b) Cosío, El Llano y Jesús María; c) Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo; y d) San José de Gracia y Tepezalá.

Gráficas semejantes se elaboran para observa la relación de los grupos de edad de los adultos mayores de 60 años en cada una de las semanas del periodo de estudio.

Considerando que la población del área de estudio está cambiando con el tiempo, las tasas de morbilidad por cada 10,000 habitantes fueron calculadas de acuerdo a la ecuación 2.1. La población anual, desde el año 2000 al 2010 se obtuvo de los censos generales de Población y Vivienda 2000 y 2010, así como de la Encuesta Intercensal 2015.

$$Morbilidad = \frac{\text{Número de casos semanales de EDAs}}{\text{Población anual}} \quad (2.1)$$

La estratificación de los datos epidemiológicos fue en grupos de edad: menores de 5 años, en edad escolar (5 a 14 años), jóvenes (15 a 24 años), en edad productiva (25 a 59 años) y mayores de 60 años.

Las gráficas de las series de tiempo de los promedios semanales de la tasa de EDAs y la estratificación por edades se construyen desde la semana 1 hasta la 54 para el periodo del 2000 al 2010, para cada uno de los municipios

#### 2.4.3. Análisis de correlación lineal

Se establecieron los coeficientes de correlación lineal de Pearson y el nivel de significancia estadística,  $p$ , entre las tasas de EDAs con la temperatura máxima, la

temperatura mínima y la precipitación pluvial acumulada semanalmente, y con un intervalo de confianza de 95% mediante el programa Minitab® 16.2.3.

#### 2.4.4. Desarrollo del modelo Binomial

La transformación óptima entre las variables se hizo con el uso del modelo estadístico de Box Cox. En este estudio se desarrolló un modelo matemático cíclico, para explicar la asociación entre las EDAs y las variables climáticas. Este fue una modificación de los modelos de El-Fadel et al. (2012) y Chou et al. (2010), estableciendo la asociación entre la morbilidad ( $y$ ) y la temperatura máxima ( $T_{Max}$ ), con respecto al tiempo ( $t$ ); e igualmente morbilidad y precipitación pluvial ( $P_p$ ), y los cambios que se dan entre las variables. Los posibles efectos de la estacionalidad y las tendencias a largo plazo de las variables climáticas se pueden explicar al incluir las funciones trigonométricas: seno ( $2\pi t/3$ ), coseno ( $2\pi t/4$ ) para los menores de cinco años; y seno ( $2\pi t/12$ ), coseno ( $2\pi t/12$ ) para los otros grupos de edades.

El modelo de regresión usado fue:

$$\ln(y) = a_0 + a_1 t + a_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{12}\right) + a_3 \sin\left(\frac{2\pi t}{12}\right) + a_4 \ln(T_{max}) + a_5 \ln(P_p)$$

Donde las  $\alpha_i$ 's son las constantes estimadas.

El modelo propuesto no incluyó factores socioeconómicos de la población de estudio, que podrían, probablemente, justificar los valores máximos en la dinámica de la morbilidad.

La desviación y la contribución relativa de cada variable en el modelo fueron estimadas. El análisis de regresión para este estudio se realizó utilizando el software estadístico Minitab® 16.2.3 (Minitab Inc., State College, PA).

#### 2.4.5. Correlación entre índice ONI (El Niño), La Niña y las tasas de morbilidad de las EDAs

Se establecieron los coeficientes de correlación lineal de Pearson y el nivel de significancia estadística,  $p$ , entre las tasas de EDAs con el índice ONI, y con un intervalo de confianza de 95%, mediante el programa Minitab® 16.2.3.

Las variables analizadas fueron el Índice Niño Oceánico (ONI en inglés) estimado a partir del producto ERSST.v5 SST en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W), obtenido de la página de la NOAA (2014) y las tasas de EDA's, así como también con la variabilidad climática, que incluye las variables: temperaturas máximas y mínimas, así como con la precipitación promedio acumulada.

#### **2.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos (Encuesta)**

##### **Técnicas**

Para el desarrollo de la investigación se aplicó una entrevista a las madres o a adultos mayores de 18 años que residen en el estado de Aguascalientes, con el propósito de indagar factores de riesgo sociales y biológicos asociados al cuadro diarreico, así mismo, datos relativos a edad, peso que fueron registrados en un formato diseñado para el efecto.

##### **Universo y muestra**

El universo estuvo conformado por el total de personas que habitan en el estado de Aguascalientes, del cual se seleccionaron de manera aleatoria un total de 1030 viviendas, la indagación fue dirigida a los jefes de familia o responsable del hogar al momento de realizar la encuesta. La misma se realizó partiendo del centro de la localidad, o fraccionamiento; los encuestadores realizaron las entrevistas en dirección a los cuatro puntos cardinales si la distribución así lo permitió, o en el centro y periferia de la localidad.

El tipo de muestreo fue aleatorio simple a los jefes de familia o responsable del hogar de las viviendas existentes.

##### **Técnica de recolección de datos**

La técnica utilizada, fue la entrevista cara a cara, usando una encuesta estructurada. Para su aplicación se conformó un grupo de trabajo, constituido por cinco miembros, cuatro encuestadores y un facilitador. La comunidad o localidad fue dividida en cuatro sectores, cada persona fue responsable de la aplicación de la encuesta en cada sector.

El grupo de trabajo estuvo dirigido por el facilitador, quien era el responsable de realizar el control de calidad de la encuesta, una vez terminada la entrevista.

**Criterios de inclusión:**

- Ser el jefe de familia o responsable del hogar.
- Residir en la localidad o fraccionamiento del estado de Aguascalientes.
- Tener la mayoría de edad (18 años).

**Instrumentos**

Guía de entrevista, en la encuesta aplicada (anexo 1) se investigaron las siguientes variables:

A. Datos generales de la población estudiada: estado civil, lugar de procedencia, grado de instrucción, ocupación de la madre, condiciones socioeconómicas de la familia, tipo de vivienda, servicios básicos y Edad.

B. Conocimientos sobre el manejo y prevención de la diarrea: signos de deshidratación, restricción de alimentos, tratamiento y acción a tomar en caso se presentase el cuadro diarreico

- Conducta seguida en relación con la alimentación.
- Tiempo de evolución de la enfermedad al acudir al servicio de urgencias.
- Tratamiento ofrecido por iniciativa materna.
- Causas de la enfermedad según la madre
- Acceso a atención médica y otras alternativas en su ausencia.

**Selección de los entrevistadores**

Para la aplicación de la encuesta, se reunió un equipo especial de colaboradores. Previo a la recolección de datos, se realizó una capacitación sobre el instrumento y un ensayo de la entrevista, forma correcta de llenado de las preguntas, haciendo hincapié en la presentación del equipo y los objetivos del estudio, así como recomendaciones de cortesía al contactar a las personas.

**2.4.7. Procesamiento y análisis de los datos de encuesta**

Los datos obtenidos con base al cuestionario para la aplicación de la encuesta fueron revisados asegurando que el porcentaje de las respuestas para todas las variables fuera mayor de un 95%. Las preguntas abiertas fueron categorizadas a posteriori. La base de datos fue diseñada en Microsoft Excel ®2010.

El análisis estadístico realizado para las diferentes variables fueron los porcentajes, las medidas de tendencia central y dispersión. En forma general, se trata de contrastar las respuestas de la población con el instrumento y variables que se pretenden medir para finalmente proceder a su análisis y emitir recomendaciones.



## 2.5 RESULTADOS

### 2.5.1 Casos registrados de EDAs registrados en el periodo 2000-2010.

Los casos totales reportados de EDAs en las diferentes unidades médicas del Estado, desde enero 2000 a diciembre 2010, fueron 816,354, como se muestra en el cuadro 2.1. Así como también los casos en los diferentes estratos de EDAs y los resultados de la variabilidad climática.

*Cuadro 2.1. Descripción de casos de diarrea por grupo y variables climáticas estudiadas del periodo 2000-2010.*

	Total	Media ± SD	Mínimo	Máximo
<b>Número de casos de diarrea por edades</b>				
Total	816,354	6184.5 ± 2602.2	3,063	18,243
0-4 años	282,353	2139.0 ± 893.0	764	4,795
5-14 años	133,285	1009.7 ± 504.6	373	3,234
15-24 años	94,793	718.1 ± 345.3	350	2,640
25- 59 años	247,750	1876.9 ± 829.4	876	5,715
más de 60 años	58,173	440.7 ± 235.2	214	1,870
<b>Variables climáticas</b>				
Temperatura media diaria (°C)		17.7 ± 3.5	5.5	24.8
Temperatura mínima diaria (°C)		8.8 ± 4.3	-4.2	16.1
Temperatura máxima diaria (°C)		26.6 ± 3.4	9.5	35.8
Precipitación pluvial total diaria (mm)		1.5 ± 3.9	0.0	39.7
Precipitación mensual acumulada (mm)		45.3 ± 56.15	0	243

En las figuras 2.2a – 2.2c se presenta el número de casos reportados de las EDAs en cada uno de los municipios por semana epidemiológica durante el periodo 2000- 2010. En general en el año 2010 se observó un incremento en el número de casos para todos los grupos de edad.

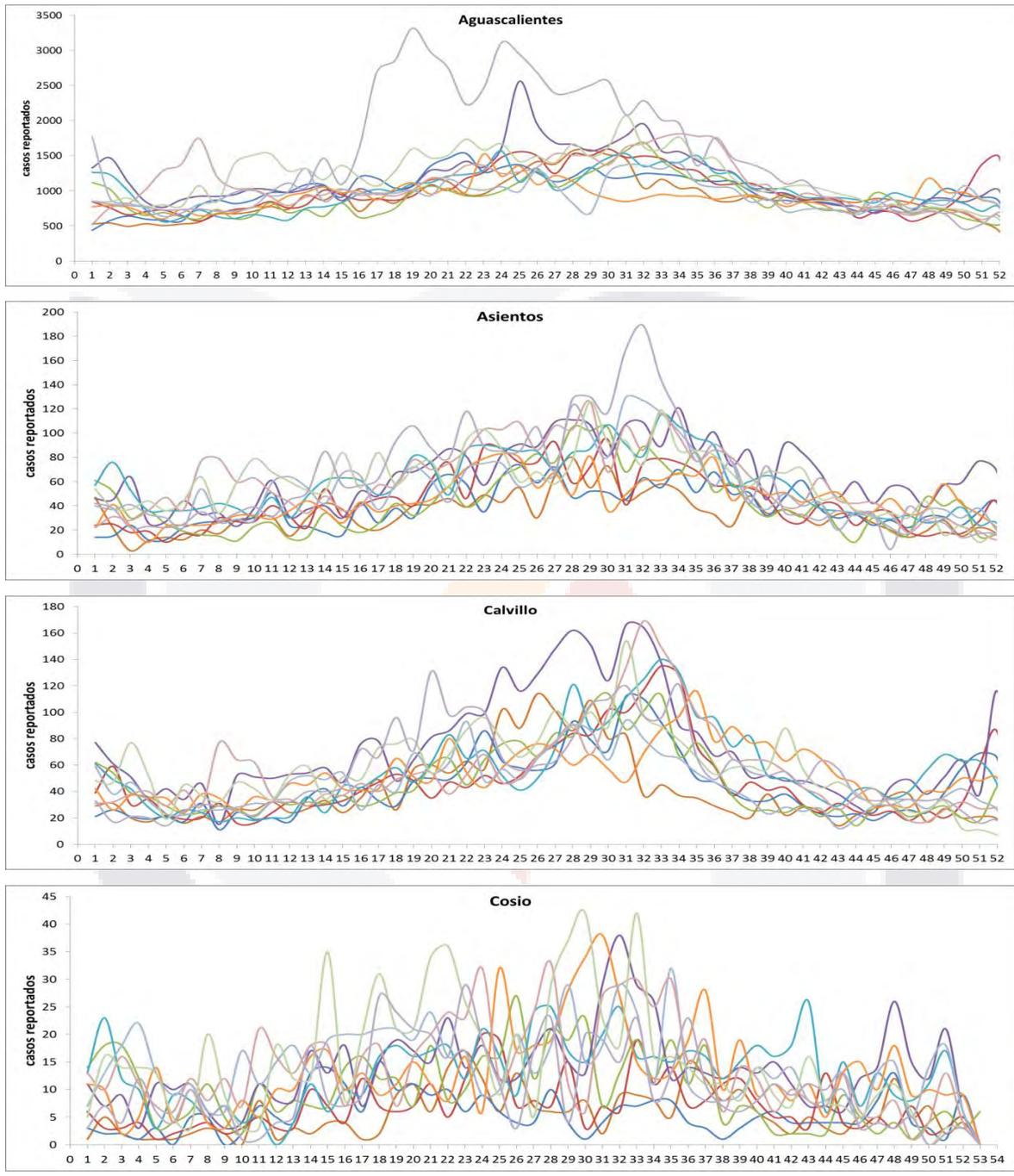


Figura 2.2a. Casos reportados de EDAs en los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo y Cosío en las semanas epidemiológicas, del periodo de tiempo 2000-2010

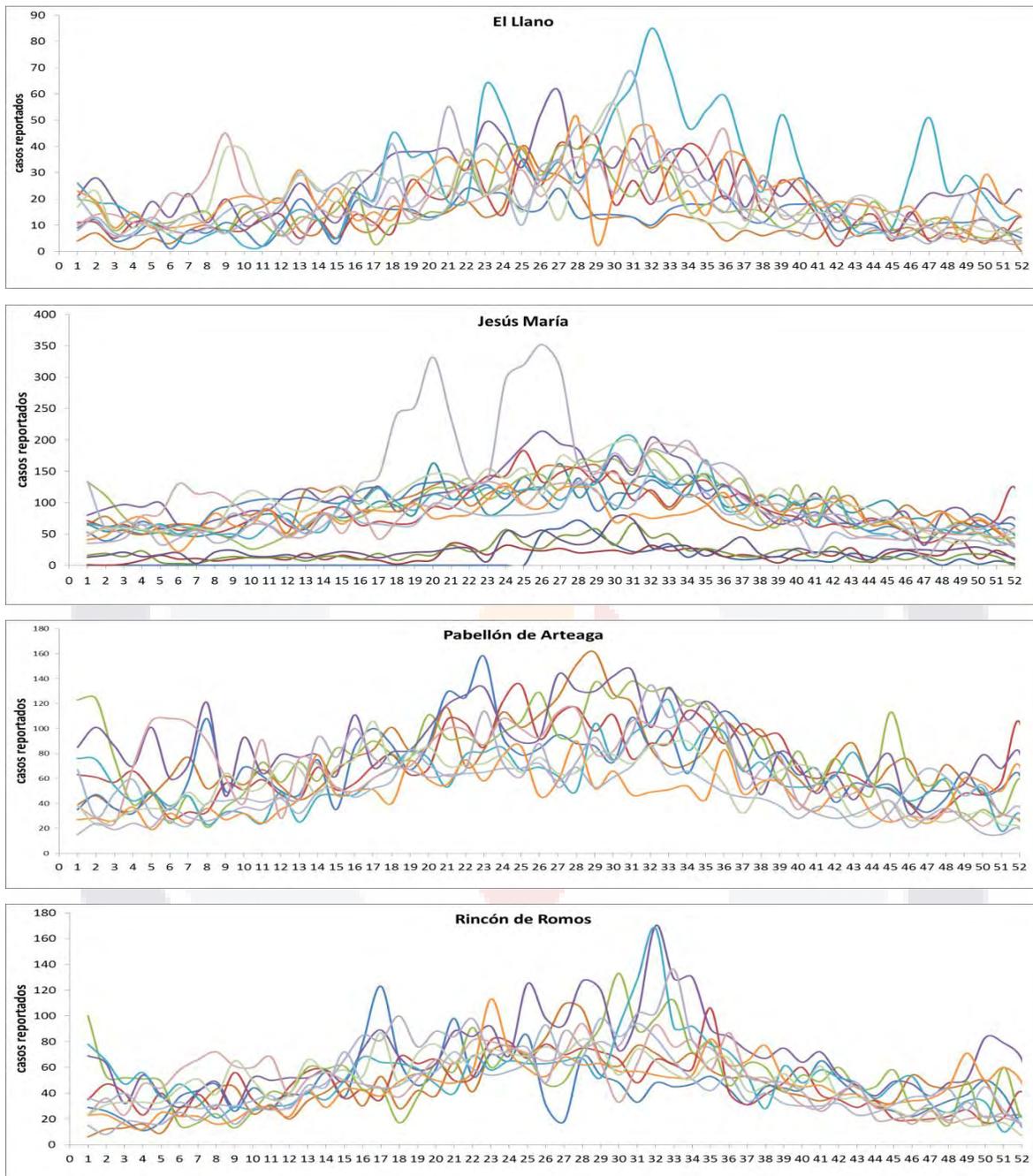


Figura 2.2b. Casos reportados de EDAs en los municipios de El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos en las semanas epidemiológicas, del periodo de tiempo 2000-2010

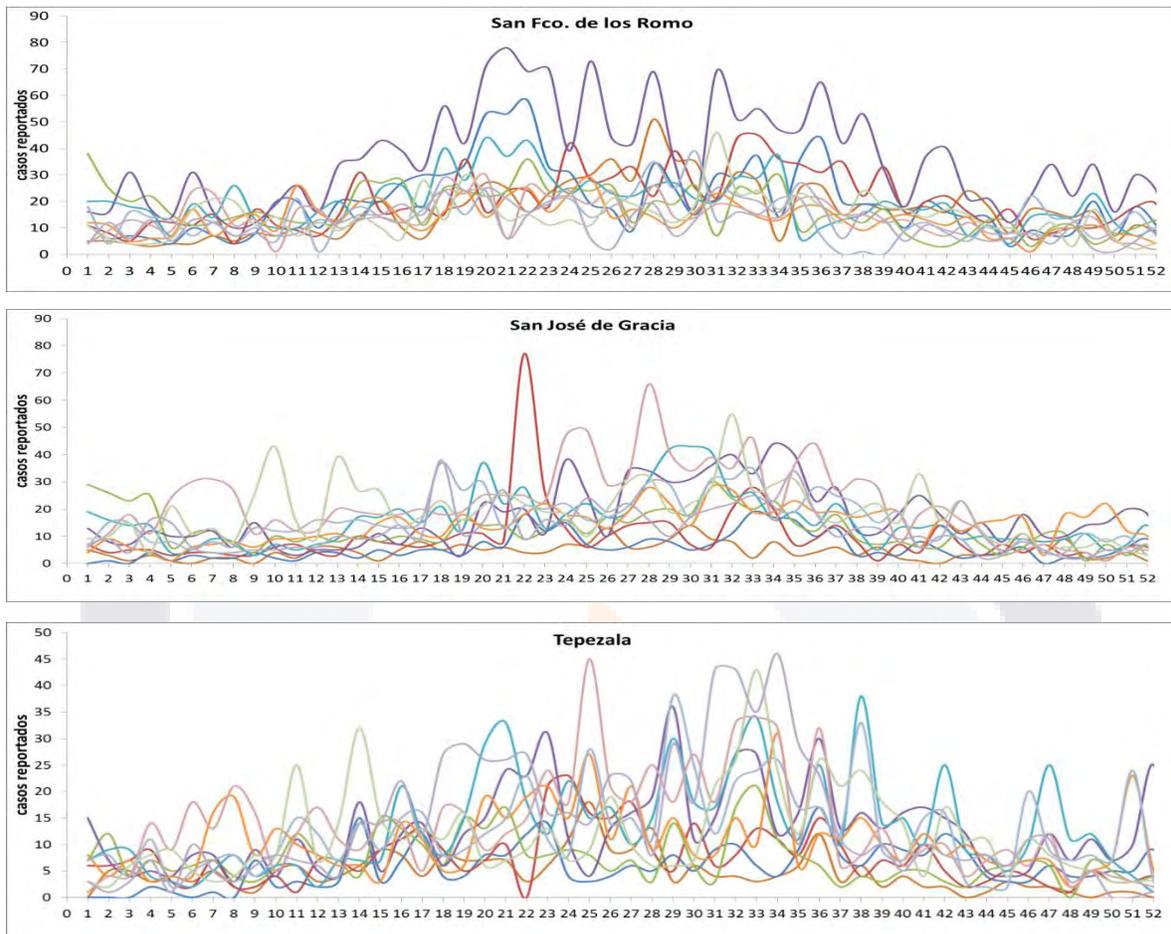


Figura 2.2c. Casos reportados de EDAs en los municipios de San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá, en las semanas epidemiológicas, del periodo de tiempo 2000-2010.

La figura 2.3 muestra el comparativo entre los diez municipios, exceptuando a Aguascalientes, porque concentra aproximadamente el 70% de la población estatal. De aquí se observa que a partir de la semana 18 y hasta la 33, corresponde a los meses calurosos y periodos húmedos, y hubo un incremento en la incidencia de EDAs; que coincide con la feria de San Marcos y se extiende hasta finales de las vacaciones de verano en el estado.

Los municipios que tienen el mayor número de casos de EDAs son Aguascalientes, Jesús María, Pabellón, Calvillo, Asientos y Rincón de Romos; los municipios con menos casos son: El Llano, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá. Que no necesariamente está de manera proporcional con el tamaño de la población de cada municipio

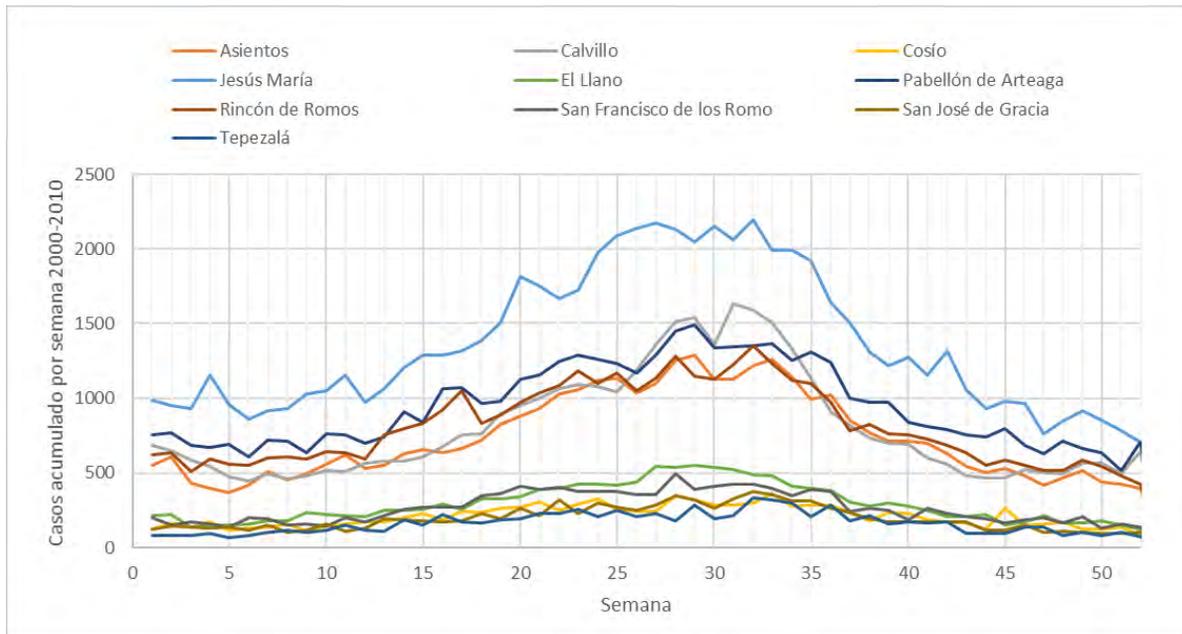


Figura 2.3. Comparativo por municipios, excepto el de Aguascalientes, de casos de EDAs acumulados semanales en el periodo 2000-2010.



Figura 2.4 Casos de EDAs acumulados semanales en el periodo 2000-2010 en el municipio de Aguascalientes.

**2.5.2. Tasa de morbilidad de EDAs por municipio y principales grupos de Edad de interés.**

En la figura 2.5a – 2.5b se presentan las series de tiempo semanal de las tasas de morbilidad de las EDAs para cada uno de los municipios, en el periodo de tiempo del 2000 al 2010.

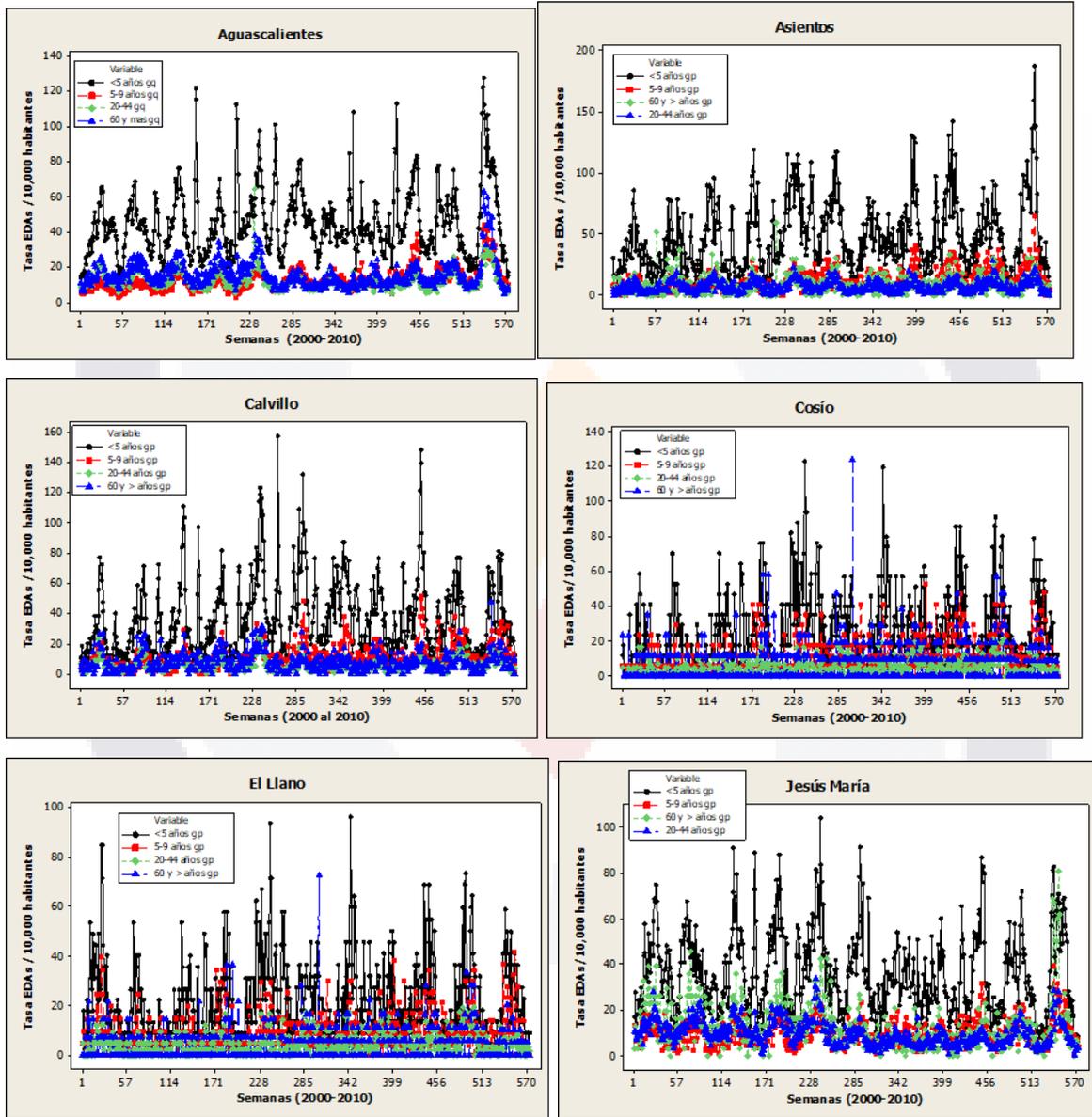


Figura 2.5a. Series de tiempo semanal de los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano, Jesús maría, de los cuatro grupos de edad en el periodo de tiempo del 2000 al 2010.

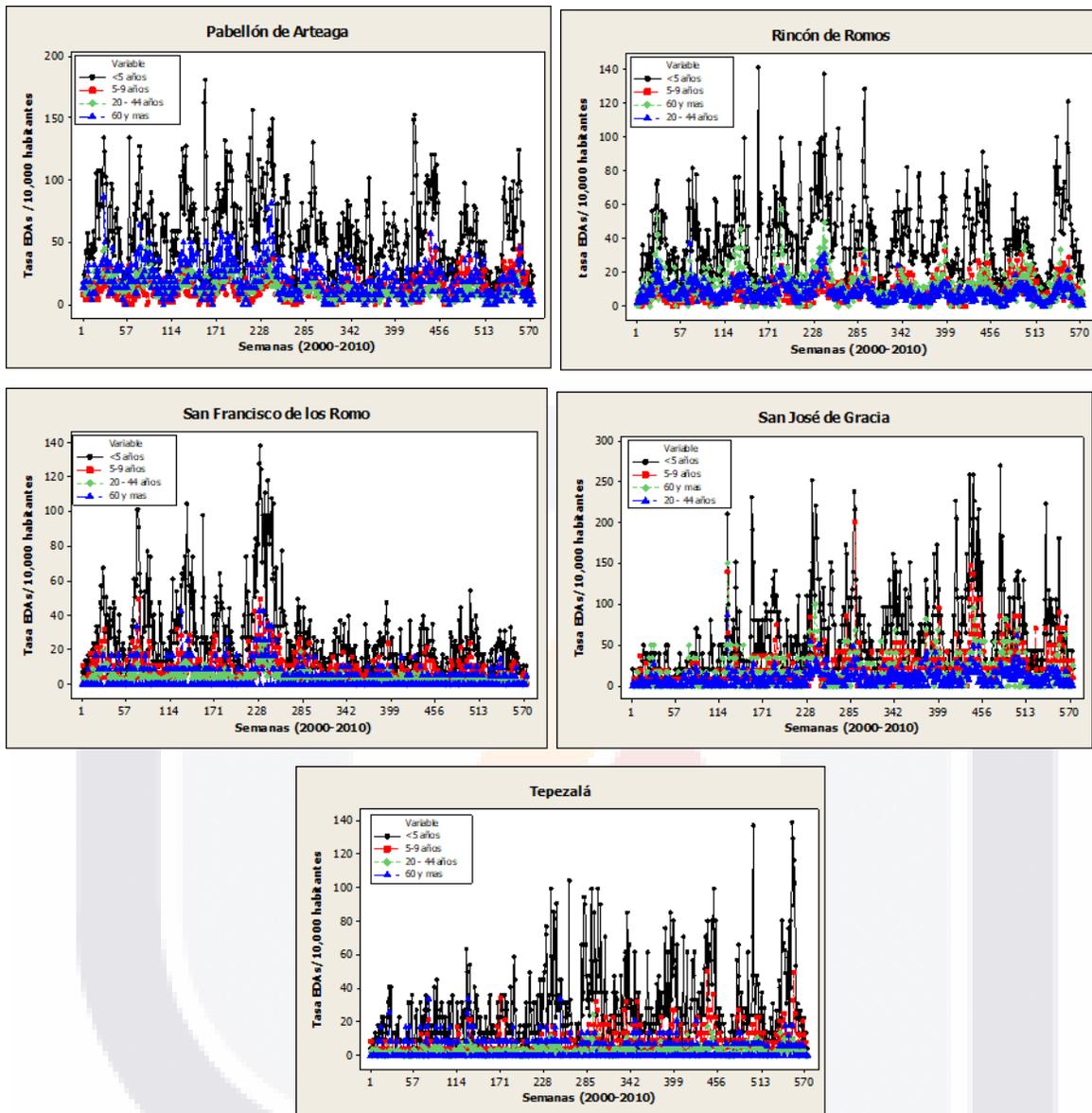


Figura 2.5b. Series de tiempo semanal de los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá de los cuatro grupos de edad en el periodo de tiempo del 2000 al 2010.

Con el propósito de hacer una comparación de los grupos de edad más vulnerables en cada municipio del estado de Aguascalientes, se realizaron graficas de series de tiempo de las tasas de morbilidad de EDAs/10,000 habitantes contra el número de semana consecutivo, comenzando como número 1 en la semana 1 del año 2000 hasta la semana número 574 que corresponde a la semana 52 del año 2010. Se realizaron cuatro grupos a modo de hacer más visible la comparación de las tasas, estos grupos de municipios son a) Aguascalientes, Asientos y Calvillo; b) Cosío, El Llano y Jesús María; c) Pabellón de

Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo; y d) San José de gracia y Tepezalá (FIGURA 2.6).

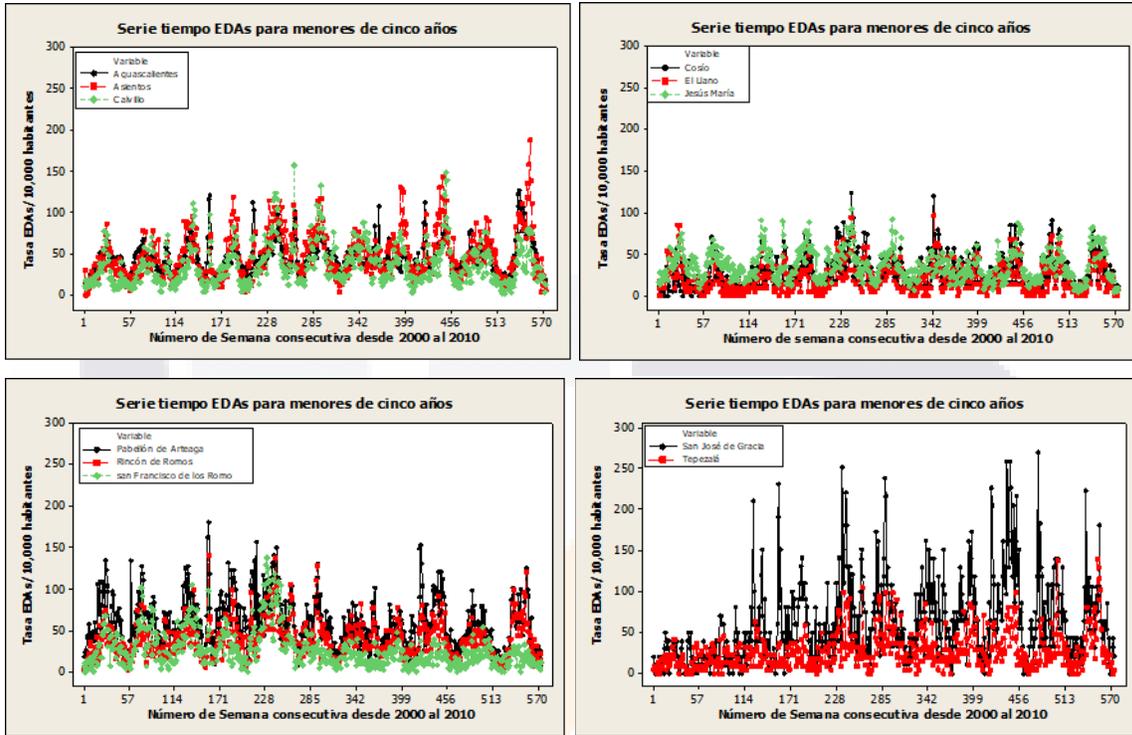


Figura 2.6. Series de tiempo de las tasas de morbilidad de EDAs para el grupo de los menores de cinco años desde la semana 1 del año 2000 hasta la semana 52 del año 2010

El mismo tipo de gráficas se realizó para el grupo de edad de los adultos mayores de 60 años. Los resultados se muestran en la figura 2.7a y 2.7b

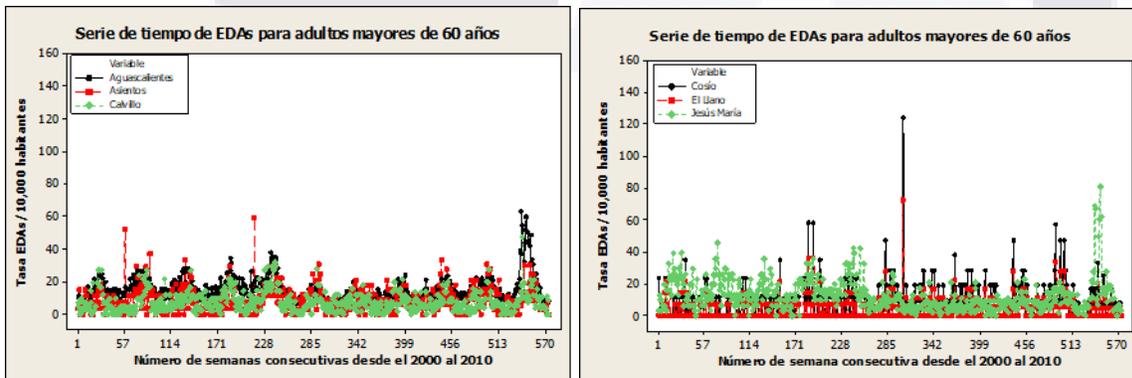


Figura 2.7 a. Series de tiempo de las tasas de EDAs para el grupo de los adultos mayores de 60 años desde la semana 1 del año 2000 hasta la semana 52 del año 2010 para los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano y Jesús María.

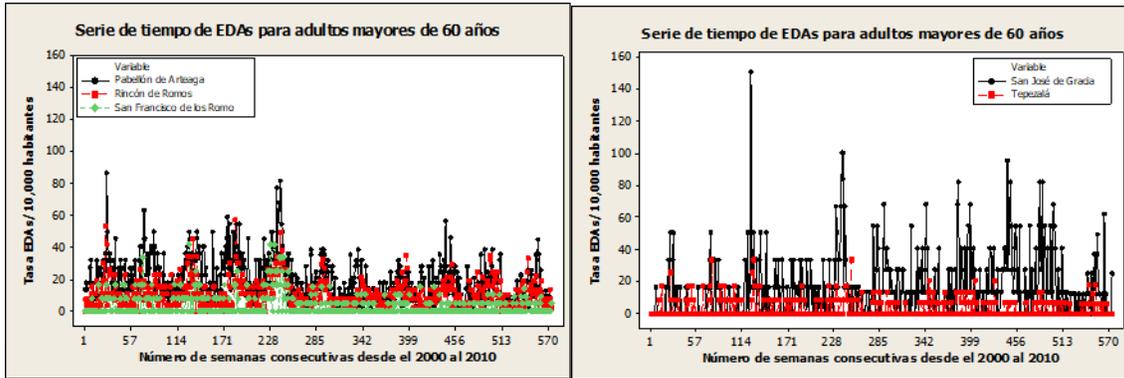


Figura 2.7 b. Series de tiempo de las tasas de EDAs para el grupo de los adultos mayores de 60 años de edad desde la semana 1 del año 2000 hasta la semana 52 del año 2010 para los municipios de Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San Francisco de los Romo San José de gracia y Tepezalá.

En las figuras 2.8a-2.8b se muestran las series de tiempo de los promedios semanales de las tasas de EDAs en el periodo de estudio 2000 al 2010 por municipio. En todos los municipios se observa que los menores de 5 años son los que presentaron las mayores tasas de EDAs en los años de estudio.

