



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

TESIS

**ASOCIACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y LA CONCENTRACIÓN
DE NO₂ SOBRE LA INCIDENCIA DE IRAs EN AGUASCALIENTES**

PRESENTA

**MONICA ADRIANA PADILLA CONTRERAS
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
ÁREA TOXICOLOGÍA**

TUTORES

DRA. ELSA MARCELA RAMÍREZ LÓPEZ (UAA)

DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS (U de G)

COMITÉ TUTORAL

DRA. ALMA LILIÁN GUERRERO BARRERA (UAA)

Aguascalientes, Ags., Junio de 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES
CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
Departamento de Ingeniería Bioquímica



ANIVERSARIO
UAA

M. EN C. JOSÉ DE JESÚS RUÍZ GALLEGOS
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
PRESENTE

Por medio de este conducto le notifico que la alumna de la Maestría en Ciencias área Toxicología IBQ MONICA ADRIANA PADILLA CONTRERAS, con ID 69352, está en la posibilidad de presentar el examen de grado, ya que ha cubierto los objetivos propuestos para el proyecto de tesis de Maestría "ASOCIACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y LA CONCENTRACIÓN DE NO₂ SOBRE LA INCIDENCIA DE IRAs EN AGUASCALIENTES".

Hago constar que he revisado el contenido de la tesis, y estoy de acuerdo con el documento redactado, ya que atendió las sugerencias del comité tutorial.

Sin otro particular, quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración, aprovechando la oportunidad para enviarle mis respetuosos y cordiales saludos.

ATENTAMENTE

"SE LUMEN PROFERRE"

Aguascalientes, Ags. 11 de Junio de 2015



Dra. en C. Elsa Marcela Ramírez López

Cotutora







M. EN C. JOSÉ DE JESÚS RUÍZ GALLEGOS
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
PRESENTE

Por medio de este conducto le notifico que la alumna de la Maestría en Ciencias área Toxicología IBQ MONICA ADRIANA PADILLA CONTRERAS con ID 69352, está en la posibilidad de presentar el examen de grado, ya que ha cubierto los objetivos y las metas del proyecto de tesis de Maestría "ASOCIACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y LA CONCENTRACIÓN DE NO₂ SOBRE LA INCIDENCIA DE IRAs EN AGUASCALIENTES". Además hago constar que he revisado el escrito de la tesis y estoy de acuerdo con el contenido del mismo ya que atendió a las sugerencias hechas por el comité tutorial.

Sin más por el momento, aprovecho para enviarle un cordial saludo y quedo a sus órdenes para cualquier duda y/o aclaración.

ATENTAMENTE

Aguascalientes, Ags. 15 de Junio de 2015

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Arturo Cúriel Ballesteros', written over a large, stylized circular flourish.

Dr. Arturo Cúriel Ballesteros





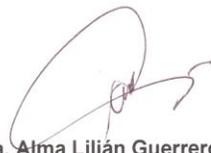
M. EN C. JOSÉ DE JESÚS RUÍZ GALLEGOS
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
PRESENTE

Por medio de este conducto le notifico que la alumna de la Maestría en Ciencias área Toxicología IBQ MONICA ADRIANA PADILLA CONTRERAS, con ID 69352 está en la posibilidad de presentar el examen de grado, ya que ha cubierto los objetivos propuestos para el proyecto de tesis de Maestría "ASOCIACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y LA CONCENTRACIÓN DE NO₂ SOBRE LA INCIDENCIA DE IRAs EN AGUASCALIENTES".

Hago constar que he revisado el contenido de la tesis, y estoy de acuerdo con el documento redactado, ya que atendió las sugerencias del comité tutorial.

Sin otro particular, quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración, aprovechando la oportunidad para enviarle mis respetuosos y cordiales saludos.

ATENTAMENTE
"SE LUMEN PROFERRE"
Aguascalientes, Ags. 11 de Junio de 2015



Dra. Alma Lilián Guerrero Barrera
Asesora





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

MONICA ADRIANA PADILLA CONTRERAS
ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
ÁREA TOXICOLOGÍA
P R E S E N T E.

Estimada alumna:

Por medio de este conducto me permito comunicar a Usted que habiendo recibido los votos aprobatorios de los revisores de su trabajo de tesis y/o caso práctico titulado: "**Asociación de la variabilidad climática y la concentración de NO₂ sobre la incidencia de IRA₂ en Aguascalientes**", hago de su conocimiento que puede imprimir dicho documento y continuar con los trámites para la presentación de su examen de grado.

Sin otro particular me permito saludarle muy afectuosamente.

ATENTAMENTE

Aguascalientes, Ags., 15 de junio de 2015

"SE LUMEN PROFERRE"

EL DECANO

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José de Jesús Ruiz Gallegos'.

M. en C. JOSÉ DE JESÚS RUIZ GALLEGOS

cop. Accto.
JRG:esd



AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT, por haber financiado mis estudios de maestría otorgándome una beca y a la UAA por permitirme ser parte de la comunidad universitaria.

A mi comité tutorial por guiarme y asesorarme durante este trayecto pero sobre todo, debo agradecer de manera especial y sincera a la Dra. Marcela por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo así como su capacidad y conocimientos para guiarme, han sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este trabajo, sino también en lo personal gracias por las palabras de aliento y los consejos para ayudarme a crecer como persona.

Muchas gracias a mis compañeras de grupo de trabajo, Martha, Ireri y Carol gracias por hacer divertidas las horas de trabajo así como orientarme y ayudarme con sus conocimientos.

Quiero extender un sincero agradecimiento a la Maestra Paty Rangel por sus múltiples horas de asesorías a Chayito por el apoyo para el levantamiento de encuestas.

Al Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes (ISSEA), en especial al Dr. Juan Carlos Torres López, Jefe del Departamento de Vigilancia Epidemiológica, a la Dra. Citlalli López Salas, Responsable Estatal de Sistemas Especiales de Vigilancia Epidemiológica, y al Tec. en Inf. Martín García Pedroza, Responsable de Sistema SUIVE-SUAVE por su atención, aportación de conocimientos e información crucial para el desarrollo de esta tesis, muchas gracias por la paciencia mostrada durante las muy constantes visitas que les hice.

Al Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes (INAGUA) en especial al Ing. Ramiro García Martínez, anterior responsable del Observatorio Meteorológico del Estado, por brindarme todas las facilidades para la obtención de información meteorológica del Estado.

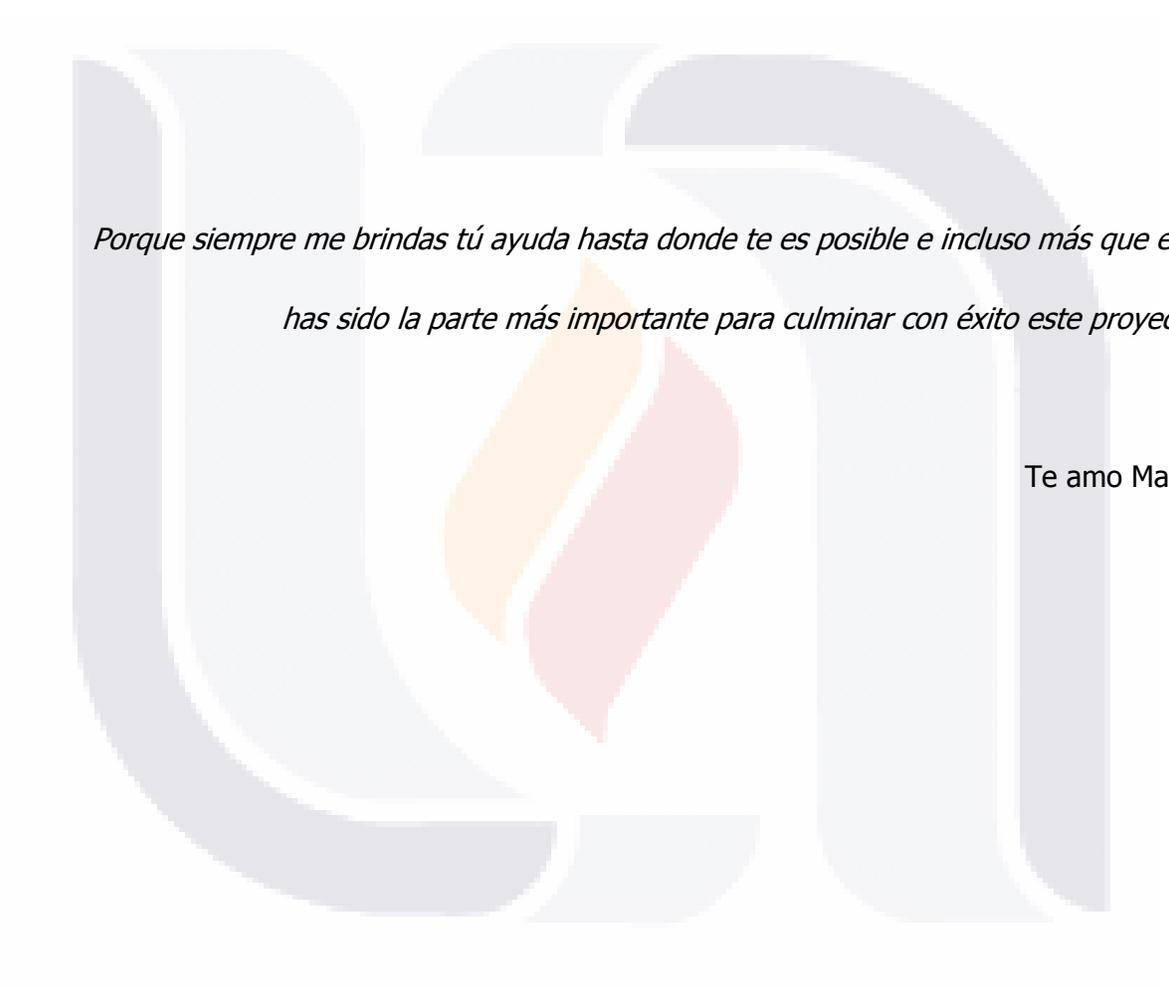
A todas las demás personas, Instituciones y dependencias que de alguna u otra manera contribuyeron a la realización de esta tesis, gracias.