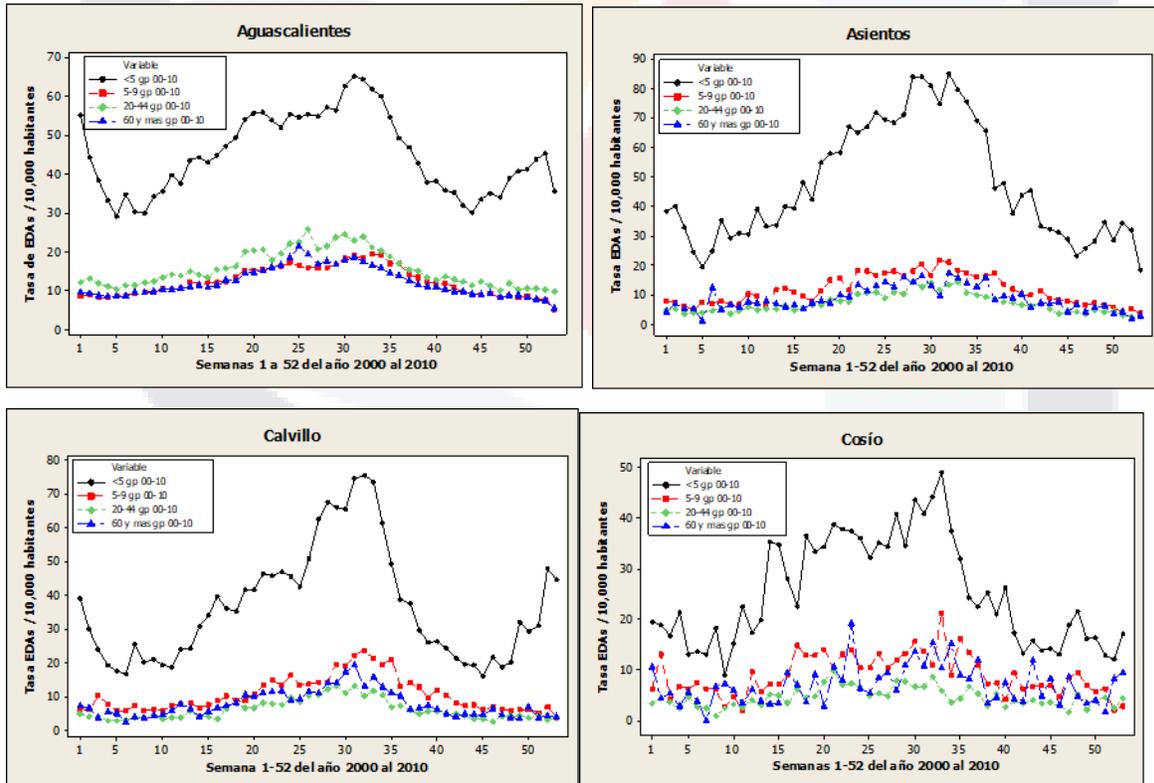


Figura 2.8 a. Series de tiempo de los promedios semanal de las tasas de EDAs en los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo y Cosío de cuatro grupos de edades, del periodo 2000 al 2010.

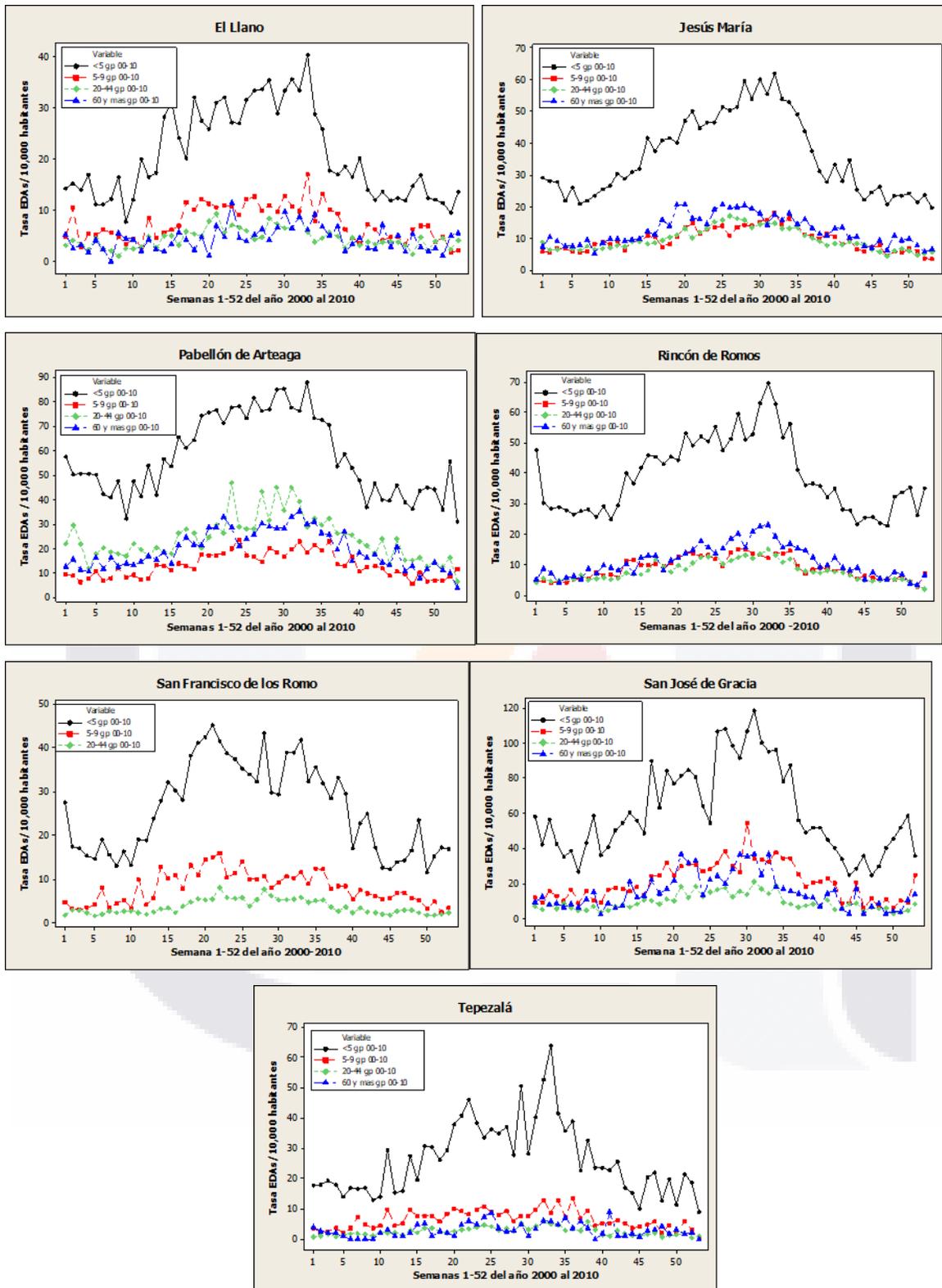


Figura 2.8b. Series de tiempo de los promedios semanal de las tasas de EDAs en los municipios de El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá de cuatro grupos de edades, del periodo 2000 al 2010.

**2.5.3. Análisis de correlación lineal entre los casos de EDAs con la temperatura máxima, la temperatura mínima y la precipitación acumulada semanal.**

El análisis de la correlación estadística de Pearson mostró la asociación que existe entre los casos de EDAs, estratificados por edad, y las variables climáticas (temperatura máxima y mínima y la precipitación pluvial). La correlación obtenida de la asociación entre la precipitación pluvial y los casos de EDAs se muestra en los cuadros 2.2 a y 2.2b.

*Cuadro 2.2a Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la precipitación pluvial acumulada semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R<sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística*

Municipios	Grupos de Edad				
		< 5 años	5 a 9 años	20 a 44 años	60 y más años
Aguascalientes	R	0.686	0.820	0.806	0.781
	R <sup>2</sup>	46.60%	65.40%	64.00%	64.20%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Asientos	R	0.769	0.891	0.808	0.736
	R <sup>2</sup>	59.30%	64.00%	64.10%	54.50%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Calvillo	R	0.767	0.871	0.807	0.768
	R <sup>2</sup>	58.90%	75.90%	75.90%	58.90%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Cosío	R	0.647	0.597	0.479	0.471
	R <sup>2</sup>	41.90%	35.70%	23.00%	22.20%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
El Llano	R	0.641	0.655	0.480	0.558
	R <sup>2</sup>	41.10%	42.90%	23.10%	31.20%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000

Cuadro 2.2b Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la precipitación pluvial acumulada semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R<sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística

Municipios	Grupos de Edad				
		< 5 años	5 a 9 años	20 a 44 años	60 y más años
Jesús María	R	0.762	0.728	0.820	0.650
	R <sup>2</sup>	58.00%	53.00%	67.20%	45.40%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Pabellón de Arteaga	R	0.715	0.740	0.739	0.746
	R <sup>2</sup>	51.10%	54.80%	54.60%	55.60%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Rincón de Romos	R	0.683	0.660	0.764	0.813
	R <sup>2</sup>	46.60%	43.60%	58.40%	66.10%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
San Francisco de los Romo	R	0.602	0.502	0.662	0.387
	R <sup>2</sup>	36.20%	25.20%	43.80%	15.00%
	p	0.000	0.000	0.000	0.005
San José de Gracia	R	0.737	0.769	0.716	0.632
	R <sup>2</sup>	54.30%	59.20%	51.20%	40.00%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Tepezalá	R	0.639	0.599	0.645	0.418
	R <sup>2</sup>	40.90%	35.80%	41.50%	17.50%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000

En el cuadro 2.3a y b se muestran bajas y altas correlaciones del análisis semanal para temperatura máxima.

Cuadro 2.3a. Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la temperatura máxima semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R<sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística.

Municipios	Grupos de Edad				
		< 5 años	5 a 9 años	20 a 44 años	60 y más años
Aguascalientes	R	0.529	0.709	0.710	0.712
	R <sup>2</sup>	31.10%	51.20%	49.40%	50.10%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Asientos	R	0.600	0.622	0.566	0.498
	R <sup>2</sup>	37.30%	40.30%	32.10%	24.40%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Calvillo	R	0.276	0.293	0.380	0.376
	R <sup>2</sup>	7.60%	8.60%	14.40%	14.20%
	p	0.045	0.033	0.005	0.005
Cosío	R	0.622	0.518	0.587	0.288
	R <sup>2</sup>	33.80%	19.50%	24.40%	4.00%
	p	0.000	0.000	0.000	0.037
El Llano	R	0.718	0.599	0.593	0.285
	R <sup>2</sup>	51.50%	35.90%	35.20%	8.10%
	p	0.000	0.000	0.000	0.036
Jesús María	R	0.715	0.686	0.684	0.732
	R <sup>2</sup>	51.10%	47.00%	46.80%	53.50%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000

Cuadro 2.3b. Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la temperatura máxima semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010. R es el coeficiente de correlación y R<sup>2</sup> el coeficiente de determinación (variabilidad explicada); p es la significancia estadística.

Municipios	Grupos de Edad				
		< 5 años	5 a 9 años	20 a 44 años	60 y más años
Pabellón de Arteaga	R	0.648	0.653	0.524	0.683
	R <sup>2</sup>	42.00%	42.70%	27.40%	47.60%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Rincón de Romos	R	0.589	0.763	0.665	0.584
	R <sup>2</sup>	34.70%	58.20%	44.30%	34.00%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
San Francisco de los Romo	R	0.802	0.816	0.702	0.638
	R <sup>2</sup>	62.30%	66.60%	49.20%	40.80%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
San José de Gracia	R	0.504	0.525	0.529	0.558
	R <sup>2</sup>	25.40%	27.50%	28.00%	31.10%
	p	0.000	0.000	0.000	0.000
Tepezalá	R	0.592	0.674	0.584	0.349
	R <sup>2</sup>	35.1%	45.4%	34.1%	12.2%
	p	0.000	0.000	0.000	0.010

En el caso de la temperatura mínima (cuadro 2.4) la correlación para los menores de 5 años fue superior a 0.65 (más de 42% de la variabilidad explicada). Para los otros grupos se observan valores también superiores a 0.5 con variaciones igualmente superiores a 50%.

El análisis de correlación mostró la cuantificación de la asociación entre los casos semanales de diarrea y las variables climáticas durante el período de estudio, siendo significativa en su correlación por tener valores mayores a 0.47 y valores de P iguales a 0.0.

Cuadro 2.4. Relación lineal entre los casos de EDAs por grupo de edad y la temperatura mínima semanal del periodo de tiempo 2000 al 2010.  $R$  es el coeficiente de correlación y  $R^2$  el coeficiente de determinación (variabilidad explicada);  $p$  es la significancia estadística.

Municipios		Edad			
		< 5 años	5 a 9 años	20 a 44 años	60 y más años
Aguascalientes	R	0.693	0.934	0.892	0.872
	R <sup>2</sup>	50.50%	85.90%	75.10%	78.50%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
Asientos	R	0.843	0.891	0.860	0.783
	R <sup>2</sup>	71.20%	80.50%	73.10%	61.10%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
Calvillo	R	0.650	0.794	0.790	0.736
	R <sup>2</sup>	42.30%	63.10%	61.60%	54.20%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
Cosío	R	0.790	0.673	0.657	0.449
	R <sup>2</sup>	59.90%	46.00%	43.10%	21.70%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.001
El Llano	R	0.801	0.738	0.667	0.481
	R <sup>2</sup>	64.10%	54.40%	44.50%	23.10%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
Jesús María	R	0.854	0.873	0.859	0.856
	R <sup>2</sup>	72.70%	76.30%	73.60%	73.20%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
Pabellón de Arteaga	R	0.782	0.864	0.738	0.850
	R <sup>2</sup>	61.10%	74.60%	54.40%	72.20%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
Rincón de Romos	R	0.766	0.886	0.879	0.851
	R <sup>2</sup>	58.70%	78.50%	77.30%	72.40%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
San Francisco de los Romo	R	0.835	0.796	0.798	0.652
	R <sup>2</sup>	69.70%	63.40%	63.60%	42.50%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
San José de Gracia	R	0.718	0.795	0.725	0.706
	R <sup>2</sup>	51.60%	63.30%	52.60%	49.00%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000
Tepezalá	R	0.768	0.777	0.774	0.500
	R <sup>2</sup>	59.0%	60.3%	60.0%	25.0%
	$p$	0.000	0.000	0.000	0.000

### 2.5.4. Modelo estadístico

El presente estudio desarrolló un modelo de regresión que tuviera la mayor correlación para la asociación entre las tasas de morbilidad y las variables climáticas ( $r^2 \geq 0.5$  y valores de  $p < 0.05$ ). El modelo de regresión mostró un buen ajuste para la asociación que existe entre la tasa de morbilidad de EDAs, para niños de 5 a 9 años, y las variables climáticas presentadas en el periodo de estudio (figura 2.9).

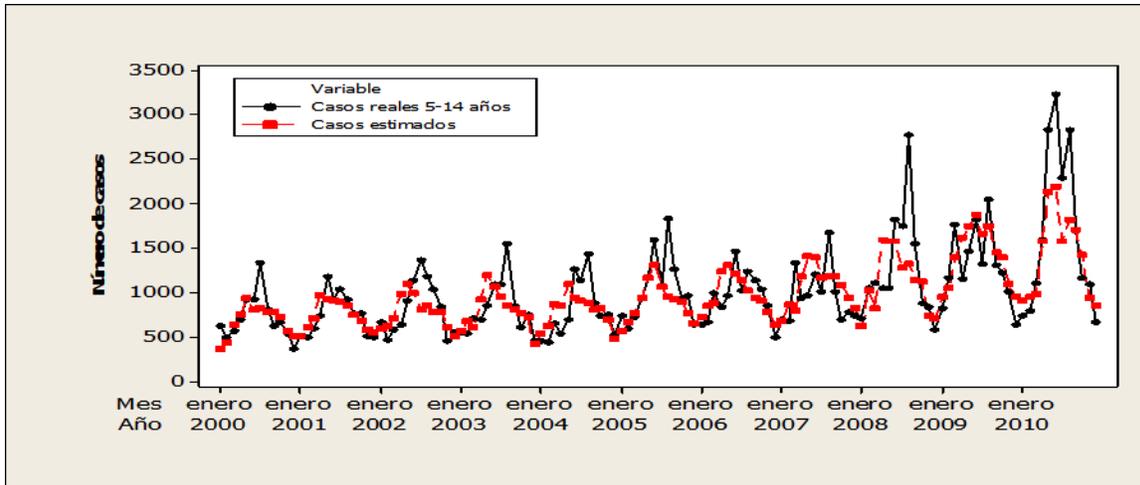


Figura 2.9 Comparación de los casos observados de EDAs para el grupo de edad entre 5 y 14 años de edad y los casos estimados por el modelo, considerando a la Temperatura máxima y la mínima, así como la precipitación acumulada. Los círculos rojos representan las predicciones del modelo. Los puntos negros representan los casos observados de morbilidad de EDAs

Los resultados del cuadro 2.5 indican que el modelo propuesto estimó la morbilidad de EDAs para la población total, en un 46.41%, con valores comprendidos entre 55.58% y 61.54% para la estratificación entre cinco y sesenta años. La menor correlación fue para el grupo de menores de cinco años con un 32.72%. Este comportamiento en los niños menores de 5 años puede explicarse, probablemente, a una mayor susceptibilidad a enfermarse, a características socio-culturales y a su alimentación.

El modelo Box-Cox fue empleado para obtener un mejor ajuste, como se muestra en el cuadro 3.5 con un ligero incremento para la tasa total, con un 47.25%. Y del 31.35 % para los menores de 5 años, ligeramente inferior. Y en los otros grupos hubo un incremento, teniendo un 57.43 al 63.71% de correlación.

Cuadro 2.5a. Coeficientes estimados del modelo de regresión binomial usando Box Cox y los intervalos de confianza.

	Coeficientes	SD	valor p	r <sup>2</sup>
<b>Población Total</b>				
Constante	-4.16297	1.78453	0.021	0.4725
tiempo	0.00179	0.00089	0.046	
Coseno (2π/12)	0.00163	0.00308	0.598	
Seno (2π/12)	-0.00647	0.00311	0.039	
Ln T <sub>máx</sub>	0.09837	0.0133	0.000	
Ln Pp	0.00207	0.00037	0.000	
<b>Menores de 5 años</b>				
Constante	-4.20943	9.83478	0.669	0.3135
tiempo	0.00166936	0.00489	0.733	
Coseno (2π/4)	0.00354943	0.02191	0.872	
Seno (2π/3)	0.01924913	0.02119	0.365	
Ln T <sub>máx</sub>	0.70032825	0.14066	0.000	
Ln Pp	0.01747207	0.00393	0.000	
<b>Estudiantes (5-14 años)</b>				
Constante	-58.6892	12.9686	0.000	0.6023
tiempo	0.0281	0.0064	0.000	
Coseno (2π/12)	-0.0154	0.0224	0.493	
Seno (2π/12)	-0.026	0.0226	0.252	
Ln T <sub>máx</sub>	0.09128	0.0967	0.000	
Ln Pp	0.0132	0.0027	0.000	
<b>Jóvenes (15-24 años)</b>				
Constante	-8.54257	5.33063	0.112	0.6031
tiempo	0.00329	0.00265	0.217	
Coseno (2π/12)	-0.0139	0.0092	0.133	
Seno (2π/12)	-0.03325	0.00928	0.000	
Ln T <sub>máx</sub>	0.36374	0.03974	0.000	
Ln Pp	0.00748	0.0011	0.000	
<b>Adultos (25-59 años)</b>				
Constante	-8.03838	3.12664	0.011	0.6371
tiempo	0.00346	0.00155	0.0287	
Coseno (2π/12)	0.0048	0.00535	0.372	
Seno (2π/12)	-0.027784	0.00544	0.000	
Ln T <sub>máx</sub>	0.21545	0.02302	0.000	
Ln Pp	0.0093	0.00114	0.000	

Cuadro 2.5b. Coeficientes estimados del modelo de regresión binomial usando Box Cox y los intervalos de confianza.

<b>Mayores de 60 años</b>				
Constante	-75.5203	19.7691	0.000	0.5743
tiempo	0.0355949	0.0098	0.000	
Coseno (2π/12)	0.0204134	0.0338	0.547	
Seno (2π/12)	-0.0897397	0.0344	0.000	
Ln T <sub>máx</sub>	1.3033	0.1456	0.000	
Ln Pp	0.0500841	0.0072	0.000	

El mejoramiento en la correlación se realizó con la variación en los términos considerados en el modelo binomial, con Box Cox, mostrado en los cuadros 2.6 y 2.7 donde puede observarse que el lado izquierdo de la ecuación es la que tuvo cambios.

Cuadro 2.6. Variabilidad de la ecuación para los grupos de edades usando Box Cox

<b>Modelo</b>	
$\ln(y) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{12}\right) + \alpha_3 \sin\left(\frac{2\pi t}{12}\right) + \alpha_4 \ln(T_{Max}) + \alpha_5 \ln(Pp)$	
<b>Población Total</b>	$\ln \frac{1}{y} =$
<b>Estudiantes (5-14 años)</b>	$\ln(\ln(y)) =$
<b>Jóvenes (15-24 años)</b>	$\ln \sqrt{y} =$
<b>Adultos (25-59 años)</b>	$\ln \frac{1}{y} =$
<b>Mayores de 60 años</b>	$\ln(\ln(y)) =$

Cuadro 2.7. Variabilidad de la ecuación para el grupo menores de 5 años usando Box Cox

<b>Modelo</b>	
$= \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{4}\right) + \alpha_3 \sin\left(\frac{2\pi t}{3}\right) + \alpha_4 \ln(T_{Max}) + \alpha_5 \ln(Pp)$	
<b>Menores de 5 años</b>	$Ln\sqrt{y} =$

### 2.5.5. Correlación entre índice ONI (Niño) y las tasas de morbilidad de las EDAs

Se obtuvo una correlación de Pearson del índice ONI de valores superiores a 0.5 con las tasas de EDAs (El fenómeno de El Niño no es la causa del incremento de EDAs, sólo muestra que están relacionadas una con la otra.) con coeficiente de correlación (r) - 0.55 con valor de significancia (P) de 0.001.

Lo que significa que hay una relación inversamente proporcional moderada entre el índice ONI positivo (fenómeno El Niño) y el número de Tasas de EDAs en el periodo 2000 al 2010.

En el periodo analizado, la tasa de reporte de EDAs promedio a nivel estatal fue de 20.07 episodios por cada 10,000 personas; la cual fue similar a la presentada en condiciones neutras y durante los fenómenos El Niño (20.46 y 20.25 episodios por cada 10,000 habitantes), respectivamente, así mismo durante los fenómenos La Niña fue de 18.06 episodios por cada 10,000 habitantes, la cual fue inferior a la obtenida en condiciones Neutras o de El Niño, pero no existió diferencia significativa en las condiciones estudiadas (cuadro 2.10).

Durante los fenómenos observados, la tasa de EDA'S en condiciones El Niño fue de 44.37 episodios por cada 10,000 habitantes, En condiciones neutras fue de 46.33 episodios por cada 10,000 y en el fenómeno la Niña 41.41. (Cuadro 2.8).

Al correlacionarse la tasa de morbilidad de EDA'S con el ONI, se observó correlación significativa para los tres grupos de edades, en el caso del fenómeno La Niña y de condiciones neutras no se encontraron correlación con el ONI.

Cuadro 2.8. Media y Desviación estándar de la tasa de reportes de enfermedad diarreica aguda (episodios por cada 10,000 habitantes) en menores de cinco años, personas entre 5 a 59 años y adultos mayores de 60 años en presencia del fenómeno El Niño, La Niña y en condiciones neutras en el periodo 2000-2010.

	El Niño	La Niña	Condiciones neutras	Valor P*
Menores de 5 años	20.25 ± 6.37	18.06 ± 5.48	20.46 ± 4.50	0.000
Personas de 5 a 59 años	44.37 ± 14.36	41.41 ± 13.78	46.33 ± 10.94	0.001
Mayores de 60 años	3.86 ± 1.4	3.64 ± 1.23	4.0 ± 0.82	0.001

\*Test de Levene

### 2.5.5.1 Análisis de la correlación entre la tasa de morbilidad de EDAS por municipio con las condiciones climatológicas, el índice de oscilación del fenómeno de El Niño.

Para determinar si en cada municipio se puede presentar alguna relación entre las tasas de morbilidad de EDAs y el índice de oscilación del fenómeno de El Niño se realizó el análisis de correlación de Pearson.

Cuadro 2.9a Correlación entre la tasa de morbilidad de EDAs (por cada 10,000 habitantes) en cada municipio y las variables climatológicas, así como el índice de oscilación de El Niño

		Pp	T máx	T mín	Oscilación
Aguascalientes	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.686	0.529	0.693	-0.557
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
Asientos	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.769	0.600	0.843	-0.498
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
Calvillo	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.755	0.268	0.644	-0.592
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000

Cuadro 2.9b Correlación entre la tasa de morbilidad de EDAs (por cada 10,000 habitantes) en cada municipio y las variables climatológicas, así como el índice de oscilación de El Niño

Cosío	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.622	0.706	0.790	-0.421
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
El Llano	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.632	0.702	0.798	-0.548
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
Jesús María	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.771	0.710	0.854	-0.620
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
Pabellón	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.731	0.656	0.798	-0.597
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
Rincón de Romos	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.683	0.590	0.766	-0.581
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
San Fco. De los Romo	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.602	0.793	0.832	-0.518
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
San José de Gracia	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.760	0.487	0.725	-0.599
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
Tepezalá	<i>Correlación</i>				
	<i>Pearson</i>	0.634	0.587	0.765	-0.488
	<i>Valor P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000

**2.5.5.2 Análisis de la correlación entre el número de días con temperaturas mayores a 30°C, el fenómeno de El Niño, La Niña y la tasa de EDAS.**

De la correlación del fenómeno El niño con el número de días con temperaturas mayores al percentil 90 (30°C) se observó correlación inversa significativa con el incremento de días, también se encontró correlación directa significativa con las tasas de EDAS (cuadro 2.10).

En el periodo de estudio 2000-2010 se encontró correlación con el número de días con precipitación diferente de cero y las tasas de morbilidad de EDA'S en los tres grupos de edad (menores de 5 años, de 5 a 59 años y mayores de 60 años), pero no se encontró correlación con el fenómeno La Niña, ni bajo condiciones neutras (Cuadro 2.11).

*Cuadro 2.10. Coeficiente y valor P de la tasa de reportes de enfermedad diarreica aguda (episodios por cada 10,000 habitantes) en menores de cinco años, personas entre 5 a 59 años y adultos mayores de 60 años en presencia del fenómeno el Niño, La Niña y en condiciones neutras en el periodo 2000-2010*

	La Niña		El Niño		Condiciones neutras	
	Coeficiente	valor P	Coeficiente	valor P	Coeficiente	valor P
Menores de 5 años	0.361	0.019	-0.648	0.000	-0.079	0.590
Personas de 5 a 59 años	0.154	0.329	-0.552	0.001	-0.054	0.711
Mayores de 60 años	0.101	0.523	-0.453	0.009	-0.041	0.778

Cuadro 2.11. Coeficiente y valor P de la tasa de reportes de enfermedad diarreica aguda (episodios por cada 10,000 habitantes) en menores de cinco años, personas entre 5 a 59 años y adultos mayores de 60 años en presencia del fenómeno el Niño, La Niña y en condiciones neutras y en días con temperaturas mayores de 30°C y de días con precipitación diferente de cero milímetros en el periodo 2000-2010.

	Fenómeno de El Niño		Fenómeno de La Niña		Condiciones neutras	
	número de días T>=30°C		Número de días Pp>0 mm		Número de días Pp>0 mm	
	Coeficient e	valor P	Coeficient e	Valor P	Coeficient e	Valor P
Menores de 5 años	0.444	0.011	0.704	0.000	0.465	0.001
Personas de 5 a 59 años	0.576	0.001	0.767	0.000	0.618	0.000
Mayores de 60 años	0.526	0.002	0.691	0.000	0.657	0.000
Condición	-0.430	0.014	0.251	0.100	0.084	0.568

### 2.5.6. Condiciones socio- culturales y de salubridad

Para determinar las condiciones de salubridad del área o cercanía de las viviendas a posibles fuentes de infección o a vectores causantes de EDAs, se obtuvo la siguiente información (figura 2.10) de la encuesta realizada en cada municipio relativa a cercanía de las viviendas a vertederos de basura, lotes baldíos, huertos o áreas de cultivo, presas, ríos o arroyos de agua y lugares donde se almacenan o resguardan productos del campo o plaguicidas o fertilizantes.

De la figura 2.10 es notable el hecho que la población del municipio de San José de Gracia un poco más del 58% vive cerca de la presa Elías Calles, siendo quizás ésta la razón de las tasas de morbilidad de EDAs tan elevadas, en comparación con los otros municipios del Estado. La población encuestada en el municipio de Pabellón indicó que cerca del 33% vive cerca de arroyos de agua y a áreas de cultivo o huertas.

En Calvillo la población manifestó que más del 50% vive en áreas cercanas a huertas o cultivos, arroyos de agua y a establos.

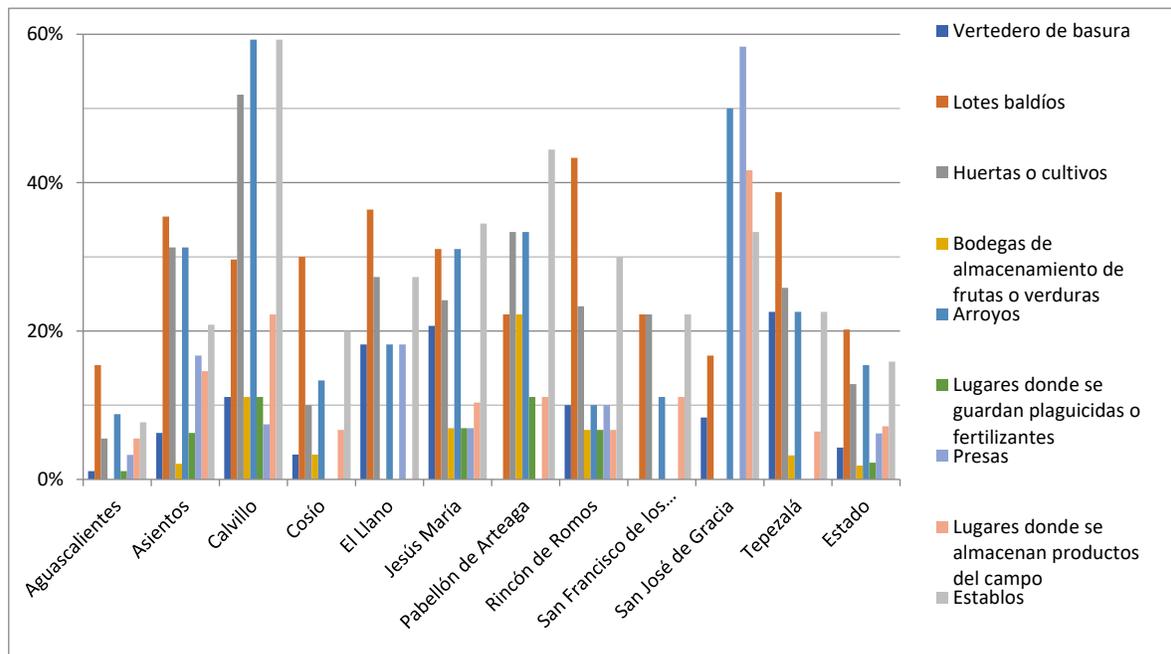


Figura 2.10 Cercanía de las viviendas en cada municipio a posibles fuentes de infección o a vectores causantes de EDAs, según encuesta realizada entre noviembre 2013 y marzo 2014.

De la entrevista, también se indagó sobre si los menores de edad que habitan los domicilios juegan o están en contacto directo con mascotas como perros, gatos, etc., si o realizan actividades al aire libre en áreas verdes naturales, en áreas cercanas a fuentes de aguas y también si es en áreas que tienen tierra suelta (Figura 2.11).

Con esta información se pretendió evaluar la posibilidad de que los menores puedan estar en riesgo al estar en contacto con mascotas y sitios donde es probable que los parásitos que causan EDAs entren en contacto con los vectores u hospederos para finalmente incidir en la enfermedad de los infantes por diarrea.

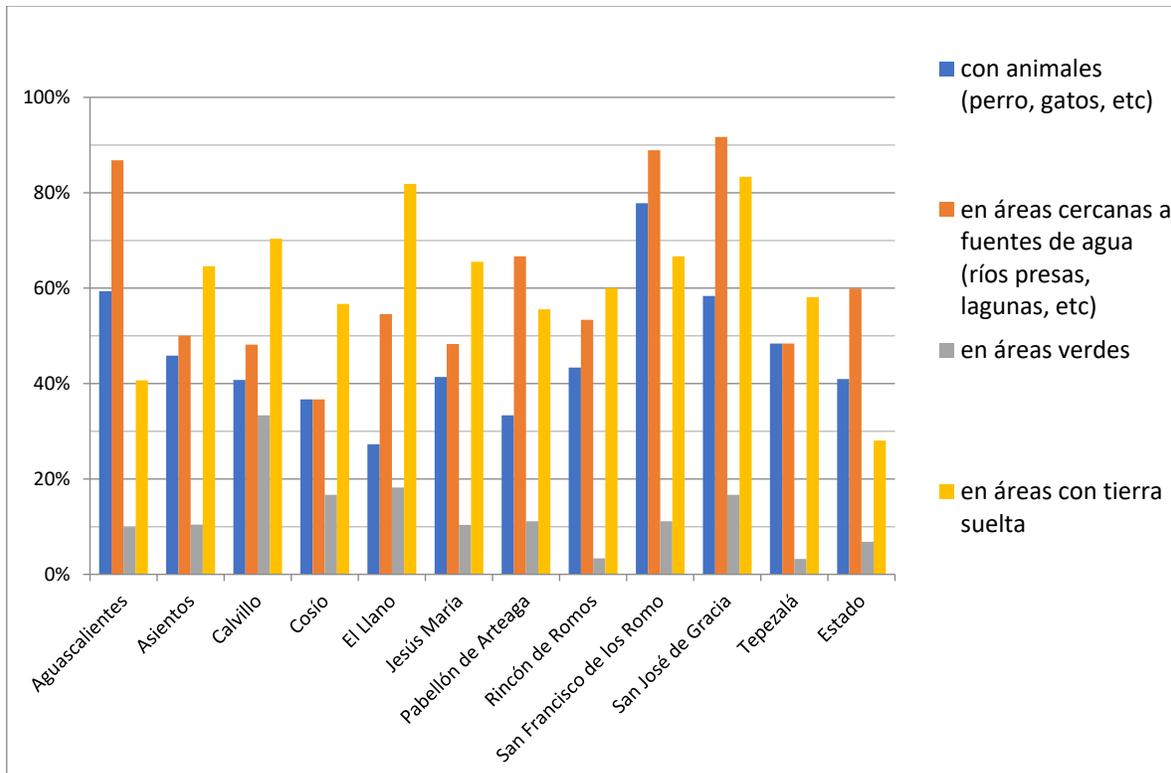


Figura 2.11. Áreas donde los infantes suelen jugar o realizar actividades de entretenimiento.

Para conocer si las EDAs estaban siendo provocadas por el consumo de agua para bebida, se preguntó sobre qué tipo de agua se consume (figura 2.12).

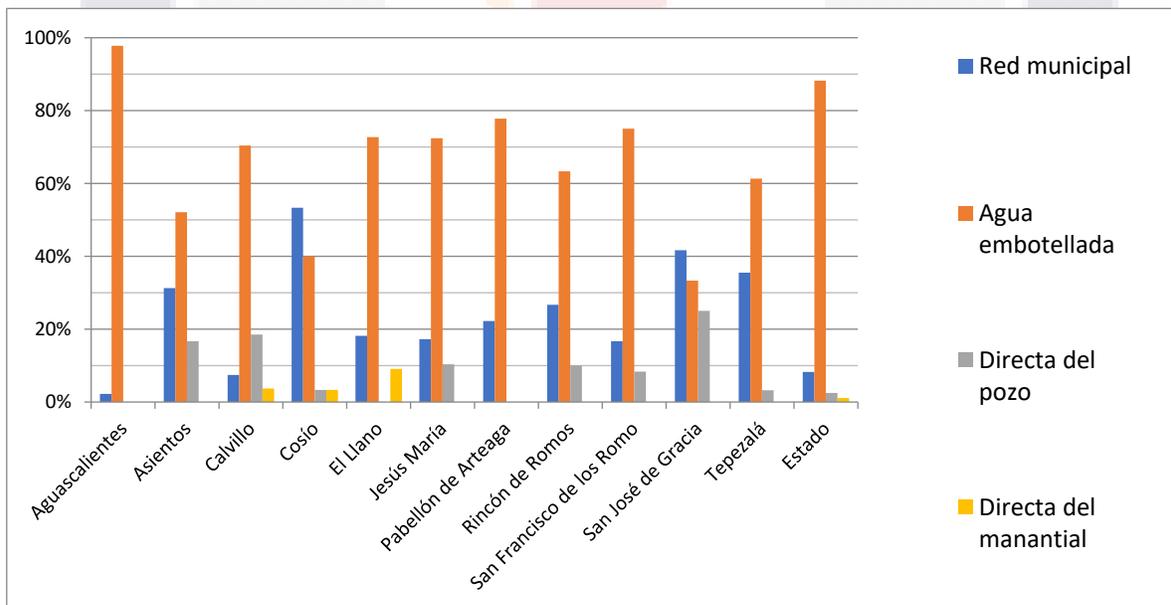


Figura 2.12. Tipo de agua que bebe la población en cada municipio del estado de Aguascalientes.

Las respuestas en la evaluación del conocimiento de los posibles factores causantes de las diarreas en los menores de cinco años, bajo el resguardo de los mismos padres o de alguna otra persona se muestra en el cuadro 2.12.

El conocimiento que tenía tuvo la población sobre los posibles síntomas que presentan los menores de edad o los enfermos para que se determinara sí que estaba padeciendo la de diarrea se muestra en la (figura 2.13).

Los promedios estatales de las respuestas obtenidas por la población mostraron que el 73.04% consideraron que el individuo está enfermo solo si las heces fecales tienen aspecto líquido y frecuente; el 17.69% toma en cuenta las características del aspecto físico del menor y un 9.06% incluye las características del llanto de niño para brindarle la atención médica para tratar la diarrea.