Además deseo incluir a mis compañeros de trabajo del laboratorio del edificio 101, Rosalía, Viri, Paola, José y Karina y al Dr. David Masuoka, ya que me han mostrado todo su apoyo y paciencia para la redacción y culminación de esta tesis.

Deseo agradecer infinitamente a mi familia y amigos por todo su apoyo y comprensión a través de los años, a mis Padres que con su ejemplo me guiaron y enseñaron que con trabajo duro y honradez alcanzaría mis metas; a mis hermanas y hermanos por su incondicional apoyo y su amistad; a mis sobrinos por hacer mi vida más alegre.

A mi esposo que con su amor, confianza, paciencia y apoyo ha contribuido invaluablemente a continuar con mi desarrollo profesional. Finalmente, a la personita más importante en mi vida, mi hija, que con tu amor, afecto y cariño me llenas de alegría y felicidad, eres la razón de mi esfuerzo, de mis ganas de luchar, de llevarme al límite y descubrir que soy capaz de muchas cosas y buscar lo mejor para ti, porque aún a tu corta edad, me has enseñado y enseñas muchas cosas de la vida. Fuiste mi mayor motivación para concluir con éxito este proyecto de tesis. Gracias princesa.

DEDICATORIA



*Porque siempre me brindas tú ayuda hasta donde te es posible e incluso más que eso,
has sido la parte más importante para culminar con éxito este proyecto.*

Te amo Mamá

INDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN	12
Capítulo I. ANTECEDENTES	14
I.1. Estado del tiempo, clima, y variabilidad climática	14
I.2. Cambio climático asociado a la actividad antropogénica	15
I.2.1. Efecto Invernadero	16
I.2.2. Gases de Efecto invernadero directos e indirectos	19
I.2.2.1. Gases importantes por su forzamiento radiativo directo	20
I.2.2.2. Gases importantes por su forzamiento radiativo indirecto	22
I.3. Sustancias tóxicas de importancia mundial asociadas al cambio climático	24
I.3.1. El Ozono y sus precursores tóxicos	25
I.3.2. Los óxidos de nitrógeno y su toxicidad	26
I.3.2.1. Efectos del NO ₂ en las vías respiratorias	27
I.4. Climatología, calidad del aire y salud humana	27
I.4.1. Óxidos de nitrógeno	28
I.4.2. Dióxido de nitrógeno	29
I.5. Agentes y factores asociados a la toxicología	31
I.5.1. Factores que modifican la toxicidad	31
I.6. Infecciones respiratorias agudas	35
I.6.1. Etiología	35
I.6.2. Epidemiología	36
I.6.3. Patogenia	36
I.7. Climatología e IRAs en Aguascalientes	36
I.7.1. Clima en el Estado de Aguascalientes	37
I.7.2. IRA´s en el Estado de Aguascalientes	38
I.8. Análisis estadístico para la asociación de variabilidad climática y salud	38
I.9. Modelo conceptual GEO salud	39
Capítulo II. Justificación, hipótesis y objetivos	41
Capítulo III. METODOLOGÍA	43
III.1. Obtención de Información	43

III.1.1.	Series de tiempo de las variables meteorológicas	
III.1.1.1.	Condiciones promedio y extremas de las variables meteorológicas	44
III.1.2.	Series de tiempo de calidad del aire	45
III.1.3.	Series de tiempo de la Infección Respiratoria Aguda (IRA)	46
III.1.3.1	Cálculo de la tasa de morbilidad	46
III.2.	Factores físicos y químicos con influencia toxicológica en las IRAs	46
III.2.1.	Asociación estadística entre las IRAs y las variables meteorológicas	46
III.2.2.	Modelo descriptivo del comportamiento de IRAs con respecto de las variables meteorológicas.	47
III.2.3.	Asociación de las variables meteorológicas, concentración de NO ₂ y las IRAs	48
III.2.4.	Otros indicadores asociados a la incidencia de IRAs	48
III.3.	Determinación de población vulnerable	49
III.4.	Encuestas	50
III.5.	Modelo conceptual	51
Capítulo IV.	RESULTADOS	56
Capítulo V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
Capítulo VI.	CONCLUSIONES	95
Capítulo VII.	RECOMENDACIONES	96
Capítulo VIII.	GLOSARIO	97
Capítulo IX.	REFERENCIAS	101
Capítulo X.	ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

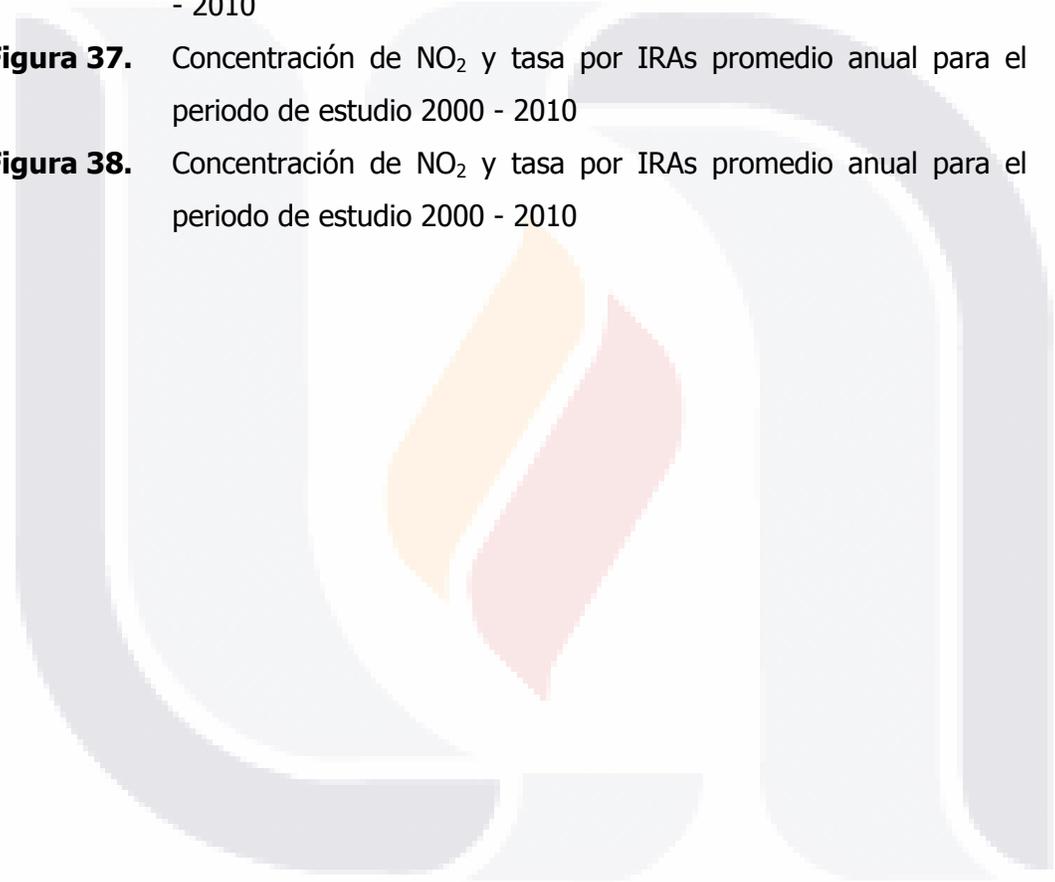
		Página
Tabla 1.	Factores que modifican la toxicidad	21
Tabla 2.	Estaciones Meteorológicas de estudio en cada municipio de Aguascalientes	45
Tabla 3.	Ficha del indicador Tasa de crecimiento	51
Tabla 4.	Ficha del indicador Cambio en la densidad de vehículos de motor	52
Tabla 5.	Ficha del indicador Precipitación acumulada	52
Tabla 6.	Ficha del indicador Temperatura Máxima y Mínima promedio	53
Tabla 7.	Ficha del indicador Concentración anual de NO ₂	54
Tabla 8.	Ficha del Indicador Tasa de morbilidad por IRAs	54
Tabla 9.	Ficha del Indicador Tasa de morbilidad por IRAs en menores de 5 años.	55
Tabla 10.	Coefficientes de Correlación de Spearman para las diferentes variables meteorológicas con respecto a la Tasa IRAs a nivel estatal y municipal	56
Tabla 11.	Estadísticas descriptivas de las variables de estudio a nivel Estatal	58
Tabla 12.	Comparación de Coeficientes de Correlación Spearman	58
Tabla 13.	Correlación de Pearson de la Tasa IRAs y las anomalías de la T _{min}	62
Tabla 14.	Correlación Spearman en base a la Tendencia anual para las variables meteorológicas y la concentración de NO ₂ con respecto a la Tasa IRAs	65
Tabla 15.	Correlación de Spearman de las variables de estudio para el municipio de Ags	65
Tabla 16.	Estadísticas descriptivas para las variables de estudio en el municipio de Aguascalientes	65
Tabla 17.	Estadísticas descriptivas para los indicadores de estado y efecto	81
Tabla 18.	Estadísticas descriptivas para la Tasa IRAs anual para cada grupo etario	84

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental (Tomado de IPCC, 2007)	17
Figura 2.	Efecto invernadero natural (Tomado IPCC, 2007)	19
Figura 3.	Reacciones involucradas en la formación de ozono (Tomado de Ruiz et al., 1996)	23
Figura 4.	Efectos del cambio climático y variabilidad climática en la distribución ambiental de los contaminantes (Tomado de Noyes et. al, 2009)	26
Figura 5.	Formas de evolucionar la toxicidad con respecto a la temperatura (Fhurman y Fhurman, 1961)	33
Figura 6.	Modelo conceptual GEO Salud	40
Figura 7.	Estaciones meteorológicas seleccionadas ubicadas en el Estado de Aguascalientes	44
Figura 8.	Localidades del Estado de Aguascalientes donde se aplicaron encuestas	50
Figura 9.	Estacionalidad Anual para cada una de las variables de estudio en el periodo 2000 a 2010	57
Figura 10.	Relación grafica de la pp con respecto a la tasa IRAs semanal para el periodo 2000-2010	59
Figura 11.	Relación grafica de la Tmax con respecto a la tasa IRAs semanal para el periodo 2000-2010	59
Figura 12.	Relación grafica de la Tmin con respecto a la tasa IRAs semanal para el periodo 2000-2010	60
Figura 13.	Comparación de la tasa real comparada con la tasa modelada	61
Figura 14.	Tendencia mensual de las anomalías de Tmin en el estado de Aguascalientes del 2000 al 2010	62
Figura 15.	Grafica de superficie de valores de Tmax y pp críticas	63
Figura 16.	Grafica de superficie de valores de Tmin y pp críticos	63

Figura 17.	Tendencia anual de la Tasa de morbilidad de IRAs, la pp mensual, Tmax y Tmin mensual y la concentración de NO ₂ , en el municipio de Aguascalientes para el periodo de estudio 2000-2010	64
Figura 18.	Relación de Tasa IRAs mensual con respecto a la concentración del NO ₂ en el aire, en el municipio de Aguascalientes para el periodo de estudio 2000-2010	66
Figura 19.	Tasa IRAs por grupo etario y total en el estado de Aguascalientes durante el periodo 2000 al 2010	67
Figura 20.	Tasa IRAs por grupo etario en el municipio de a) Aguascalientes, b) Asientos y c) Calvillo durante el periodo 2000 al 2010	68
Figura 21.	Tasa IRAs por grupo etario en el municipio de a) Cosío, b) El Llano, c) Jesús María y d) Pabellón de Arteaga	69
Figura 22.	Tasa IRAs por grupo etario en el municipio de a) Rincón de Romos, b) San Fco de los Romo, c) San José de Gracia y d) Tepezalá del 2000-2010	70
Figura 23.	Distribución de la población vulnerable de acuerdo a la edad en el estado de Aguascalientes	71
Figura 24.	Tasa Acumulada en los municipios del estado de Aguascalientes durante el periodo 2000-2010	72
Figura 25.	Cartografía del Estado de Aguascalientes de la precipitación acumulada anual promedio del periodo 2000 al 2010	73
Figura 26.	Cartografía del Estado de Aguascalientes de la Temperatura Máxima promedio del periodo 2000 al 2010	74
Figura 27.	Cartografía del Estado de Aguascalientes de la Temperatura mínima promedio durante el periodo 2000 al 2010	75
Figura 28.	Enfermedades recurrentes en la población del estado de Aguascalientes	76
Figura 29.	Acciones que la población toma cuando alguien enferma	76
Figura 30.	Tiempo de espera de la población para acudir al médico	77
Figura 31.	Número de veces al año que la población padece alguna enfermedad respiratoria	77

Figura 32.	Periodo del año en el cual la población percibe se enferma	78
Figura 33.	Modelo Conceptual de IRAs	79
Figura 34.	Estratificación de la población por grupos de edad	80
Figura 35.	No. de vehículos de motor registrados durante los años del 2000 al 2010 en el estado de Aguascalientes	81
Figura 36.	Tmin, Tmax y pp promedio anual para el periodo de estudio 2000 - 2010	82
Figura 37.	Concentración de NO ₂ y tasa por IRAs promedio anual para el periodo de estudio 2000 - 2010	83
Figura 38.	Concentración de NO ₂ y tasa por IRAs promedio anual para el periodo de estudio 2000 - 2010	84



ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ATSDR: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.

CH₄: Metano.

CIE-10: Clasificación estadística Internacional de Enfermedades y problemas relacionados con la salud. Décima Edición.

CO: Monóxido de carbono.

CO₂: Dióxido de carbono.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

CONEVAL: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

COVNM: Compuestos orgánicos volátiles no metálicos.

COVs: Compuestos orgánicos volátiles.

EI: Efecto invernadero.

ENSANUT: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.

ENSO: El Niño Oscilación del Sur.

GEI: Gases de efecto invernadero.

GEO: Global Environmental Outlook.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

IPCC: Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.

IRA: Infección respiratoria aguda.

IRAs: Infecciones Respiratorias Agudas.

IRPTC: International Register of Potentially Toxic Chemicals.

ISSEA: Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes.

MP: Material Particulado.

N₂: Nitrógeno.

N₂O: Óxido nitroso.

NO: Óxido nítrico, monóxido de nitrógeno.

NO_x: Óxidos de nitrógeno.

O₂: Oxígeno.

O₃: Ozono.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

Osc: Oscilación.

Osc ext: Oscilación extrema.

PCG: Potencial de Calentamiento Global.

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

pp: Precipitación pluvial.

ppb: Partes por billón.

ppm: Partes por millón.

SD: Desviación Estándar.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

SO₂: Bióxido de azufre.

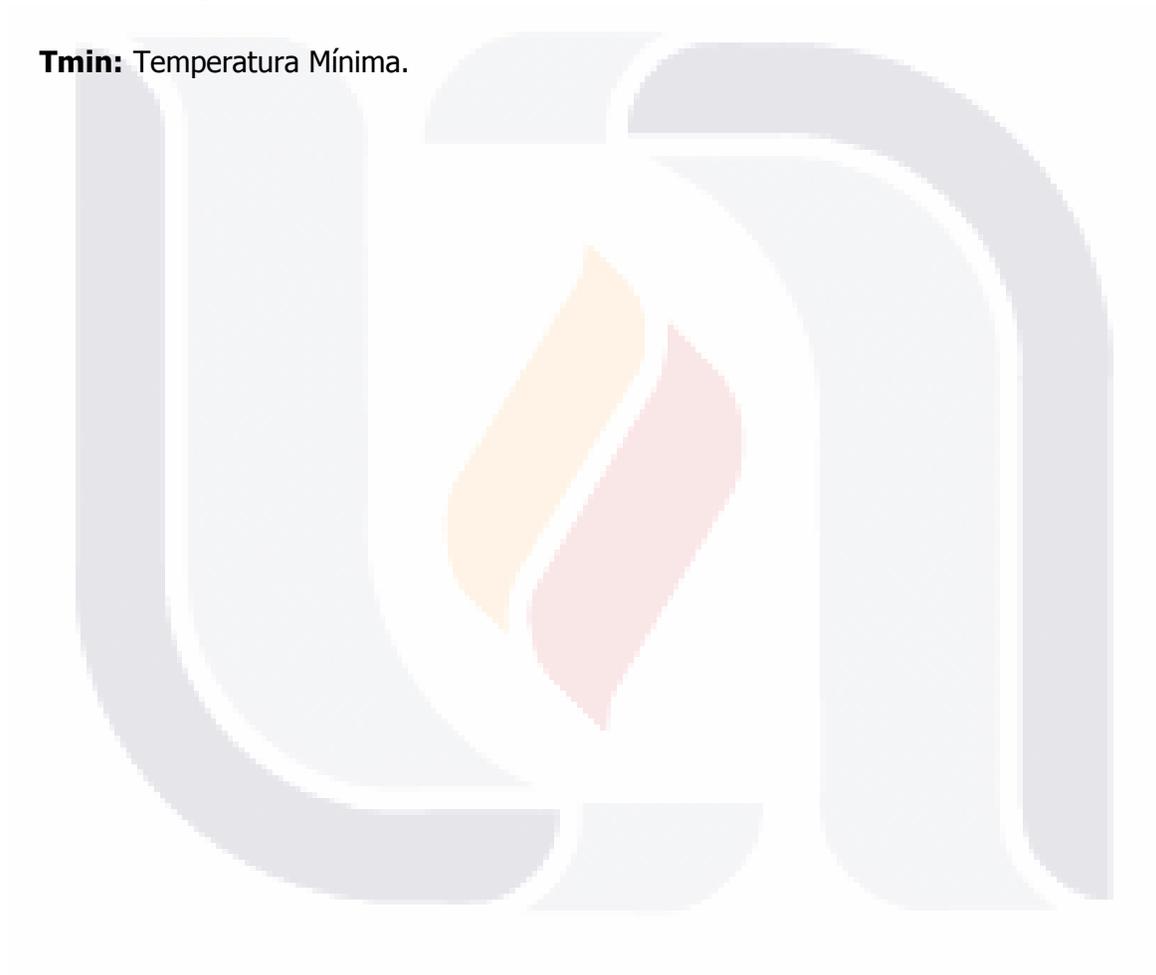
SUIVE: Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica.