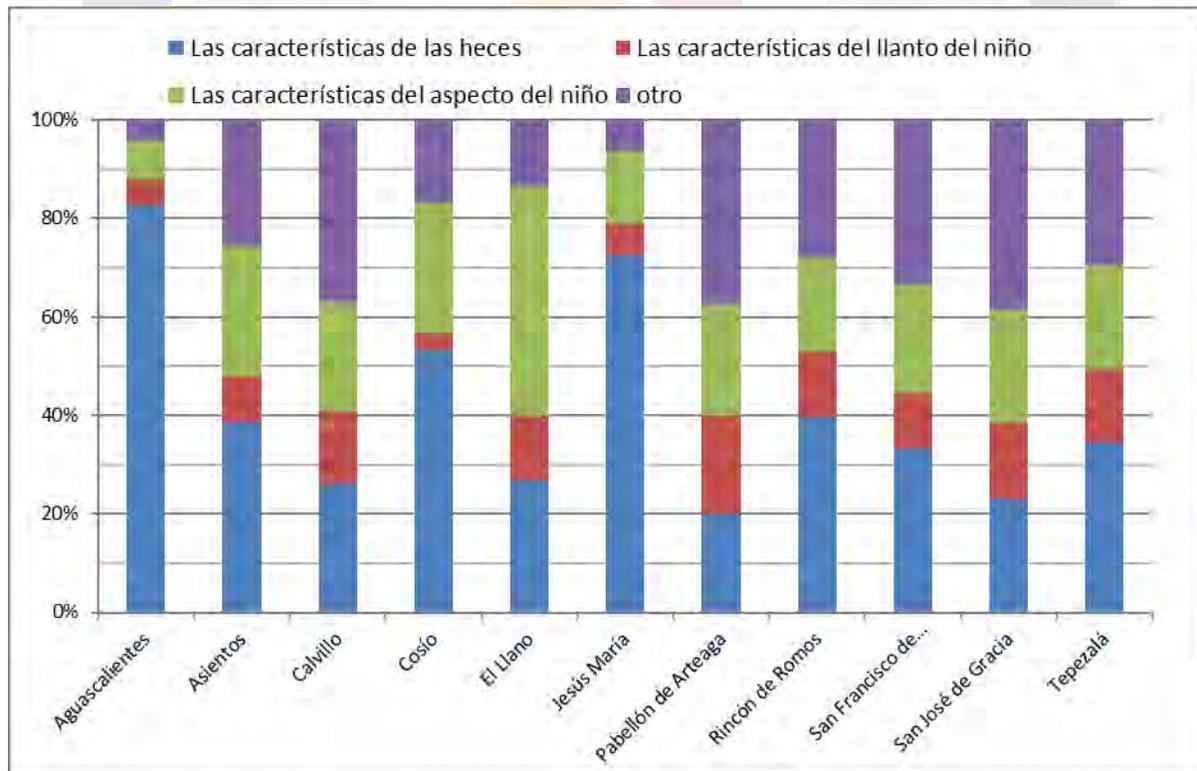


Figura 2.13 Sintomatología que presenta un menor de edad para que se determine que padece diarrea, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes

Cuadro 2.12. Conocimiento de factores que causan diarrea, según la percepción de la población en cada municipio de Aguascalientes

Municipios	Conoce las causas de la diarrea		Los que afirman saber, dan como razones								
	Si %	No %	Parásitos intestinales %	Ingestión de alimentos en mal estado %	Aprendizaje del habla o del caminar %	Empacho por alimentos %	Sustos %	Mal de ojo %	Falta de higiene %	Dentición %	Otras causas %
Aguascalientes	87.91	12.09	48.75	68.75	55.00	18.75	1.25	1.25	3.75	10.00	2.50
Asientos	93.75	6.25	26.67	44.44	15.56	37.78	13.33	15.56	73.33	40.00	8.89
Calvillo	70.37	29.63	62.96	92.59	81.48	85.19	29.63	7.41	92.59	74.07	7.41
Cosío	93.33	6.67	14.29	42.86	3.57	42.86	3.57	14.29	39.29	10.71	25.00
El Llano	72.73	27.27	37.50	50.00	12.50	25.00	12.50	12.50	62.50	12.50	12.50
Jesús María	86.21	13.79	20.00	60.00	44.00	32.00	8.00	8.00	52.00	52.00	4.00
Pabellón de Arteaga	44.44	55.56	66.67	88.89	77.78	77.78	55.56	22.22	88.89	66.67	22.22
Rincón de Romos	83.33	16.67	48.00	80.00	48.00	56.00	28.00	32.00	80.00	56.00	20.00
San Francisco de los Romo	88.89	11.11	55.56	88.89	88.89	66.67	55.56	22.22	88.89	55.56	11.11
San José de Gracia	75.00	25.00	50.00	83.33	75.00	91.67	41.67	58.33	83.33	66.67	25.00
Tepezalá	93.55	6.45	44.83	51.72	17.24	48.28	10.34	20.69	72.41	41.38	13.79
<b>Estado</b>	<b>83.88</b>	<b>16.12</b>	<b>46.87</b>	<b>67.91</b>	<b>51.28</b>	<b>28.58</b>	<b>8.34</b>	<b>5.95</b>	<b>25.06</b>	<b>20.19</b>	<b>5.74</b>

Al cuestionar sobre los síntomas que presenta el enfermo para brindarle atención médica por deshidratación, (figura 2.14) los parientes cercanos tomaron en cuenta los siguientes aspectos: boca seca, somnolencia e irritabilidad, llanto sin lágrimas y sed. A nivel estatal más del 75% de la población sólo consideró la boca seca, el 23.4% la somnolencia e irritabilidad del paciente y el 34.4 y el 51.5% el llanto sin lágrimas y la sed respectivamente.

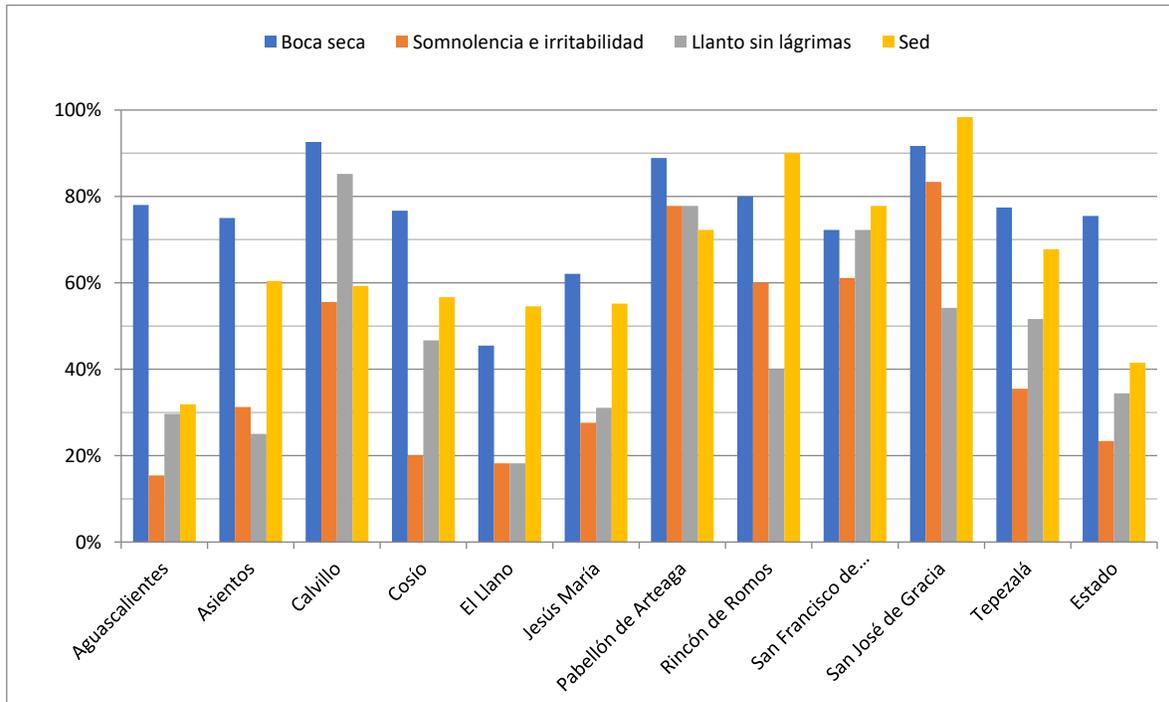


Figura 2.14. Sintomatología que presenta un menor de edad, para que se determine que está deshidratado, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes

Posteriormente a la evaluación de los síntomas de la diarrea, se evaluó el tiempo que se demora el adulto responsable del infante o paciente en llevar al enfermo a recibir atención médica (figura 2.15). Se observó que la población encuestada llevó a recibir atención médica en más de 74% hasta 82% al segundo día de presentarse los síntomas, pero declina al tercer día hasta el 13.62%, pero solamente el 2.37% llevan a recibir atención al primer día, el 0.79% después del tercer día, un 6.7% al presentar fiebre junto con diarrea, independientemente del tiempo y solo el 0.58% cuando hay moco y sangre en las heces.

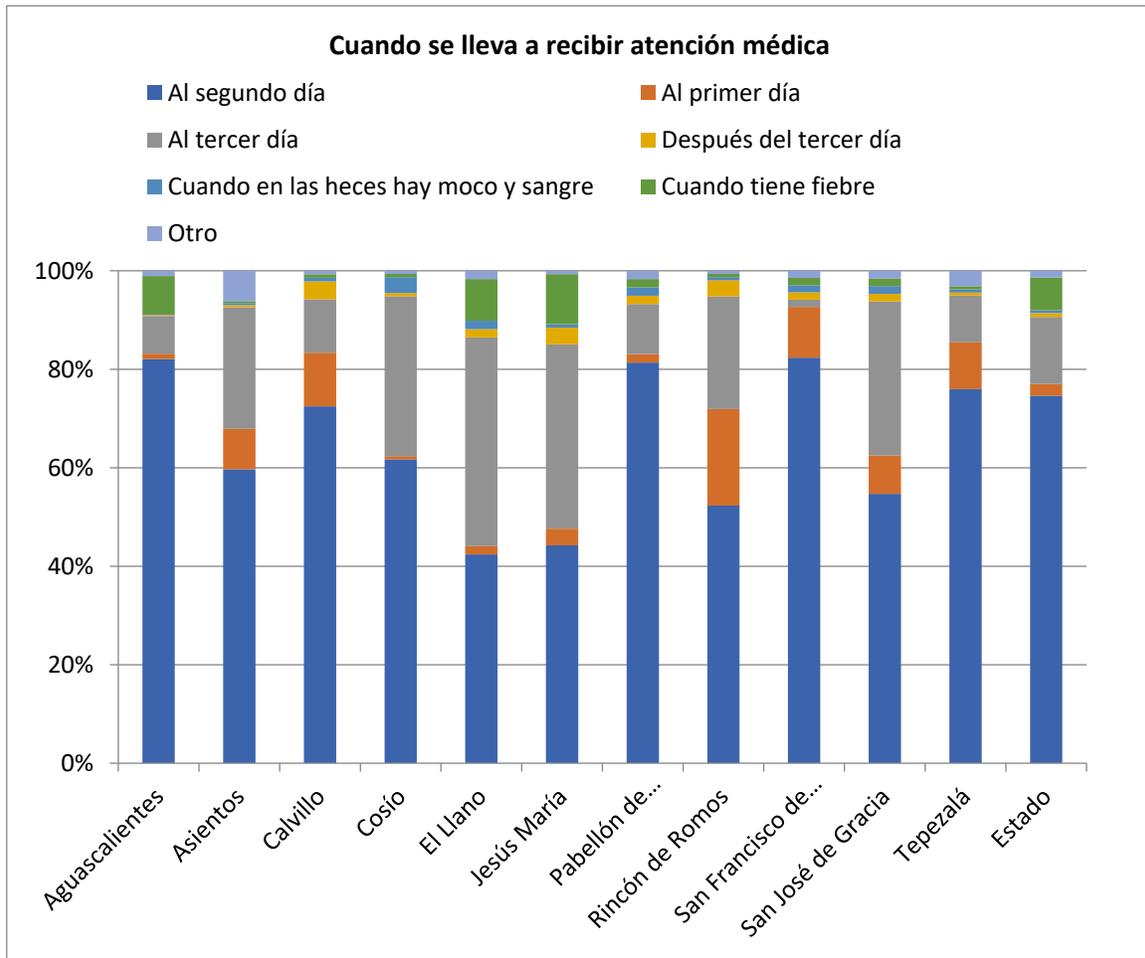


Figura 2.15 Sintomatología que presenta un menor de edad, antes de recibir atención médica, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes

Consecuentemente se cuestionó sobre el tratamiento que se le daba al paciente para atender la diarrea (figura 2.16), obteniendo las siguientes respuestas: el promedio estatal fue de 79.7% proporciona suero vida oral para atender la diarrea, el 44.75% les proporciona antibióticos, el 12.87% ofrece antiparasitarios y un 13.78% mencionó antidiarreicos, el 25.81% les proporcionan té y el 14.25% los soban.

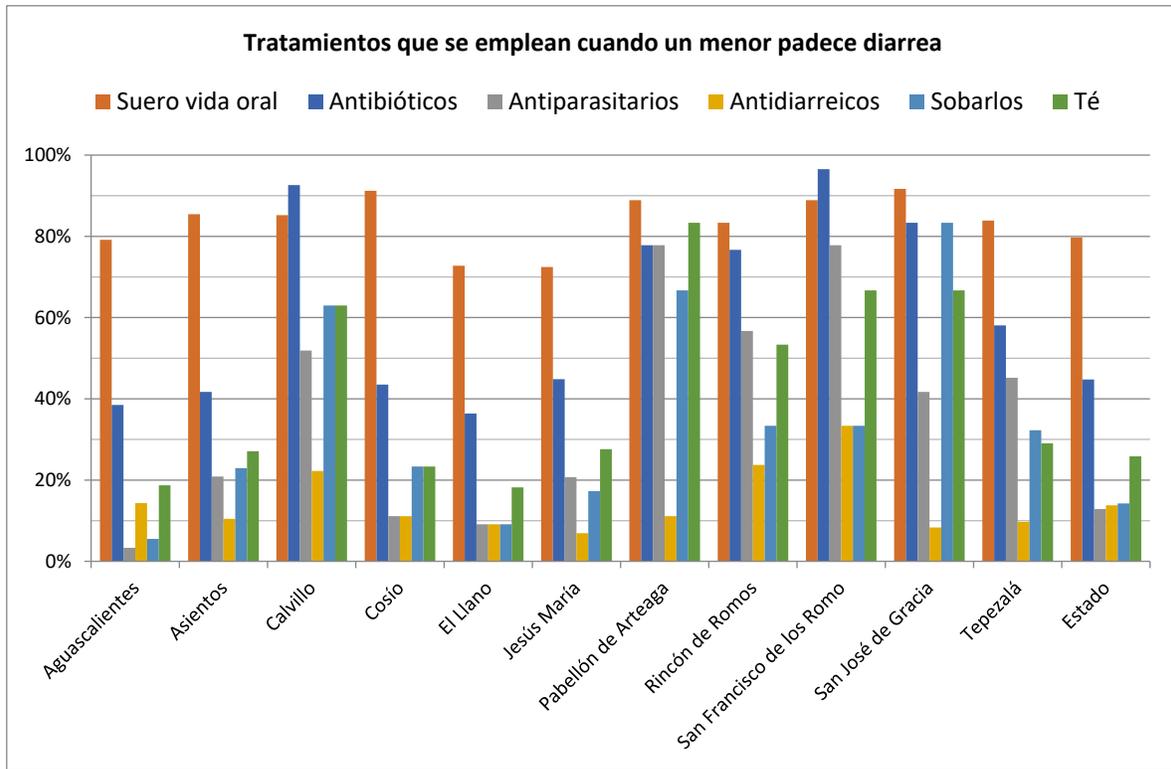


Figura 2.16 Tratamiento que se emplea cuando un menor padece diarrea, según respuesta de la población en cada municipio de Aguascalientes

## 2.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La población del estado de Aguascalientes presentó casos semanales de morbilidad enfermedades diarreicas (EDAs), para el periodo del 2000 al 2010, del orden de 816,354 (cuadro 2.1). Para hacer más clara la comparación sobre los casos de EDAs en el estado, se muestra la figura 2.17, la que presenta la incidencia de las EDAs en el periodo 2000 al 2010. Recordando que la incidencia es la cantidad de casos nuevos de una enfermedad, que se presenta durante un tiempo específico, por lo tanto, la incidencia muestra la probabilidad que una persona de Aguascalientes resulte afectada por las EDAs. Como se puede observar, la población del estado de Aguascalientes se encuentra en los primeros lugares de incidencia de diarrea para todos los grupos etarios, La incidencia de las EDAs en Aguascalientes, fue de entre 6,171.5 y 9,259.2 casos por cada 100,000 habitantes.

En los años 2004, 2008 2009 y 2010 Aguascalientes tuvo el primer lugar de incidencia de EDAS a nivel Nacional. En todo el periodo de estudio, la incidencia promedio de EDAs fue 7117.2 /100,000 habitantes en Aguascalientes, en segundo lugar, el estado de Durango tuvo una incidencia promedio de 7087.8 /100,000 habitantes. Así mismo, el estado de Chiapas tuvo una incidencia promedio de 3,354.2/100,000 habitantes. Siendo este estado el que tuvo la menor incidencia en el mismo periodo. Evidenciando con ello que la población del estado Aguascalientes presenta un importante reto para disminuir las EDAs que se presentan entre todos los grupos etarios.

Dentro de esta población el estrato de edad que presentó más casos fueron los menores de 5 años, con el 34.59%; seguido con el 30.35% en adultos de 25 a 59 años, el porcentaje menor, con tan solo el 7.13%, corresponde a adultos mayores de 60 años, Estos valores tienen el mismo comportamiento a lo que mencionó la OMS (2020), siendo los menores de cinco años los más afectados por las EDAs. La población de entre 25 a 59 años tuvo porcentajes mayores al 30% podría ser debido a que en este rango de edades se encuentra el grupo de la población que labora y por ende se encuentra expuesta a factores ambientales o higiénicos que podrían originar diarreas aguadas. Si bien esta enfermedad podría ser un problema intrascendente de poca duración en los adultos entre 25 y 59 años, entre los menores de cinco años y los adultos mayores de 60 años puede

originar complicaciones importantes en la salud de los adultos mayores de 60 años y de los menores de cinco años.

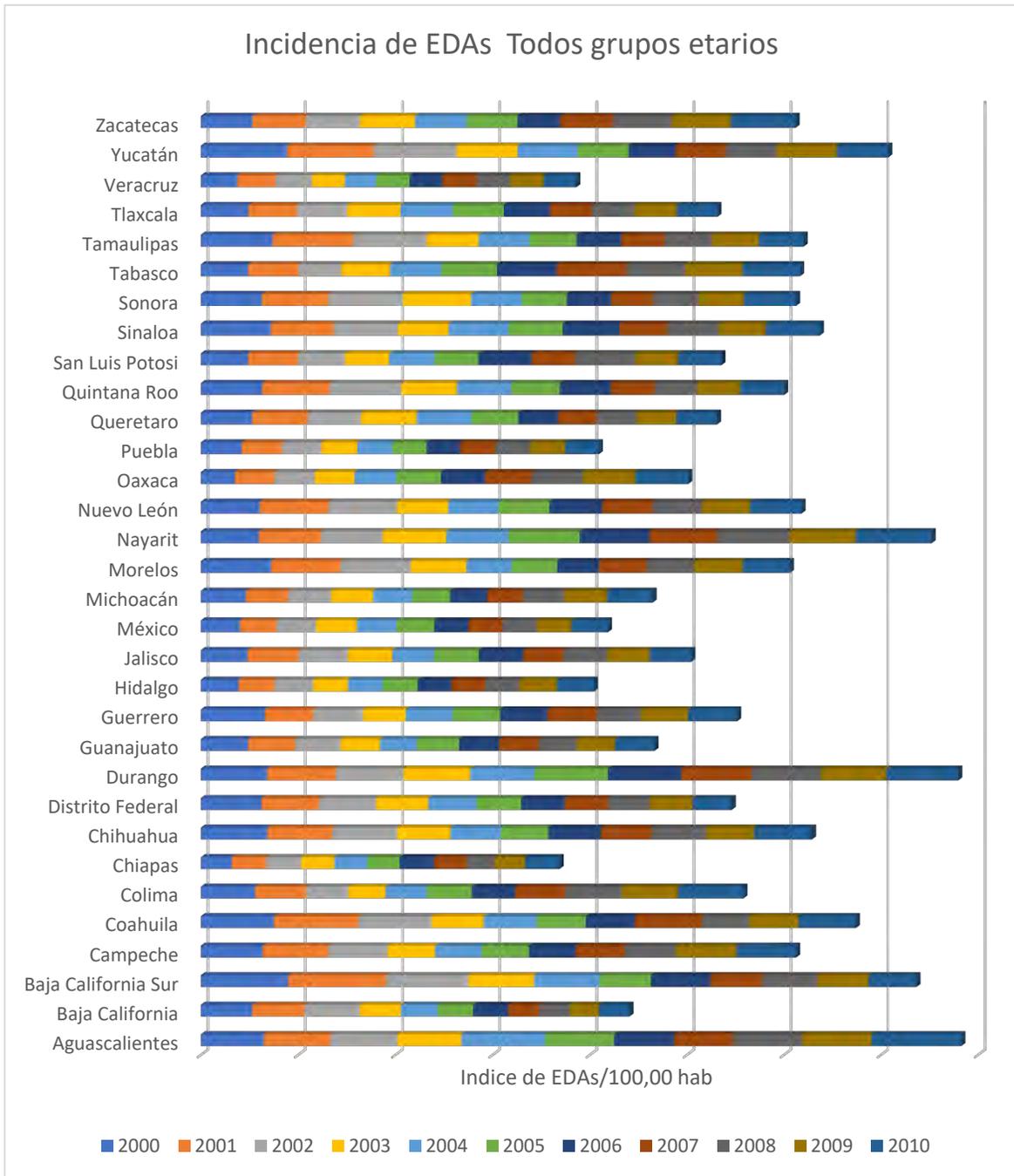


Figura 2.17 Incidencia (por cada 100,100 habitantes) de Infecciones intestinales. por otros organismos y las mal definidas (A04, A08-A09) FUENTE: SS-SUIVE-1-2000, Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica/Dirección General de Epidemiología/SSA

---

Las condiciones del clima mostraron que para este periodo de estudio la temperatura media diaria fue de  $17.7 \pm 3.5^{\circ}\text{C}$ , la temperatura máxima diaria de  $26.6 \pm 3.4^{\circ}\text{C}$ , la temperatura mínima diaria de  $1.5 \pm 4.3^{\circ}\text{C}$ , y la precipitación pluvial total diaria de  $1.5 \pm 3.9$  mm, así como la mensual acumulada de  $45.3 \pm 56.15$  mm. Estas variaciones en las condiciones del clima pueden favorecer el desarrollo de enfermedades diarreicas o parasitarias.



## 2.7 CONCLUSIONES

En general en el año 2010 se observó un incremento en el número de casos de enfermedades diarreicas para todos los grupos de edad. Pero en todos los municipios se observa que los menores de 5 años son los que presentaron las mayores tasas de EDAs en los años de estudio (2000-2010)

Los municipios que tienen el mayor número de casos de EDAs son Aguascalientes, Jesús María, Pabellón, Calvillo, Asientos y Rincón de Romos Que no necesariamente está de manera proporcional con el tamaño de la población de cada municipio.

El análisis de la correlación estadística de Pearson mostró la asociación (correlación mayor a 0.47 y valores de P iguales a 0.0) que existe entre los casos de EDAs, estratificados por edad, y las variables climáticas (temperatura máxima y mínima y la precipitación pluvial).

Se propuso un modelo de regresión que estimó la morbilidad de EDAs para la población total, en un 46.41%, con valores comprendidos entre 55.58% y 61.54% para la estratificación entre cinco y sesenta años (grupos más vulnerables).

El fenómeno de El Niño no es la causa del incremento de EDAs, sólo mostró que está relacionado una las enfermedades diarreicas. De la correlación de este fenómeno con el número de días con temperaturas mayores al percentil 90 (30°C) se observó correlación inversa significativa con el incremento de días.

De la encuesta realizada, es notorio que la mayoría de la población bebe agua embotellada, descartando el consumo de agua directa del grifo.

Cerca del 84% de la población de los municipios desconoce las causas que originan las diarreas en los menores y en adultos mayores, de este porcentaje el 68% indicó que el consumo de alimentos en mal estado era la causa principal de las diarreas y solo el 25% lo atribuyó a una mala higiene (preparación de alimentos o lavado de manos).

Se observó que el 2.37% de la población encuestada llevan a recibir atención al primer día de presentarse los síntomas; el 74% llevó a recibir atención médica al segundo día, pero este porcentaje declina al tercer día hasta el 13.62%. Un 6.7% llevan al enfermo

al presentar fiebre junto con diarrea, independientemente del tiempo y solo el 0.58% cuando hay moco y sangre en las heces.

Sobre el tratamiento que se le daba al paciente para atender la diarrea el promedio estatal 79.7% de los encuestados proporciona suero vida oral para atender la diarrea, el 44.75% les proporciona antibióticos, el 12.87% ofrece antiparasitarios y un 13.78% mencionó antidiarreicos, el 25.81% les proporcionan té y el 14.25% los soban.



## CAPITULO 3. RECURSO HÍDRICO Y SUELOS

### 3.1 ANTECEDENTES

#### 3.1.1 El Agua

El agua es el principal fundamento de la vida vegetal y animal y, por tanto, es el medio ideal para la vida, es por eso por lo que las diversas formas de vida prosperan allí donde hay agua.

En la Tierra hay una enorme variedad de cultivos y seres vivos que para su desarrollo y maduración dependen de muchos factores, de los cuales el más importante es el relacionado con el clima, formado por un conjunto de variables entre las que destacan las relacionadas con las disposiciones de agua.

Está claro que para que las plantas crezcan y se desarrollen bien, el suelo debe contener suficiente humedad para evitar que se sequen y mueran. La planta necesita agua, pero dentro de unos límites (Ledema, 2000).

El agua precipitada, que llega a alcanzar la superficie terrestre puede seguir varios caminos: una parte cae sobre masas de agua, donde podrá volver a evaporarse, otra circula por el terreno y se va acumulando hasta llegar a los arroyos y ríos que, finalmente, desembocarán en lagunas, vasos artificiales, mares y océanos, aportando grandes cantidades de sedimentos y materia orgánica necesarios para la vida litoral y acuática. A esta circulación del agua por la superficie se le denomina escorrentía superficial y sus protagonistas son las aguas superficiales (Cuadrat y Pita, 2000).

Otra parte de las lluvias penetra en el terreno, empapando el suelo, donde podrá ser absorbida por las raíces, o penetrar a mayor profundidad; es lo que se denomina escorrentía subterránea. Parte del agua de los ríos y lagos, si la geología del terreno lo permite, también se infiltrará en el terreno (Sánchez, 2004).

A su vez, la escorrentía subterránea puede penetrar y recargar los acuíferos (estructuras geológicas que pueden transmitir y almacenar el agua), donde el agua permanece en relativo reposo desde días hasta cientos o miles de años. También puede circular y alcanzar los ríos, fluir a la superficie en manantiales o fuentes, o desde los acuíferos costeros llegar

directamente al mar. Así pues, tantos los ríos y humedales\* como otras masas de agua, hacen el papel de enormes depuradoras naturales cuyo correcto funcionamiento depende de su buen estado de conservación (Barry y Chorley, 1999).

Rodarte (1998), indica que prácticamente toda el agua subterránea tiene su origen en la precipitación y en los escurrimientos superficiales. De forma natural, el agua se recarga como resultado de la precipitación sobre suelos y rocas permeables y por infiltración en cauces naturales y en vasos de lagos y presas.

### **3.1.1.1 Balance Hídrico**

Se define como el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado. Éste es definido en términos de seis componentes mayores: precipitación, infiltración, evaporación, transpiración, escurrimiento superficial y escurrimiento subterráneo; generalmente la evaporación y la transpiración son colocadas en un solo término conocido como evapotranspiración (Viessman y Lewis, 2003).

### **3.1.1.2 Infiltración.**

Campos (2005), menciona que la infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo. Del agua infiltrada se provee a casi todas las plantas terrestres y muchos animales; alimenta al agua subterránea y a la vez a la mayoría de las corrientes en el periodo de estiaje; reduce las inundaciones y la erosión del suelo.

En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases (Heras, 1970):

- a) Intercambio. Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- b) Transmisión. Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.
- c) Circulación. Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo.

Aparicio (2007), menciona que existe un gran número de factores que afectan la capacidad de infiltración, entre los que destacan:

- a) Textura del suelo.
- b) Contenido de humedad inicial.
- c) Contenido de humedad de saturación
- d) Cobertura vegetal.
- e) Uso del suelo.
- f) Aire atrapado.
- g) Lavado de material fino.
- h) Compactación.
- i) Temperatura, sus cambios y diferencias

### 3.1.2 Efectos de la contaminación del agua

La calidad del agua se ve alterada por diversos factores, tales como el aumento de la temperatura del aire, que conduce al aumento de la temperatura del agua, y puede tener los siguientes efectos (AEMA 2009):

- Disminución del contenido de oxígeno. El aumento de la temperatura del agua en los ríos y arroyos acelera la respiración biológica y disminuye la concentración del oxígeno disuelto en el agua, principalmente durante el período estival de bajo caudal (Arnell *et al*, 2001)
- Alteración del hábitat y la distribución de los organismos acuáticos. Por ejemplo, los organismos acuáticos cuyas preferencias térmicas determinan su distribución territorial.
- Cambio de las condiciones bacteriológicas y la incidencia de algunos patógenos.
- Alteración de la estratificación térmica y el proceso de mezcla de aguas en los lagos (Dokulil *et al.*, 2006).
- Alteración del ciclo de nutrientes en los sistemas acuáticos y proliferación de algas.
- Aumento de la temperatura del suelo. Las poblaciones de las bacterias que controlan los procesos de mineralización y nitrificación del nitrógeno en el suelo aumentan con la temperatura (Whitehead *et al.*, 2002, 2006).

Cambios en la precipitación condicionan directamente el agua que cae sobre la superficie terrestre y en la temperatura modifican los valores de evaporación y evapotranspiración, quedando alterada la cantidad y características de las escorrentías (IPCC, 2007). Las escorrentías se producen cuando el suelo tiene excedentes, o bien la intensidad de la precipitación es superior a la capacidad de infiltración; la distribución temporal y el régimen de las precipitaciones repercuten sobre la generación de escorrentías tanto o más que el volumen de precipitación en sí mismo (Iglesias *et al.*, 2005).

Por efecto de chubascos más violentos, de los aguaceros y por consiguiente de las inundaciones, la velocidad de la escorrentía aumenta respecto a la situación actual, y se reduce la infiltración (dependen también de otras variables como la temperatura, la cobertura vegetal y el estado de los suelos) y, por consiguiente, en estos episodios se incrementan los caudales de circulación superficial (Manzano, 2005), las escorrentías tienen un efecto directo en la calidad del agua (figura 3.1), ya que pueden causar la Re suspensión de los sedimentos, incrementando los niveles de turbiedad, color, metales u otro tipo de contaminantes.

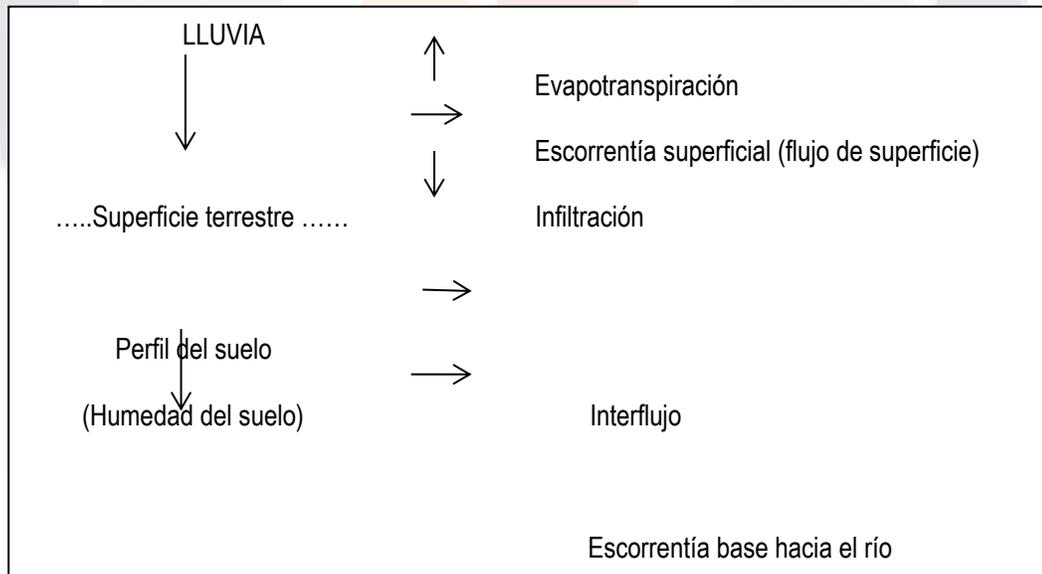


Figura 3.1. Diagrama esquemático de los principales procesos que relacionan la lluvia y la escorrentía.  
Fuente: Ongley, 1997

La contaminación provocada por los sedimentos tiene dos dimensiones principales (Ongley, 1997).

- La primera es la DIMENSIÓN FÍSICA: pérdida de la capa arable del suelo y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y por cárcavas, que dan lugar a niveles excesivos de turbidez en las aguas receptoras y a repercusiones ecológicas y físicas en lugares alejados, los lechos de ríos y lagos, en donde se produjo la deposición.
- La segunda es la DIMENSIÓN QUÍMICA: la parte de los sedimentos constituida por limo y arcilla (< 63 mm) es transmisora primaria de productos químicos adsorbidos, especialmente fósforo, plaguicidas clorados y la mayor parte de los metales, que son transportados por los sedimentos al sistema acuático

La lucha contra la contaminación agrícola comienza normalmente con medidas encaminadas a combatir la erosión y la escorrentía de sedimentos.

### 3.1.3 Impactos del cambio climático en el sector hídrico

El IPCC (2012) indica que la reducción de la criósfera reducirá considerablemente la disponibilidad de agua en zonas que dependan de esta fuente. El cambio climático puede afectar el estado cuantitativo y cualitativo de los recursos hídricos, alterando el ciclo hidrológico, y los sistemas hidrológicos, lo cual afecta, a su vez, a sus parámetros incluyendo (AEMA, 2009):

- La intensidad y la frecuencia de las sequías y las inundaciones;
- La disponibilidad y la demanda de agua;
- La calidad del agua, incluyendo su temperatura y el contenido de nutrientes.

Al disminuir la precipitación aumenta el riesgo de sequías y de manera inversa, un incremento en la intensidad y en la concentración de la precipitación, acrecienta las posibilidades de inundaciones. El aumento en la evapotranspiración y evaporación implica una disminución del agua disponible y por consiguiente una sobreexplotación de los recursos subterráneos, si la demanda no se modifica, y se registra una disminución de la recarga de los acuíferos y del caudal de los ríos (Mas-Pla y Ortuño, 2009).

Los cambios en el clima y las condiciones esperadas bajo cambio climático pueden provocar que (Landa *et al.*, 2010):

- El ciclo hidrológico sea más intenso, con lo que se podría:
  - Aumentar el número de tormentas severas.
  - Presentar periodos de sequía extremos y prolongados.
  - Aumentar el número de incendios forestales.
  - Afectar los ecosistemas naturales que hacen posible el mismo ciclo del agua.
- Disminuyan las lluvias entre 5 y 10% para finales de este siglo.
- Se afecte la calidad de los cuerpos de agua dulce por elevación del nivel medio del mar.
- Se agraven las formas de contaminación del agua, lo que podría impactar a los ecosistemas naturales y a la salud humana.
- Existan problemas para el mantenimiento y la operación de la infraestructura de protección, distribución y almacenamiento de agua a los poblados; además de daños físicos a la infraestructura hidráulica, es decir a los drenajes, presas y tuberías diversas.
- Se presenten una multitud de impactos indirectos por las sequías y las ondas de calor.

Las variaciones en la precipitación también ocasionarán problemas de disponibilidad. El hecho de que exista un incremento en la precipitación en una región no implica un aumento en la disponibilidad, ya que las recargas de acuíferos también se verán disminuidas. Zonas áridas y semiáridas son muy vulnerables ya que se espera una reducción de agua superficial (IPCC, 2007).

Uno de los principales impactos en el sector hídrico serán las sequías, éstas se refieren a un periodo de tiempo con un clima seco capaz de producir un fuerte desequilibrio hídrico (IPCC, 2012).

Algunos factores que son vulnerables ante la sequía son (INECC, 2012):

- Los sesgos de la distribución temporal y espacial de la precipitación pluvial.
- Uso ineficiente de recursos hídricos y contaminación de los mismos
- Sobreexplotación del recurso en zonas de alto requerimiento.

Otro factor que genera un impacto en el sector hídrico son las inundaciones, una inundación consiste en el desbordamiento del cauce o confín natural de un cuerpo de agua y el sumergimiento de un área que normalmente no lo está. Estos se pueden ocasionar

normalmente por una precipitación muy intensa entre muchos otros factores, entre ellos desastres ocasionados por el ser humano, como el desborde de una presa o dique.

Son tantos los factores que detonan las inundaciones que no se ha podido encontrar un patrón ni algún factor que detone un incremento en las inundaciones en las últimas décadas, al igual que en el caso de las sequías, pero el IPCC en su cuarto informe de evaluación (AR4) (2007) ha indicado que futuros cambios en el clima podrían empezar a detectarse tendencias de incremento en las inundaciones (IPCC, 2012).

Como se puede observar, es complicado predecir impactos precisos en el sector hídrico ya que intervienen muchos factores, los cuales pueden ser desde cambios en temperatura y precipitación hasta cambios en el uso de suelo, el cual no está relacionado con el cambio climático (IPCC, 2008), también pueden encontrarse algunos cambios en precipitación a causa de la variabilidad de baja frecuencia natural del clima (Martínez & Osnaya, 2004).

En el caso de la calidad del agua, en general el incremento en la temperatura, las variaciones en precipitación (lluvias muy intensas que provoquen grandes flujos de agua o inundaciones, o falta de lluvia que reduzca caudales) generaran distintos tipos de contaminación del agua de gran impacto para el ser humano, incluyendo algunos patógenos, entre otros.

### **Impactos del cambio climático en México en el sector hídrico**

En unas cuantas décadas, cerca del 55% del territorio nacional tendrá niveles muy altos de requerimiento, presentando fuertes problemas agrícolas y sociales (CONAGUA, 2011).

La sequía generará grandes impactos en el norte del país en el sector agrícola (Méndez & Magaña, 2010); los asentamientos humanos también serán vulnerables a los escasos de agua (INECC, 2012); en contraste, el incremento de eventos extremos de precipitación afecta aproximadamente al 21% de la población que es susceptible a inundaciones, en especial en la zona centro-sur del país (INECC, 2012).

Los manejos de presas, la distribución del agua en la agricultura, o los programas urbanos de cultura del agua parecen seguir una rutina que depende solamente, y en el mejor de los casos, de cuánta agua hay disponible cada año (Martínez & Osnaya, 2004).

#### **3.1.4 Antecedentes hidrológicos del Estado de Aguascalientes**

El Estado de Aguascalientes queda comprendido dentro de la Región Hidrológica 12, Lerma-Chapala-Santiago- y sus condiciones hidrológicas se circunscriben en ella, que

comprende la mayor parte de su superficie y El Salado, mínima porción en la parte noreste (INEGI, 2010).