Tmax: Temperatura Máxima.

Tmax+: Temperatura máxima máxima.

Tmin-: Temperatura mínima mínima.

Tmin: Temperatura Mínima.



RESUMEN

El cambio climático inducido por el calentamiento antropogénico de la atmósfera de la tierra es un problema de enormes proporciones. Alguna de las consecuencias más importantes del cambio climático y la variabilidad climática son los efectos de éste en la distribución de los contaminantes químicos y su toxicidad en el medio ambiente y por lo tanto la exposición de los mismos sobre las poblaciones humanas, teniendo repercusiones hacia la salud de las poblaciones humanas. Son tres las clases de tóxicos de mayor importancia y preocupación mundial siendo una de ellas, los contaminantes atmosféricos, entre los cuales se encuentra el NO_2 , el cual juega un doble rol toxicológico; ya que por una parte es precursor del Ozono el cual también es un contaminante tóxico y por otro lado el NO_2 presenta propia toxicidad. Siendo las vías respiratorias el principal sitio de acción de este contaminante, induciendo inflamación en estas vías por lo que se le puede relacionar con la incidencia de IRAs.

El presente estudio plantea identificar la asociación que existe entre la concentración de NO_2 en el aire, la variabilidad climática y la incidencia de IRAs en Aguascalientes. La metodología utilizada se basa en un estudio ecológico mixto con el fin de estudiar la salud en un contexto ambiental; así mismo se construyó un modelo conceptual para identificar y calcular los indicadores de estado que se relacionan a la incidencia de IRAs, siendo estos la Concentración de NO_2 , la Temperatura mínima, la Temperatura máxima y la precipitación acumulada. Observándose que a mayor concentración de NO_2 mayor incidencia de IRAs y que por el contrario a menor precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima la incidencia de IRAs aumenta y que la población más propensa a padecer estas enfermedades son los niños menores de 5 años.

ABSTRACT

Climate change induced by anthropogenic warming of the earth is a daunting problem. Some of the most important consequences of climate change and climate variability are the effects of being in the distribution of chemical contaminants and toxicity in the environment and thus exposing them on human populations, with repercussions for the health of human populations. There are three classes of toxic most important global concern and one of them, air pollutants including NO_2 is which plays dual role toxicology; since one hand is Ozone precursor which is also a toxic pollutant and secondly presents NO_2 toxicities. Airway being the main site of action of this contaminate, inducing inflammation in the airways so that he can relate to the incidence of ARI.

This study raises identify the association between the concentration of NO_2 in the air, climate variability and incidence of ARI in Aguascalientes. The methodology is based on a mixed ecological study in order to study health in an environmental context; likewise a conceptual model was constructed to identify and calculate the status indicators that relate to the incidence of ARI, these being the concentration of NO_2 , minimum temperature, maximum temperature and accumulated precipitation. Noting that the higher the concentration of NO_2 increased incidence of ARI and instead to less precipitation, minimum temperature and maximum temperature increases the incidence of ARI and that the most likely to get these diseases are children under 5 populations.

INTRODUCCIÓN

La actividad humana contribuye al cambio de la composición atmosférica ya sea de forma directa por la emisión de gases o partículas; o indirecta por cambios en la química atmosférica. Las emisiones antropogénicas han regido los cambios de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) homogéneamente mezclados durante la era industrial, dichas emisiones han producido cambios en varios aspectos de la atmósfera y la superficie que han modificado el presupuesto de energía mundial de la Tierra y que por lo tanto pueden cambiar el clima.

El cambio climático inducido por el calentamiento antropogénico de la atmósfera de la tierra es un problema de enormes proporciones. Algunas de las consecuencias más importantes del cambio climático y la variabilidad climática son los efectos de éste en la distribución de los contaminantes químicos y su toxicidad en el medio ambiente y por lo tanto la exposición de los mismos sobre las poblaciones humanas, teniendo repercusiones hacia la salud de las poblaciones humanas. Son tres las clases de tóxicos de mayor importancia y preocupación mundial siendo una de ellas, los contaminantes atmosféricos, entre los cuales se encuentra el NO_2 .

El NO_2 tiene un doble rol toxicológico; ya que por una parte es precursor del Ozono el cual también es un contaminante tóxico y por otro lado el NO_2 presenta propia toxicidad siendo las vías respiratorias el principal sitio de acción de este contaminante, induciendo inflamación en estas vías por lo que se le puede relacionar con la incidencia de IRAs. Además de la toxicidad del NO_2 este contaminante es considerado un gas de efecto invernadero indirecto ya que en sí no es un GEI, pero que influye en las concentraciones de los GEI por favorecer la producción o destrucción de estos, razón adicional por la cual este compuesto es de importancia y preocupación mundial.

El presente estudio plantea identificar la asociación que existe entre la concentración de NO_2 en el aire, la variabilidad climática y la incidencia de IRAs en Aguascalientes. La metodología utilizada se basa en un estudio ecológico mixto con el fin de estudiar la salud en un contexto ambiental; utilizando como herramientas estadísticas como el coeficiente de correlación de Spearman y el análisis de regresión múltiple para describir la asociación de la variabilidad climática, la concentración de NO_2 y la incidencia de IRAs, así mismo se construyó un modelo conceptual para representar la dinámica o la interacción de los componentes del ambiente que afectan la población de la salud, y confirmar que indicadores de estado se asocian a la incidencia de IRAs.

La asociación o relación que guarda la variabilidad climática sobre las IRAs es que a menores temperaturas mínimas y máximas y poca precipitación mayor es la incidencia de IRAs, siendo la temperatura mínima la que tiene mayor repercusión en está. Además se observó lo contrario para la concentración de NO_2 , es decir a mayor concentración de NO_2 mayor es la incidencia por IRAs.

Los indicadores de estado identificados asociados a la incidencia de IRAs son la concentración de NO_2 , la Temperatura mínima, la Temperatura máxima y la precipitación acumulada.

Finalmente se observó que la población más propensa a padecer estas enfermedades son los niños menores de 5 años.

Capítulo I. ANTECEDENTES

I.1. Estado del tiempo, clima, y variabilidad climática

La física y la química de la atmósfera de la Tierra son los factores principales que determinan nuestro clima. En los últimos 100 años los humanos, como resultado de la quema del carbón, aceite, gas y los bosques han transformado enormemente la composición química de la atmósfera. Estos cambios químicos dan como resultados alteraciones en el clima de la Tierra, los ecosistemas sustentables, incluidos los procesos biológicos, la salud humana, y los procesos relacionados a las sociedades y la economía mundial, y como consecuencia de estas alteraciones, tienen que adaptarse a diversos factores del ambiente en el que se han desarrollado (Lockwood, 1979 en Hardy, 2003; Pabón & Nicholls, 2005).

Debido al efecto que tiene el clima en los sectores, es importante conocer los diferentes conceptos que se emplean en el campo de la climatología y la meteorología. Algunos de ellos son el estado del tiempo, clima, y variabilidad climática.

Estado del tiempo

El estado del tiempo, tiempo atmosférico o meteorológico son las condiciones atmosféricas en un lugar específico en términos de temperatura del aire, presión atmosférica, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación pluvial, y son escalas de tiempo mucho más cortos, de días o semanas (Moore et. al, 2008; USAID, 2007).

Clima

El clima se define como las condiciones predominantes de la atmósfera cercana a la superficie terrestre sobre un lugar o región durante un largo periodo (años, decenios, siglos, etc.) y son patrones de gran escala (Pabón & Nicholls, 2005).

El clima mundial se determina por la energía que proviene del Sol y por las propiedades de la Tierra y su atmósfera, es decir la reflexión, absorción y emisión de energía dentro de la atmósfera y en la superficie. Aunque los cambios en la energía solar recibida (por ejemplo, originados por variaciones en la órbita de la Tierra alrededor del Sol) afectan inevitablemente al presupuesto de energía de la Tierra, las propiedades de la atmósfera y la superficie también son importantes y pueden verse afectados por

retroefectos climáticos. La importancia de los retroefectos climáticos se manifiesta en la naturaleza de los cambios climáticos del pasado según se registra en testigos de hielo de hace 650,000 años de edad (IPCC, 2007).

Variabilidad climática

La variabilidad climática es el estado promedio del tiempo meteorológico de baja frecuencia (años, decenios), se presenta como ciclos y se refiere a las variaciones en el estado promedio del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de los eventos individuales del tiempo, como son El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) y la Niña (USAID, 2007; Moore et. al, 2008). Las oscilaciones naturales internas del sistema climático como el niño y la niña: el primero eleva la temperatura a escala planetaria, y la segunda la reduce (Voituiriez, 1994). Otro factor importante de la variabilidad interanual del clima son las erupciones volcánicas, que inyectan, hasta la estratósfera, aerosoles que quedan suspendidos por años y enfrían el clima planetario (Hardy et al., 1986; Voituiriez, 1994; Eden & Twist, 1997; Suplee, 1998).

En general, la variabilidad climática son las fluctuaciones extremas de esta condición predominante, afectan los procesos biogeofísicos y socioeconómicos, lo que trae consigo repercusiones positivas y negativas en los ecosistemas y la sociedad (USAID, 2007).

I.2. Cambio climático asociado a la actividad antropogénica

La actividad humana ha modificado y continúa modificando la superficie de la Tierra y la composición química de la atmósfera. Algunos de estos cambios tienen una repercusión directa o indirecta en el balance energético de la Tierra y son, por lo tanto, impulsores del cambio climático. El forzamiento radiativo es una medida de la variación neta del balance energético del sistema Tierra en respuesta a determinadas perturbaciones externas (IPCC, 2013).

La actividad humana contribuye al cambio de la composición atmosférica ya sea de forma directa (por la emisión de gases o partículas) o indirecta (por cambios en la química atmosférica). Las emisiones antropogénicas han regido los cambios de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) homogéneamente mezclados durante la era

industrial a un aumento más lento en el forzamiento radiactivo de los gases distintos al dióxido de carbono (CO₂) (Ruiz & Cruz, 2004).

Se han producido cambios en varios aspectos de la atmósfera y la superficie que han modificado el presupuesto de energía mundial de la Tierra que pueden, por lo tanto, cambiar el clima. Entre estos cambios se encuentran el aumento de las concentraciones de GEI que sirven principalmente para aumentar la absorción atmosférica de la radiación emitida, y el aumento de los aerosoles (partículas o gotas microscópicas presentes en el aire) que actúan para reflejar o absorber la radiación solar reflejada y cambian las propiedades radiativas de las nubes (IPCC, 2007).

Existe evidencia de que la actividad humana puede ser la responsable del actual cambio de clima. La teoría predominante es que las emisiones de GEI, como el dióxido de carbono, logra que mayor cantidad de calor quede atrapado en la atmósfera, aumentando así las temperaturas medias globales (Matloff et al., 2014). Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) la mayor parte del aumento observado en la temperatura promedio, desde mediados del siglo XX, se debe muy probablemente, al aumento observado de las concentraciones de GEI antropogénicos. Para determinar estos efectos, se emplearon diversos modelos en donde se tenían sólo forzamientos naturales, y modelos que incorporaban tanto los forzamientos naturales como los antropogénicos, y se encontró que estas últimas se ajustaban más a las observaciones registradas de la temperatura promedio mundial, como se observa en la Figura 1 (IPCC, 2007).

I.2.1. Efecto invernadero

En la atmósfera y clima actúan dos tipos de radiación claramente distintos: la luz visible originada en el sol y la radiación infrarroja (invisible) emitida por la tierra. La enorme diferencia entre ellas se debe a la gran disparidad de temperaturas: el Sol emite su radiación aproximadamente a 6000 °C (grados Celsius), en cambio, los elementos de la tierra (el suelo, el mar, los casquetes polares, las capas atmosféricas, las nubes, etc.) lo hacen a temperaturas alrededor de 0°C. Por esta gran diferencia en su longitud de onda, a la radiación solar se le llama de onda corta, y a la terrestre, de onda larga (Tohatia, 1984; Voituriez, 1994).

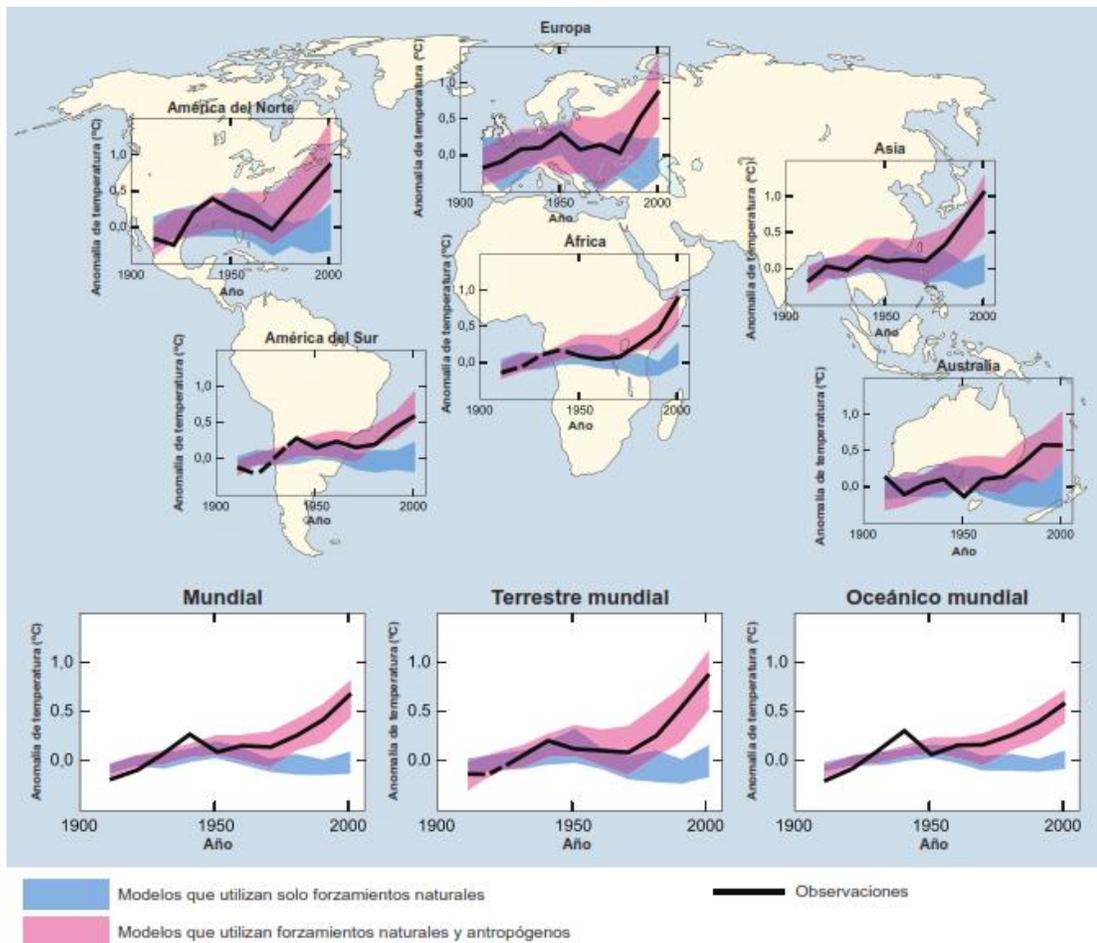


Figura 1. Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental (Tomado de IPCC, 2007).

Por estar a cierta distancia del Sol y tener un determinado albedo (blancura, capacidad de reflejar la radiación que le llega), la tierra debería tener una temperatura característica de equilibrio llamada efectiva. Si el planeta estuviera más lejos del Sol sería más frío, y si fuera más negro (o mate) sería más caliente. Naturalmente, a mayor distancia de la fuente se recibe menos radiación, y un cuerpo más oscuro o menos brillante absorbe más radiación. La temperatura efectiva es el resultado neto del balance entre la radiación solar (de onda corta) absorbida por la tierra y la emitida (en onda larga) por ella misma (Toharia, 1984). Los valores concretos del albedo planetario y de la distancia del planeta al sol determinan para la tierra una temperatura efectiva de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, un valor muy diferente de la temperatura que realmente tiene la superficie de la tierra, cuyo valor promedio anual y global es de $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($33\text{ }^{\circ}\text{C}$ más arriba). Esta gran diferencia entre la temperatura efectiva y la real se debe al efecto invernadero (EI), que se da en cualquier

planeta o satélite natural que tenga atmósfera (Cosgrove, 1994; Rivera, 1999; Suplee, 1998; Voiturez, 1994). El EI siempre ha existido; es consecuencia de la composición natural de la atmósfera y por él tenemos en la tierra una temperatura relativamente alta, que ha propiciado el surgimiento y la evolución de la vida. Sin embargo, esta situación normal y natural ha sido alterada anormal y artificialmente por el progreso humano en los últimos siglos, debido a que la industrialización ha inyectado a la atmósfera CO₂ y gases traza. Por lo tanto, los GEI están dentro del 1% restante de la composición atmosférica (Hardy et al., 1986).

El efecto invernadero resulta de que el aire es transparente para la radiación de onda corta y muy opaco a la de onda larga. Es decir la atmósfera es un filtro radiativo, que deja pasar los rayos solares; uno de ellos son absorbidos por la superficie terrestre (y por los demás componentes de la tierra), que se calientan en consecuencia y entonces emite la radiación terrestre, que es absorbida por la atmósfera y las nubes (Figura 3). Las capas atmosféricas y las nubes van sucesivamente absorbiendo, calentándose y remitiendo (hacia arriba y hacia abajo) radiación térmica procedente de abajo. El resultado de este complejo mecanismo es sencillo: la atmósfera superficial es cálida y se va enfriando conforme uno asciende a través de ella.