Las cuencas principales la región Lerma- Chapala-Santiago en el estado de Aguascalientes son la de los ríos Verde Grande y Juchipila, cuya descripción se aborda enseguida:

### 3.1.4.1 Cuenca Rio Verde Grande

Esta cuenca se ubica en toda la parte norte y centro y en toda la porción sur y sureste del estado de Aguascalientes (figura 3.2), y drena una superficie de 4,384.37 Km<sup>2</sup>. El Río Verde Grande es el más importante de los afluentes derechos del Río Grande Santiago; se origina en el estado de Zacatecas donde se desarrolla la parte más elevada de su cuenca. Las subcuencas de esta cuenca son: San Pedro, Aguascalientes, Chicalote, Morcinique, Encarnación, y Calvillo. Las primeras cuatro drenan sus aguas en el río San Pedro (INEGI, 2012). Ver Figura (3.3.) y cuadro 3.1.

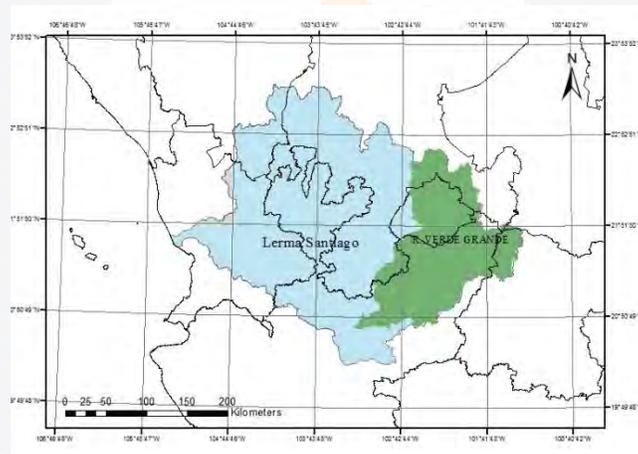


Figura 3.2. Cuenca Río Verde Grande. Fuente: [www.inegi.gob](http://www.inegi.gob) Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000

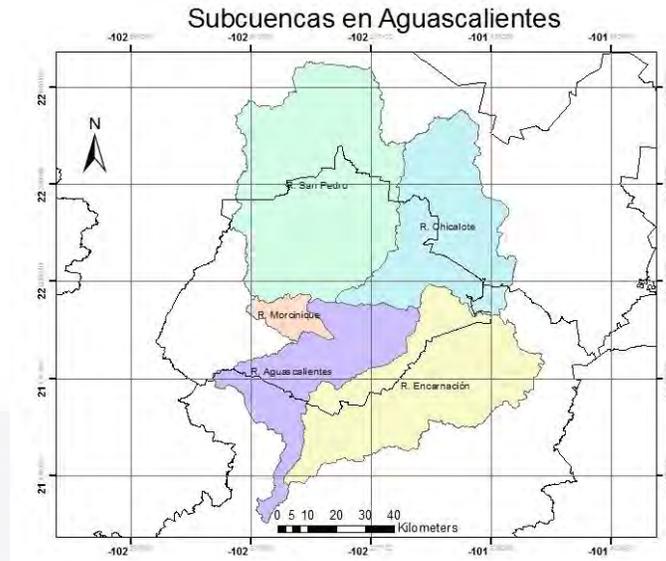


Figura 3.3 Distribución de las Subcuencas relacionadas con el Río San Pedro. Fuente [www.inegi.gob](http://www.inegi.gob) Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000

Cuadro 3.1. División hidrológica del Estado de Aguascalientes. [www.inegi.gob](http://www.inegi.gob) Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000

VERTIENTE	REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA	SUBCUENCA	(km <sup>2</sup> )
PACÍFICO	12 LERMA-SANTIAGO	RÍO VERDE-GRANDE (4,259.5 km <sup>2</sup> )	RÍO SAN PEDRO	(2,524.7)
			RÍO AGUASCALIENTES	(506.0)
			RÍO CHICALOTE	(670.9)
			RÍO MORCINIQUE	(192.0)
			RÍO ENCARNACIÓN	(365.9)
			RÍO JUCHIPILA (1,256.5 km <sup>2</sup> )	RÍO CALVILLO RÍO ZAPOQUI
INTERIOR	37 EL SALADO	SAN PABLO Y OTRAS	PRESA SAN PABLO	(73.0)
TOTAL ESTATAL			(5,589 km <sup>2</sup> )	

#### 3.1.4.2 El Río San Pedro

El río San Pedro (también llamado río Aguascalientes) es el principal cuerpo de agua del Estado, cruza la entidad en dirección norte a sur, ingresa al estado por la población llamada Zacatequillas del municipio de Cosío y lo abandona por el poblado de Chilarillo, cubriendo una longitud de alrededor de 90 km en línea recta (IMTA, 1997), hasta su confluencia con el río Lagos en el estado de Jalisco donde recibe el nombre de río Verde, hasta unirse con el río Santiago al noroeste de la ciudad de Guadalajara.

La presa San Pedro (en San Pedro Piedra Gorda, en Zacatecas) retiene parte de su caudal, de ahí que se le cambió el nombre de Río Aguascalientes a Río San Pedro. Tras la construcción de la Presa Plutarco Elías Calles y su distrito de riego 01 en San José de Gracia, y de otras presas y bordos pequeños en la entidad, se redujo en gran medida su caudal, hasta dejarlo sin flujo base, pero recuperando brevemente su esplendor en la temporada de lluvia (Alvarado, Acosta 2006).

Los cauces que lo nutren a su paso son (figura 3.4 y 3.5), a la derecha, los ríos: Pabellón, Blanco, Prieto, Santiago y Morcinique, así como los arroyos del Saucillo, Milpillas, el Pastor y la Virgen; por el lado izquierdo lo nutren el río Chicalote, y los arroyos Chiquihuite, Ojo Zarco, San Nicolás, el Cedazo, Calvillito y Las Venas (CONAGUA, 1999; CONAGUA, 2007; [www.aguascalientes.gob.mx](http://www.aguascalientes.gob.mx)).

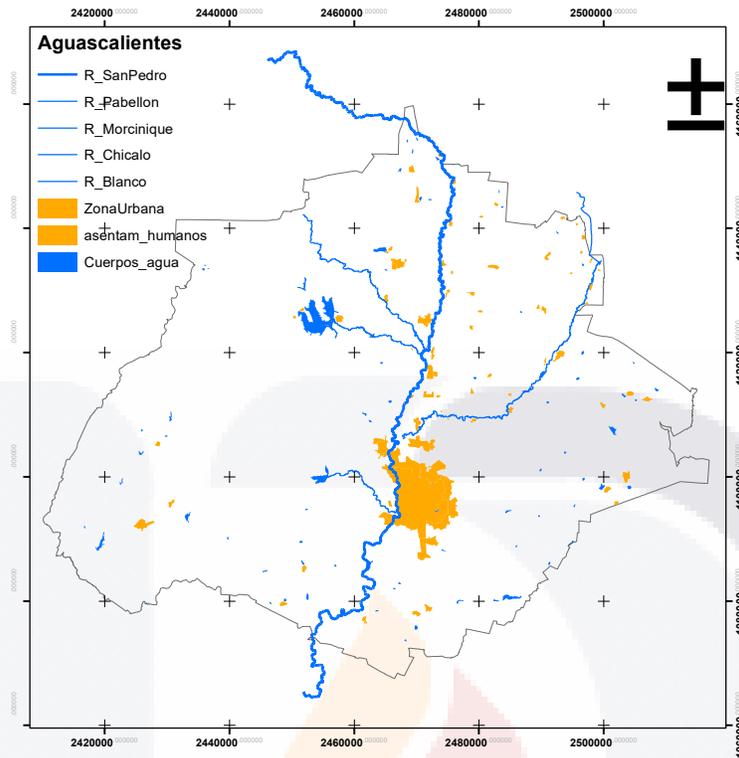


Figura 3.4. Cruce del Río San Pedro por el estado de Aguascalientes; Incluye zonas urbanas y de asentamientos humanos, así como los ríos que confluyen, mencionándolos de arriba abajo, del lado izquierdo: Pabellón, Blanco, Chicalote y a la derecha: Morcinique. Fuente [www.inegi.gob](http://www.inegi.gob) Carta Hidrológica de Aguas superficiales, 1:250,000

El escurrimiento anual estimado del Río San Pedro es de 62.6 millones de m<sup>3</sup> de agua en un área aproximada de 4 mil 330 kilómetros cuadrados (Alvarado, Acosta 2006).

En sus márgenes se asientan 50 comunidades y seis cabeceras municipales, incluyendo la capital del Estado, que en conjunto albergan al 80% de la población del Estado; así como industrias textiles, del vestido, procesadoras de alimentos, automotriz y electrónica (IMTA, 1997; Ortiz, 2009).



*Figura 3.5 Río San Pedro en el Valle de Aguascalientes. Fuente: Instituto Municipal de Planeación de Aguascalientes "IMPLAN"*

#### **3.1.4.2.1 Contaminación del Río San Pedro**

Como antecedentes ecológicos, para 1896, el río empezó a recibir descargas contaminantes tanto de la fundición de los Guggenheim como de los talleres del Ferrocarril Central Mexicano. Sin embargo, todavía para finales de los años 40, el río continuaba siendo un lugar predilecto para que las familias realizaran días de campo (Figura 3.6).



*Figura 3.6. Un paseo por el río San Pedro. Fuente Archivo Histórico de Aguascalientes*

En el siglo XIX las aguas sucias que eran vertidas a las calles de la ciudad fueron encausadas a los afluentes del Río San Pedro, como solución natural para la limpieza urbana de casas y calles. En las décadas de los 20's a los 40's las aguas residuales fueron captadas en sistemas de drenaje, descargando sus aguas a los arroyos, para finalmente llegar al Río San Pedro (CCAPAMA, 2010).

Para los años 80's el deterioro fue manifiesto y la contaminación por las aguas negras, los animales muertos y las descargas de residuos fabriles, afectaron a la población por sus malos olores y plagas de insectos y roedores volviéndose insoportable el respirar.

Como se mencionó anteriormente, las agua que se encuentran en su cauce son principalmente aguas residuales tratadas y crudas generadas por los diversos sectores del Estado (CONAGUA, 2007). Se ha estimado que el río recibe una descarga anual de aguas residuales de aproximadamente 120 Mm<sup>3</sup>/año, cerca del 96% (Guzmán-Colis et al., 2011) y el restante en la del río Juchipila (CONAGUA, 2003). En lo que respecta al sector agrícola dependiendo del tipo de riego y la tecnología empleada la generación de aguas residuales es entre el 10 al 20% del consumo de agua (Metcalf & Eddy, 1999).

Aunado a lo anterior, desde entonces y hasta la actualidad, este río se ha convertido en un sitio colector de aguas residuales, basura y diversos contaminantes, escombros y defecación al aire libre, todo esto ocasionando un desastre ecológico, con grandes pérdidas de aves acuáticas, peces, ganado y una gran cantidad de árboles (SEDUE, 1994).

A raíz de varios estudios, en el año 2001 el INAGUA (Instituto del Agua del Estado) consideró contaminados los ríos San Pedro y Chicalote entre otros cuerpos de agua del Estado (Castañeda, 2001), pero estudios actuales demuestran que la calidad del agua en el río San Pedro es inaceptable (Santos et al., 2006; López, 2007; Ramírez et al., 2007; Torres et al., 2010, Guzmán et al., 2011; Guzmán-Colis et al., 2011).

### **3.1.4.3 Acuífero del valle de Aguascalientes**

La disponibilidad media anual de aguas superficiales en el estado es del orden de 177 Mm<sup>3</sup>/año, la cual sólo cubre el 36% de las necesidades del sector agropecuario, el resto de

la demanda de este sector (64%), más el 100% del abastecimiento de los sectores industrial y doméstico, es cubierto con agua extraída de los mantos freáticos de la entidad (CONAGUA, 2010)

Actualmente, los cinco acuíferos del Estado se encuentran con un nivel de sobreexplotación cercano al 100%, principalmente el acuífero del Valle de Aguascalientes (CONAGUA, 2007). Este acuífero subyace al Valle del mismo nombre, localizado en la porción central del Estado de Aguascalientes, ocupando una franja con orientación Norte-Sur de 80 km de longitud y 25 km de ancho. Comprende parcialmente los municipios de Aguascalientes, Jesús María, San Francisco de los Romo y San José de Gracia; y en su totalidad los municipios de Cosío, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y Tepezalá. En él se asienta la ciudad de Aguascalientes que se constituye como el principal polo de desarrollo de la región, concentrándose las mayores demandas de agua para usos público-urbano, industrial y de servicios (CONAGUA, 2002).

El acuífero es del tipo libre y semiconfinado, el flujo subterráneo ocurre con dirección predominante Norte-Sur, al igual que el río San Pedro.

En forma global, existe un déficit en el balance estatal de 199.9 Mm<sup>3</sup>, debido a que la demanda del recurso es superior al agua que se tiene ofertada y no es posible aumentar el aprovechamiento de los acuíferos porque están en veda (CONAGUA, 2000). Este nivel de sobreexplotación, principalmente en el acuífero del Valle de Aguascalientes, ha provocado inversiones de flujo y agrietamiento por subsidencia, aumentado las posibilidades de infiltración de contaminantes al acuífero (SEDUE, 1999), así como abatimiento de los niveles piezométricos ([www.cotas.org.mx](http://www.cotas.org.mx))

#### **3.1.4.4 Calidad del recurso hídrico**

En el año de 1987 se advertía: “la incipiente contaminación de los acuíferos en la porción sur del valle de Aguascalientes, originado por la infiltración de las descargas residuales de la zona urbano-industrial, va en continuo aumento pero además, el gradiente hidráulico se ha invertido, el agua que antes fluía subterráneamente rumbo al sur, ahora bajo los efectos del bombeo circula en sentido contrario, contribuyendo a la degradación del agua de la misma zona que genera la contaminación y, de no tomarse medidas correctivas, el líquido que abastece a la capital del Estado, podría sufrir grave deterioro en su calidad” (SARH, 1987).

Se tiene evidencia de contaminación de fuentes subterráneas aledañas al río San Pedro (aguas debajo de la confluencia del arroyo San Francisco), por infiltración de aguas negras debido al agrietamiento del suelo por sobreexplotación de los acuíferos (Gobierno del Estado, 1994; Treviño y Cázares, 1999).

La contaminación del río constituye un posible riesgo para la salud pública de las comunidades aledañas y es una fuente potencial de contaminación del acuífero del Valle de Aguascalientes, principal suministro de agua potable del Estado, el cual subyace al cauce del río San Pedro, siguiendo su misma trayectoria (IMTA, 1997).

Con respecto a la calidad del agua subterránea, en el estudio sobre la definición del flujo regional de agua subterránea se reportaron contenidos de plomo, fosfatos y grasas y aceites, los excedentes de estos últimos son consideradas evidencias de contaminación de origen antropogénico (Rodríguez *et al.*, 1997). Por otro lado, en la evaluación de pozos de la ciudad y en la periferia de la presa El Niágara realizada dentro del marco de proyecto de recarga artificial de acuíferos con agua tratada (IMTA, 1997) se indicó que la calidad del agua subterránea sólo presentó valores por arriba de la norma para agua como fuente de abastecimiento de flúor, fosfatos y nitrógeno amoniacal. También se observaron niveles superiores a la Norma de fluoruros, arsénico, mercurio y plomo; además de fenoles, sustancias activas al azul de metileno (SAAM) y coliformes fecales, evidenciando las posibles infiltraciones de contaminantes al acuífero (Avelar y Llamas, 2000; Castillo, 2003).

### 3.2.JUSTIFICACIÓN

El estudio del cambio y la variabilidad climática se han vuelto temas de investigación muy importantes en la actualidad. Si no se toman medidas de adaptación adecuadas, los impactos en la sociedad podrían ser muy severos. Estos impactos podrían tener efectos en muchos sectores como lo son los sistemas agrícolas, afectar a la salud humana, el empleo, y en general cualquier aspecto de la sociedad (Moss et al., 2001).

Para asegurar que los programas de desarrollo reduzcan la vulnerabilidad de las personas al cambio climático, es necesario comenzar por identificar, quiénes son, dónde está, y porqué son vulnerables (Magaña, 2012).

Ante el cambio climático uno de los mayores desafíos para el país será garantizar el abasto de agua. Por un lado, los aumentos de temperatura podrían provocar sequía hidrológica y, por otro, más eventos extremos como lluvias intensas disminuirán la calidad el agua ocasionando problemas en la salud y la infraestructura hidráulica.

Los impactos climáticos potenciales más importantes para la agricultura o los suelos del estado de Aguascalientes son cambios en los extremos climáticos y la reducción de la disponibilidad del agua superficial y del subsuelo, es decir las lluvias y las temperaturas extremas constituyen las principales amenazas climáticas.

Por lo tanto, realizar estudios de vulnerabilidad es de suma importancia para poder realizar una correcta toma de decisiones en cuanto a qué medidas de adaptación se pueden tomar y saber de qué manera se debe reaccionar ante la variabilidad climática que se está presentado.

No se pueden realizar medidas de adaptación sin el conocimiento de las regiones más vulnerables del estado y sin saber qué factores geográficos contribuyen a su vulnerabilidad.

### 3.3 OBJETIVOS

#### Objetivo general:

Realizar una caracterización y evaluación de los suelos agrícolas que pueden infiltrar o escurrir sus aguas al cauce del Río San Pedro, así como de la calidad de las aguas subterráneas de uso urbano de los once municipios del estado de Aguascalientes.

#### Objetivos específicos:

- Caracterizar tres sitios en zonas agrícolas cercanas al cauce del río san Pedro.
- Construir una base de datos histórica de oxígeno disuelto, coliformes fecales y totales de los pozos de agua subterránea de los once municipios del estado de Aguascalientes

### 3.4 METODOLOGÍA

#### 3.4.1 Revisión y análisis de información hidrológica

Es importante evaluar la posibilidad de que los acuíferos se estén contaminando por fuentes superficiales que posiblemente inciden en él a través de varias causas. Sin embargo, por su magnitud, éste problema debe de ser abordado por diversas líneas de investigación. El presente estudio se basa en un análisis hidrológico y caracterización de suelos, que relaciona las características de una de las principales fuentes de contaminación, como es el agua residual, con las características del agua subterránea. Todo esto para conocer su posible interacción y así llegar a conclusiones confiables.

Para tener un conocimiento del área de estudio fue necesario la recopilación y el análisis de bases de datos de pozos profundos de extracción de agua potable de cada municipio; los parámetros de calidad del agua evaluados fueron: Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, Coliformes Totales y Fecales y Nitratos.

Posteriormente se caracterizaron las bases de datos en forma aislada para consecutivamente relacionarlas entre sí. En tercer lugar, se realizó un trabajo de campo y de laboratorio para caracterizar y evaluar la infiltración de los suelos en zonas aledañas al Río San Pedro. A continuación, se explica con detalle cada paso de la metodología propuesta.

#### 3.4.2 Integración de bases de datos

Para el caso de los valores de calidad del agua se emplearon registros de los pozos y principales presas ubicadas en el estado de Aguascalientes y que tuvieran información de muestreo mensual. La información fue obtenida de los órganos reguladores tales como la Comisión Ciudadana de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Aguascalientes (CCAPAMA) y el Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes (INAGUA).

Para el logro de los objetivos de esta investigación se aplicó la metodología descrita en cada actividad que se enlista a continuación:

- I.- Análisis de las bases de datos de los parámetros de calidad del agua de los pozos y presas en los once municipios de Estado de Aguascalientes.
  - i) Uniformidad de los datos. En el caso de los coliformes totales y fecales, los valores se uniformizaron a números enteros
  - ii) Conteo de datos. Se realizó por parámetro para cada pozo de los once municipios.

iii) Valores fuera de los límites establecidos en la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Para este análisis se seleccionaron los pozos que tenían valores fuera de los límites establecidos por la norma para cada parámetro seleccionado anteriormente.

II.- Análisis de las bases de datos de los parámetros de calidad del agua de las presas en los once municipios de Estado de Aguascalientes.

Para establecer si existía contaminación de los pozos de agua subterránea con las aguas de las presas cercanos e los primeros, se siguió la misma metodología descrita en el apartado anterior, y se geo- localizaron para determinar su cercanía a las fuentes de agua dulce.

III.-Análisis de información de velocidad de infiltración

Existen dos funciones en las que se puede expresar la infiltración del suelo, las cuales fueron utilizadas en el presente estudio.

- **Infiltración instantánea (I)**

Es la velocidad de infiltración en cm/hora con que el suelo absorbe agua en un momento dado (intervalo), decrece con el tiempo hasta hacerse aproximadamente constante. Kostiakov-Lewis (1932), desarrollaron un modelo empírico, que en México es el más común para conocer la velocidad de infiltración en un punto; La ecuación es:

$$I = kt^n$$

donde:

I = velocidad de infiltración (cm/hr)

t = tiempo (min)

k = parámetro que representa la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (cuando t = 1).

n = parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo (-1.0<n<0)

- **Infiltración acumulada (Z)**

Es la lámina acumulada expresada en centímetros a través del tiempo y aumenta con el tiempo; también se denomina penetración, puede obtenerse la ecuación de infiltración acumulada que se deriva de la integración de la ecuación de Kostiakov-Lewis entre los límites de  $t=0$  y  $t=t$ .

$$Z = \int_0^t I dt = \int_0^t kt^n = \frac{kt^{n+1}}{n+1}$$

La ecuación tendrá la misma forma que el siguiente modelo:

$$z = \frac{k}{(n+1)} t^{n+1}$$

donde:

Z = infiltración acumulada (cm)

k y n = coeficientes de la fórmula de Kostiakov-Lewis

### 3.4.3 Estudio del impacto en el río San Pedro

Con la finalidad de estudiar el impacto en el río San Pedro es necesario ejecutar las siguientes actividades:

#### 3.4.3.1 Selección de los sitios de muestreo y recolección de muestras en zonas cercanas al cauce del río.

Para la elección de los sitios se buscó que estuvieran cerca (menos de 15 m) de zonas de cultivo y que la pendiente fuese de  $90^\circ$  con respecto al cauce. El número y la ubicación de los sitios estuvo en función del área que cumplió las características mencionadas. Por lo cual previo a la selección de puntos se realizó una visita de reconocimiento en campo además de consultar la morfología en los modelos digitales de elevación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (año 1998).

Para georreferenciar los puntos de muestreo, se tomaron las coordenadas UTM en cada punto empleando un GPS marca GARMIN modelo GPS map 60c y posteriormente se situaron en un plano, mediante el software ArcGis 10®.

En cada punto de muestreo se seleccionaron tres sitios para realizar réplicas, además se tomaron muestras de cada capa del suelo. A todas las muestras obtenidas se les determinó: pH, conductividad, densidad aparente, densidad real, carbonatos inorgánicos, materia orgánica, textura y nitrógeno inorgánico. La toma y preservación de las muestras se llevó a cabo respetando los criterios de la norma: "NOM-021-RECNAT-2000 Fertilidad, Salinidad y Clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis" (NOM-021-RECNAT-2000, 2002). En campo se determinaron los parámetros de morfología y estructura del suelo: Textura al tacto, estructura (tipo), color en seco, dureza (PSI), reacción al HCl y potencial biótico.

#### **3.4.4. Determinaciones analíticas**

Todas las determinaciones analíticas se ajustaron a los criterios señalados para suelos en la norma: NOM-021-SEMARNAT-2000. La determinación del *pH* (AS-02) en agua se mide potenciométricamente en una suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo-agua 1:2, que se realizó con el equipo Hach modelo EC10. La *Conductividad* (AS-18) es un parámetro que nos da información sobre las concentraciones de los minerales disueltos en muestras de suelo. La determinación se realizó por medio del equipo Hach modelo CO150.

La *materia orgánica* (AS-07) se determinó con el método modificado de Walkley y Black, que detecta el carbón orgánico total. La determinación de *carbonatos inorgánicos* o carbonatos de calcio equivalentes (AS-30) se realiza por el método de Horton y Newson. La determinación de nitrógeno inorgánico se realiza con el procedimiento micro- Kjeldahl.

La *textura* (AS-09) se determinó por el procedimiento de Bouyoucos; la *densidad real* (AS-04) se realiza con el método del picnómetro; la prueba de *densidad aparente* se midió con el método de la probeta; la determinación del color (AS-22) se realiza utilizando la carta Munsell de colores de suelo; éstas proporcionan una idea general de las propiedades físicas del suelo. Las determinaciones se realizaron por triplicado y duplicados al azar (coeficiente de variación menor al 15 %).

### 3.4.5 Determinación de infiltración

#### 3.4.4.1 Método de infiltrómetro de doble anillo modificado

Antes de comenzar con la prueba de infiltración, se colocaron clavos separados a 40 cm de distancia horizontal y verticalmente. En la medida de lo posible se dejó intacto el talud.

El método consistió en instalar en el terreno, que previamente se había limpiado de hierbas, desechos, piedras, etc., dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro, con medidas aproximadas de 40 cm de alto y de 30 y 45 cm de diámetro respectivamente. La variación al método fue que el cilindro interior tenía un flotador que mantuvo el volumen del agua a altura constante, y una manguera conectada a un recipiente alimentador. Las pruebas de infiltración se llevaron a cabo de acuerdo al protocolo descrito por Aguilera y Martínez (1986).

Se hicieron lecturas de infiltración del recipiente contenedor a diferentes intervalos de tiempo: a) 7 lecturas de 5 minutos, b) 10 lecturas de 10 minutos, c) 5 lecturas cada 30 minutos, d) 5 lecturas cada hora, e) 7 lecturas cada dos horas. La realización de la recarga se le denominó tiempo muerto.

Es importante recalcar que el nivel del agua del anillo exterior se mantuvo igual al interior, el uso del cilindro exterior tuvo la finalidad de actuar como Buffer, o amortiguar el efecto producido por el agua del cilindro interior en contacto con el suelo seco, obteniendo así una infiltración cuasivertical (figura 3.7).

Aproximadamente a las 24 horas, cuando el nivel del agua en el recipiente contenedor varió muy poco o nada, la prueba de infiltración se dio por terminada

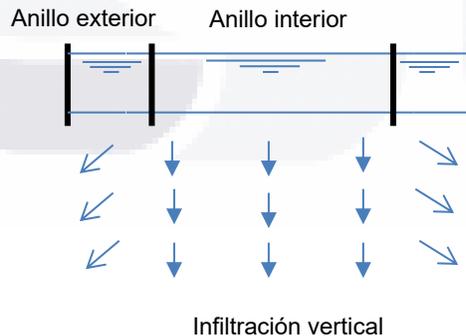


Figura 3.7 Flujo de infiltración del agua en suelo

### 3.4.5.2 Perfil de infiltración con el doble anillo modificado

Posterior a la prueba realizada de infiltración con el método de doble anillo o cilindro modificado, se procedió a realizar el corte del perfil, para observar, medir y fotografiar el bulbo y la pluma que dejó el agua infiltrada.

### 3.4.5.3 Método de infiltración con mini-infiltrómetro “Turf-Tech”

Antes de colocar el mini-infiltrómetro Turf Tech®, se limpió de hierbas, desechos, piedras, etc., una zanja en la parcela de aproximadamente 40 cm de ancho por 120 cm de largo, se nivela la superficie tratando de disturbar lo menos posible el área circundante. En la superficie de uno de los extremos de la zanja se colocó el mini-infiltrómetro enterrándolo y empujando hacia abajo y girando levemente hasta que el anillo de Saturno topó en la superficie del terreno (figura 3.8). El temporizador se ajustó para 15 minutos (figura 3.9). Se llenó primero el anillo exterior y después el interior con agua limpia, cuando el puntero llegó al inicio de la escala en centímetros, inició inmediatamente el temporizador o reloj del equipo, presionando el botón de inicio, con el propósito de anotar las lecturas registradas de infiltración del agua cada minuto. De ser necesario se rellenaron los cilindros, dicha acción se denominó tiempo muerto



Figura 3.8 Colocación del mini-infiltrómetro

Para remover el equipo del suelo, primero se retiró el agua de los anillos (si aún contenían) succionándola con una manguera y vertiéndola en un recipiente provisto para ello. Posteriormente se giró y levantó suavemente el equipo para no molestar la superficie.



Figura 3.9 Imagen y partes del mini-infiltrómetro Turf-Tech

#### 3.4.5.4 Perfil de infiltración con el mini-infiltrómetro “Turf-Tech”

Posterior a la prueba realizada de infiltración con el mini-infiltrómetro Turf Tech, se procedió a extraer el suelo de la zanja a una profundidad de 15 cm, comenzando por el lado opuesto a la prueba de infiltración, al aproximarse al círculo húmedo en la superficie del suelo que dejó el agua infiltrada, se realizó el corte del perfil, para ello se cortó el suelo hasta la mitad del diámetro húmedo con pala y martelina para observar, medir ancho y largo, y fotografiar el bulbo del agua infiltrada.

La prueba de infiltración con el equipo mini-infiltrómetro Tuf Tech, se realizó a cuatro profundidades (15, 30, 45, y 60 cm) con respecto al nivel original de la parcela, en la misma

zanja limpiada y preparada originalmente con el propósito de tener cuatro perfiles y velocidades de infiltración de una misma zanja.

#### 3.4.5.5 Resistencia a la penetración del suelo

La técnica fue estandarizada por la Asociación Americana de Ingenieros Agrónomos (ASAE) en 1978. Para realizar la prueba se utilizó un penetrómetro de cono estático manual (figura 3.10) así como dos tamaños de cono según la resistencia del terreno a) de 3/4" de base para suelos sueltos (suave) y b) de 1/2" para suelos duros (firme), ambos con el Angulo 30°.



*Figura 3.10. Penetrómetro de cono estático manual*

La prueba consistió en introducir las puntas cónicas hasta una cierta profundidad en el perfil del suelo para determinar la fuerza por unidad de superficie (figura 7) en cada uno de los sitios del suelo donde se realizaron las pruebas de infiltración con el equipo Turf Tech.

### 3.5 RESULTADOS

#### 3.5.1 Localización de los pozos de agua potable

La CCAPAMA entregó información de los parámetros de calidad del agua de 163 pozos profundos que operan en el municipio de Aguascalientes; y el INAGUA proporcionó la ubicación de 584 pozos de uso urbano y rural localizados en los municipios, pero sólo proveyó información de los parámetros de calidad de 17 pozos distribuidos en los municipios de Cosío, Rincón de Romos, Asientos, El Llano, Jesús María, Calvillo, y Aguascalientes y de 8 presas, la Plutarco Elías Calles, El Niagara, El Jocoquí, La Codorniz, los Arquitos, Abelardo Rodríguez, la Media Luna y la de Malpaso. En la figura 3.11 se muestra la localización de los pozos y presas analizados.

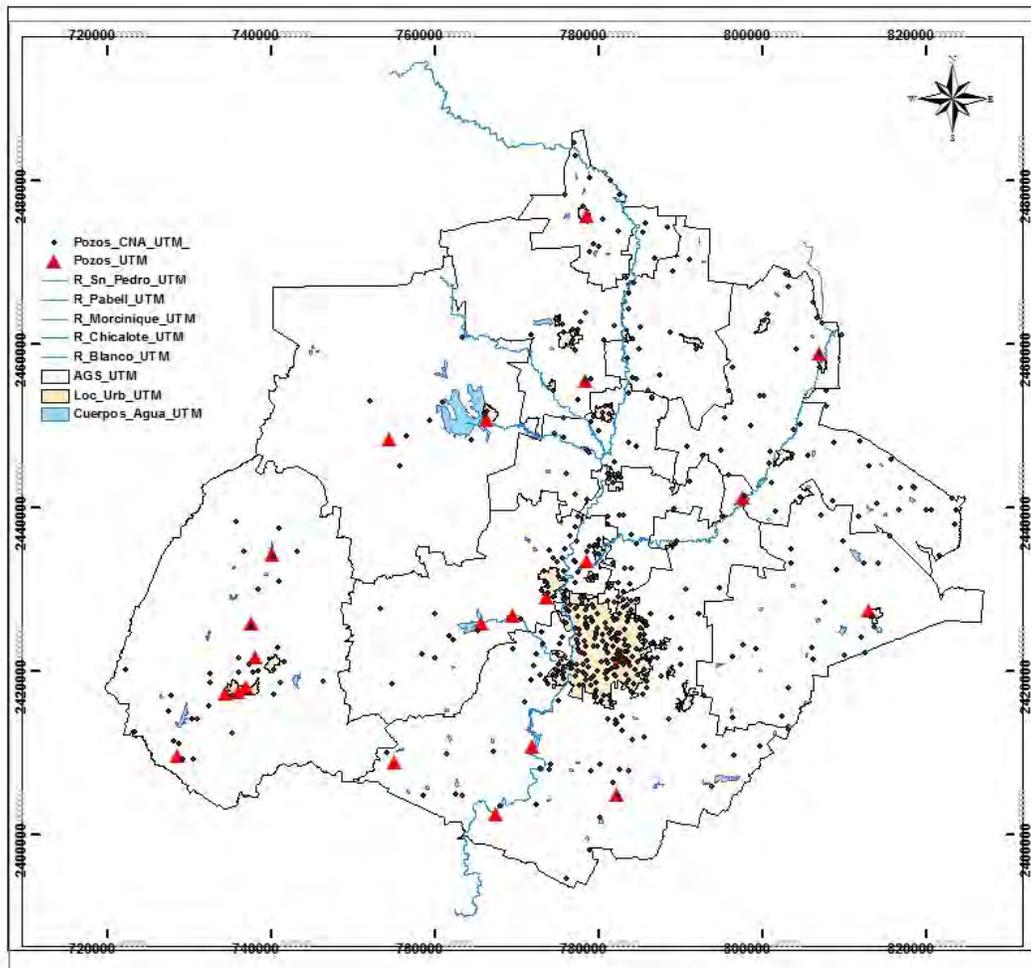


Figura 3.11 Localización de los pozos analizados en el presente estudio (puntos de color negro), los triángulos rojos son los pozos y presas con información de la CCAPAMA de parámetros de calidad del agua.

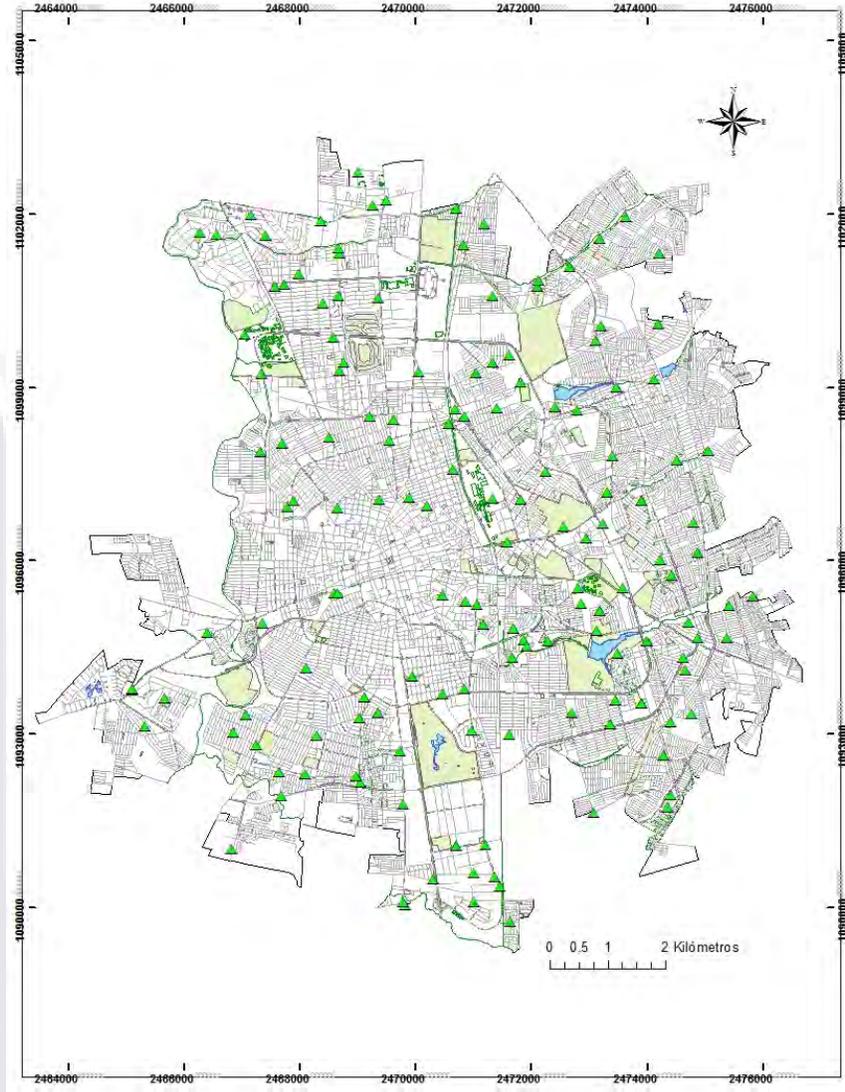


Figura 3.12 Localización de los pozos analizados en el presente estudio en el municipio de Aguascalientes con información de la CCAPAMA de parámetros de calidad del agua

### 3.5.2 Parámetros de la calidad del agua potable subterránea

Las bases de datos proporcionadas contienen información intermitente de los parámetros de calidad del agua; es decir la información tuvo muchos huecos o parámetros que no se analizaron. Por ejemplo, de la CCAPAMA sólo se obtuvo información de los meses febrero, marzo, abril, julio, agosto y septiembre de cada año desde 2000 al 2003; y de INAGUA sólo una muestra por mes desde el año 2000 al 2001 y del 2007 al 2010 de algunos parámetros, como DBO, N-NH<sub>3</sub> y Grasas y Aceites. Cabe aclarar que la

información de este último organismo no contenía datos de análisis bacteriológico y sólo se analizaron los físico-químicos.

Por lo tanto, la cantidad de datos de estos parámetros es insuficiente para realizar análisis de correlación con el cambio y variabilidad climática.

### 3.5.3 Análisis bacteriológico en los pozos de agua potable del municipio de Aguascalientes

El estudio bacteriológico constó de los resultados de los análisis realizados a los 163 pozos de agua subterránea del municipio de Aguascalientes, para detectar la presencia de bacterias coliformes totales y fecales, así como la determinación de oxígeno disuelto (O.D.). Los pozos que mostraron coliformes totales y fecales en las muestras obtenidas se presentan en la figura (3.13)



Figura 3.13 Pozos del municipio de Aguascalientes con coliformes totales y fecales encontradas en los pozos de agua potable

En ellos se observa que prácticamente, en el agua del 25% de los pozos urbanos analizados existen coliformes totales y en el 3.34 % de los pozos existen coliformes fecales. Se presentaron tres pozos que contienen más de 100 NMP/100 ml de coliformes fecales, como los pozos 36, 64 y 80 y que contenían 110, 130 y 350 NMP/100ml de coliformes fecales.

En lo que respecta al oxígeno disuelto (O.D.), el 96% de los pozos, de la zona urbana de Aguascalientes tienen problemas con el límite mínimo de este parámetro, ya que la mayoría de los pozos contiene menos del 6mg/L.