Aunque el Sol es la fuente original de la energía térmica (o calor) contenida en la atmósfera, ésta no se calienta por arriba sino desde abajo. Por supuesto, y debido al albedo planetario, no toda la radiación terrestre es atrapada por la atmósfera; una parte se fuga hacia el espacio. El EI es producido por la fracción absorbida de ambas radiaciones (Garduno, 1998; Hardy et al., 1986; Voiturez, 1994).

Los GEI son componentes naturales en el aire, siempre han existido en la atmósfera, lo que ha hecho el hombre es aumentar su concentración, y este fenómeno conlleva al aumento del EI, pues a mayor concentración de gases absorbentes presentes, mayor es la radiación en el sistema climático (Ruiz & Cruz, 2004).



Figura 2. Efecto invernadero natural (Tomado IPCC, 2007).

I.2.2. Gases de efecto invernadero directo e indirecto

La atmósfera es una mezcla de gases y de aerosoles (partículas sólidas y líquidas) suspendidos en ella. Algunos de los aerosoles tienen la propiedad de incrementar el albedo planetario. Y los gases cumplen la función de mantener la temperatura del planeta, los gases de efecto invernadero (GEI). Los gases minoritarios y más complejos producen mayor termoactividad. Los componentes principales de la atmósfera son el oxígeno (O_2) constituye 21%, y el nitrógeno (N_2) el 78%, y no son GEI. Estos gases son transparentes al espectro solar (longitudes de onda entre 0.2 y 5 μm) excepto a longitudes de onda muy cortas como la ultravioleta. Si la atmósfera estuviera formada sólo por N_2 y O_2 , sería tan respirable como ahora, pero la temperatura típica de la tierra sería de $-18^\circ C$, igual que si no hubiera atmósfera (Toharia, 1984; Voituirez, 1994).

El 1 % restantes son los GEI: el CO_2 , vapor de agua, metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozono (O_3), óxido nítrico (NO), etc. Estos gases tienen diferentes potenciales de retención de calor, es decir, algunos tienen una mayor capacidad que otros para detener la radiación de onda larga emitida por la Tierra, conocida como Potencial de

Calentamiento Global (PCG). Éste depende de la estructura molecular y su tiempo de residencia en la atmósfera, antes de ser transformado en otro compuesto. Entre más compleja es su estructura y más grande su tiempo de residencia en la atmósfera, mayor es su PCG. La absorción y emisión de energía infrarroja por los GEI se produce en líneas espectrales, agrupadas en bandas de vibración-rotación a longitudes de ondas específicas para cada especie molecular y su intensidad es función de su concentración en la atmósfera (Santamaría, 2010; Ruiz & Cruz, 2004). De toda la energía radiante que nos llega procedente del sol (cuerpo negro a 5780 °K), aproximadamente el 30% es reflejado al espacio (Albedo), el 50% es absorbido en la superficie y el 20% restante es absorbido por la atmósfera. Esta absorción se debe a los GEI, y la razón de por qué estos gases interaccionan con la luz visible del sol y la infrarroja de la Tierra (de 5 a 100 μm) es una consecuencia de las propiedades de simetría de las moléculas que los constituyen, es decir, la espectroscopía molecular gobierna las interacciones entre las moléculas atmosféricas y los fotones de origen solar y planetario (Santamaría, 2010). Los GEIs son tanto naturales como antropogénicos, y se dividen en GEI directos e indirectos. Los de efecto directo son aquellos que influyen de manera directa al efecto invernadero; y los de efecto indirecto son aquellos que tienen capacidad para influir en la concentración atmosférica de los GEIs, por las reacciones que se pueden producir en la atmósfera, y también afecta el tiempo que otros gases permanecen en la atmósfera; por ejemplo, el ozono, el cual además de su carácter oxidante en la atmósfera baja, también puede atrapar radiación infrarroja y filtrar la radiación ultravioleta (Ruiz & Cruz, 2004).

I.2.2.1. Gases importantes por su forzamiento radiativo directo.

Bióxido de Carbono (CO₂)

En la naturaleza, billones de toneladas de carbono en forma oxidada como CO₂ son emitidas a la atmósfera anualmente por medio de los procesos naturales (fuentes) y son absorbidas por los océanos y la biomasa viviente (sumideros). Este gas forma parte del ciclo global del carbono, por lo que su destino es una función compleja de diversos procesos geoquímicos y biológicos. El tiempo de vida del CO₂ en la atmósfera es de aproximadamente 200 años.

El CO₂ antropogénico se produce de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón mineral) y de la deforestación (por urbanización, agricultura, etc.) (Hardy et al., 1986; Suple, 1998; Tanck, 1971). La principal fuente de emisiones durante los últimos 30 años se debe a la quema de combustibles de origen fósil; el resto (10 a 30%) proviene predominantemente de los cambios de uso de suelo, especialmente por la deforestación. Representa el 60% del total de los cambios en las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero, muy resistentes, mezclados de manera homogénea en todo el planeta (Albritton & Meira, 2001).

Metano (CH₄)

Este gas se produce de manera natural por la descomposición anaerobia de la materia orgánica en los sistemas biológicos, como los pantanos. Antropogénicamente, es emitido por los procesos agrícolas y descomposición de desechos municipales, durante la producción y distribución del gas natural y del petróleo, y es liberado como subproducto en la extracción del carbón y en la combustión incompleta de los energéticos fósiles. El CH₄ tiene un tiempo de vida de 12 años y es eliminado de la atmósfera por reacciones químicas. Representa el 20% del total de los GEI (Albritton & Meira, 2001). Se estima que entre el 60 a 80% de las emisiones actuales del CH₄ provienen de las actividades antropogénicas (IPCC; 2001).

Óxido Nitroso (N₂O)

El N₂O es un compuesto muy inestable en el aire y reacciona fácilmente con el O₂, por lo que se considera como un radical libre. Las fuentes antropogénicas emisoras son las reacciones anaeróbicas en abonos minerales en suelos agrícolas; la combustión de energéticos fósiles, especialmente en vehículos; la producción de ácidos adíptico y nítrico, el tratamiento de aguas residuales, la combustión de desechos y el quemado de biomasa. El tiempo de vida del N₂O es de 114 años. Su remoción de la atmósfera se realiza fundamentalmente por medio de la acción fotolítica de la luz solar en la estratósfera. El forzamiento radiativo del N₂O equivale al 6% del total de todos los GEI. Ataca la capa de O₃, reduciéndolo a O₂ y libera dos moléculas de monóxido de nitrógeno (NO) (IPCC, 2001)

Halocarbonos y compuestos relacionados

Los halocarbonos son compuestos de carbono que contienen flúor, cloro, bromo o yodo. En su mayor parte son sustancias químicas producidas por el hombre y que tienen efectos directos e indirectos en el forzamiento radiativo. Los halocarbonos que contienen cloro (los clorofluorocarbonos, metilcloroformo y tetracloruro de carbono) y bromo (como halos, bromuro de etilo e hidrobromofluorocarbonos) son sustancias que agotan el ozono en la estratósfera (IPCC, 2001).

El tiempo de vida de estos compuestos es de 260 años para los HFCS y para los Perfluranos (PFCS) el tiempo de residencia atmosférica es extremadamente largo y absorbe gran actividad de radiación infrarroja, por lo tanto estos compuestos, aun en cantidades relativamente bajas, tiene la posibilidad de influir sobre el clima hasta un futuro muy lejano (IPCC, 2001).

I.2.2.2. Gases importantes por su forzamiento radiativo indirecto.

A los compuestos atmosféricos que no son en sí mismos GEI ni aerosoles, pero que influyen en las concentraciones de los GEIs y de los aerosoles al participar en procesos fisicoquímicos que rigen sus tasas de producción o destrucción; se conocen como precursores o GEI indirectos como el monóxido de carbono (CO), el bióxido de azufre (SO₂), los compuestos orgánicos volátiles no metálicos (COVNM) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). Estos últimos compuestos son precursores de ozono y se deben regular en las zonas urbanas para controlar la formación de ozono y partículas suspendidas (Ruiz & Cruz, 2004).

Ozono

El ozono es un GEI y está presente en dos ámbitos atmosféricos distintos. Por un lado, forma la capa estratosférica planetaria, que en las últimas décadas se ha reducido notablemente, sobre todo en la Antártida, formando el llamado hoyo de O₃. Por otro lado, el O₃ troposférico es un contaminante emitido en las ciudades, y está concentrado en los niveles bajos de la atmósfera. La disminución del O₃ estratosférico (debida a los CFCS, que también son GEI) y el aumento de O₃ troposférico son fenómenos antropogénicos. El O₃ estratosférico bloquea la radiación solar ultravioleta. Los efectos térmicos de ambas alteraciones del O₃ en la estratósfera, provoca que más radiación terrestre se fugue del

planeta y eso enfrían el clima; mientras que, al haber más O₃ en la tropósfera, más radiación terrestre se atrapa en la atmósfera y eso calienta el clima. De modo que el hoyo de O₃ se contrapone al efecto invernadero y la contaminación urbana por O₃ refuerza el EI (Eden & Twist, 1997; IPCC, 2001; Tank, 1971; Voituirez, 1994).