### 3.5.4 Río San Pedro

#### 3.5.4.1 Caracterización de suelos

La ubicación los sitios de muestreo en zonas cercanas al cauce del río San Pedro, se muestra en la Figura 3.14

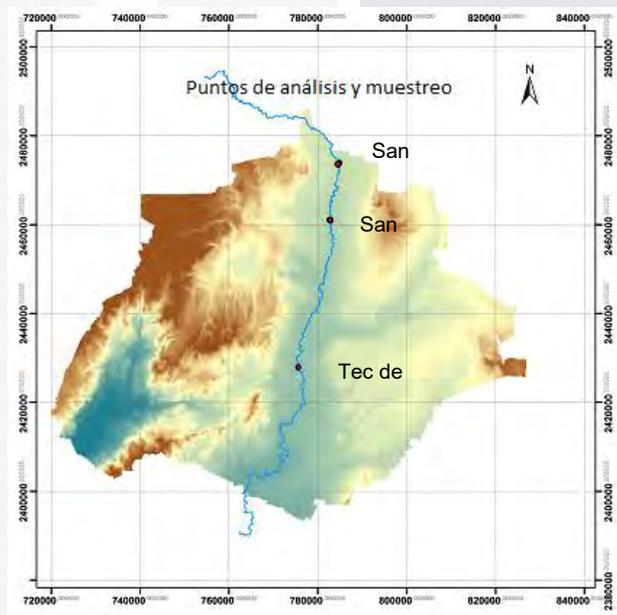


Figura 3.14. Mapa del Estado de Aguascalientes con puntos de muestreo ubicados y seleccionados aledaños al cauce del río San Pedro. Fuente MDE del INEGI año 1998.

En cada sitio se seleccionaron otros tres sitios para realizar los experimentos de infiltración, las coordenadas de cada sitio se indican el cuadro 3.2

Cuadro 3.2. Características generales de los sitios de experimentación.

ID	Lugar	Coordenadas UTM		msnm	Distancia a la parcela (m)
		X (m)	Y (m)	Cota	
I1	San Jacinto NW1	784,518	2,473,518	1,945	4.4
I2	San Jacinto NW2	784,892	2,473,907	1,948	5
I3	San Jacinto NW3	784,408	2,473,657	1,945	14.3
II1	Cerca puente San Antonio - Tepezalá NW1	782,859	2,460,911	1,919	16.5
II2	Cerca puente San Antonio - Tepezalá NW2	782,585	2,461,089	1,916	8.1
II3	Cerca puente San Antonio - Tepezalá NW3	782,865	2,461,078	1,917	11.2
III1	TEC_Mty NW 1	775,560	2,427,927	1,860	6.8
III2	TEC_Mty NW 2	775,560	2,427,943	1,856	4.6
III3	TEC_Mty NW 3	775,564	2,427,949	1,860	7.1

### 3.5.4.2 Método de infiltrómetro de doble anillo modificado

En los sitios seleccionados se colocaron clavos separados a 40 cm de distancia horizontal y verticalmente para crear una malla y evaluar la forma del agua infiltrada en el suelo. En la medida de lo posible se dejó intacto el talud. Se muestra una fotografía del enmallado para la infiltración en el sitio de muestreo (figura 3.15)



*Figura 3.15 Corte y colocación de marcadores en la pared del cauce del río suelo*

También se presenta una fotografía de la instalación del infiltrómetro de doble anillo modificado utilizado para la realización de las pruebas de infiltración (figura 3.16)



*Figura 3.16 Imagen del doble anillo modificado*

#### **3.5.4.3 Perfil de infiltración con el doble anillo modificado**

Posterior a la prueba realizada de infiltración con el método de doble anillo o cilindro modificado, se realizó el corte de perfil para observar, medir y fotografiar el bulbo y la pluma que dejó el agua infiltrada (figura 3.17). La fotografía se realizó en el sitio ubicado detrás del Tecnológico de Monterrey, en las coordenadas: 775,564 m de latitud oeste y 2,427,949 m de longitud norte.

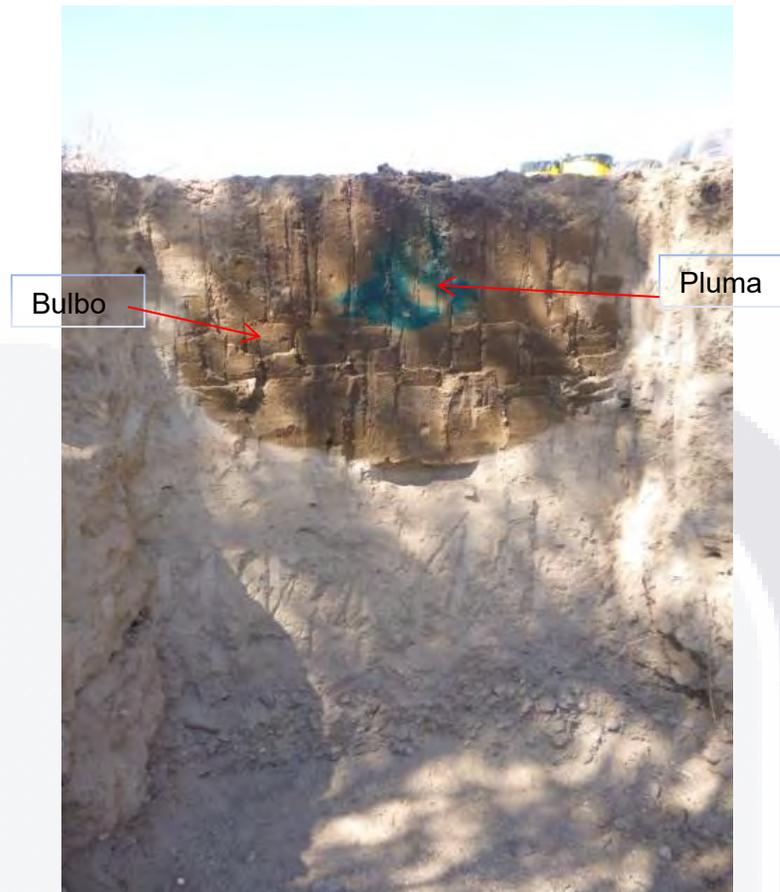


Figura 3.17 Corte del perfil de infiltración

**3.5.4.4 Perfil de infiltración con el mini-infiltrómetro “Turf-Tech”**

La prueba de infiltración con el equipo mini-infiltrómetro Tuf Tech, se realizó a cuatro profundidades (15, 30, 45, y 60 cm) con respecto al nivel original de la parcela, en la misma zanja limpiada y preparada originalmente (figura 3.18) con el propósito de tener cuatro perfiles y velocidades de infiltración de una misma zanja.



Figura 3.18. Perfiles de infiltración con mini-infiltrómetro Turf Tech® a cuatro profundidades.

### 3.5.4.5 Resistencia a la penetración del suelo



Figura 3.19. Penetrómetro de cono estático manual

La prueba consistió en introducir las puntas cónicas hasta una cierta profundidad en el perfil del suelo para determinar la fuerza por unidad de superficie (figura 3.19) en cada uno de los sitios del suelo donde se realizaron las pruebas de infiltración con el equipo Turf Tech.

### **3.5.5 Caracterización de los suelos:**

En cada lugar seleccionado se ha extrajeron muestras de suelo como paso inicial del análisis, se realizaron las pruebas de laboratorio para obtener los valores correspondientes de los parámetros de textura, materia orgánica, densidad aparente, carbonatos inorgánicos, conductividad eléctrica y pH, en el cuadro 3.3 se resumen los resultados de las muestras obtenidas.

Los suelos se han clasificado como franco arcilloso en su mayoría y el contenido de materia orgánica ve de muy bajo a medio, como signo de suelos de pobre fertilidad y carentes de estructura. En este caso los materiales térreos están dominados por partículas de baja capacidad para mantener unidos a los agregados (minerales, materia orgánica) debido a su textura franco-arcillosa mostrando que los taludes presentan una vulnerabilidad media a alta, debido a que se podría presentar licuefacción de suelos por la pérdida de firmeza o rigidez por la falta de cohesividad de los suelos.

Cuadro 3.3. Caracterización de los suelos

	ID	pH	conductividad dS/m	densidad aparente g/cc	%CCE	% C orgánico	% Materia orgánica	% limo	% arena	% arcilla	Clasificación de Textura
San Jacinto	I1A	8.43	0.25	1.27	4.21	1.83	3.16	44.31	23.07	32.63	Franco arcillosa
	I1B	7.86	1.22	1.25	4.68	0.74	1.28	41.64	32.40	25.96	Franca
	I2A	8.37	0.29	1.33	6.31	0.97	1.68	39.97	30.40	29.63	Franco arcillosa
	I2B	8.42	0.24	1.40	7.17	0.35	0.60	34.64	45.73	19.63	Franca
	I3A	7.01	0.41	1.05	5.14	3.07	5.30	45.97	22.40	31.63	Franco arcillosa
	I3B	7.50	0.37	1.29	5.91	1.10	1.90	40.97	31.07	27.96	Franca
San Antonio, Tepezalá	II1A	7.73	0.97	1.25	6.55	1.38	2.38	44.64	13.07	42.29	Arcillo limosa
	II1B	7.89	0.91	1.29	7.36	0.90	1.54	45.97	0.07	53.96	Arcillo limosa
	II1C	8.77	0.77	1.27	6.96	0.64	1.10	49.97	12.40	37.63	Franco arcilla limosa
	II2A	7.41	0.33	1.36	5.26	1.05	1.81	22.97	53.07	23.96	Franco arcilla arenosa
	II2B	8.00	0.25	1.46	6.06	0.26	0.44	8.97	75.07	15.96	Franco arenosa
	II2C	7.49	0.72	1.23	5.99	0.87	1.50	24.63	43.73	31.63	Franco arcillosa
	II3A	7.51	0.23	1.27	5.66	1.15	1.98	19.30	59.73	20.97	Franco arcilla arenosa
	II3B	7.90	0.33	1.29	5.58	0.97	1.68	25.99	47.04	26.97	Franco arcilla arenosa
	II3C	8.19	0.34	1.31	7.04	0.42	0.73	25.43	53.07	21.50	Franco arcilla arenosa
Tecnológico de Monterrey	III1A	8.53	0.29	1.25	10.76	0.97	1.68	47.83	18.87	33.30	Franco arcilla limosa
	III1B	7.82	2.69	1.21	5.66	0.33	0.57	45.63	19.07	35.30	Franco arcilla limosa
	III1C	9.08	0.50	1.27	5.18	0.15	0.26	27.99	41.71	30.30	Franco arcillosa
	III2A	8.49	0.31	1.23	6.23	0.31	0.53	39.99	32.04	27.97	Franco arcillosa
	III2B	8.65	0.36	1.26	5.42	0.28	0.48	45.66	22.04	32.30	Franco arcillosa
	III2C	8.45	0.14	1.27	4.53	0.20	0.34	42.33	28.71	28.97	Franco arcillosa
	III3A	8.81	0.20	1.38	7.28	0.28	0.48	36.33	36.71	26.97	Franco arcillosa
	III3B	8.47	0.39	1.29	5.74	0.20	0.34	39.99	32.71	27.30	Franco arcillosa

La densidad aparente presenta valores mayores a 1.05gr cm<sup>3</sup> como indicación del elevado contenido de arcilla. Los valores de densidad real, aparente y porosidad son mostrados en el cuadro 3.4

Cuadro 3.4. Densidad real, aparente y % de porosidad de los sitios donde se realizan las pruebas de infiltración con el doble anillo modificado

	ID	Densidad real	Densidad aparente	% porosidad
San Jacinto	I1A	2.63568711	1.26991429	51.8184734
	I1B	2.64424301	1.250025	52.7265461
	I2A	2.63904517	1.33335333	49.4759185
	I2B	2.67705802	1.4036	47.5693097
	I3A	2.64630732	1.05263947	60.2223269
	I3B	2.63879633	1.29032581	51.1017281
San Antonio, Tepezalá	II1A	2.64811136	1.25028125	52.7859263
	II1B	2.59998275	1.29049355	50.3653035
	II1C	2.66786585	1.26994603	52.39843
	II2A	2.64688397	1.35602712	48.7689248
	II2B	2.6741555	1.45457818	45.6060732
	II2C	2.66333455	1.23077846	53.7880639
	II3A	2.66447618	1.27002222	52.3350131
	II3B	2.66707864	1.29037419	51.6184423
	II3C	2.65324814	1.3116623	50.5639041
Tecnológico de Monterrey	III1A	2.65413096	1.250025	52.9026632
	III1B	2.65960907	1.21215152	54.423696
	III1C	2.66724239	1.26986349	52.3903979
	III2A	2.68600124	1.23088	54.174258
	III2B	2.64952248	1.25802201	52.5189153
	III2C	2.64142286	1.26999683	51.919973
	III3A	2.66552323	1.37932759	48.2530269
	III3B	2.65282078	1.29037097	51.3585321

**3.5.6 Determinación de tasa de infiltración**

Los datos obtenidos de campo fueron analizados mediante el modelo ya descrito, Kostiakov-Lewis (K-L), con lo cual fue posible obtener los parámetros K y n, los cuales son mostrados en el cuadro 3.5. Cabe hacer la aclaración que en el sitio II de San Jacinto no se pudo obtener información, ya que en menos de 2 horas se consumieron más de 200 litros de agua, y las velocidades de infiltración eran elevadas, es decir al comienzo del experimento, en menos de 3 min se consumieron 20 L, y las lecturas en el equipo descendieron rápidamente, de tal suerte que no se pudieron tomar las lecturas.

*Cuadro 3.5 Tasas de infiltración obtenidas en el sitio San Jacinto con el doble anillo modificado*

	Sitio	Modelo K-L	R <sup>2</sup>
San Jacinto	I1A	$I=0.61006 t^{-0.1834}$	0.1269
	I2A		
	I3A	$I = 1.0513 t^{-0.3588}$	0.3679

Las tasas de infiltración obtenidas en la parcela, con el mini-infiltrómetro Turf Tech son mostrados en el cuadro 3.6.

*Cuadro 3.6 Tasas de infiltración obtenidas en el sitio San Jacinto con mini-infiltrómetro*

	Sitio	Modelo K-L	R <sup>2</sup>
San Jacinto	I1A	$I=5.2015 t^{-0.5165}$	0.3076
	I2A	$I=3.5296 t^{-0.6433}$	0.5112
	I3A	$I = 4.4650 t^{-0.4784}$	0.3321
	Testigo	$I = 30.5090 t^{-1.27}$	0.69

Una vez calculadas la tasa de infiltración instantánea con los valores de tiempo acumulado como variable independiente, se obtuvieron líneas de tendencia polinomiales de segundo grado, cuyos modelos, considerando los coeficientes de correlación de Pearson

( $R^2$ ), podrían ser aceptables, por ser mayores a 0.87 (figura 3.20 y 3.21) para los dos métodos de infiltración, doble anillo modificado y mini-infiltrómetro, respectivamente.

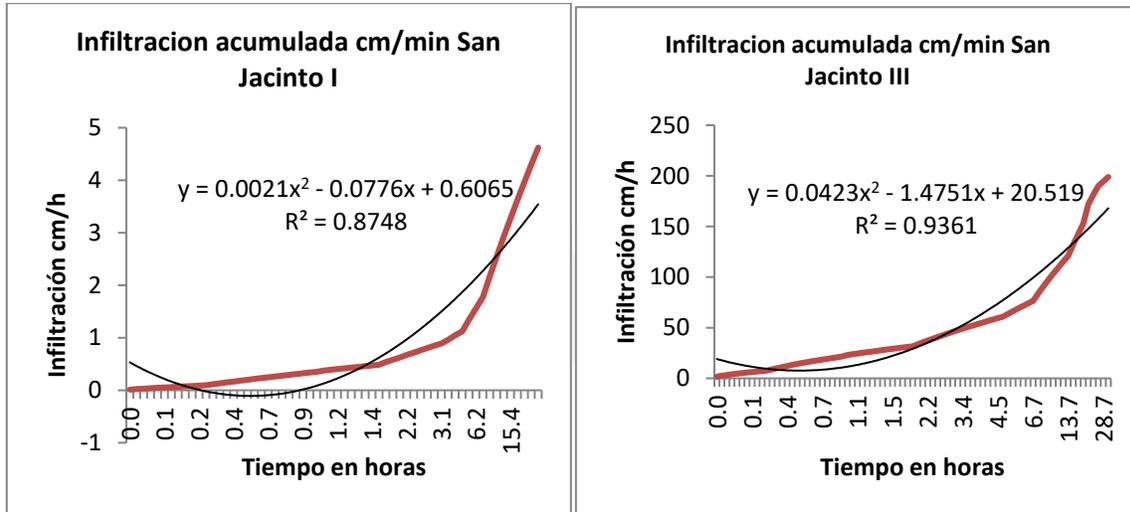


Figura 3.20. Velocidades de infiltración calculada en cm/min y ajuste de polinomios de segundo grado obtenidos a partir de las tasas de infiltración calculadas con datos de campo por el método de doble anillo modificado.

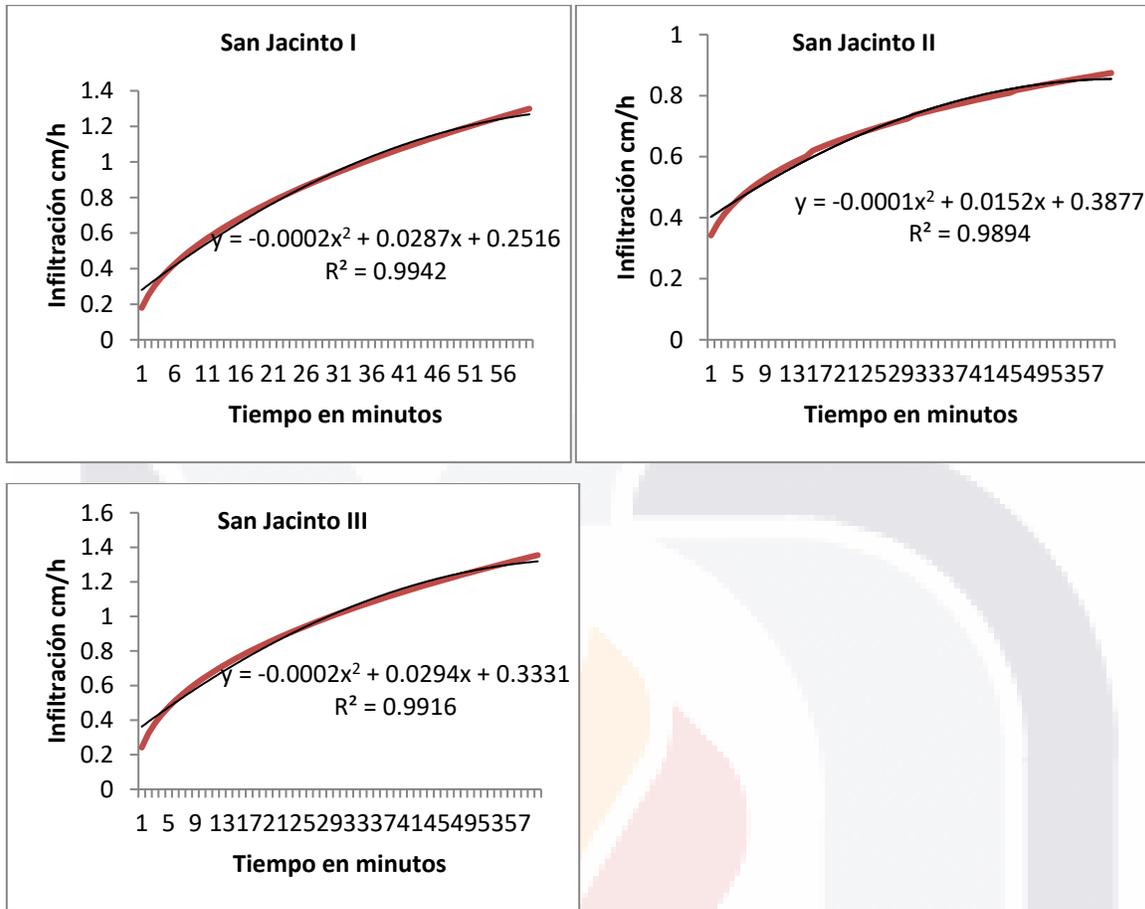


Figura 3.21. Velocidades de infiltración calculada en cm/min y ajuste de polinomios de segundo grado obtenidos a partir de las tasas de infiltración calculadas con datos de campo por el método de mini-infiltrómetro

### 3.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.6.1 Parámetros analizados del agua

La importancia del oxígeno disuelto (OD) en los resultados de las muestras analizadas por CCAPAMA (2023) son de importancia ya que, al ser un indicador de contaminación del agua potable, indica que niveles por debajo de 6 ppm pudiesen encontrarse en áreas donde el material orgánico (vertidos de depuradoras, granjas, plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Si bien se sabe que otros factores como la salinidad, o la altitud (debido a que cambia la presión) y las temperaturas altas del agua también afectan los niveles de OD.

Con respecto a las colonias de coliformes totales y coliformes fecales encontradas en las muestras de los pozos de uso urbano, se cree que esta podría ser la razón del número tan elevado de casos de enfermedades diarreicas en el estado; Según indicó la Secretaría de Salud (2016); Aguascalientes junto con el estado de Yucatán, son las entidades con mayor incidencia de EDAs con 5.3 y 4.6 casos por cada mil menores de cinco años.

Cabe hacer mención que algunas actividades económicas pueden generar contaminación del suelo, y esto que trae como consecuencia la infiltración de algunos contaminantes hacia los mantos freáticos. Esta cercanía suele presentarse especialmente en las cercanías de los cauces de ríos y arroyos cercanos a centros de población.

En la en la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 sobre vigilancia y evaluación del control de la calidad del agua para uso y consumo humano distribuida por sistemas de abastecimiento público se indica, por ejemplo, que, para un asentamiento con más de 500,000 habitantes, se deberá determinar el cloro residual libre mediante una muestra diaria por cada 50,000 y en el caso del examen microbiológico, una muestra por cada 250,000 habitantes. Lo anterior no se cumple para ninguno de los pozos de los once municipios del estado de Aguascalientes.

Se necesita seguir avanzando en el análisis de las correlaciones entre salud, la variación en la calidad del agua y de las variables climáticas. Por lo anterior es necesario que el monitoreo de la calidad del agua sea más frecuente durante todo el año para contar con

elementos que ayuden a diferenciar los impactos del cambio climático de aquellos por la variabilidad climática natural.

### **3.6.2 Capacidad de infiltración en el Río San Pedro**

La determinación de la capacidad de infiltración de los suelos es un parámetro fundamental para el estudio a fin de determinar los indicadores de calidad del suelo en las zonas aledañas del río San Pedro como sistema hidrológico. La pérdida de materia orgánica y la modificación de los agregados del suelo originan que la velocidad de infiltración del agua de lluvia sea lenta y por lo tanto su eficiencia disminuya al ser menor la cantidad que entra al sistema, incrementándose la erosión hídrica por el agua que escurre en la superficie del suelo.

Es interesante observar que el porcentaje de porosidad en los sitios donde se realizaron las pruebas de infiltración con el doble anillo modificado son generalmente mayores en la capa superficial y menor en las inferiores, y por consiguiente la densidad aparente fue menor, lo cual podría deberse a la no alteración de la estructura, así como a la porosidad producida por la fauna edáfica y las raíces.

Con respecto al pH, los suelos en San Jacinto y San Antonio fueron clasificados como medianamente alcalinos y en los Pocitos se clasificaron como fuertemente alcalinos en las capas superiores y medianamente alcalinos en las capas siguientes, lo que significa que, entre más alcalinos, tienen una baja estructura y estabilidad a causa del alto contenido de sodio intercambiable.

La clasificación que se obtuvo de materia orgánica en los sitios fue San Jacinto: media a baja, en San Antonio fue de media muy baja, pero en pocitos (Tec de Monterrey) esta fue muy baja en todos los sitios y capas, debido a que la cubierta vegetal sobre la superficie del suelo es pobre o insuficiente, se exponen los agregados de la superficie del suelo a la acción de la fuerza erosiva de la lluvia, lo cual reduce drásticamente la infiltración de agua.

Al comparar la densidad aparente con la clasificación de texturas de los sitios, se observó que éstos tienen valores aceptables de materia orgánica (valores dentro de lo normal), es decir no están compactados o densos.

La relación de la textura con la porosidad es alta; en suelos arenosos, se tienen poros grandes y continuos, en suelos arcillosos, se tienen poros muy pequeños, pero más abundantes, por lo mismo, los suelos arcillosos tienen una mayor porosidad total.

Las velocidades de infiltración en los sitios donde se realizó la prueba con doble anillo modificado son semejantes, así como en donde se realizó con mini-infiltrómetro, pero en éstas últimos sitios resultaron ser ligeramente más altas, posiblemente debido a la labranza que se realiza en la parcela, comparando con los primeros sitios que están expuestos a la compactación por el caminar de personas, animales o vehículos.

### 3.7 CONCLUSIONES

En la zona de estudio se encontró que el agua subterránea del Estado tiene una clara influencia físico, química y bacteriológica de agua residual superficial, posiblemente por infiltraciones producidas, ya sea por la presencia de fracturas o fallas o grietas tectónicas, o por zonas de recarga natural, que hace posible el contacto residual con las aguas potables.

Los suelos en San Jacinto y San Antonio fueron clasificados como medianamente alcalinos y en los Pocitos se clasificaron como fuertemente alcalinos en las capas superiores y medianamente alcalinos en las capas siguientes, lo que significa que tienen una baja estructura y estabilidad a causa del alto contenido de sodio intercambiable.

La clasificación de los sitios por medio de la materia orgánica en San Jacinto es media a baja, en San Antonio fue de media muy baja y en Pocitos (Tec de Monterrey) esta fue muy baja en todos los sitios y capas, lo que significa que hay baja infiltración de agua.

## CAPÍTULO 4 VULNERABILIDAD

### 4.1 ANTECEDENTES

#### 4.1.1 Características del tiempo y el clima

El sistema climático se considera formado por cinco elementos o cinco subsistemas. La atmósfera (la capa gaseosa que envuelve la Tierra), la hidrósfera (el agua dulce y salada en estado líquido de océanos, lagos, ríos y agua debajo de la superficie), la criósfera (el agua en estado sólido), la litósfera (el suelo y sus capas) y la biósfera (el conjunto de seres vivos que habitan la Tierra). El clima es consecuencia del equilibrio que se produce en la interacción entre esos cinco componentes (CIIFEN, 2023).

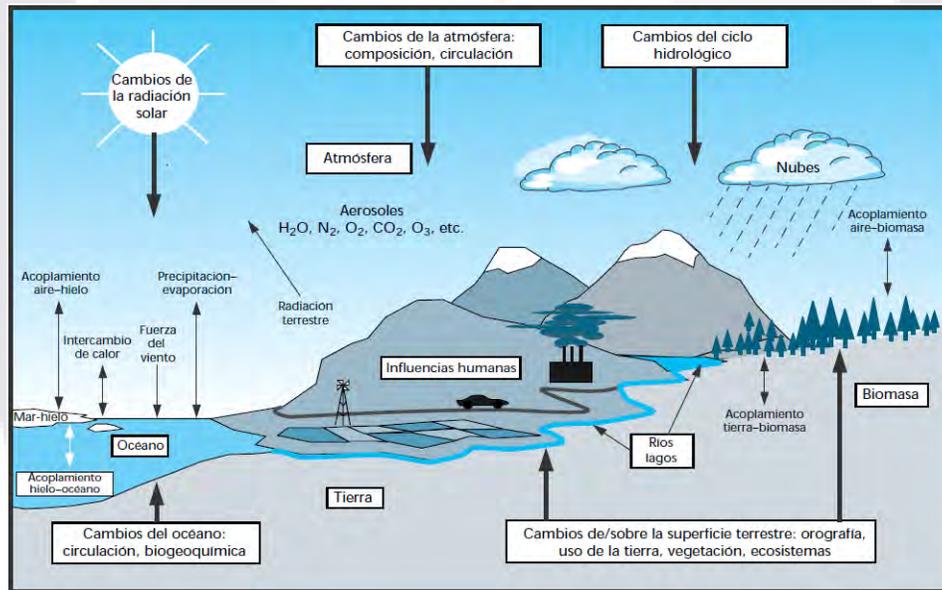


Figura 4.1 Esquema del sistema climático global. Créditos: IPCC, tomado de la red.

El tiempo atmosférico es definido como las condiciones atmosféricas en un momento dado para un determinado lugar. Es el estado en que se encuentra la atmósfera en ese momento en cortos períodos, generalmente horas o pocos días. Por otra parte el clima son las condiciones atmosféricas predominantes durante un período determinado sobre un lugar o una región, las cuales están controladas por: factores radiativos forzantes (radiación solar y efecto invernadero de la atmósfera), así como la interacción de la atmósfera con otros componentes del sistema Tierra (hidrósfera, biósfera, litósfera y

antroposfera), y la influencia de factores físicos-geográficos (latitud, altitud sobre el nivel del mar, continentalidad, orografía, circulación atmosférica y corrientes marinas) (CIIFEN, 2013).

La variabilidad climática es una medida del rango en que los elementos climáticos, como temperatura o lluvia, varían de un año a otro. Incluso puede incluir las variaciones en la actividad de condiciones extremas, como las variaciones del número de aguaceros de un verano a otro. La variabilidad climática es mayor a nivel regional o local que al nivel hemisférico o global (CIIFEN, 2013). Entonces se entiende por variabilidad climática las fluctuaciones de los componentes del clima –temperatura y precipitaciones, entre otros– durante lapsos determinados, los cuales pueden ser tan disímiles como abarcar períodos desde algunos días hasta décadas (CIIFEN, 2023)

Mientras que el cambio climático se refiere a una variación significativa en los valores medios de las variables o componentes del clima en períodos de centurias y con consecuencias a muy a largo plazo (CIIFEN, 2023).

En el informe mundial sobre desastres 2020, emitido por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (IFRC) se dijo que "Durante la última década, el 83% de todos los desastres fueron causados por fenómenos meteorológicos extremos y relacionados con el clima, como inundaciones, tormentas y olas de calor" (IRFC, 2020), es decir con la variabilidad climática.

La variabilidad se puede originar por procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). (Montealegre, 2009).

En las escalas temporales de la variabilidad climática, se consideran de mayor importancia en la determinación y modulación de procesos atmosféricos las siguientes:

- Estacional: A esta fase corresponde la fluctuación del clima a escala mensual. La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel. En latitudes medias, la secuencia de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño es algo común para los habitantes de dichas regiones, en tanto que, en latitudes tropicales, lo frecuente es la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas.

- Intraestacional: Existen evidencias de que dentro de las estaciones se presentan perturbaciones que determinan las condiciones de tiempo durante decenas de días.

La mayoría de las veces estas oscilaciones pasan inadvertidas porque su amplitud es pequeña, en comparación con las del ciclo anual. Dentro de las oscilaciones intraestacionales se destaca una señal de tipo ondulatorio, denominada de 30-60 días.

- Interanual: A esta escala corresponden las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año.

Normalmente percibimos que la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar no siempre es la misma de un año a otro, sino que fluctúa por encima o por debajo de lo normal. Ejemplos típicos de la variabilidad climática interanual corresponden a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño - La Niña - Oscilación del Sur, ENSO y la Oscilación Cuasi bienal, la cual corresponde a una oscilación de largo plazo en la dirección del viento zonal de la baja y media estratosfera ecuatorial, con un período irregular que varía entre 20 y 35 meses; en cada lapso se alternan los vientos de componente Este con los del Oeste.

- Interdecadal: En esta escala se manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas.

Comparativamente con la variabilidad interanual, la amplitud de estas oscilaciones es menor. Ésta es una de las razones por las cuales este tipo de variabilidad pasa inadvertida para el común de la gente (Montealegre, 2009).

#### **4.1.2 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad no está definida únicamente en términos de amenazas o impactos, sino también por las vías de desarrollo de una sociedad, su grado de exposición física, la distribución de sus recursos, los desastres padecidos previamente y sus instituciones sociales y gubernamentales (IPCC, 2007).

El IPCC (2007; 2012) definió la vulnerabilidad como el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos. La vulnerabilidad es dinámica y su análisis se realiza como una condición sistémica, multifactorial, multisectorial, multitemporal

y multiescalar. Es una función del carácter, magnitud y la razón del cambio climático a la cual un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa (Osnaya, 2013).

La vulnerabilidad se da en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, los factores que configuran la vulnerabilidad ante el cambio climático están determinados por el nivel de exposición ante una amenaza dada y la sensibilidad inherente de los sistemas naturales y humanos, contrarrestada por la habilidad de respuesta o capacidad adaptativa de dichos sistemas, que incluye recursos financieros, tecnológicos y capacidad de organización y planificación (IPCC, 2001; Gutiérrez y Espinoza, 2010; Ojeda et al., 2010) (Figura 4.2). A continuación, se describe cada uno de los conceptos:

- a) **Exposición:** Se refiere al tipo y grado, o naturaleza, a la que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas. En este caso son variables como la temperatura, la precipitación, los eventos climáticos extremos, entre otros a los que un lugar está sujeto dada su ubicación geográfica. (INEC, 2023).
- b) **Sensibilidad:** Hace referencia al grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos o indirectos. Por ejemplo, cómo puede ser afectada la salud humana. (INEC, 2023).

La sensibilidad de una sociedad ante el cambio climático dependerá de factores como la infraestructura para los asentamientos humanos, seguridad alimentaria, disponibilidad de recursos hídricos, enfermedades que afectan a la población y el deterioro de los recursos naturales, entre otros (Osnaya, 2013).

- c) **Capacidad de adaptación:** Hace referencia a las capacidades, recursos e instituciones, en diferentes niveles de análisis, que permitan detonar procesos de adaptación, en acompañamiento del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas (INEC, 2023).



Figura 4.2 Marco metodológico del Índice Prototipo de Vulnerabilidad-Resiliencia. Fuente: Traducido de Brenkert and Malone, 2005 e Ibararán et al., 2008.

Todos los países, así como todas las regiones y sectores de un país, son potencialmente susceptibles de sufrir impactos por el cambio climático -es decir, son vulnerables-, también se sabe que su grado de vulnerabilidad está relacionado con diversos factores sociales, económicos y geográficos. Al respecto, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2002) ha señalado que la falta de crecimiento económico, la desigualdad, la existencia de marcos legales deficientes y las presiones demográficas, son factores que elevan la vulnerabilidad ante la variabilidad climática y los eventos hidrometeorológicos extremos.

Esta afectación de grupos, sectores o regiones a los riesgos por la exposición a condiciones climáticas se describe mediante indicadores que al ser analizados permiten identificar prioridades y establecer medidas de adaptación (Downing *et al.*, 2005).

Cuando se analiza la vulnerabilidad se debe considerar la interrelación que existe entre las características geográficas, las condiciones de la población (como el nivel socioeconómico o las características demográficas) y los servicios (salud, sanitarios, suministro de agua, protección civil, entre otros) (Downing *et al.*, 2005).

Para la generación de indicadores hay metodologías que han sido utilizadas por diversos autores entre los que destacan Cutter (2006) quien utilizó datos demográficos y socioeconómicos para generar un índice de vulnerabilidad social a fenómenos ambientales llamado Índice de Vulnerabilidad Social -por sus siglas en inglés- So.VI (Zerecero, 2013)

El IPCC (2014a) recomienda que la metodología que se elija debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Captar aspectos importantes de la vulnerabilidad.
- Permitir comparaciones entre países, regiones, y/o pequeñas áreas geopolíticas.
- Ser transparentes para que los resultados sean comprendidos y reproducibles.
- Usar indicadores cuantificables cuando sea posible a fin de facilitar comparaciones y análisis, priorizar o dar seguimiento a las acciones de reducción de vulnerabilidad.

A partir de los indicadores se debería poder estimar tendencias y valorar la flexibilidad de la vulnerabilidad con el fin de proyectarla a futuro

#### **1.4.3.1 Vulnerabilidad hídrica**

La definición de vulnerabilidad hídrica podría tener la siguiente consideración: Es el proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad y cantidad del agua que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas.

El grado de vulnerabilidad hídrica depende de la seguridad hídrica, es decir, la capacidad de la sociedad para garantizar: Una adecuada cantidad y calidad de agua para el funcionamiento de los ecosistemas, la producción y autosuficiencia alimentaria.

La estimación de la vulnerabilidad hídrica para humanos se ha construido a través de 15 indicadores (IMN, 2007, 2011) socioeconómicos y biofísicos, a saber: Población menor de 12 años, Población mayor de 64 años, población discapacitada, población afectada por asma, dotación poblacional de agua, población analfabeta, área propensa a deslizamiento, área propensa a inundaciones, área dedicada a actividades agrícolas, área con sobre uso de suelo, casas con paredes de maderas, casas sin cielo raso, casas con hacinamiento, casas con tanque séptico, población en pobreza. La presencia de uno o más de los indicadores, indica altos índices de vulnerabilidad.

#### 4.1.3.2 Vulnerabilidad en salud

##### 4.1.3.2.1 Quienes son los más vulnerables

Los impactos del cambio climático en la salud dependerán de muchos factores. Estos factores incluyen la eficacia de la salud pública de una comunidad y los sistemas de seguridad para hacer frente o para prepararse para el riesgo y el comportamiento, la edad, el género, el aislamiento, la ubicación física (lugar donde viven las personas) la inflexibilidad cultural, la rigidez política y la situación económica de las personas afectadas. Los posibles impactos variarán según la región, la sensibilidad de la población, la extensión y la duración de la exposición a los impactos del cambio climático, y la capacidad de la sociedad para adaptarse al cambio (Woodward et al., 1998, Downing *et al.*, 2005, EPA 2012).

Considerando lo anterior, el nivel de vulnerabilidad será y ya está siendo diferente para cada comunidad, puesto que cualquier repercusión potencial del cambio climático afectara más a algunos grupos de población que a otros, en virtud de su nivel de pobreza, grado de educación, densidad demográfica, grado de desarrollo económico, disponibilidad alimentaria, el nivel y la distribución de los ingresos, las condiciones ambientales locales, su estado de salud y la calidad y disponibilidad de servicios sanitarios y de alerta temprana (Aparicio, 2007).

El grupo de expertos de Naciones Unidas sobre el cambio climático afirma que no toda la población mundial se encuentra en la misma situación de riesgo frente a la amenaza del calentamiento del planeta y sus consecuencias, de modo que se han definido una serie de condiciones geográficas y socioeconómicas de alto riesgo para la salud de sus poblaciones (IPCC, 2001):

- Poblaciones que viven en los bordes de las áreas de alta endemicidad de enfermedades sensibles a los cambios del clima, como la malaria o el dengue.
- Regiones en las que se hayan observado brotes epidémicos en relación con fenómenos climáticos extremos como el fenómeno del Niño.
- Áreas con deficientes infraestructuras sanitarias, con problemas medioambientales sobreañadidos o con subdesarrollo económico.
- Regiones muy sensibles a fenómenos climáticos que afecten directamente a la salud.