El O₃ estratosférico desempeña un papel fundamental en el balance radiativo de la estratósfera. Su concentración alcanza su valor máximo en la capa de ozono (Daub & Seese, 1996; IPCC, 2007). Por otra parte, en la tropósfera el O₃ se crea naturalmente y como consecuencia de reacciones fotoquímicas en las que intervienen gases resultantes de actividades humanas. Por tanto, es un contaminante secundario que se forma en la tropósfera a partir de sus precursores, los hidrocarburos y otros compuestos orgánicos volátiles (COVs) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), principalmente el NO₂ que por fotólisis da lugar a la formación de O₃ (Figura 3) (Ruiz et al., 1996). Estas reacciones se realizan a temperaturas atmosféricas altas (>26 °C) o intensa radiación en altitudes elevadas. El O₃ troposférico se comporta como un GEI indirecto (Forster et al., 2007). Se ha observado que tanto el O₃ estratosférico como el troposférico perjudican la salud, causando irritaciones en las mucosas y la piel.

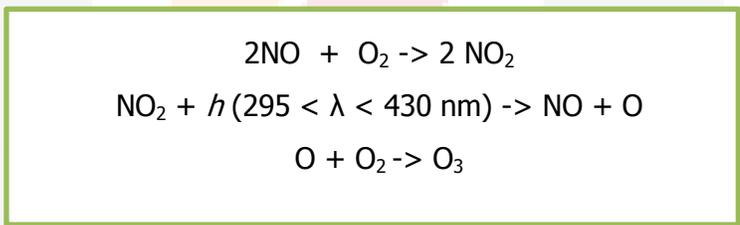


Figura 3. Reacciones involucradas en la formación de ozono (Tomado de Ruiz et al., 1996).

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

El término óxidos de nitrógeno se representa como NO_x, y son el óxido nítrico (NO) y el bióxido de nitrógeno (NO₂). Por regla general, todos los óxidos de nitrógeno se transforman en NO₂ en el aire, por eso la observación se centra en este gas. Los NO_x son generados por la quema de biomasa, la combustión de combustibles fósiles, y en la estratósfera por fotodegradación del N₂O. Los efectos fundamentales en el cambio climático de estos gases son indirectos y resultan de su papel en la promoción de la formación del O₃ en la tropósfera y en menor grado en la baja estratósfera, donde tienen efectos positivos en el forzamiento radiativo (Seinfeld j. & Pandis S. 1998).

La producción de ozono troposférico depende de la concentración de NO_x, en la tropósfera: Si los NO_x superan un valor umbral particular, se favorece la formación de ozono, por el contrario, si este nivel está por debajo del valor umbral se favorece la eliminación de ozono. La influencia de NO_x en la tasa de formación de ozono es dependiente del sitio, la altitud y la estación del año así como de la variabilidad climática (Lammel & Graßl, 1995).

I.3. Sustancias tóxicas de importancia mundial asociadas al cambio climático

El cambio climático inducido por el calentamiento antropogénico de la atmósfera de la Tierra es un problema de enormes proporciones. Alguna de las consecuencias más importantes del cambio climático y la variabilidad climática son sus efectos en la distribución de los contaminantes químicos y su toxicidad en el ambiente, exponiendo a estos tóxicos a las poblaciones humanas (Bell et al., 2007; Buckman et al., 2007; Confalonieri et al., 2007; Dentener et al., 2006; Fiala et al., 2003; Hogrefe et al., 2004; Knowlton et al., 2004; Macdonald et al., 2005; Patra et al., 2007; Schiedek et al., 2007; Stevenson et al., 2006). Es ampliamente reconocido que la calidad del aire y el cambio climático están fuertemente interconectados (Racherla y Adams, 2006).

Una disminución en la precipitación pluvial, debida a un efecto del cambio climático, puede aumentar la contaminación del aire en las zonas urbanizadas, que resulta en efectos negativos para la salud. Y pueden ser exacerbados por los aumentos de temperatura. En cambio, regiones sujetas al aumento de precipitaciones tendrán menores niveles de contaminación del aire, pero probablemente experimentarán una mayor deposición superficial de contaminantes orgánicos persistentes en el aire y el aumento de la escorrentía de plaguicidas (D'Amato et al., 2013; Fiala, Cernikovsky, de Leeuw, & Kurfuerst, 2003; Noyes et al., 2009; Seinfeld & Pandis, 2012). Por otra parte, el aumento de la intensidad y frecuencia de las tormentas relacionadas con el cambio climático podrían conducir a episodios más graves de contaminación química de los cuerpos de agua y cuencas circundantes. Los cambios en la salinidad pueden afectar a los organismos acuáticos como un factor estresante independiente, así como mediante la alteración de la biodisponibilidad y en algunos casos aumentar la toxicidad de los productos químicos (Moore et al., 2008; Noyes et al., 2009).

De acuerdo al grupo de expertos del Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas (IRPTC, por sus siglas en inglés) destacó en 1983 que uno de los 6 contaminantes más peligrosas por su incidencia en el medio ambiente son los óxidos de nitrógeno y los oxidantes fotoquímicos (Jiménez & Kuhn, 2009).

Por lo que nos enfocaremos a revisar como estos compuestos sufren efectos en la distribución por el cambio climático y la variabilidad climática.

I.3.1. El ozono y sus precursores tóxicos

El ozono existe en forma natural en la atmósfera en concentraciones promedio de 0.05 ppb; y en ambientes rurales su presencia se puede deber a varios factores, como la producción fotoquímica a partir de concentraciones traza de NO, CH₄ y CO, naturales; o por la difusión del ozono estratosférico a las capas bajas de la tropósfera por medio de complicados mecanismos meteorológicos (Bravo, Sanchez, 1991).

Actualmente, las elevadas concentraciones de O₃ y sus precursores en la atmósfera, han disminuido la calidad del aire a nivel mundial. Estos compuestos químicos son potentes sustancias tóxicas, y GEIs de preocupación para la salud humana.

La cantidad de oxidantes formados en la atmósfera tiene una dependencia total de la hora del día, las condiciones meteorológicas y de la naturaleza de las fuentes emisoras de precursores como son los NO_x y los COVs emitidos a la atmósfera por uso de solventes, la evaporación de combustión, y las emisiones de motores de combustión interna (Seinfeld, 2012). La dependencia de la formación de ozono en las condiciones meteorológicas se debe a que la producción fotoquímica no inicia inmediatamente al llevarse a cabo la emisión de los precursores de éste, sino que existe un mezclado y transporte atmosférico simultáneos al inicio y sostenimiento de todas las posibles reacciones de química atmosférica (Torres, 1991).

Las emisiones de los precursores del O₃ dictan los niveles de O₃, asimismo, influyen en estos niveles, la temperatura, los niveles de vapor de agua, los patrones de circulación atmosférica, y los insumos estratosféricas (Denman et al., 2007; Forster et al., 2007; Stevenson et al., 2006). Las temperaturas elevadas suelen dar lugar a una mayor formación de ozono, mientras que el aumento de vapor de agua por lo general conduce a una mayor degradación de la capa de ozono. Los impactos del cambio climático sobre los

niveles regionales de O_3 y sus precursores, en gran medida, serán determinados por el grado en que la temperatura, los niveles de vapor de agua, y en la alteración de los patrones de circulación de aire (Noyes et al., 2009). La interacción de estos factores se representa en la Figura 4.