## 4.2 JUSTIFICACIÓN

El país de México se caracteriza por la gran variabilidad climática debido a su posición geográfica y su topografía. Esta combinación de factores determina las temperaturas y precipitaciones a nivel regional. Para realizar una evaluación adecuada de la vulnerabilidad de la población humana por la variabilidad climática, las actividades de la sociedad e indicadores de calidad del agua y del suelo, es importante conocer los parámetros que se interrelacionan para reducir la vulnerabilidad de la población ante las variaciones en los patrones meteorológicos, que se presentan durante eventos de variabilidad climática, tales como inundaciones, lluvias copiosas y elevadas temperaturas, que finalmente tienen una importante influencia en numerosos ecosistemas, y que afectan a los demás componentes, entre los cuales se incluyen microorganismos, vectores insectarios, reservorios animales y seres humanos susceptibles, generando un cambio en la incidencia y distribución de numerosas patologías, mayoritariamente infecciosas (Cerde et al., 2008).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008), afirma que las consecuencias de la variabilidad climática afectarán de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables, tales como niños pequeños, adultos mayores, enfermos, pobres y las poblaciones aisladas; por lo tanto, se espera un aumento en las EDAs en particular en los asentamientos con elevados índices de marginación.

## 4.3 OBJETIVOS

### Objetivo general

Realizar un análisis cuantitativo de vulnerabilidad de los municipios de Aguascalientes por medio de índices que estén contruidos con la mayor cantidad de datos disponibles y utilizando la metodología más adecuada para determinar la vulnerabilidad ante las enfermedades diarreicas agudas asociadas a la variabilidad climática natural a partir de indicadores de calidad de agua y suelo y las condiciones culturales de los hogares.

### Objetivos particulares

- Incorporar el análisis de variación de la calidad del agua potable de los municipios de Aguascalientes.
- Incorporar la correlación de los registros de los casos de enfermedades diarreicas agudas en los municipios de Aguascalientes con las variables climáticas (Temperatura y precipitación).
- Estimar cuantitativamente los Índices de vulnerabilidad de la población en los once municipios de Aguascalientes ante la oscilación de dos variables climáticas, de la calidad del agua potable y de la incidencia de enfermedades diarreicas agudas.

## 4.4 METODOLOGÍA

### 4.4.1. Base de Datos de los pozos de agua

Se realizó un acopio de análisis de parámetros de calidad del agua de los pozos de agua potable de los once municipios de Aguascalientes. Esta información fue proporcionada por CCAPAMA con información perteneciente a 163 pozos localizados en los once municipios de Aguascalientes.

### 4.4.2 Base de datos de la incidencia de enfermedades diarreicas agudas

Se obtuvo información de la Secretaría de Salud del Estado sobre la incidencia de las enfermedades diarreicas agudas en el periodo 2000-2010 de la población del estado de Aguascalientes, por grupo etario y municipio.

### 4.4.3 Correlación entre los parámetros de calidad del agua potable subterránea y los casos de enfermedades diarreicas agudas.

Se estableció el coeficiente de correlación lineal y el nivel de significancia estadística de los parámetros de coliformes totales y coliformes fecales en las muestras de los pozos de agua potable con las enfermedades diarreicas agudas, mediante el programa de estadística Minitab 16 ®.

### 4.4.4 Estimación del índice de vulnerabilidad

La estimación del índice de vulnerabilidad de la población de los once municipios del estado de Aguascalientes, para 2000, 2005 y 2010 con base a la variación de la temperatura y precipitación, los parámetros de calidad del agua, los casos de enfermedades diarreicas agudas y de otros indicadores relacionados con las actividades socioculturales de la población.

Los índices de vulnerabilidad se construyeron siguiendo los pasos definidos en ICRISAT (2009):

- Selección del área de estudio, que en este caso fueron los once municipios del estado de Aguascalientes.
- Selección de los indicadores para cada uno de los tres componentes de la vulnerabilidad
  - i) Exposición: coliformes totales, temperatura máxima y precipitación acumulada en el año.

- ii) Sensibilidad: población, población en pobreza alimentaria, población sin acceso a salud, suma de los casos de enfermedades diarreicas agudas.
- iii) Capacidad de adaptación: población de 15 años y más que es alfabeta, población económicamente activa, viviendas con acceso a agua potable, viviendas con drenaje conectado a la red pública.

**4.4.5 Arreglo de las bases de datos**

Para cada componente de vulnerabilidad, los datos recopilados se organizaron en la forma de una matriz rectangular para los años 2000, 2005 y 2010, en archivos Excel con filas que representaron los once municipios de Aguascalientes y las columnas que simbolizaron los indicadores Xij del componente de vulnerabilidad; en el cuadro 4.1 se presenta el arreglo matricial realizado para obtener los índices de vulnerabilidad.

Cuadro 4.1 Arreglo matricial de los indicadores seleccionados para estimar el Índice de Vulnerabilidad.

Municipio	Exposición		Sensibilidad				Capacidad de adaptación			
	T max (°C)	Precipitación (mm)	Población (Hab)	Población en pobreza alimentaria (%)	Población sin acceso a salud (%)	Suma de EDAs (casos)	Población alfabetada de 15 años y mas (%)	Población Económicamente activa (%)	Viviendas con acceso a agua potable entubada (%)	Viviendas con drenaje conectado a la red pública (%)
Aguascalientes	Xij	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Asientos	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Calvillo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cosío	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
El Llano	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Jesús María	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pabellón de Arteaga	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rincón de Romos	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
San Francisco de los Romo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
San José de Gracia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tepezalá	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

#### 4.4.6 Normalización de los indicadores

Debido a que los indicadores estuvieron en diferentes unidades y escalas; para estandarizar sus valores, primero se normalizaron para que todos estuviesen entre 0 y 1. El valor 1 correspondió al municipio con valor máximo y el 0 al municipio con valor mínimo. Las posibles de relaciones funcionales del indicador con la vulnerabilidad se representaron con una flecha hacia arriba ↑ para expresar el aumento de la vulnerabilidad al incrementar el valor del indicador; y la flecha hacia abajo ↓ con la disminución (ICRISAT, 2009). Para normalizar los valores se utilizó el programa Excel.

La fórmula empleada para la normalización positiva fue:

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - \text{Min}_i(X_{ij})}{\text{Max}_i(X_{ij}) - \text{Min}_i(X_{ij})}$$

La fórmula empleada para la normalización negativa fue:

$$y_{ij} = \frac{\text{Max}_i(X_{ij}) - X_{ij}}{\text{Max}_i(X_{ij}) - \text{Min}_i(X_{ij})}$$

Cuadro 4.2a. Relación de funcionalidad entre los indicadores seleccionados y la vulnerabilidad para los años 2000 y 2005.

Componente	Indicador	Unidades	Relación de funcionalidad	Fuente de información
Exposición	Temperatura máxima	°C	↑	CONAGUA
	Temperatura mínima	°C	↑	CONAGUA
	Precipitación	mm	↑	CONAGUA
Sensibilidad	Población	Habitantes	↑	INEGI
	Población en pobreza alimentaria	%	↑	CONEVAL
	Población sin acceso a salud	%	↑	INEGI
	Suma de casos de EDAs	Número de casos	↑	ISEA
Capacidad de adaptación	población alfabeta de 15 años y más	%	↓	INEGI
	Población económicamente activa	%	↑	INEGI
	Viviendas con acceso a agua potable entubada	%	↑	INEGI
	Viviendas con drenaje conectado a la red pública.	%	↑	INEGI

Cuadro 4.2b. Relación de funcionalidad entre los indicadores seleccionados y la vulnerabilidad para el año 2010 que incluye información obtenida de las encuestas.

Componente	Indicador	Unidades	Relación de funcionalidad	Fuente de información
Exposición	Temperatura máxima	°C	↑	CONAGUA
	Temperatura mínima	°C	↑	CONAGUA
	Precipitación	mm	↑	CONAGUA
	Juegos cerca de fuentes de agua	%	↑	Encuesta
	Juegos en o con tierra suelta	%	↑	Encuesta
	Falta de higiene	%	↑	Encuesta
Sensibilidad	Vive cerca de fuentes de agua	%	↑	Encuesta
	Vive cerca de lotes baldíos	%	↑	Encuesta
	Población	Habitantes	↑	INEGI
	Población en pobreza alimentaria	%	↑	CONEVAL
	Población sin acceso a salud	%	↑	INEGI
	Suma de casos de EDAs	Número de casos	↑	ISEA
Capacidad de adaptación	población alfabeta de 15 años y más	%	↓	INEGI
	Población económicamente activa	%	↑	INEGI
	Viviendas con acceso a agua potable entubada	%	↑	INEGI
	Viviendas con drenaje conectado a la red pública.	%	↑	INEGI

#### 4.4.7 Asignación de peso a los indicadores normalizados

Iyengar y Sadarshan (ICRISAT, 2009) desarrollaron un método para calcular un índice compuesto a partir de datos multivariados y se utilizó para el desarrollo de los índices compuestos de vulnerabilidad.

$i = 1 \dots 11$  representa a cada uno de los once municipios de Aguascalientes

$j = 1 \dots k$  representa los  $k$  indicadores evaluados.

Para cada indicador  $i$  se calcula el valor del peso  $w_j$  con la ecuación:

$$w_j = \frac{c}{\sqrt{\text{var}_i(x_{ij})}}$$

Donde  $\text{var}_i(x_{ij})$  es la varianza del conjunto de valores  $(x_{ij})$  del indicador  $j$  normalizado de cada uno de los  $i=11$  municipios de Aguascalientes y la suma de todos los pesos cumple con la ecuación:

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1$$

La variable c es una constante de normalización estimada como:

$$c = \left( \sum_{j=1}^k \frac{1}{\sqrt{\text{var}_i(x_{ij})}} \right)^{-1}$$

Donde k= número total de indicadores i=1...11 municipios.

#### 4.4.8 Estimación del índice de vulnerabilidad

El índice de vulnerabilidad para el municipio i ( $IV_i$ ) se estimó como la suma de los pesos ( $w_j$ ) multiplicados por el índice normalizado ( $x_{ij}$ ) de todos los indicadores j evaluados (ICRISAT, 2009).

$$IV_i = \sum_{j=1}^k w_j x_{ij}$$

#### 4.4.9 Asignación del nivel de vulnerabilidad

El intervalo de variación del índice de vulnerabilidad ( $IV_i$ ) para cada categoría estuvo dado por los percentiles de la distribución de probabilidad que representan el comportamiento de los índices de vulnerabilidad estimados (cuadro 4.3). Una distribución de probabilidad adecuada para este propósito es la distribución Beta (ICRISAT, 2009).

Cuadro 4.3 Categorías para clasificar el nivel de vulnerabilidad

Clasificación del nivel de vulnerabilidad	Color de identificación
Muy Baja	$0 \leq IV_i \leq 20$ percentil
Baja	$20 \leq IV_i \leq 40$ percentil
Moderada	$40 \leq IV_i \leq 60$ percentil
Alta	$60 \leq IV_i \leq 80$ percentil
Muy Alta	$80 \leq IV_i \leq 100$ percentil

### 4.5 RESULTADOS

#### 4.5.1 Pozos de agua potable contaminados

En la figura 4.3 se muestra un gráfico del número de pozos de agua potable para uso urbano con parámetro de la calidad del agua potable subterránea fuera de la norma NOM-127SSA1-1994

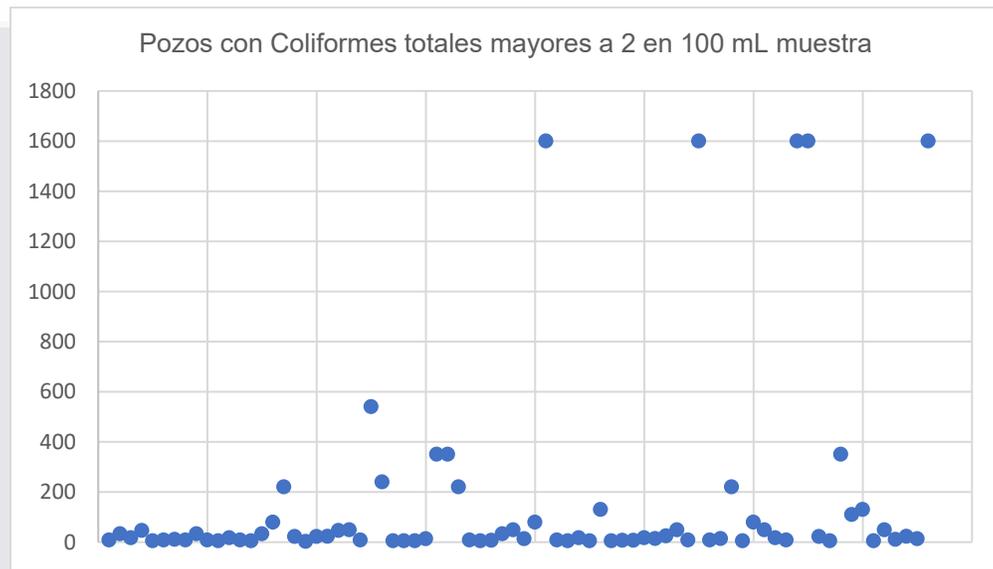


Figura 4.3 Pozos en el municipio de Aguascalientes con coliformes totales mayores a 2 en 100 mL de muestra.



Figura 4.4 Pozos en el municipio de Aguascalientes con coliformes fecales en 100 mL de muestra.

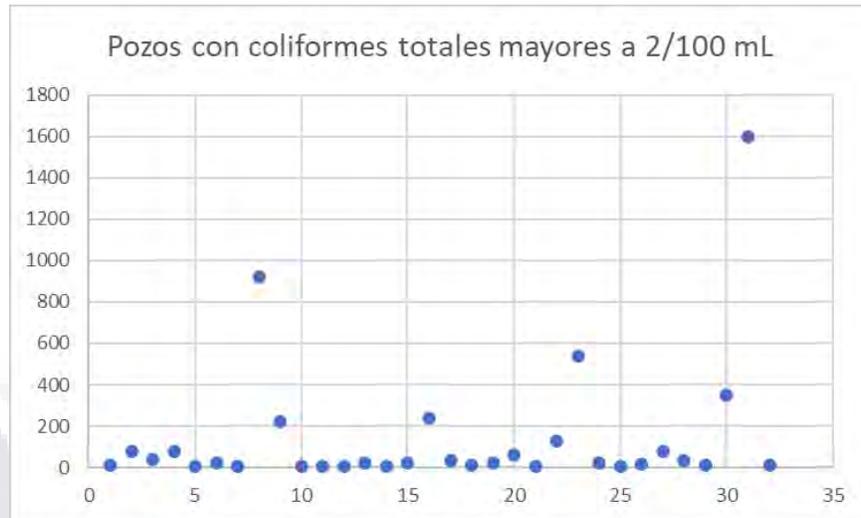


Figura 4.5 Pozos en los diez municipios restantes de Aguascalientes con coliformes totales mayores a 2 en 100 mL de muestra.



Figura 4.6 Pozos en los municipios restantes de Aguascalientes con coliformes fecales en 100 mL de muestra.

---

#### **4.5.2 Relación lineal entre los parámetros de calidad del agua con la temperatura máxima, la precipitación y las enfermedades diarreicas**

La información de los pozos con coliformes totales y fecales no contiene datos de todo el periodo de estudio (2000-2010), por tal razón no se puede realizar una correlación en el periodo de tiempo de estudio con las variables climáticas (temperatura y precipitación) y el número de casos de las enfermedades diarreicas.

#### **4.5.3 Relación lineal entre los casos de EDA con la temperatura máxima y la precipitación acumulada mensuales**

Esta información se presentó en el capítulo 2 de este trabajo.

#### **4.5.4. Índice de Vulnerabilidad de la población estimado en los once municipios de Aguascalientes durante 2000, 2005 y 2010**

En los cuadros 4.4, 4.6 4.8<sup>a</sup> y 4.8b se muestran los índices de vulnerabilidad para la población de los once municipios de Aguascalientes para los años 2000,2005 y 2010.

En los cuadros 4.5, 4.7, 4.9a, 4.9b se puede observar el índice normalizado de vulnerabilidad para la población de los once municipios de Aguascalientes para el año 2000 para los años 2000,2005 y 2010.

En el cuadro 4.10 se puede observar el índice de vulnerabilidad para la población de cada municipio en los tres periodos de tiempo estudiados.

Cuadro 4.4 Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2000

Municipio	Exposición			Sensibilidad				Capacidad de adaptación			
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	Población (Hab)	Población en pobreza alimentaria (%)	Población sin acceso a salud (%)	Suma de EDAs (casos)	Población económicamente activa (%)	Población alfabetizada de 15 años y más (%)	Viviendas con acceso a agua potable entubada (%)	Viviendas con drenaje conectado a la red pública (%)
Aguascalientes	28.06	8.84	395.52	643,419	7.60	36.86	46,884	53.40	96.34	93.63	95.82
Asientos	26.43	10.02	361.20	37,763	22.10	68.11	1,747	37.70	93.15	70.61	76.25
Calvillo	29.31	10.11	544.21	51,291	24.20	83.57	2,111	42.22	92.49	85.95	85.92
Cosío	27.48	9.77	277.60	12,619	14.90	61.28	297	42.78	94.23	76.52	88.54
Jesús María	27.76	10.59	429.30	64,097	15.90	47.96	4,823	53.00	93.79	82.53	86.51
Pabellón de Arteaga	27.88	8.45	336.40	34,296	16.40	48.76	3,941	48.63	94.23	80.22	85.76
Rincón de Romos	26.75	8.98	382.70	41,655	20.80	57.36	2,386	43.90	93.53	77.05	85.56
San José de Gracia	24.80	8.88	545.90	7,244	23.80	70.57	241	39.64	95.36	79.64	67.56
Tepezalá	26.95	9.90	319.40	16,508	21.00	67.97	243	37.13	93.61	72.41	73.41
El Llano	27.51	8.26	411.85	15,327	17.80	61.60	583	39.64	92.17	70.38	69.39
San Francisco de los Romo	26.89	7.45	455.70	20,066	7.20	52.02	870	46.64	92.69	88.61	90.75
Máximo	29.3	10.59	545.9	643419	24.2	83.57	46884	53.398	96.34	93.62	98.82
Mínimo	24.8	7.45	277.6	7244	7.2	36.86	241	37.129	92.17	70.38	67.56

Cuadro 4.5 Índice de Vulnerabilidad normalizado para los once municipios de Aguascalientes en el año 2000

Municipio	Exposición			Sensibilidad				Población económicamente activa (%)	Capacidad de adaptación		
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	Población (Hab)	Población en pobreza alimentaria (%)	Población sin acceso a salud (%)	Suma de EDAs (casos)		Población alfabeta de 15 años y más (%)	Viviendas con acceso a agua potable entubada (%)	Viviendas con drenaje conectado a la red pública (%)
Aguascalientes	0.72	0.4	0.4	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Asientos	0.36	0.8	0.3	0.0	0.9	0.7	0.0	1.0	0.8	1.0	0.7
Calvillo	1.00	0.8	1.0	0.1	1.0	1.0	0.0	0.7	0.9	0.3	0.4
Cosío	0.59	0.7	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.7	0.5	0.7	0.3
Jesús María	0.66	1.0	0.6	0.1	0.5	0.2	0.1	0.0	0.6	0.5	0.3
Pabellón de Arteaga	0.68	0.3	0.2	0.0	0.5	0.3	0.1	0.3	0.5	0.6	0.4
Rincón de Romos	0.43	0.5	0.4	0.1	0.8	0.4	0.0	0.6	0.7	0.7	0.4
San José de Gracia	0.00	0.5	1.0	0.0	1.0	0.7	0.0	0.8	0.2	0.6	1.0
Tepezalá	0.48	0.8	0.2	0.0	0.8	0.7	0.0	1.0	0.7	0.9	0.8
El Llano	0.60	0.3	0.5	0.0	0.6	0.5	0.0	0.8	1.0	1.0	0.9
San Francisco de los Romo	0.46	0.0	0.7	0.0	0.0	0.3	0.0	0.4	0.9	0.2	0.2
Varianza	0.06	0.09	0.10	0.09	0.12	0.08	0.09	0.12	0.09	0.10	0.11
C	0.008349										
Wj	0.132107	0.091183	0.082094	0.097903	0.070233	0.108635	0.096738	0.067502	0.094324	0.080494	0.078787

Cuadro 4.6 Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2005

Municipio	Exposición			Sensibilidad				Capacidad de adaptación			
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	Población (Hab)	Población en pobreza alimentaria (%)	Población sin acceso a salud (%)	Suma de EDAs (casos)	Población económicamente activa (%)	Población alfabetada de 15 años y más (%)	Viviendas con acceso a agua potable entubada (%)	Viviendas con drenaje conectado a la red pública (%)
Aguascalientes	28.13	8.88	367.24	723,043	9.70	27.44	52,571	54.65	93.59	97.26	97.81
Asientos	25.08	10.60	342.50	40,547	22.00	23.89	3,058	41.00	89.21	95.40	87.78
Calvillo	27.41	8.74	485.93	50,183	21.80	27.34	2,964	45.31	89.02	97.06	97.83
Cosío	26.01	9.30	413.00	13,687	14.60	27.42	685	43.70	90.15	98.69	94.61
Jesús María	26.59	11.05	419.15	17,115	15.50	27.82	4,638	54.59	88.85	95.47	85.63
Pabellón de Arteaga	26.63	7.90	385.42	82,623	16.10	31.56	3,169	49.00	90.49	96.12	96.97
Rincón de Romos	26.08	8.57	410.08	38,912	22.10	30.14	2,834	46.38	90.40	96.67	96.48
San José de Gracia	24.66	8.62	482.95	45,471	21.50	31.23	826	43.40	90.04	96.15	95.13
Tepezalá	25.54	9.95	377.75	28,832	19.80	27.38	697	41.36	89.90	97.28	97.92
El Llano	27.28	7.87	351.65	7,631	18.50	18.68	1,446	41.25	90.64	94.74	83.10
San Francisco de los Romo	27.72	7.47	347.20	17,372	10.00	24.21	1,031	50.03	90.02	96.63	92.74
Máximo	28.131233	11.04726	485.93333	723043	22.1	31.561246	52571	54.653657	93.592587	98.689413	97.922005
Mínimo	24.656849	7.4717808	342.5	7631	9.7	18.676838	685	41.000727	88.845153	94.738919	83.098777

Cuadro 4.7 Índice de Vulnerabilidad normalizado para los once municipios de Aguascalientes en el año 2005

Municipio	Exposición			Sensibilidad				Capacidad de adaptación			
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	Población (Hab)	Población en pobreza alimentaria (%)	Población sin acceso a salud (%)	Suma de EDAs (casos)	Población económicamente activa (%)	Población alfabeta de 15 años y más (%)	Viviendas con acceso a agua potable entubada (%)	Viviendas con drenaje conectado a la red pública (%)
Aguascalientes	1.00	0.4	0.2	1.0	0.0	0.7	1.0	0.0	0.0	0.4	0.0
Asientos	0.12	0.9	0.0	0.0	1.0	0.4	0.0	1.0	0.9	0.8	0.7
Calvillo	0.79	0.4	1.0	0.1	1.0	0.7	0.0	0.7	1.0	0.4	0.0
Cosío	0.39	0.5	0.5	0.0	0.4	0.7	0.0	0.8	0.7	0.0	0.2
Jesús María	0.56	1.0	0.5	0.0	0.5	0.7	0.1	0.0	1.0	0.8	0.8
Pabellón de Arteaga	0.57	0.1	0.3	0.1	0.5	1.0	0.0	0.4	0.7	0.6	0.1
Rincón de Romos	0.41	0.3	0.5	0.0	1.0	0.9	0.0	0.6	0.7	0.5	0.1
San José de Gracia	0.00	0.3	1.0	0.1	1.0	1.0	0.0	0.8	0.7	0.6	0.2
Tepezalá	0.25	0.7	0.2	0.0	0.8	0.7	0.0	1.0	0.8	0.4	0.0
El Llano	0.75	0.1	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.6	1.0	1.0
San Francisco de los Romo	0.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.8	0.5	0.3
Varianza	0.10	0.10	0.12	0.09	0.14	0.08	0.09	0.14	0.07	0.08	0.13
C	0.00889										
Wj	0.086713	0.087612	0.072903	0.1044	0.064004	0.108027	0.102744	0.065308	0.123717	0.115937	0.068634

Cuadro 4.8a Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2010

Municipio	Exposición						Sensibilidad					
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	Juegos cerca de fuentes de agua	Juegos en o con tierra suelta	Falta de higiene	Viven cerca de fuentes de agua	Viven cerca de lotes baldíos	Población (Hab)	Población en pobreza alimentaria (%)	Población sin acceso a salud (%)	Suma de EDAs (casos)
Aguascalientes	26.49	7.93	541.04	86.80	40.66	3.75	12.09	15.38	797,010	11.80	47.82	21,709
Asientos	24.97	10.34	503.70	50.00	64.58	73.33	47.92	35.42	45,492	22.00	80.24	1,591
Calvillo	28.19	10.30	565.07	48.15	70.37	92.59	66.67	29.63	54,136	19.30	88.67	1,034
Cosío	26.73	8.70	477.50	36.67	56.67	39.29	13.33	30.00	15,042	14.30	81.46	209
Jesús María	25.91	9.47	542.80	48.28	65.52	52.00	37.93	31.03	99,590	15.10	53.52	2,163
Pabellón de Arteaga	26.88	9.00	512.25	66.67	55.56	88.89	33.33	22.22	41,862	15.90	67.89	1,210
Rincón de Romos	26.06	9.08	501.20	53.33	60.00	80.00	20.00	43.33	49,156	23.40	77.44	1,232
San José de Gracia	23.80	7.85	558.93	91.67	83.33	83.33	100.00	16.67	8,443	19.20	90.96	285
Tepezalá	25.85	9.52	490.60	48.39	58.06	72.41	22.58	38.71	19,668	18.70	81.87	425
El Llano	25.85	7.05	484.35	54.55	81.82	62.50	36.36	36.36	18,828	19.30	77.21	382
San Francisco de los Romo	26.66	7.30	446.10	88.89	66.67	88.89	11.11	22.22	35,769	12.70	51.98	328
Máximo	28.19	10.34	565.06667	92	83	93	100	43	797010	23.4	90.962928	21709
Mínimo	23.804023	7.0542466	446.1	37	41	4	11	15	8443	11.8	47.815335	285

Cuadro 4.8b Índice de Vulnerabilidad para los once municipios de Aguascalientes en el año 2010 (continuación)

Municipio	Capacidad de adaptación			
	Población económicamente activa (%)	Población alfabeta de 15 años y más (%)	Viviendas con acceso a agua potable entubada (%)	Viviendas con drenaje conectado a la red pública (%)
Aguascalientes	55.91	97.09	99.03	98.76
Asientos	44.30	94.19	97.79	91.65
Calvillo	48.40	93.89	98.07	98.50
Cosío	44.62	95.26	99.46	96.81
Jesús María	56.19	96.08	98.28	98.05
Pabellón de Arteaga	49.36	95.48	98.32	97.81
Rincón de Romos	48.87	94.54	98.53	96.62
San José de Gracia	47.16	96.11	97.08	91.46
Tepezalá	45.59	93.67	99.04	95.83
El Llano	42.86	94.23	97.97	91.23
San Francisco de los Romo	53.41	95.20	99.09	98.94
Máximo	56.188366	97.091182	99.461293	98.939751
Mínimo	42.862377	93.673585	97.082639	91.228639

Cuadro 4.9a Índice de Vulnerabilidad normalizado para los once municipios de Aguascalientes en el año 2010

Municipio	Exposición						Sensibilidad					
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	Juegos cerca de fuentes de agua	Juegos en o con tierra suelta	Falta de higiene		Viven cerca de lotes baldíos	Población (Hab)	Población en pobreza alimentaria (%)	Población sin acceso a salud (%)	Suma de EDAs (casos)
Aguascalientes	0.61	0.3	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
Asientos	0.27	1.0	0.5	0.2	0.6	0.8	0.4	0.7	0.0	0.9	0.8	0.1
Calvillo	1.00	1.0	1.0	0.2	0.7	1.0	0.6	0.5	0.1	0.6	0.9	0.0
Cosío	0.67	0.5	0.3	0.0	0.4	0.4	0.0	0.5	0.0	0.2	0.8	0.0
Jesús María	0.48	0.7	0.8	0.2	0.6	0.5	0.3	0.6	0.1	0.3	0.1	0.1
Pabellón de Arteaga	0.70	0.6	0.6	0.5	0.3	1.0	0.3	0.3	0.0	0.4	0.5	0.0
Rincón de Romos	0.51	0.6	0.5	0.3	0.5	0.9	0.1	1.0	0.1	1.0	0.7	0.0
San José de Gracia	0.00	0.2	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	0.1	0.0	0.6	1.0	0.0
Tepezalá	0.47	0.7	0.4	0.2	0.4	0.8	0.1	0.8	0.0	0.6	0.8	0.0
El Llano	0.47	0.0	0.3	0.3	1.0	0.7	0.3	0.8	0.0	0.6	0.7	0.0
San Francisco de los Romo	0.65	0.1	0.0	0.9	0.6	1.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0
Varianza	0.07	0.12	0.10	0.12	0.08	0.09	0.09	0.11	0.09	0.10	0.12	0.09
C	0.00612											
Wj	0.09410	0.05218	0.06303	0.04984	0.07383	0.06798	0.06616	0.05784	0.07196	0.05887	0.04980	0.07056

Cuadro 4.9b Índice de Vulnerabilidad normalizado para los once municipios de Aguascalientes en el año 2010

Municipio	Capacidad de adaptación			
	Población económicamente activa (%)	Población alfabetizada de 15 años y más (%)	Viviendas con acceso a agua potable entubada (%)	Viviendas con drenaje conectado a la red pública (%)
Aguascalientes	0.0	0.0	0.2	0.0
Asientos	0.9	0.8	0.7	0.9
Calvillo	0.6	0.9	0.6	0.1
Cosío	0.9	0.5	0.0	0.3
Jesús María	0.0	0.3	0.5	0.1
Pabellón de Arteaga	0.5	0.5	0.5	0.1
Rincón de Romos	0.5	0.7	0.4	0.3
San José de Gracia	0.7	0.3	1.0	1.0
Tepezalá	0.8	1.0	0.2	0.4
El Llano	1.0	0.8	0.6	1.0
San Francisco de los Romo	0.2	0.6	0.2	0.0
Varianza	0.12	0.10	0.09	0.16
C				
Wj	0.051067	0.0621	0.071604	0.039018

Cuadro 4.10 Comparativo de índices vulnerabilidad de cada municipio en cada periodo de tiempo analizado

Índice de Vulnerabilidad

Municipio	2000	2005	2010	Socio cult
Aguascalientes	0.44697221	0.53250174	0.34133857	Muy baja
Asientos	1.27829695	1.23294904	1.33781647	Muy alta
Calvillo	1.06950332	0.60509064	0.52694163	Baja
Cosío	0.72297549	0.64784519	0.55056159	Media
Jesús María	0.81022634	1.40690184	0.3804783	Muy baja
Pabellón de Arteaga	0.76367289	0.55436235	0.457506	Baja
Rincón de Romos	0.84973539	0.61409349	0.65263795	Alta
San José de Gracia	1.47705173	0.74924813	1.2924335	Muy alta
Tepezalá	1.3524229	0.49861939	0.74075352	Alta
El Llano	1.4931917	1.45239303	1.32438372	Muy alta
San Francisco de los Romo	0.54031122	0.72252548	0.17244813	Muy baja

La figura 4.7 es una representación visual de los municipios en la cual su población fue la más vulnerable en el año 2010.

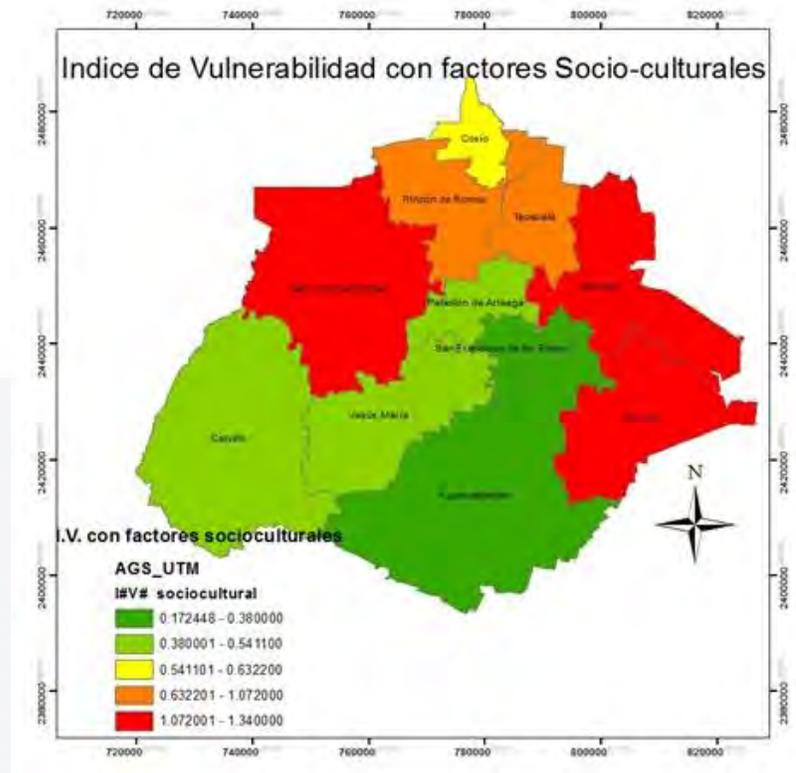


Figura 4.7 Índice de vulnerabilidad para el año 2010 con datos de factores socio-culturales obtenidos en las encuestas.

## 4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El municipio de Aguascalientes presentó un mayor número de pozos con agua de mala calidad, debido a la presencia de coliformes totales y fecales por cada 100 mL de muestra en comparación con los pozos de los otros diez municipios del estado. Esto representa un gran riesgo para la salud pública.

El hecho de que existan más pozos con mala calidad del agua es en cierta manera debido a que el municipio de Aguascalientes representa cerca del 70% de la población del Estado con el mismo nombre y por consiguiente se extrae más agua de diferentes pozos. Cabe hacer mención que el municipio de Aguascalientes está en el valle que lleva el mismo nombre y en este se han reportado diversas fallas geológicas que corren en paralelo por el valle y la ciudad de Aguascalientes, siendo la infiltración por las fallas geológicas una posible causa de la contaminación de los pozos por aguas residuales o contaminadas.

Debido a que solo se proporcionó información poco frecuente de los parámetros de la calidad del agua (solo cuatro años y con muestreos variables entre 3 y 4 por año), no fue posible establecer relaciones entre la calidad del agua potable y los parámetros de variabilidad climática como la temperatura máxima y mínima y la precipitación pluvial; así como tampoco con los valores de casos presentados de diarreas agudas. Se requiere que se realicen constantemente análisis de los parámetros de la calidad del agua, así como mayor acceso a la información para poder facilitar análisis más robustos entre las variables estudiadas y facilitar la detección de variaciones en la calidad del agua por condiciones climáticas.

Los casos de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas fueron los más frecuentes entre la población de los once municipios y la enfermedad que se analizó en esta investigación.

El análisis de la correlación estadística de Pearson mostró la asociación que existe entre los casos de EDAs, estratificados por edad, y las variables climáticas (temperatura máxima y mínima y la precipitación pluvial). En los municipios de Aguascalientes y Jesús María se obtuvieron relaciones lineales significativas entre los casos de EDAs en la

población de 5 a 9 años y los adultos mayores a 60 años y la temperatura máxima semanal en el periodo de estudio 2000-2010 (cuadros 2.3 a y b).

En el caso de la temperatura mínima (cuadro 2.4) la correlación para los menores de 5 años fue superior a 0.65 (más de 42% de la variabilidad explicada) en todos los municipios del Estado. Para los otros grupos se observan valores superiores a 0.5 con variaciones igualmente superiores a 50%. Lo que podría sugerir que, al existir temperaturas bajas, la población también reduce la higiene o el lavado de las manos, además de la prevalencia de enfermedades diarreicas generadas por Rotavirus.

Con respecto a los índices de vulnerabilidad estimados se puede comentar que la población del municipio de Aguascalientes presenta muy bajos índices de vulnerabilidad en los años 2000, 2005 y 2010. En este municipio se presentaron los mayores porcentajes de población económicamente activa, viviendas con acceso al sistema de distribución de agua potable y también de drenaje, siendo importantes en la reducción de los índices de vulnerabilidad.

La población del municipio de Asientos presentó los índices de vulnerabilidad muy altos en los años 2005 y 2010. El municipio de El Llano fue el municipio cuya población es la más vulnerable, ya que en los tres periodos analizados se tuvieron índices de vulnerabilidad muy altos. En ambos municipios (Asientos y el Llano) se puede observar la causa de los índices de vulnerabilidad altos son debido a sus elevados indicadores de sensibilidad y menores de capacidad de adaptación.

Los indicadores sobre las características de la población fueron los que tuvieron mayor peso o influencia en los índices de vulnerabilidad; los indicadores fueron pobreza alimentaria y sin acceso a los servicios de salud (sensibilidad), población alfabeta (capacidad de adaptación).

Los indicadores de precipitación y temperaturas en el municipio de Calvillo fueron los que afectaron por la exposición en los índices de 2000, 2005 y 2010. Esto es importante mencionarlo ya que con la variabilidad climática que se ha presentado en el estado, se puede prever que las precipitaciones pluviales serán más intensas, las olas de calor más frecuentes y la temperatura máxima aumentará en primavera-verano y la mínima disminuirá en otoño-invierno.

Con la estimación cuantitativa de la vulnerabilidad a través de índices compuestos por indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación permitió determinar que:

a) La vulnerabilidad es un proceso dinámico y pueden estimarse varios escenarios de esta mediante el uso de diferentes combinaciones de indicadores seleccionados para cada componente.

b) El uso de indicadores bien seleccionados servirá, para monitorear cuánto se reduce la vulnerabilidad al implementar medidas de adaptación al cambio climático o a la variabilidad climática. (Osnaya, 2013)

## 4.7 CONCLUSIONES

La frecuencia de monitoreo de la calidad del agua proporcionada por la autoridad gubernamental fue insuficiente para determinar la posible influencia de las afectaciones de la variabilidad climática con los parámetros del agua y de las enfermedades diarreicas agudas.

Se encontraron correlaciones lineales positivas entre los casos de las enfermedades diarreicas agudas con la temperatura máxima, la mínima y la precipitación acumulada semanal. Se pudo realizar un modelo estadístico de regresión que correlacionó de manera débil; El modelo de regresión mostró un buen ajuste para la asociación que existe entre la tasa de morbilidad de EDAs, para niños de 5 a 9 años, y las variables climáticas presentadas en el periodo de estudio. En este modelo no se incluyeron factores socio culturales.

Los municipios de Asientos y El Llano presentaron los índices de vulnerabilidad más altos y esto se puede explicar debido a sus elevados indicadores de sensibilidad y menores de capacidad de adaptación; además de que en estos municipios se han presentado un incremento en las olas de calor, así mismo un incremento en las temperaturas superiores al percentil 95.

Los impactos del cambio climático dependerán del estado comparativo del sistema de abastecimiento de agua, y de la capacidad de los gestores de recursos hídricos para responder no sólo al cambio climático sino también al crecimiento de la población y a los cambios en la demanda, en las tecnologías y en las condiciones económicas, sociales y legislativas.

## GLOSARIO

**Adaptación.-** La adaptación al cambio climático Se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden reducir el daño o aprovechar sus aspectos benéficos (IPCC).

**Amenaza.-** Probabilidad de que ocurra un evento en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad para producir daños.

**Agua Dulce.-** Agua no salada, como la que se encuentra en lagos, ríos y arroyos, pero no en los océanos. Toda agua dulce tiene su origen en la precipitación de vapor de agua atmosférico que, o bien llega directamente a los lagos, los ríos y las aguas subterráneas, o bien lo hace por el derretimiento de la nieve o del hielo.

**Aguas Subterránea.-** Agua que se encuentra bajo la superficie de la tierra ocupando el espacio entre las partículas del suelo o entre las superficies rocosas.

**Biodiversidad.-** El término «biodiversidad» es una contracción de la expresión «diversidad biológica». Refleja la cantidad, la variedad y la variabilidad de los organismos vivos. Incluye la diversidad dentro de una especie, entre especies distintas y entre ecosistemas.

**Calidad del agua.-** El concepto de calidad del agua incluye las características químicas, físicas y biológicas del recurso, las cuales determinan su composición en la medida en que esta se ve afectada por la concentración de sustancias naturales o artificiales.

**Cambio Climático.-** Definido por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático como «un cambio en el clima, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables».

Ciclo de Agua.- Proceso por el cual el agua se mueve desde el aire (precipitación) y vuelve a la atmósfera (evaporación). El uso que los humanos hacen del agua, como por ejemplo la irrigación o la construcción de presas, pueden transformar el ciclo.

Demanda Bioquímica de Oxígeno.- se utiliza para determinar la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales, de origen municipal y no municipal. El incremento de la concentración incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos.

Demanda Química de Oxígeno.- se utiliza para determinar la cantidad de materia orgánica total presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales, de origen municipal y no municipal. El incremento de la concentración incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos. El aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales.

Escenarios.- Los escenarios de cambio climático a nivel local se refieren a las proyecciones a nivel local de los escenarios de Cambio Climático global, elaborados por el IPCC, para establecer las medidas de adaptación y mitigación para alcanzar los objetivos de largo plazo, más allá de las certidumbres e incertidumbres de los modelos en sus proyecciones globales y locales.

Escorrentía.- La escorrentía es un término geológico de la hidrología, que hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.

Evapotranspiración.- Se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

Fenómeno El Niño.- Es un fenómeno climático cíclico que consiste en un cambio en los patrones de movimiento de las corrientes marinas en la zona intertropical provocando, en consecuencia, una superposición de aguas cálidas procedentes de la zona del hemisferio norte inmediatamente al norte del ecuador sobre las aguas de emersión muy frías que caracterizan la corriente de Humboldt; esta situación provoca estragos a escala zonal (en la zona intertropical) debido a las intensas lluvias, afectando principalmente a América del Sur, tanto en las costas atlánticas como en las del Pacífico, especialmente, en estas últimas.

Fenómeno La Niña.- Se le llama así por que presenta condiciones contrarias al fenómeno del Niño, pero también es conocido como "El Viejo" o "El Anti-niño". Suele ir acompañado del descenso de las temperaturas y provoca fuertes sequías en las zonas costeras del Pacífico.

Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).- "La GIRH intenta reunir a las instituciones de gestión del agua –usualmente fragmentadas– y a los usuarios de la misma, en un proceso de planificación integral, administración de los recursos hídricos y asignación de los mismos, de preferencia a escala de toda la cuenca hidrológica" (GWP, 2000)

Glaciar.- Extensa masa de hielo que se forma sobre la superficie terrestre por la acumulación y compactación de nieve que muestra evidencia de movimiento pendiente abajo por la influencia de la gravedad.

Impacto.- Se entiende por impacto ambiental el efecto que produce una acción sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base, debido a la acción antrópica o a eventos naturales.

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

**Mitigación.-** Intervención humana para reducir los gases de efecto invernadero producto de las actividades antropogénicas y/o fomentar los sumideros que capturan dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de la atmósfera.

**Modelos de Circulación General.-** Herramienta para la investigación del clima y sus fluctuaciones. Un MCG es una representación espacial y temporal aproximada de los principales procesos físicos que ocurren en la atmósfera y de sus interacciones con los demás componentes del medio ambiente. De su resolución se obtiene la evolución temporal y espacial (tridimensional) del sistema climático, en función de las condiciones iniciales y de contorno elegidas y de los valores de ciertos parámetros climáticos (por ejemplo, la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico). Esto se denomina experimento numérico, simulación climática o experimento climático y puede orientarse tanto a la descripción del clima contemporáneo (experimentos de control), como a la investigación del clima resultante de uno o más cambios en los parámetros climáticos.

**Nivel de Aguas Mínimas.-** El NAMIN coincide con el nivel al que se encuentra la entrada de la obra de toma. En el caso de presas para generación de energía eléctrica, el NAMIN se fija de acuerdo con la carga mínima necesaria para que las turbinas operen en buenas condiciones. El volumen muerto es el que queda abajo del él; es un volumen del que no se puede disponer. El volumen de azolves es el que queda abajo del nivel de la toma y se reserva para recibir el acarreo de sólidos por el río durante la vida útil de la presa.

**Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias.-** El NAME es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición.

Nivel de Aguas Máximas Ordinarias o de Operación.- El NAMO es el máximo nivel con que puede operar la presa para satisfacer las demandas; cuando el vertedor de excedencias (estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que pueden poner en peligro la seguridad de la obra) no es controlado por compuertas, el NAMO coincide con su cresta o punto más alto del vertedor. En el caso de que la descarga por el vertedor esté controlada, el NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso puede cambiar a lo largo del año. Así en épocas de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en épocas de avenidas, pues la probabilidad de que se presente una avenida en la primera época es menor que la segunda. El volumen que se almacena entre el NAMO y el NAMIN o NAMINO se llama volumen o capacidad útil y es con el que se satisface las demandas de agua.

Política pública.- El intento de determinar y estructurar la base racional para actuar o no actuar frente a algunos problemas considerados públicos. Dye (1992) decía que es todo aquello que el gobierno decida hacer o no hacer, por qué motivo y con qué efecto. Lasswell (1950) decía que la política pública supone la idea de lo público como una dimensión de la actividad humana regulada por la acción gubernamental.

Recursos hídricos.- Parte del ciclo hidrológico que corre hacia los ríos y se infiltra en los acuíferos. Los recursos hídricos son renovables y su valor es expresado en base anual.

Resiliencia.- La capacidad de un sistema para recuperarse o ajustarse frente a los cambios ambientales.

Riesgo.- Una función del impacto esperado, la probabilidad de su ocurrencia y la vulnerabilidad.

Sólidos Suspendidos Totales.- Los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de

agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa.

Stress hídrico.- Se dice que una región está en stress hídrico cuando la demanda del recurso excede la disponibilidad.

Variabilidad climática actual.- Se refiere a los cambios en el clima que se registran en los últimos años, especialmente en relación al incremento de los eventos extremos de sequías e inundaciones, más allá de la certidumbre de que los cambios sean de origen antropogénicos o naturales del clima.

Vulnerabilidad.- “La incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre.” (UNISDR).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, M. (1961). Behavioural effects of temperature on insects. *Ohio Journal of Science*. 61(4), 212-219.
- Adame, J. y Estrada, P. (2003) Efecto de una doble concentración de bióxido de carbono en la atmósfera sobre la disponibilidad de agua en la cuenca del río Tamesí-Tamesí en el estado de Tamaulipas, México. *Revista de Climatología*, N° 3, p. 27-44.
- Adams, R. M., Houston, L. L., McCarl, B. A., Tiscareño L, M., Matus G, J., & Weiher, R. F. (2003). The benefits to Mexican agriculture of an El Niño-southern oscillation (ENSO) early warning system. *Agricultural and Forest Meteorology*, 115(3), 183-194.
- Adger, et al. (2007). Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: University Press.
- AEMA (2009). Agencia Europea de Medio Ambiente. Cambio Climático y adaptación de los recursos hídricos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009), pp. 10-16.
- Aguilera y Martínez (1986). Aguilera C. M. Y R. E. Martínez. *Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 320 p.
- Aguirre (2010). *Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología.
- Aguinaga et al. (2001). Aguinaga M, Gutierrez C. y Lazo G. "Relación entre variables climáticas y casos de infección respiratoria aguda en la provincia del Callao-2001, *Rev. Peruana de Epidemiología*, 2003, 11 (1), pp. 1-18.
- Ahrens, D. C. (2003). *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment (Séptima edición ed.)* 64-65. Australia: Thomson.
- Allen et al. (1998) Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. *Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. FAO, Rome, 300, 6541.
- Allison, et al. (2009). *The Copenhagen Diagnosis*. Sydney, Australia: The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC).

- Alvarado Villalobos E & Acosta Collazo (2009) El servicio Social como estrategia para la incorporación de la educación ambiental en el nivel medio superior” UAA, Aguascalientes.
- Amador, J. y Alfaro, E. (2009). Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 39- 52.
- Angulo –F. F., González A. L. (2008) El fenómeno de El Niño en México, un estudio de caso: la cuenca del Papaloapan, Veracruz. En *Aires y Lluvias Antropología del clima en México*, Ed.: Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, Universidad Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social [CIESAS]. Pp 638.
- Anónimo (2007) Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF. 626 pp.
- Aparicio M 1997. Fundamentos de hidrología superficial. Limusa. México. 303 pp.
- Arnell (2003). Arnell N. Effects of IPCC SRES emissions scenarios on river runoff: a global perspective *Hydrology and Earth System Sciences*. Vol 7. Issue 5.
- Arnell et al. (2001). Arnell N, Liu C, Compagnucci R, da Cunha L, Hanaki K, Howe C, Mailu G, Shiklomanov I, y Stakhiv E. *Hydrology and Water Resources*. En: McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, y White KS (eds.). *Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. World Meteorological Organisation/United Nations Environment Programme. Cambridge University Press, Australia, 2001. pp.191-233.
- Arreola-Ortiz, M. R., & Návar-Cháidez, J. D. J. (2010). Análisis de sequías y productividad con cronologías de *Pseudotsuga menziesii* Rob. & Fern., y su asociación con El Niño en el nordeste de México. *Investigaciones geográficas*, (71), 7-20.
- ASTM (2003). Standard Test Method for Infiltration Rate of Soils in Field Using Double-Ring Infiltrometer.
- Avelar y Llamas. (2000). Avelar F. J. y Llamas J., Informe final: Monitoreo de pesticidas orgánoclorados, metales pesados, cianuros y fluoruros en agua potable de pozos considerados de alto riesgo en 10 municipios de Estado de Aguascalientes. Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Pp 156.

- Ballester (1996). Ballester Díez F. Meteorología y salud, La relación entre temperatura ambiental y la mortalidad. Revista española salud pública, 1996, volumen 70, número 3; pp 251- 259.
- Barry R. G. & Chorley R. J. (1999) *Atmósfera, Tiempo y Clima*, Omega Ed. Barcelona, España. Séptima edición.
- Bautista Olivas, A. L., Tovar Salinas, J. L., Mancilla Villa, Ó. R., Magdaleno Flores, H., Ramírez Ayala, C., Arteaga Ramírez, R., & Vázquez Peña, M. A. (2013). Calidad microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(2), 167-175.
- Béjar, V., Chumpitaz, J., Pareja, E., Valencia, E., Huamán, A., Sevilla, C., ... & Saez, G. (2006). *Musca domestica* como vector mecánico de bacterias enteropatógenas en mercados y basurales de Lima y Callao. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 23(1), 39-43.
- Bier, J.W. 1991. Isolation of parasites on fruits and vegetables. *Southeast Asian J. of Trop. Med of Pub. Health*. 22 Supl: 144-145.
- Black, R. E. (1991). Would control of childhood infectious diseases reduce malnutrition? *Acta Paediatrica Scandinavica, Supplement*, 80(374), 133-140
- Black RE, Lanata CF. Epidemiology of diarrhoeal diseases in developing countries. In: Blaser MJ, Smith PD, Ravdin JI, Greenberg HB, Guerrant RL, ed. *Infections of the gastrointestinal tract*. New York: Raven Press, 1995: 13–36.
- Bouma MJ, van der Kaay HJ. (1996) The El Niño Southern Oscillation and the historic malaria epidemics on the Indian subcontinent and Sri Lanka: an early warning system for future epidemics? *Trop Med Int Health*. Feb;1(1):86–96
- Breña (2004). Breña Puyol Agustin F. *Precipitación y Recursos Hidráulicos en México*, 2004. Universidad Autónoma Metropolitana. 44 p.
- Brunkard, J. M., Cifuentes, E., & Rothenberg, S. J. (2008). Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. *Salud pública de México*, 50(3), 227-234.
- Campetella C, Rusticucci M., (1998). Synoptic analysis of an extreme heat wave over Argentina in march 1980. *Meteorol. Appl.* 5, 217-226.
- Campos D., 2006. *Análisis probabilístico Univariado de datos hidrológicos*. IMTA. México.

- Campos A, D.F. (2005). *Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos*. Ed. Trillas. México. 320 pp.
- Cárdenas (2010). Cárdenas María José (Compilador). *México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Greenpeace, México.
- Cardona, O., Yamin, L., Ordaz, M., Barbat, A., (2011) *Probabilistic Modelling of Natural Risks at the Global Level: The Hybrid Loss Exceedance Curve. Development of Methodology and Implementation of Case Studies Phase 1ª: Colombia, Mexico and Nepal*. ISDR.
- Castañeda (2001). Castañeda J. A., *Diagnóstico de la situación que guarda la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos en la región Santiago y propuesta de Programa de Saneamiento*. Consejo de la cuenca del río Santiago.
- Castillo (2003). Castillo D. J., *Tesis de Maestría: Calidad del agua subterránea en el municipio de Aguascalientes y su relación con el abatimiento del acuífero*. Centro de Ciencias del Diseño y la Construcción, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Castillo, F. Y. R., González, F. J. A., Garneau, P., Díaz, F. M., Barrera, A. L. G., & Harel, J. (2013). *Presence of multi-drug resistant pathogenic Escherichia coli in the San Pedro River located in the State of Aguascalientes, Mexico*. *Frontiers in microbiology*, 4.
- Cavazos, T. (2015). *Conviviendo con la naturaleza. El problema de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en México*. Ed ILCSA
- Cavazos y Hastenrath (1990). Cavazos, T., y Hastenrath, S. *Convection and rainfall over Mexico and their modulation by the Southern Oscillation*. *Int. J. Clim*, 10, 377-386.
- CCAPAMA (2010) *Comisión Ciudadana de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Aguascalientes. Río San Pedro Deterioro ambiental y la necesidad de su rehabilitación en el municipio de Aguascalientes*. Aguascalientes
- CEPAL (2002). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*. CEPAL, PNUMA: Santiago de Chile.
- CEPAL (2009). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Cambio Climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- Cerda, J., Valdivia, G., Valenzuela, M. T., & Venegas, J. (2008). Cambio climático y enfermedades infecciosas: un nuevo escenario epidemiológico. *Revista chilena de infectología*, 25(6), 447-452.
- Cid, L.; Mora, C.; Valenzuela, M. (1990). *Estadística matemática. Probabilidades e Inferencia Estadística*. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias. Departamento de Matemáticas. Chile. 319 p.
- Chaves, A. C. (2008) Analfabetismo y su costo en el deterioro de la salud materno infantil en Centroamérica. III Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, ALAP, realizado en Córdoba –Argentina, del 24 al 26 de Septiembre de 2008.
- Checkley, W., Epstein, L. D., Gilman, R. H., Figueroa, D., Cama, R. I., Patz, J. A., & Black, R. E. (2000). Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *The Lancet*, 355(9202), 442-450.
- Checkley W, Epstein LD, Gilman R, Cabrera L, Black RE. (2003). Effects of acute diarrhea on linear growth in Peruvian children. *American Journal Epidemiology* 2003; 157 (2): 166-175.
- Chou, W. C., Wu, J. L., Wang, Y. C., Huang, H., Sung, F. C., & Chuang, C. Y. (2010). Modeling the impact of climate variability on diarrhea-associated diseases in Taiwan (1996–2007). *Science of the Total Environment*; 409(1): 43-51.
- Colacino, M., & Conte, M. (1995). Heat waves in the Central Mediterranean. A synoptic climatology. *Il Nuovo Cimento C*, 18(3), 295-304.
- Colón-González, F. J., Lake, I. R., & Bentham, G. (2011). Climate variability and dengue fever in warm and humid Mexico. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 84(5), 757-763.
- Como-Sabetti, K., Allaire, S., Parrott, K., Simonds, C. M., Hrabowy, S., Ritter, B., ... & Saunders, D. (1997). Outbreaks of *Escherichia coli* O157: H7 infection associated with eating alfalfa sprouts—Michigan and Virginia, June–July 1997. *Morb. Mortal. Wkly. Rep*, 46, 741-744.
- CONAGUA (1999). Comisión Nacional del Agua. Plan de emergencia río Aguascalientes. Brigada estatal de protección a la infraestructura y atención de emergencias.
- CONAGUA (2000). Comisión Nacional del Agua. Programa hidráulico de gran visión del Estado de Aguascalientes 2000-2005. Pp 120
- CONAGUA (2002). Comisión Nacional del Agua. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero del Valle de Aguascalientes, Estado de Aguascalientes.

- Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. 30 p.
- CONAGUA (2003). Comisión Nacional del agua. Programa del reuso del agua en el Estado de Aguascalientes. Subdirección regional técnica
- CONAGUA (2007). Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México. SEMARNAT. México D. F. 626 p.
- CONAGUA (2010). Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México. SEMARNAT. México D. F. p 54.
- CONAGUA (2011). Comisión Nacional del Agua. Agenda del agua, 2030. México ..2011
- Conde et al. (2003). Conde, C. Ferrer, R. Liverman D. 2003. Estudio de la Vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES – MAIZE en Climate Research, 9(1 and 2), pp. 17-23.
- Conde et al. (2006). Conde, C., R. Ferrer y S. Orozco, 2006. “Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study”, *Atmósfera*, 19 (3): 181-194
- Conde et al. (2007). Conde, C., S. Saldaña, S., V. Magaña, (2007). Thematic Regional Paper: Latin America. Human Development Report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world. Human Development Report Office. Occasional Paper. UNDP. 30 pp.
- Conde y Saldaña (2007). Conde Alvares C., Saldaña Zorrilla S., Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y Desarrollo* 23 (2): 23 - 30, Santiago de Chile, 2007.
- Contreras Servín, C. (2005). Las sequías en México durante el siglo XIX. *Investigaciones geográficas*, (56), 118-133.
- Córdova Ocaña, F. M. (2012). Proyecto Educativo para Promover Prácticas de Higiene, Dirigido a Niños/as de la Escuela José de San Martín Comunidad Uchanchi. Parroquia San Andrés. Cantón Guano. Provincia de Chimborazo. Abril-Septiembre 2010 (Bachelor's thesis).
- Cuadrat, J.M., y M.F. Pita. (2000). *Climatología*. Ediciones Cátedra., 2da. Edición, Madrid, 496pp
- Dakshinamurty, S. (1948). The common House-fly, *Musca domestica*, L., and its behaviour to temperature and humidity. *Bulletin of entomological research*, 39(03), 339-357.

- Daniels & Mackinnon. (2000). Daniels, N.A., Mackinnon, L., 2000. *Vibrio parahaemolyticus* infections in the United States, 1973-1998, *J Infect Dis.* 181(5):1661-6.
- De Celis et al. (2012). De Celis carillo R., Hernández Flores G., Bravo Cuellar A., Feria y Velasco A.I. Efectos del cambio climático en la salud. *Revista de la academia Mexicana de Ciencias*, 2012, volumen 63, número 4. Pp 8
- Del Sol, C. R. H., Hernández, G. V., Delgado, Z. M., Alemán, R. I. B., Rodríguez, Y. S., & Hernández, G. V. (2017). Bacterias enteropatógenas asociadas a enfermedad diarreica aguda en niños. *Acta Médica del Centro*, 11(2), 28-34.
- De Magny GC, Murtugudde R, Sapiano MRP, Nizam A, Brown CW, Busalacchi AJ, Yunus M, Nair GB, Gil AI, Lanata CF, Calkins J, Manna B, Rajendran K, Bhattacharya MK, Huq A, Sack RB, Colwell RR. (2008). Environmental signatures associated with cholera epidemics. *Proc Natl Acad Sci USA*;105:17676–81.
- DE SALUD, (2011). G. P. E. E. Plan de Abordaje Integral de la Enfermedad Diarreica Aguda y Plan de Contingencia de Cólera.
- Dessai (2003). Dessai S. Heat stress and mortality in Lisbon. Part II: an assessment of the potential impacts of climate change. *Int J Biometeorol* 2003; 48:37-44.
- Díaz J, Jordán A, García R, López C, Alberdi JC, Hernández E, Otero A (2002a). Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75: 163-170.
- Díaz et al. (2005). Díaz J, García R, Prieto L, López C, Linares C. Mortality impact of extreme winter temperatures. *Int J Biometeorol* 2005; 49:179-183.
- Domínguez J.,(2016), Revisión histórica de las sequías en México: de la explicación divina a la incorporación de la ciencia. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(5), 77-93.
- Dokulil et al. (2006). Dokulil, M. T.; Jagsch, A.; George, G. D.; Anneville, O., Jankowski, T.; Wahl, B.; Lenhart, B.; Blenckner, T. y Teubner, K., 2006. Twenty years of spatially coherent deepwater warming in lakes across Europe related to the North Atlantic Oscillation. *Limnol. Oceanogr.*, 51(6), 2 787-2 793.
- Downing et al. (2005). Downing, TE, Patwardhan A, Klein RJT, Mukhala E, Stephen L, Winograd M y Ziervogel G. 2005. Evaluación de la Vulnerabilidad para la Adaptación al Clima. En: Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas. PNUD/GEF. P. 67-89.

- D'souza, R. M., Hall, G., & Becker, N. G. (2008) Climatic factors associated with hospitalizations for rotavirus diarrhoea in children under 5 years of age. *Epidemiology and infection*; 136(01): 56-64.
- El-Fadel, M., Ghanimeh, S., Maroun, R., & Alameddine, I. (2012). Climate change and temperature rise: Implications on food-and water-borne diseases. *Science of the Total Environment*; 437: 15-21.
- Emch M, Feldacker C, Islam MSA. (2008). Seasonality of cholera from 1974 to 2005: a review of global patterns. *Int J Health Geogr*;7:1-13
- ESPEJO, F.; DOMENECH, S.; OLLERO, A. y SÁNCHEZ, M. (2008) La crecida del Ebro de 2007: procesos hidrometeorológicos y perspectivas de gestión del riesgo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, N° 48, p. 129-154.
- EuropeAid (2009). EuropeAid (Comisión Europea). Cambio Climático en América Latina. Les Isnes – Belgium, p 13
- Eurowinter (1997). Eurowinter Group, DonaldsonGC, Keatinge WR. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet* 1997; 349: 1341-6.
- Fernández Cantón, S. B., Gutiérrez Trujillo, G., & Víguri Uribe, R. (2012). Principales causas de mortalidad infantil en México: tendencias recientes. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*; 69(2): 144-148.
- Fernández García F. (1995) Manual de climatología aplicada, Clima, medio ambiente y planificación. Madrid, Síntesis, Ed. p 20
- Fernández, M. Á. L., Bauernfeind, A., Jiménez, J. D., Gil, C. L., El Omeiri, N., & Guibert, D. H. Influence of temperature and rainfall on the evolution of cholera epidemics in Lusaka, Zambia, 2003–2006: analysis of a time series. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 2009; 103(2): 137-143.
- Ferrano S., M. Vancampenhoud y A. Troncone (2003) "Diarreas agudas en la edad pediátrica", XIV Jornadas Nacionales de Infectología y IX Jornadas Nororientales, Puerto La Cruz – Venezuela; pp. 2-3.
- Ferreira-Guerrero, E., Mongua-Rodríguez, N., Díaz-Ortega, J. L., Delgado-Sánchez, G., Báez-Saldaña, R., Cruz-Hervert, L. P., ... & García-García, L. Diarreas agudas y prácticas de alimentación en niños menores de cinco años en México. *Salud pública de México* 2013; 55.

- Fisure R. (2006) Meteorología y oceanografía patrones y capitanes de yate. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Pp 427.
- Fleury, M., Charron, D. F., Holt, J. D., Allen, O. B., & Maarouf, A. R. (2006). A time series analysis of the relationship of ambient temperature and common bacterial enteric infections in two Canadian provinces. *International journal of biometeorology* 2006; 50(6): 385-391.
- Foo et al. (1985). Foo LC, Lim TW, Lee HL, Fang R.. Rainfall, abundance of *Aedes aegypti* and dengue infection in Selangor, Malaysia. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 16(4): 560-568.
- Fox & Wilson (2010). Fox Garey A., Wilson G. V., The Role of Subsurface Flow in Hillslope and Stream Bank Erosion: A Review. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74:717–733.
- Gajadhar, A. A., & Allen, J. R. (2004). Factors contributing to the public health and economic importance of waterborne zoonotic parasites. *Veterinary parasitology* 2004; 126(1): 3-14.
- García Acosta, V. (2006). Estrategias adaptativas y amenazas climáticas. En Urbina, S. J. y J. Martínez (compiladores). Más allá del cambio climático, Las dimensiones Psicosociales del cambio ambiental global. México. Primera edición. 29-46.
- García, E. (1989) Apuntes de Climatología. Offset Lario Ed. S. A. México, D. F. 155 p.
- García Vázquez Y., Arteaga MacKney G., Yeverino Gutiérrez M., Campos Camacho L. (2007) Prevalencia de enfermedades diarreicas agudas en estudiantes de la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo. Memorias en extenso del IX Congreso Regional en la Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, 107-131
- Gardner (2009). Gardner, L. R., Assessing the effect of climate change on mean annual runoff. *Journal of Hydrology.* 379(3), 351-359.
- Garnica, P. R. J. e I. Alcántara Ayala (2004), “Riesgo por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso del río Tecolutla, Veracruz”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 55, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 23-45.
- Garrido Abenza, R. (1992). Limitaciones de la distribución de Gumbel en la valoración del riesgo de lluvias fuertes: Caso de un observatorio del litoral Mediterráneo. In Ponencias, comunicaciones (pp. 217-26). España. Universidad Politécnica.

- Gay (2000). Gay García Carlos (Compilador). México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México.
- Glantz M. H., Katz R.W., y Nicholls N. (2001) Teleconections linking Worldwide Climate Anomalies, Cambridge University Press. UK. pp 371-400
- Gobierno del Estado (1994). Gobierno del Estado de Aguascalientes. Atlas Estatal de Riesgos. Talleres gráficos del Estado. Ags., México
- Gómez, C., R. Rodríguez y S. González. "Gastroenteritis por salmonella, shigella y campylobacter", Protocolos diagnósticos y terapéuticos en pediatría, tomo 2, Infectología, Asociación Española de Pediatría 2001; p.114.
- Gómez Serrano J. (1988) Aguascalientes en la historia Tomo I. Aguascalientes. Instituto de Investigaciones José María Luis Mora.
- Gould et al. (1970). Gould DJ, Mount GA, Scanlon JE, Ford HR, and Sullivan MF. 1970. Ecological control of dengue vectors on an island in the Gulf of Thailand. J Med Entomol 7(4): 499-508.
- Granados-R. R., Aguilar-S. G., Díaz-P. G., Medina-B. M. (2011). Alteraciones de los Indicadores agroclimáticos en años con presencia del fenómeno el Niño en la región centro-occidente de México. Rev. Geográfica de América central. Número Especial EGAL-Costa Rica. Pp 1-16.
- Gubler (1998). Gubler, DJ. 1998. Resurgent Vector-Borne Diseases as a Global Health Problem. Emerg Infect Dis, 4(3):1-10.
- Guerrant RI, Kosek M, Moore S, Lorntz B Brantley R, (2002) Lima Am. Magnitude and Impact of Diarrheal Diseases. Arch Med Res. 33(4):351-5.
- Guevara Díaz José Manuel. (2008) El ABC de los índices usados en la identificación y definición cuantitativa de El Niño - Oscilación del Sur (ENSO) Terra vol XXIV número 35, pp 85-140
- Gumbel, E. J. (1941) The return period of flood flows. Annals of Mathematical Statistics, vol. 12, N° 2, p. 163-190.
- Gutiérrez y Espinoza (2010). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Guzmán (2011). Guzmán Colis G. Tesis de doctorado: Estudio sobre los niveles de contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos relacionados

- con el cauce del río San Pedro. Centro de ciencias básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Guzmán et al. (2011). Guzmán-Colis G., E.M. Ramírez-López, F. Thalasso, S. Rodríguez-Narciso, AL. Guerrero-Barrera, FJ. Avelar-González. 2011. Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. *Universidad y Ciencia, Trópico húmedo* 27(1):17-32.
- Guzmán-Colis et al. (2011b). Guzmán-Colis G., E.M. Ramírez-López, F. Thalasso, S. Rodríguez-Narciso, AL. Guerrero-Barrera, FJ. Avelar-González. 2011. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, vol. 27 no. 2 México.
- Guzmán-Colis, G., Thalasso, F., Ramírez-López, E. M., Rodríguez-Narciso, S., Guerrero-Barrera, A. L., & Avelar-González, F. J. (2011). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), 89-102.
- Hales, S., Weinstein, P., Soares, Y., & Woodward, A. (1999). El Niño and the dynamics of vectorborne disease transmission. *Environmental Health Perspectives*, 107(2), 99.
- Halstead (1997). Halstead SB. 1997. Epidemiology of dengue and dengue hemorrhagic fever. En: *Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever*. (Gubler DJ, Kuno G, eds). New York: Cab International, 25.
- Hardy-T. J. (2003). *Climate Change: Causes, Effects, and Solutions*, British Library, England, 247.
- Hashizume, M., Armstrong, B., Wagatsuma, Y., Faruque, A. S. G., Hayashi, T., & Sack, D. A. (2008). Rotavirus infections and climate variability in Dhaka, Bangladesh: a time-series analysis. *Epidemiology and infection*; 136(9): 1281-1289.
- Hemer, M.A., J.A. Church and J.R. Hunter (2010). Variability and trends in the directional wave climate of the Southern Hemisphere. *International Journal of Climatology*, 30, 475-491
- Heras, R. (1970). *Manual de Hidrología*. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid. 243.
- Hernández M. (2016). *Agua y Derechos Humanos*. Comisión Nacional de los Derechos Humanos. México.
- Hernández, A. R. P. (2001). Efectos de El Niño Southern Oscillation (ENSO) en Precipitación Pluvial (PP) en México Central. *Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 9 (24), 2-15.

- Hernández, F. M (2002). Diarrea aguda e infecciones respiratorias: caras nuevas de viejos conocidos. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 45(3): 103-109.
- Hernández. C.C., Aguilera A. M. G, & Castro E. G., (2011). Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 31(4), 137-151.
- Hernández Cisneros, F., Rodríguez Salceda, Z., Ferrer Herrera, I., & Trufero Cánovas, N. (2000). Enfermedades diarreicas agudas en el niño: comportamiento de algunos factores de riesgo. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 16(2), 129-133.
- Hilborn, E. D., Mermin, J. H., Mshar, P. A., Hadler, J. L., Voetsch, A., Wojtkunski, C., ... & Slutsker, L. (1999). A multistate outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infections associated with consumption of mesclun lettuce. *Archives of Internal Medicine*, 159(15), 1758-1764.
- Hulme M *et al* (2002). Climate change scenarios for the United Kindom: the UKCIPO2 scientific report. Norwich, Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia.
- Hurtado-Díaz, M., Riojas-Rodríguez, H., Rothenberg, S., Gomez-Dantes, H., & Cifuentes, E. (2006). Impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Epidemiology*, 17(6), S207.
- Ignazi (1993). Ignazi, J.C. 1993. Improving nitrogen management in irrigated, intensely cultivated areas: the approach in France. En: *Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities*. Actas de la Consulta de Expertos de la FAO, Santiago, Chile, 20-23 de octubre de 1992. Water Report 1. FAO, Roma. págs. 247-261.
- IMTA (1997). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Informe final. Ags., México. 67p.
- INECC (2012) Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Quinta comunicación nacional ante la convención Marce de las Naciones Unidas sobre cambio climático (CMNUCC), Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, México, 2012.
- INEGI (1997) Instituto Nacional de Estadística y Geografía. El sector agropecuario en el estado de Aguascalientes. ISBN 970-13-1679-7.
- INEGI (2010). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. Consultado Agosto 2012)

- IPCC (1997). Informe Especial del Grupo de trabajo II del IPCC. Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. (Incluido en resumen para responsables de políticas).
- IPCC (2000). Informe Especial del IPCC. Escenarios de emisiones. Resumen para responsables de políticas. Informe especial del Grupo de trabajo III. WMO.PNUMA.
- 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 University Press.
- IPCC (2007a) *Climate change 2007: The Emission Scenarios of the IPCC Special Report on Emission scenarios (SRED), Fourth Assessment Report of the IPCC.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers. En: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2008). *El Cambio Climático y el Agua.* Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.
- IPCC (2009) *Cambio climático en América Latina*, pp 13, 18.
- IPCC (2012) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: the Physical Science Basis. AR5 – WGI.* WMO / UNEP. Ginebra, Suiza.
- IPCC (2014a) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R.

- Mastrandrea, and L.L. White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- IPCC (2014b) Annex II: Glossary [Agard, J., E.L.F. Schipper, J. Birkmann, M. Campos, C. Dubeux, Y. Nojiri, L. Olsson, B. Osman-Elasha, M. Pelling, M.J. Prather, M.G. Rivera-Ferre, O.C. Ruppel, A. Sallenger, K.R. Smith, A.L. St. Clair, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, and T.E. Bilir (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1757-1776.
- Izaguirre Lasa, C. (2011). *Estudio de la variabilidad climática de valores extremos de oleaje*. Universidad de Cantabria.
- Ize Lema (2002) Ize Lema Irina. El cambio climático y la salud humana. *Gaceta Ecológica*, octubre diciembre, número 065, pp 43-52.
- Johansson, M. A., Cummings, D. A., & Glass, G. E. (2009). Multiyear climate variability and dengue—El Niño southern oscillation, weather, and dengue incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: a longitudinal data analysis. *PLoS medicine*, 6(11), e1000168.
- Kale, P. L., Hinde, J. P., & Nobre, F. F. (2004). Modeling diarrhea disease in children less than 5 years old. *Annals of epidemiology* 2004; 14(6): 371-377.
- Kim & Jackson (2011). Kim John H., Jackson Robert B., 2011. *A Global Analysis of Groundwater Recharge for Vegetation, Climate, and Soils*. Vadose Zone.
- Kirkby y Morgan (1980). Kirkby, M. J. and Morgan, R.P.C. 1980. *Erosión del Suelo*. Primera ed en Español, 1984. Ed. LIMUSA, México, Df. 375 p.
- Konno T, Suzuki H, Katsushima N, et al. (1983) Influence of temperature and relative humidity on human rotavirus infection in Japan. *J Infect Dis*; 147: 125–28.
- Koopman et al. (1999). Koopman J, Prevots DR, Vaca MA, Gómez-Dantés H. 1999. Determinants and predictors of dengue infection in Mexico. *Am J Epidemiol* 133:1168-1178.

- Kostiakov (1932). Kostiakov, A.N. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and the necessity of studying it from a dynamic view for the purpose of amelioration. Trans. 6th Congr. Int. Soc. Sci. 1932, (Russian part A) pp. 17–21.
- Koutsoyiannis, D. (2003), "On the appropriateness of the Gumbel Distribution in modeling extreme rainfall", Proceedings of the ESF LESC Exploratory Workshop held at Bologna, Italy, October 24-25, pp. 303-319
- Kovats, R. S. (2000). El Niño and human health. número de informe: Bulletin of the World Health Organization: the International Journal of Public Health, 78(9), 1127-1135.
- Kovats, R. S., Bouma, M. J., Hajat, S., Worrall, E., & Haines, A. (2003). El Niño and health. The Lancet, 362(9394), 1481-1489.
- Kovats, R. S., Edwards, S. J., Charron, D., Cowden, J., D'Souza, R. M., Ebi, K. L., ... & Schmid, H. (2005). Climate variability and campylobacter infection: an international study. International Journal of Biometeorology; 49(4): 207-214.
- Kuno (1997). Kuno G. 1997. Factors influencing the transmission of dengue viruses. En: Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. (Gubler DJ, Kuno G, eds). New York: Cab International, 62.
- La Jornada (2009). La Jornada. Sociedad y Justicia, p. 34, publicado el 5 de enero de 2009.
- Lama, J. R., Seas, C. R., León-Barúa, R., Gotuzzo, E., & Sack, R. B. (2004). Environmental temperature, cholera, and acute diarrhoea in adults in Lima, Peru. Journal of Health, Population and Nutrition, 399-403.
- Landa, R., Magaña, V., & Neri, C. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático (No. Sirsi) a453952). Semarnat.
- Landa R., Ávila B., Hernández M., (2010). Cambio climático y desarrollo sustentable para América latina y el Caribe. Conocer para comunicar. British Council. PNUD., NESCO IMTA, FLACSO México. pp 47, 52.
- Laniak, G. F., Olchin, G., Goodall, J., Voinov, A., Hill, M., Glynn, P.,...Hughes, A. (2013). Integrated environmental modeling: A vision and roadmap for the future. Environmental Modeling & Software, 39, 3-23.
- Ledesma, J.M. (2000). Climatología y Meteorología Agrícola. Ed. Paraninfo, España. 451 pp.
- Lettenmaier, D.P. and Burges, S.J. (1982). Gumbel's extreme value I distribution, a new look. Journal of Hydraulics Division-ASCE 108, 502-504.

- Lesmana & Subekti (2001). Lesmana, M., Subekti, D., 2001. *Vibrio parahaemolyticus* associated with cholera-like diarrhea among patients in North Jakarta, Indonesia, *Diagn Microbiology Infections*. 39(2):71-5.
- Liebmann, B., Ch. Jones and L. M. V. de Carvalho (2001), "Interannual variability of daily extreme precipitation events in the State of São Paulo, Brazil", *Journal of Climate*, no. 14, pp. 208-218.
- Lim B. E. Spanger – Siegred (Eds) (2006) *Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollando estrategias, políticas y medidas*. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Cambridge University Press. Nueva York, 258 p
- Linares, Cristina; R Culqui, Dante; Simón, Fernando; Díaz, Julio; (2013). Análisis del Impacto de las Olas de Calor sobre la Mortalidad de la Ciudad de Madrid durante el período 1990-2009. *Revista Española de Salud Pública*, Mayo-Junio, 277-282.
- López (2007). López Baltazar J. Tesis Maestro en Ciencias. Estudio sobre la concentración de contaminantes en el agua del cauce del río San Pedro. Centro de ciencias básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- López, I. Z., & Del Arco, E. C. (2010). *Meteorología y Climatología*. Editorial UNED.
- Loyola R, Soncco C. (2007). *Salud Y Calidad Del Agua En Zonas Urbanomarginales De Lima Metropolitana*. *Economía Y Sociedad*, Cies.64:80-5.
- Macías C, Franco F, Long K, Hernández S, Martínez Y, López M (2005). Lactancia materna y diarrea aguda en los primeros tres meses de vida. *Salud pública de México* 2005; Vol.47(1)
- Madrid Alanís A. (1995). *Manantiales siglo xvi-xx. Vida y desarrollo. Evolución de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Aguascalientes*, Presidencia Municipal de Aguascalientes-CAPAMA, México.
- Magaña (1999). Magaña Rueda V. O. Los impactos de "El Niño" en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, Dirección General de Protección Civil, Secretaría de Gobernación, México. 229 pp.
- Magaña (2004). Magaña Rueda Víctor O. El Cambio climático global: comprender el problema en Cambio climático: una visión desde México. Martínez, J., & Osnaya, P. (compiladores). A. F. Bremauntz (Ed.). *Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, Instituto Nacional de Ecología.

- Magaña (2006). Magaña Rueda V.O. Informe sobre escenarios futuros del sector agua en México bajo cambio climático para las climatologías del 2020, 2050 y 2080. 2006. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Magaña et al. (1997a). Magaña V., Conde C., Sánchez O., Gay C., 1997. Assessment of current and future regional climate regional scenarios for Mexico. *Climate Research*. 9(2):107-114.
- Magaña et al. (1997b). Magaña, V., Pérez, J. L., Conde, C., Gay, C., & Medina, S. El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus impactos en México. *Reporte INE-Oct*, 97.
- Magaña et al. (1998). Magaña, V. Pérez J.L. y Conde C., 1998.El fenómeno de El Niño y la Oscilación del sur y sus impactos en México. *Revista Ciencias*. Julio septiembre 51. 14- 18pp.
- Magaña et al. (2003). Magaña, V., J. L. Vazquez, J. L. Pérez y J. V. Pérez, 2003. "Impact of El Niño on precipitation in Mexico", *Geofísica Internacional*, 42: 313-330.
- Magaña et al. (2004). Magaña V. Matías –Méndez J., Morales R., Millán C. "Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México". En Martínez J. y Fernández A. (compiladores) *Cambio climático: Una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Magaña R. Victor Orlando (2010) *Guía para generar y aplicar Escenarios probabilísticos Regionales de Cambio Climático en la toma de decisiones*, Centro de Ciencias de la atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México,.
- Magaña et al. (2012). Magaña Víctor, Zermeño David, Neri Carolina. *Climate change scenarios and potential impacts on water availability in northern Mexico*. *Clim Res* 51: 171-184.
- Magaña V.O. *Climatología de México*. (2004). En: *Los impactos de El Niño en México* (V. Magaña Ed.). Centro de Ciencias de la atmósfera. UNAM. México. 228 pp.
- Magaña y Conde (2000). Magaña V.O., Conde C. 2000. *Climate and freshwater resources in México, Sonora: a case of study*. *Environmental Monitoring and Assessment* 61: 167-185.

- Magaña y Gay (2002). Magaña Rueda V., Gay García C., 2002. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*, octubre diciembre, número 065, pp 43-52.
- Magaña y Quintanar (1997). Magaña V, and A. Quintanar, 1997: On the use of a general circulation model to study regional climate. 2nd. UNAM-CRAY Supercomputing Conference on Earth Sciences. Mexico City. June 1997. Ed. Cambridge University Press. 39-48
- Magaña, V. O., Vázquez, J. L., Pérez, J. L., & Pérez, J. B. (2003). Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *GEOFISICA INTERNACIONAL-MEXICO-*, 42(3), 313-330.
- Magrin et al. (2007a). Magrin, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre and A. Villamizar, *Latina America, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Magrin et al. (2007b) Magrin G., Canziani O., Aquino A. *Cambio climático 2007. Evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y del potencial de adaptación en América Latina*. OMM, PNUMA, IPCC, Lima Perú.
- Mann M.E., Cane M. A., Zebiak S.E., Clement A. (2005) Volcanic and solar Forcing of the Tropical Pacific over the past 1000 Years. *Journal of Climate* 18:447-457.
- Manzano (2005). Manzano Andreu. Efectos en la variabilidad hidrológica y los fenómenos extremos; ejemplos de modelización hidrológica de avenidas y sequías en escenarios futuros. En *Agua y cambio climático: diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña 3r Convenio Agencia Catalana del Agua-Fundación Nueva Cultura del Agua. Impactos hidrológicos*. Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge, pp 154.
- Martínez J., Fernández-B A., & Osnaya P (SEMARNAT, INE), 2004 *Cambio Climático: Una visión desde México*, SEMARNAT, INE, México, 525 pp.
- Mas-Pla y Ortuño (2009). Mas-Pla Joseph y Ortuño Felip. Análisis territorial de la vulnerabilidad de los recursos hídricos ante el cambio climático. En *Agua y cambio climático: diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña 3r Convenio Agencia Catalana del Agua-Fundación Nueva Cultura del Agua. Impactos hidrológicos*. Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge, pp 184

- McCarthy et al. (2001). McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (Eds.). (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 University Press.
- McMichael et al. (1996). McMichael, A.J., A. Haines, R Slooff y S. Kovats 1996. *Climate Change and Human Health*. Organization, Geneva.
- McMichael et al. (2001). McMichael A y Githeko A. *Human Health*. En: McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, y White KS (eds). *Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. World Meteorological Organisation/United Nations Environment Programme. Cambridge University Press, Australia, 2001. pp. 451-485.
- McMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D., Kovats, S., Edwards, S., Wilkinson, P., Wilson, T., ... & Murray, C. (2004). Comparative Quantification of Health Risks: Global and regional Burden of disease due to selected major Risk Factors. *Global Climate Change 2004*; 2: 1543-1649.
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet*, 367(9513), 859-869.
- Méndez Méndez González Jorge, Ramírez Leyva Ángela, Cornejo Oviedo Eladio, Zárate Lupercio Alejandro, Cavazos Pérez Tereza (2010). Teleconexiones de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a la precipitación y temperatura en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín de Instituto de Geografía UNAM*, Núm. 73, pp 57-70.
- Méndez González, J., Návar Cháidez, J. D. J., & González Ontiveros, V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Investigaciones geográficas*, (65), 38-55.
- Méndez-González et al. (2007). Méndez González J., Návar Cháidez J.J., González Rodríguez H. & Treviño Garza E.J. 2007. Teleconexiones del fenómeno ENSO a la precipitación mensual en México. *Ciencias UANL* 10: 290 – 298.
- Metcalfe & Eddy (1999). Metcalfe & Eddy, Inc. *Wastewater engineering -Treatment, disposal and reuse-*. 3er edition. McGraw-Hill, New York, USA.
- Montealegre, J. E. (2004). *Escalas de la Variabilidad Climática*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Montealegre, E. (2005). *Escalas de variabilidad Climática*. IDEAM. Bogotá

- MOPTMA. (1995). Programa Nacional del clima, Secretary of state for Environment and Housing, Madrid.
- Morgan ( 1986). Morgan, R. P. C. 1986. Soil Erosion and Conservation. Ed. Longman Scientific and Tecnical. Hong Kong. 298 p
- Moser, S. & Dilling, L. (ed.) (2007). Creating a Climate for Change: Communicating Climate Change and Facilitating Social Change. New York: Cambridge University Press.
- Mosiño y Morales (1998). Mosiño, P. y T. Morales, 1988: Los ciclones tropicales, El Niño y las lluvias en Tacubaya. Geofis. Int., 27, 1, 61-82.
- Muller, D. (2007). Adapting to Climate Variability and Change: A Guidance Manual for Development Planning. Washngton, DC: U.S.Agency for International Development p 8
- Mundo y Martínez (1993). Mundo, M.D. y Martínez Austria. 1993. Cambio Climático: posibles consecuencias y algunas sugerencias para disminuir su efecto en México. Ingeniería Hidráulica en México 18(1): 14-28.
- NAS/NAE/IOM (1992). NAS/NAE/IOM. Policy implications of greenhouse warming. Mitigation, adaptation and the science base, National Academy of Sciences, National Academy of Engineering and Institute of Medicine, Washington, D.C., 917 pp.
- Navarro, A., Utzet, F., Puig, P., Caminal, J., & Martín, M. (2001). La distribución binomial negativa frente a la de Poisson en el análisis de fenómenos recurrentes. Gaceta Sanitaria; 15(5): 447-452.
- New et al. (2000). New M.G., Hulme M. and Jones P.D. (2000), Representing twentieth – century space- time climate variability. Part II. Development of 1901-1996 montly grids of terrestrian surface climate. J. Climate, 13:2217-2238.
- Niehaus M, Moore S, Patrick P, Derr LL, Lorntz B, Lima AA, Guerrant R. (2002). Early childhood diarrhea is associated with diminished cognitive function 4 to 7 years later in children in a northeast Brazilian shantytown. American Journal Tropical of Medicine Hygiene. 2002; 66 (5): 590-593.
- NOM-021-RECNAT-2000 (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 Fertilidad, Salinidad y Clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación 31 diciembre de 2002.

- NUTRAVE (2012) Manual de procedimientos Estandarizados para la vigilancia Epidemiológica de la Enfermedad Diarreica Aguda Mediante estrategias de Nucleos Trazadores (NUTRAVE). Secretaría de Salud. México
- Ojeda et al. (2010). Ojeda B.W., Iñiguez M.C., y. González J.M.C. Cap 5. Vulnerabilidad de la agricultura de riego en México ante el cambio climático. Del libro Efecto del cambio climático en los recursos hídricos de México. Vol III de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Coordinado por Polioptro F. Martínez Austria y Carlos Patiño Gómez. Jiutepec, Mor. IMTA. ISBN: 978-607-7563-23-5.
- Oliver J. E. (2005) Encyclopedia of Climatology. Pp 370-371
- OMS (1987) Organización Mundial de la Salud (World Health Organization). Guías para la calidad del agua potable (Vol. 2, No. 481). Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.
- OMS (1993). Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1: Recomendaciones. (Segunda edición), OMS, Ginebra.
- OMS (2011). Organización mundial de la salud. Cerrando La brecha: la política de acción sobre los Determinantes sociales de la salud. Documento De trabajo para fundamentar el debate en la Conferencia mundial sobre losdeterminantes Sociales de la salud. Río de Janeiro: Organización mundial de la salud; 2011
- OMM (2015) Organización meteorológica Mundial, Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2014. N° 1152
- Ongley (1997). Ongley E.D., Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55). FAO, GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters Burlington, Canada; pp 24.
- OPS (2001) Organización Panamericana de la Salud. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 3.a ed. Washington, D.C.: OPS, 2001, 3 vol. (Publicación Científica y Técnica No. 580)
- OPS (2010) Pan American Health Organization. Epidemiologic surveillance of diarrheal diseases due to rotavirus: Field guide. Washington, DC: PAHO; 2010. (Scientific and Technical Publication; 623)
- Ortiz (2009). Ortiz M. Hidrogeología de la Cuenca de Aguascalientes. Doctorado en Ciencias de la Tierra en el área de Agua Subterránea. Instituto de Geofísica de la Universidad Autónoma de México. Comunicación personal.

- Osnaya (2013). Osnaya Ruíz P. Evaluación de la calidad del agua en seis delegaciones del Distrito Federal en un contexto de Cambio Climático y Propuesta de Adaptación. Tesis UNAM
- Pascual, M., Rodó, X., Ellner, S. P., Colwell, R., & Bouma, M. J. (2000). Cholera dynamics and El Niño-southern oscillation. *Science*, 289(5485), 1766-1769.
- Patz JA, Lendrum DC, Holloway T, Foley JA. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*;438:310–7
- Patz, J. A., & Olson, S. H. (2006). Climate change and health: global to local influences on disease risk. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 100(5-6), 535-549.
- Patz, J. A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., & Foley, J. A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438(7066), 310-317.
- Pavia, E. G., Graef, F., & Reyes, J. (2006). PDO-ENSO effects in the climate of Mexico. *Journal of Climate*, 19(24), 6433-6438.
- Pavón y Sánchez (2011). El Niño y los Incendios en Matorrales Semiáridos de México. En Cambio Climático. Aproximaciones para el estudio de su efecto sobre la biodiversidad; Sánchez Rojas G., Ballesteros Barrera C., Pavón N. P. Editores. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Payne PA, Tully MR. Breastfeeding promotion. In: Ratcliffe SD, BaxleyEG, Cline MK, Sakornbut EL, eds. *Family Medicine Obstetrics*. 3rd ed. Philadelphia, PA: Elsevier Mosby; 2008:chap 4.
- Paz, L., Pérez, R., López, C., Lapinel, B., Centella, A., Pajón, J., y otros. (2008). Curso Cambio Climático. Academia.
- Peralta-Hernández A. R. y Barba Martínez L.R. (2009). The risk of early and late frost behavior in central México under El Niño conditions. *Rev Atmósfera* número 1, México.
- Pizarro, R.; Novoa, P. (1986). Instructivo n° 5. Determinación de valores probabilísticos para variables hidrológicas. Elementos técnicos de Hidrología. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Chile. 78 p.
- PNUD (2000). Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. Panorama del Impacto ambiental de los recientes desastres naturales en América Latina y el Caribe.
- PNUD (2004) Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, Abril de 2004. Elaboración de escenarios socioeconómicos para uso en evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación, Nueva York, Estados Unidos, 48pp.

- Poveda, G., Rojas, W., Quiñones, M. L., Vélez, I. D., Mantilla, R. I., Ruiz, D., ... & Rua, G. L. (2001). Coupling between annual and ENSO timescales in the malaria-climate association in Colombia. *Environmental health perspectives*, 109(5), 489.
- Ramírez et al. (2003). Ramírez-Salvador I, Méndez Pérez I., Tejeda Martínez A. La relación estadística entre la temperatura ambiente y las enfermedades diarreicas en la Jurisdicción Sanitaria de Coatzacoalcos, Ver., para el periodo 2000-2003. Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana.
- Ramírez et al. (2007). Ramírez López E.M., Rico Martínez R., Zaragoza Almaraz J., Avelar González F.J. Estudio sobre los agentes, cargas contaminantes y toxicidad que afectan a la cuenca del río San Pedro del municipio de Aguascalientes y zonas aledañas. Informe final. Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Ags., México. 218 pp.
- Ramos, W., Miranda, J., Valdez, W., Soto-Cabezas, M., Martínez, C., Tovar, J. C., ... & Galarza, C. (2012). Influencia de los fenómenos el Niño y la Niña sobre los episodios de enfermedad diarreica aguda atendidos en establecimientos de salud de la Red Nacional de Epidemiología, década 2000-2009. *Revista Peruana de Epidemiología*, 16(1), 01-06.
- RAYO, D. (2007) "Determinantes sociales de la salud". Ponencia preparada para el Informe Estado de la Región, 2008. Programa Estado de la Nación. San José.
- Reiter (1998). Reiter P. 1998. Weather, vector biology, and arboviral recrudescence. En: *The Arboviruses: Epidemiology and Ecology* (Monath TP, ed). Florida: CRC Press, 245-255.
- Reyes, S., & Mejía-Trejo, A. (1991). Tropical perturbations in the Eastern Pacific and the Precipitation field over North-Western Mexico in relation to the ENSO phenomenon. *International Journal of Climatology*, 11(5), 515-528.
- Riojas H.R., Hurtado M., Idrovo J., Vázquez H. (2006) Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud de la población en México. Informe final para el Instituto Nacional de Ecología. México, 38 pp.
- Rodarte, R. L. (1998). Hidrología Subterránea. Editorial y Gráfica IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 275 pp.

- Rodhain & Rosen (1997). Rodhain F., Rosen L. 1997. Mosquito vectors and dengue virus - vector relationships. En: Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. (Gubler DJ, Kuno G, eds). New York: Cab International, 54.
- Rodó, X., Pascual, M., Fuchs, G., & Faruque, A. S. G. ENSO and cholera: A nonstationary link related to climate change?. *Proceedings of the national Academy of Sciences* 2002; 99(20): 12901-12906.
- Rodríguez Domínguez, J. (2009). Las enfermedades transmitidas por vector en México. *Revista de la Facultad de Medicina*, 45(003).
- Rodríguez et al. (1997). Rodríguez R., Hernández G., González T., Cortes A., Godínez M. A. y Margain R. ,1997. Definición del uso regional del agua subterránea, su potencialidad y uso en la zona de la ciudad de Aguascalientes. Instituto de geofísica. Departamento de recursos naturales. UNAM.
- Román-Cuesta, R. M., Gracia, M., & Retana, J. (2003). Environmental and human factors influencing fire trends in ENSO and non-ENSO years in tropical Mexico. *Ecological Applications*, 13(4), 1177-1192.
- Ruiz-Barradas, A., y Tejeda-Martínez, A. (2008). Variabilidad climática y teleconexiones: una revisión bibliográfica. *Estudios para un Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*.
- Salazar-Lindo, E., Pinell-Salles, P., Maruy, A., & Chea-Woo, E. (1997). El Niño and diarrhoea and dehydration in Lima, Peru. *The Lancet*, 350(9091), 1597-1598.
- Sánchez San Román, F.J. (2004). El ciclo Hidrológico. Universidad de Salamanca, Dpto. de Geología. España. 1-9 pp.
- Santos et al. (2007). Santos Medrano G.E., Ramírez López E.M., Hernández Flores S., Azuara Medina P.M., Rico Martínez R. Determination of toxicity levels in the San Pedro River Wastershed, Aguascalientes, México. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2007 Aug ;42 (10):1403-10.
- SARH (1987). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Sinopsis geohidrológica del Estado de Aguascalientes. Directorios industriales. México
- Schaffner, F., & Mathis, A. (2014). Dengue and dengue vectors in the WHO European region: past, present, and scenarios for the future. *The Lancet Infectious Diseases*.
- Schwartz, J., Levin, R., & Hodge, K. (1997). Drinking water turbidity and pediatric hospital use for gastrointestinal illness in Philadelphia. *Epidemiology*, 615-620.
- SEDUE (1994). Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Diagnóstico Ambiental.

- SEDUE (1999). Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Proyecto de regeneración de río San Pedro.
- Seghal (1996). Seghal R. 1996. Dengue fever and El Niño. *Lancet* 349(9053): 729-30)
- SEMARNAT (1999). Estrategia Nacional de Acción Climática, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático P. 22-26, INE-SEMARNAT, México
- SEMARNAT (2009). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. México Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. P33-36. INE-SEMARNAT, México
- Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, and X. Zhang, (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.
- Shao, S. (1970). *Estadística para economistas y administradores de empresas*. Editorial Herrero Hermanos, SUCS. S.A. México. 786 p.
- Silva, Y. (2007). Capítulo 21. Variabilidad Climática. Material de enseñanza. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- SMN (2009). Servicio Meteorológico Nacional. 2009. Comunicado del 4 de agosto de 2009. El mes de julio de 2009, segundo más seco del periodo 1941-2009. México, D.F. 3 pp.
- Smoyer KE (1998). A comparative analysis of heat-wave associated mortality in St. Louis, Missouri - 1980 and 1995. *International Journal of Biometeorology* 42:44-50.
- Speelman, E. C., Checkley, W., Gilman, R. H., Patz, J., Calderon, M., & Manga, S. (2000). Cholera incidence and El Niño-related higher ambient temperature. *Jama*, 283(23), 3072-3074.
- Spicker, P., Leguizamón, S. A., & Gordon, D. (Eds.). (2009). *Pobreza: Un glosario internacional*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales-CLACSO.

- SSA (2012) Perfil epidemiológico de las enfermedades infecciosas intestinales. México 93 pp.
- Stott et al. (2004). Stott, P. A., Stone, D. A., & Allen, M. R., 2004. Human Contribution to the European heatwave of 2003. *Nature* vol 432 , 610-614.
- Tangkanakul & Tharmaphornpilas. (2000). Tangkanakul, W., Tharmaphornpilas, P., 2000. Food poisoning outbreak from contaminated fish-balls, *J Med Assoc Thai*. 83(11):1289-95.
- Timbe et al. (1999). Timbe, L, De Bièvre, B, Feyen, J, Jacques, D, 1999. Hydraulic characterisation of hill slope soils. *Proceedings of the European Society of Agricultural Engineers. International Workshop on Modelling of the transport processes of soils at various scales in time and space*, Nov 24-26, Leuven, Belgium, p446-456.
- Torres et al. (2010). Torres-Guzmán F., Avelar-González F.J., Rico-Martínez R. Implementing *Lecane quadridentata* acute toxicity test to assess the toxic effects of selected metals (Al, Fe and Zn). *Ecotoxicol Environ Saf*. 73(3):287-95.
- Torres, J., & Gómez, A. (2008). Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes. (J. Torres, & A. Gómez, Edits.) Lima: Soluciones Prácticas-ITDG. p 28
- Trejo, B., Ortega, J., Mendoza, L., Ferreira, E., Hernández, M., Montoya, A., Téllez, M., (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, Resultados Nacionales. Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, Morelos, México.
- Trenberth & Thomas (2003) Trenberth, K., & Thomas, R. *Modern Global Climate Change. Science* 5- Vol 302 .
- Treviño y Cázares (1999). Treviño B. y Cázares E. Contaminación del agua. En: México desconocido S. A. de C. V. (Eds.) *Uso sustentable del agua en México – reto de nuestro tiempo*. 1ra edición. México.
- UNEP (2003) *Global Environment Outlook Year Book 2003*. United Nations Environment Programme, 80 pp.
- US-EPA (1994) *National Water Quality Inventory. 1992 Report to Congress*. EPA-841-R-94-001. Office of Water, Washington, DC
- USAID (1999) Manejo de cuencas hidrográficas para la reconstrucción después de Mitch: Una cuestión de escala. Eds. *Memorias del taller sobre vulnerabilidad ecológica y social*. Memoria. Estocolmo, S E. p. 89 -101.

- Vargas, C. M., Soto, L., Rojas, M. E., & Breña, P. (2004). Enfermedades de mascotas en humanos. Revisión actualizada. *Revista. Soc. Per. Med. Inter*, 17(1), 17.
- Vázquez (2010). Vázquez A. J. L. Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT). Desarrollada en el marco del Proyecto: Fortalecimiento de capacidades en detección de cambio climático en México. 88 p.
- Vázquez Aguirre (2007). Vázquez Aguirre, J. L., 2007. Variabilidad de la precipitación en la república mexicana, tesis de Maestría en Física de la Atmósfera, UNAM, 110 pp.
- Viessman Jr. W., Lewis G.L. (2003). *Introduction to hydrology* (5ta ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall. Estados Unidos. 612 pp.
- Watson et al. (1997). Watson, R. T., Zinyowera, M. C., & Moss, R. H. (Eds.). (1997). *The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability*. Cambridge University Press.
- Watson et al. (1991). Watson R.T., H. Rodhe, H. Oeschger, U. Siegenthaler (1991). Green house gases and aerosols. In: Houghton J.T., G.J. Jenkins, J.J. Ephraums (eds.) *Climate change, the IPCC scientific assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-40.
- Watts et al. (1987). Watts DM, Burke DS, Harrison BA, Whitmire RE, Nisalak A. 1987. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *Am J Trop Med Hyg* 36:143-152.
- Weisskopf MG, Anderson HA, Foldy S, Hanrahan LP, Blair K, Torok TJ et al. Heat wave morbidity and mortality, Milwaukee, Wis. 1999vs 1995: an improved response?. *Am J Public Health*. 2002; 92: 830-833
- Whitehead et al. (2002). Whitehead, P. G.; Lapworth, D. J.; Skeffington, R. A. y Wade, A., 2002. Excess nitrogen leaching and decline in the Tillingbourne catchment, southern England, INCA process modeling for current and historic time series. *Hydrological Earth System Science*, 6, 455-466.
- Whitehead et al. (2006). Whitehead, P. G.; Wilby, R. L.; Butterfield, D. y Wade, A. J., 2006. Impacts of climate change on nitrogen in a lowland chalk stream: An appraisal of adaptation strategies. *Science of the Total Environment*, 365, 260-273.
- WHO (2001). World Health Organization Information. 2001. Climate and health. Fact Sheet No.266. Diciembre, WHO Geneva

- WHO, 1982. World Health Organization Cochran DG. Cockroaches-biology and control. World Health Organization Technical Report. 1982; 82.856, Geneva; 1982. pp. 1-53.
- Wolter, K., and M. S. Timlin, 1998: Measuring the strength of ENSO events - how does 1997/98 rank? *Weather*, 53, 315-324
- Zhang, Y., Bi, P., & Hiller, J. E. Climate variations and *Salmonella* infection in Australian subtropical and tropical regions. *Science of the Total Environment* 2010; 408(3): 524-530.
- Zerecero (2013). Zerecero Salazar, B. C. Vulnerabilidad al cambio climático y su distribución espacial en la región Centro-Golfo de México (Master's thesis).

## REFERENCIAS WEB

- Aguascalientes (2010) www. Aguascalientes.gob.mx. Gobierno del Estado de Aguascalientes. <http://www.aguascalientes.gob.mx/estado/hidro.aspx>  
Consultado Julio 2012.
- Aguascalientes (2010<sup>a</sup>) www.aguascalientes.gob.mx. Gobierno del Estado de Aguascalientes. Características del Estado. [http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/informacion/Potencial\\_Productivo\\_Ag\\_s.pdf](http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/informacion/Potencial_Productivo_Ag_s.pdf). Consultado 15 Junio 2012.
- Anónimo (2012) Gobierno del Estado de Aguascalientes. <http://www.aguascalientes.gob.mx/estado/municipios/mfps.aspx>.
- CENAPRED (2007) Centro Nacional de Prevención de Desastres; Sequías, consultada 2 junio 2014 [http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/372/1/images/fasciculo\\_sequias.pdf](http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/372/1/images/fasciculo_sequias.pdf)
- CENAPRED (2014). Centro Nacional de Prevención de Desastres “Impacto Socioeconómico de los Desastres en México durante 2013”, México, D.F. Disponible en línea: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/324-NO.15->
- CEVECE (2012) Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedad. FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LAS EDAS. [Consultado Abril 2020] Disponible en: <https://salud.edomex.gob.mx/cevece/documentos/documentostec/proyectos/EDAs.pdf>
- CIIFEN (2013) Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. Consultado 30 oct 2013 [http://www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=573%3Avariabilidad-climatica-y-extremos&catid=98%3Acontenido-1&Itemid=131&lang=es](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=573%3Avariabilidad-climatica-y-extremos&catid=98%3Acontenido-1&Itemid=131&lang=es)
- CIIFEN (2023). Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. Consultado Diciembre 2023) <https://ciifen.org>
- CMNUCC (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 1992, p 6, se puede consultar en línea: [http://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf)

- CODAGEA (2005). Características del Estado. Características Generales de Aguascalientes. Comisión para el Desarrollo Agropecuario de Aguascalientes [http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/informacion/Potencial\\_Productivo\\_Ag\\_s.pdf](http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/informacion/Potencial_Productivo_Ag_s.pdf)
- COTAS [www.cotas.org.mx](http://www.cotas.org.mx). Escenario del agua 2015 y2030 en el acuífero Interestatal Ojocaliente- Aguascalientes-Encarnación: acciones para un desarrollo con sostenibilidad ambiental. <http://www.cotas.org.mx/documentos/Escenarios%20Agua%20Acuifero%202015%20y%202030%20Cotas%202006.pdf>. Consultado agosto, 2012
- DSA (2019) Dirección de salud ambiental. Excretas. [Consultado julio 2019] Disponible en: [http://www.ecomchaco.com.ar/ministeriosalud/salud\\_ambiental/excretas.php](http://www.ecomchaco.com.ar/ministeriosalud/salud_ambiental/excretas.php)
- García-Herrera, R., Díaz, J., & Linares Gil, C. (2004). Temperaturas extremas: impacto en salud. Consultado abril 2016. <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiCjYzFnbrNAhVQQVIKHb7TAE0QFgg5MAM&url=http%3A%2F%2Fpkp.ame-web.org%2Findex.php%2FTyC%2Farticle%2Fdownload%2F610%2F610&usq=A FQjCNHOJnMsRe2i0aLoW322ULqjluddkQ&bvm=bv.124817099.d.aXo>
- Gobierno del Estado de Aguascalientes (2016) Portal del Gobierno del Estado de Aguascalientes. Aguascalientes. Consultada junio 2016. <http://www.aguascalientes.gob.mx/Estado/Municipios/>
- El Universal (10 Junio 2008a) Reportan inundaciones de hasta un metro en Aguascalientes, consultada junio 2013. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/513674.html>
- El Universal (20 Agosto 2008a) Llegan a un metro las inundaciones en Aguascalientes, consultada junio 2013. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/531547.html>
- I Agut,(2014) R. M. EL ÍNDICE n DE LA PRECIPITACIÓN INTENSA. Consultado 2 junio 2014, <http://www.divulgameteo.es/uploads/Indice-n.pdf>
- ICRISAT (2009) International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Quantitative assessment of Vulnerability to Climate Change (Computation of Vulnerability Indices). International Crops Research Institute for the semi-Arid Tropics. Consultado febrero 2016. <http://www.ccportal.org.pk/index.php/resources/item/634-quantitative->

[assessment-of-vulnerability-to-climate-change-computation-of-vulnerability-indices](#)

- IFRC (2020). Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, Informe mundial sobre desastres 2020. Consultado diciembre 2023. <https://www.ifrc.org/world-disasters-report-2020>
- Iglesias et al. (2005). Iglesias Alfredo; Estrela, Teodoro; Gallart Francesc. Impactos del cambio climático en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. [http://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/F13/CAMBIO%20CLIMAT%20ESPA%C3%91A/07\\_recursos\\_hidricos.pdf](http://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/F13/CAMBIO%20CLIMAT%20ESPA%C3%91A/07_recursos_hidricos.pdf)
- IMN (2007). Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN) (2007). Estrategia de Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático en la zona noroccidental de gran área metropolitana. San José de Costa Rica. Disponible en: <http://cglobal.imn.ac.cr/Pdf/adaptacion/Proyecto%20Regional%20Estrategia%20de%20Adaptacion.pdf>
- INAFED (2010) Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Enciclopedia de los Municipios de México. [http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/EMM\\_aguascalientes](http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/EMM_aguascalientes).
- INECC (2016) Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México, <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-en-los-municipios-de-mexico>
- (INEC, 2023). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Vulnerabilidad al cambio climático. Consultado Diciembre 2023. [https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125#:~:text=La%20vulnerabilidad%20depende%20del%20car%C3%A1cter,%20clim%C3%A1ticos%20\(figura%202\)](https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125#:~:text=La%20vulnerabilidad%20depende%20del%20car%C3%A1cter,%20clim%C3%A1ticos%20(figura%202).).
- INEGI (2008). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2008. México de un vistazo 2008. México, DF. 55 p. Disponible en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- INE (2008a). "El cambio climático en México: Información por Estado y Sector". Instituto Nacional de Ecología. INE. México, D.F. Disponible en línea: [http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/estados/estados.html](http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/estados.html)
- INEGI (1993) Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Estudios Hidrológicos del Estado de Aguascalientes. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e

- Informática, Aguascalientes.  
[http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221287/702825221287\\_1.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221287/702825221287_1.pdf)
- INEGI (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#)
- Instituto de Salud del Estado de Aguascalientes (ISEA) (5 de septiembre de 2014). Estadísticas - Principales Causas de Mortalidad Infantil 2008 – 2014. Secretaría de Salud. Recuperado de <http://www.aguascalientes.gob.mx/isea/mortinfa.asp>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2010) (21 febrero del 2014) Censo de Población y vivienda 2010. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=1>
- Kidshealth (2016) Infecciones transmitidos por las mascotas. [Consultado Agosto 2016] Disponible en: <https://kidshealth.org/Nemours/es/parents/pet-infections-esp.html>
- La Jornada (2008) Cuatro muertos por lluvias e inundaciones en Aguascalientes y Chihuahua. Consultado junio 2014  
<http://www.jornada.unam.mx/2008/08/29/index.php?section=estados&article=038n1est>
- Meneses M (2013). Tesis de maestría “Desarrollo de conocimientos y habilidades sobre medidas de prevención en enfermedades diarreicas a cuidadores de niños menores de 5 años en el municipio de Calotmul, Yucatán. Instituto Nacional De Salud Pública. 2013. [Consultado Febrero 2016], Disponible en: <https://catalogoinsp.mx/files/tes/053039.pdf>
- Montealegre (2009). Montealegre, J. (2009). Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/812> (con acceso 01/11/2014).
- Moss, R., Brenkert, A. and Malone, E. (2001) Vulnerability to Climate Change: A quantitative Approach. PNNL-SA-33642, Pacific Northwest National Laboratory, Whashington, DC, <http://www.pnl.gov/globalchange/projects/vul/index.htm> (consultada Agosto 2012)
- NASA (2015) National Aeronautics and Space Administration (2015) Goddard Institute for Space Studies. Consultada junio 2015.  
<http://www.giss.nasa.gov/research/news/20150116/>
- NOAA (2011) El niño ENSO <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/el-nino-story.html>

- NOAA (2011). National Weather Services. Obtenido de Climate Prediction Center. ENSO impacts on the US: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
- NOAA (2014a) National Oceanic and Atmospheric Administration, Climate prediction center, Climate & Weather Linkage, El Niño / Southern Oscillation (ENSO) [Consultado junio 2014], Disponible en: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).
- NOAA (2014b) National Oceanic and Atmospheric Administration, National Centers for Environmental Information, 2014 Earth's warmest year on record. [Consultada junio 2014], Disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/summary-info/global/201412>
- NOAA (2015a) National Oceanic and Atmospheric Administration, Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL ([www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)) and Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography ([scrippsco2.ucsd.edu/](http://scrippsco2.ucsd.edu/)) [Consultado Junio 2015] <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
- NOAA (2015b) National Oceanic and Atmospheric Administration, Climate prediction center. EL NIÑO/SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) DIAGNOSTIC DISCUSSION [Consultado 16 junio 2015], Disponible en: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/ensodisc.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html)
- Oiidrus (2011). La precipitación pluvial y la Sequía en nuestro país enero 2008-octubre 2011; consultada 2 junio 2014 [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_qro/PUBLICACIONES/ANUARIOS/pdfs/6\\_77-89.pdf](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_qro/PUBLICACIONES/ANUARIOS/pdfs/6_77-89.pdf)
- OMM (2015) Organización Meteorológica Mundial; Warming Trend Continues in 2014. Consultada junio 2015. <https://www.wmo.int/media/es/node/233>
- OMM 2014 Organización Meteorológica Mundial 2014, Boletín de la OMM sobre gases de efecto invernadero. Boletín No. 10, 9 septiembre 2014. ISSN 2078-0818. Consultada junio 2015. <https://drive.google.com/file/d/0BwdvoC9AeWjUdU9tNVNkZWZsUTg/edit?pli=1>
- OMS (2008). Organización Mundial de la Salud), El cambio climático: un problema para el sector de la salud [Consultado 27 septiembre 2013]. Recuperado de <https://www.who.int/world-health-day/theme/es/>

- OMS (2013). Organización Mundial de la Salud, Enfermedades diarreicas. [Consultado 27 septiembre 2013]. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/es/index.html>
- OMS (2019) Organización Mundial de la Salud. Diarrea [internet]. Ginebra: WHO [citado julio 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/drinking-water>
- OMS (2020), Organización Mundial de la Salud. Diarrea [internet]. Ginebra: WHO [citado junio 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/topics/diarrhoea/es/>
- OMSc (2020) Organización Mundial de la salud. Enfermedades diarreicas, WHO, [citado junio 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/diarrhoeal-disease>
- Pereyra-Díaz, D., Bando U., Natividad M. A. (2004), Influencia de La Niña y El Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México, Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz 20(39):33-38. Artículo en la página WEB. <http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia>.
- Ramírez y Meza (2012) Ramírez Castillo, Ricardo Jesús y Eduardo Meza Ramos (2012) Evaluación de la vulnerabilidad del sector primario regional ante el impacto de la variabilidad climática, en Bahía de Banderas, México. EUMED. <http://www.eumed.net>
- Riveros M, Ochoa TJ (2015). Enteropatógenos de importancia en salud pública. Revista Perú Medica Exp Salud Pública [Internet]. [citado 15 Agos 2020];32(1):[aprox. 10 p.]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v32n1/a22v32n1.pdf>
- Ruíz y Tejeda (2009). Ruíz Barradas A. y Tejeda Martínez A. Variabilidad climática y teleconexiones. Una revisión bibliográfica. PECCUV. Capítulo 3.2. [http://www.peccuv.mx/descargas/pdf/reportes\\_investigacion/Cap%C3%ADtulo%203%202%20Variabilidad%20Clim%C3%A1tica%20y%20Teleconexiones.pdf](http://www.peccuv.mx/descargas/pdf/reportes_investigacion/Cap%C3%ADtulo%203%202%20Variabilidad%20Clim%C3%A1tica%20y%20Teleconexiones.pdf)
- Sánchez L., Liliana, & Mattar V., Salim, & González T., Marco (2009). CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ENFERMEDADES INFECCIOSAS: NUEVOS RETOS EPIDEMIOLÓGICOS. Revista MVZ Córdoba, 14(3),1876-1885. [fecha de Consulta

- 21 de Julio de 2020]. ISSN: 0122-0268. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=693/69312390012>
- Secretaría de Salud (SS 2020). Anuario de morbilidad 1984-2017 [internet]. Ciudad de México: Secretaría de Salud [citado junio 2020]. Disponible en:  
<http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/anuarios.html>
- SINAVE/DGE/SALUD/Panorama Epidemiológico y Estadístico de la Mortalidad en México 2010. [Consultado: octubre 2012] Disponible en:  
[http://www.dgepi.salud.gob.mx/2010/PDFS/PUBLICACIONES/2012/A\\_Morta\\_%202010\\_FINAL\\_Junio%202012.pdf](http://www.dgepi.salud.gob.mx/2010/PDFS/PUBLICACIONES/2012/A_Morta_%202010_FINAL_Junio%202012.pdf).
- SS (2010). Secretaría de Salud. Enfermedades Diarreicas Agudas Prevención, Control y Tratamiento. [citado junio 2020] Disponible en:  
[https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files\\_ipo/2016/1/4/9712ba8d0c8a1e308cbef8bdc3627d1b.pdf](https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2016/1/4/9712ba8d0c8a1e308cbef8bdc3627d1b.pdf)
- SS (2020). Secretaría de Salud. Manual de Procedimientos. [Citado julio 2020] Disponible [http://www.salud.gob.mx/unidades/transparencia/UNIDAD\\_DE\\_ENLACE\\_POT/Politica\\_de\\_Transparencia/Temas\\_TransparenciaFocalizada/MP/DGEPI.pdf](http://www.salud.gob.mx/unidades/transparencia/UNIDAD_DE_ENLACE_POT/Politica_de_Transparencia/Temas_TransparenciaFocalizada/MP/DGEPI.pdf)
- UBA (2014). Universidad de Buenos Aires. Cambio climático [Citado junio 2014] Disponible en:  
<http://www.filo.uba.ar/contenidos/carreras/geografia/catedras/cambioclimatico/sitio/unidad1.pdf>
- Valera (2014). Clima y zonas bioclimáticas; consultada 21 agosto 2014  
<http://www.contraclave.es/geografia/tiempoclima.PDF>
- Vásquez, N. (12 de Diciembre de 2009). Cambio Climatico.org. Recuperado el 6 de abril de 2014 de:  
<http://www.cambioclimatico.org/search/node/variabilidad%20una%20constante%20en%20nuestro%20clima>