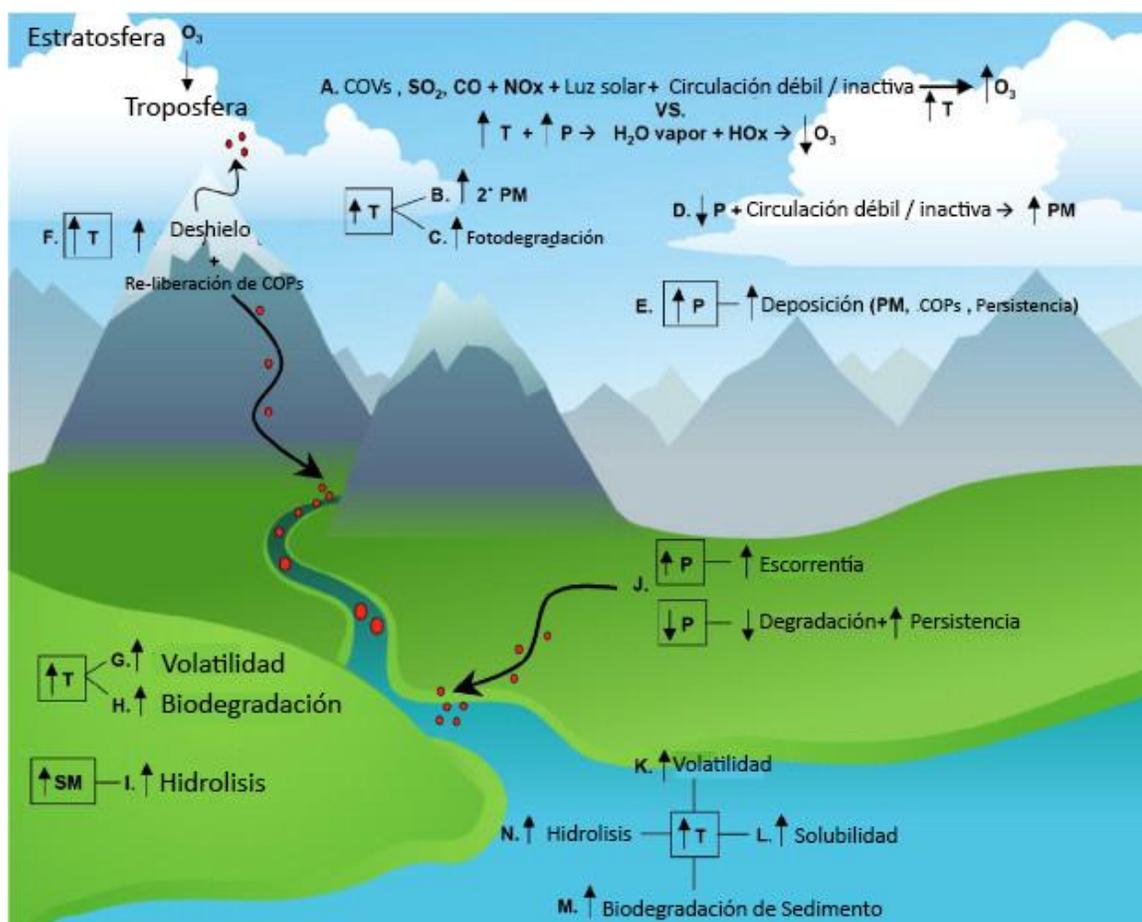


Figura 4. Efectos del cambio climático y variabilidad climática en la distribución ambiental de los contaminantes (Tomado de Noyes et. al, 2009).

I.3.2. Los óxidos de nitrógeno y su toxicidad

Los óxidos de nitrógeno (NOx) son de gran interés toxicológico por su participación en los procesos circulatorios y respiratorios ya que el nitrógeno, junto con el fósforo, arsénico y antimonio, constituye el grupo Vb de la tabla periódica de los elementos químicos; por su proximidad con el oxígeno, grupo VIb, comparte con él algunas propiedades, como su afinidad por los grupos hem. Por oxidación puede dar lugar a distintos compuestos: el óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (N_2O_2 ó NO), Trióxido de

nitrógeno (N_2O_3), Tetróxido o dióxido de nitrógeno (N_2O_4 ó NO_2) y Pentóxido de nitrógeno (N_2O_5). Todos ellos son oxidantes e irritantes; los nitritos y nitratos orgánicos e inorgánicos son metahemoglobinizantes, por lo que causan afecciones tanto al sistema circulatorio como al respiratorio.

I.3.2.1. Efectos del NO_2 en las vías respiratorias

Los estudios toxicológicos con animales también parecen indicar que la exposición prolongada al ambiente a concentraciones mayores a los $200 \mu g.m^{-3}$ tiene efectos adversos. Sin embargo, aún no se cuenta con una base sólida que permita establecer un valor guía medio anual para el NO_2 mediante cualquier efecto tóxico directo (OMS, 2005). La Organización Mundial de la Salud (2005) menciona estudios realizados en espacios cerrados en donde se observaron efectos adversos en el sistema respiratorio de lactantes con concentraciones inferiores a $40 \mu g.m^{-3}$ de NO_2 . Aunque puede también estar asociado a la presencia de material particulado (MP) y componentes como el carbono orgánico y el vapor de ácido nitroso. Una exposición crónica a concentraciones inferiores a la mencionada también puede tener efectos tóxicos directos (OMS, 2005).

En estudios experimentales de toxicología humana de corta duración han mostrado efectos agudos en la salud tras la exposición a concentraciones mayores a $500 \mu g.m^{-3}$ de NO_2 durante una hora. A niveles de $560 \mu g.m^{-3}$ de NO_2 tiene un efecto directo en la función pulmonar de los asmáticos, y este problema incrementa con niveles superiores a $200 \mu g.m^{-3}$ de NO_2 (OMS, 2005).

I.4. Climatología, calidad del aire y salud humana

La idea de relacionar los aspectos climatológicos con la salud humana es tan antigua como la humanidad misma. Hace aproximadamente 2400 años, Hipócrates se refirió a las alteraciones meteorológicas y la salud. Escribió en su obra *De los aires, las aguas y los lugares*: "quien quiera que desee investigar adecuadamente en medicina, debe proceder así: en primer lugar debe tener en cuenta las estaciones del año y los efectos que cada una produce; luego, los vientos, el calor y el frío..." (Sulman, 1984).

Desde el punto de vista de la epidemiología, la salud pública y la gestión de la salud, existe gran preocupación por el impacto que el cambio climático y la variabilidad

climática viene ejerciendo sobre la salud humana. Hay evidencias claras sobre las alteraciones que se están presentando en el clima en diferentes partes del mundo y de las acentuadas alteraciones que tales cambios podrían ocasionar en los patrones de distribución de los tóxicos, agentes infecciosos y de sus vectores, y en general, sobre los sistemas de salud de los países (Pabón & Nicholls, 2005).

Las variaciones meteorológicas intensas a corto plazo pueden afectar gravemente a la salud, causando estrés térmico o un frío extremo (hipotermia) y provocar el aumento de la morbilidad y mortalidad por enfermedades cardíacas y respiratorias. Las enfermedades sensibles al clima se encuentran entre las principales causas de muerte (OMS, 2014).

La poca precipitación pluvial disminuye la cantidad de humedad en el ambiente, asimismo, favorece la acumulación de contaminantes atmosféricos en el aire, aumentando el riesgo en la población de contraer una IRA, al presentar resequedad en las mucosas de las vías respiratorias; y aunado a las bajas temperaturas, permiten el desarrollo de los organismos de carácter viral o bacteriano que causa la enfermedad (Aguinaga, Gutiérrez, & Lazo, 2001; Carmona, 2009; Mirta A. Roses, 2005)

1.4.1. Óxidos de Nitrógeno

El principal problema de contaminación del aire proviene de los productos de la combustión del petróleo y sus derivados. Dentro de los productos de combustión, potencialmente más peligrosos se encuentran los óxidos de nitrógeno. Estos se producen en combustiones a altas temperaturas, como en motores diésel y a gasolina, pero paradójicamente no provienen del combustible fósil sino del nitrógeno del aire que reacciona a dichas temperaturas. Cuanto más alta sea la temperatura de combustión, mayor tendencia a la formación de óxido nítrico (NO). El NO es relativamente inerte, pero cuando alcanza la atmósfera, reacciona lentamente con el O₃ para formar al NO₂ (Lammel & Graßl, 1995).

La ATSDR (2002) menciona en su hoja toxicológica que la población general está expuesta a los NO_x principalmente al respirarlos en el aire. La gente que vive cerca de fuentes de combustión como por ejemplo plantas de energía que queman carbón o de áreas donde hay intenso uso de vehículos motorizados puede estar expuesta a niveles de óxidos de nitrógeno más elevados.

1.4.2. Dióxido de nitrógeno

El NO₂ se encuentra en la naturaleza en una concentración entre 0.2 y 1.9 µg.m⁻³. Es un contaminante primario y juega un doble papel: en materia ambiental y, como se ha mencionado anteriormente, toxicológica ya que se le reconocen efectos potencialmente dañino de manera directa, y como uno de los precursores del O₃. Debido a que una molécula de NO₂ formado antropogénicamente produce hasta 12 moléculas de O₃ (Lammel, 1995; ATSDR, 2002). Debido a que el NO₂ es la principal fuente de O₃ troposférico al reaccionar con los hidrocarburos en presencia de luz ultravioleta, y de aerosoles de nitratos, que constituyen una fracción importante de la masa de MP_{2.5} del aire ambiente (OMS, 2005).

Las emisiones del NO₂ hacia la atmósfera por la actividad antropogénica se debe al uso del carbón y aceites pesados, generadores de energía eléctrica, calderas industriales, motores de combustión interna, el autotransporte, y las plantas de producción de ácido nítrico.

Efecto de la variabilidad climática sobre la concentración del NO₂

La variabilidad climática tiene un efecto importante en la concentración del NO₂, y varios autores coinciden en que las concentraciones medias de NO₂ son mayores durante los meses de invierno que durante el verano (Ramos-Herrera et al., 2010). Esto se debe probablemente a mayores emisiones de NO_x, así mismo por que no se llevaban a cabo las reacciones para la formación de ozono debido a las bajas temperaturas, a la disminución de la intensidad y duración de la luz solar; las cuales son necesarias para la formación del ozono. Además las inversiones térmicas durante los meses de invierno puede también conducir a mayores concentraciones de NO₂ a nivel del suelo, ya que evitan la diseminación de los contaminantes (Raponi et al., 2009; Searl, 2004).

El dióxido de nitrógeno y la salud humana

La acumulación de NO₂, en el cuerpo humano, constituye un riesgo para las vías respiratorias ya que se ha comprobado que inicia, reactiva y puede alterar la capacidad de respuesta de las células en el proceso inflamatorio, como sucede con las células polimorfonucleares, macrófagos alveolares y los linfocitos (Salud, 1994).

Dentro de la capa de revestimiento epitelial pulmonar, existen antioxidantes tales como ácido ascórbico y glutatión los cuales reaccionan con el NO₂ inhalado produciendo especies reactivas de oxígeno que inducen oxidación celular. La inhalación de NO₂ produce un patrón de lesión celular en pulmones el cual está bien documentado que incluye daños específicos en el epitelio favoreciendo la oxidación de lípidos y proteínas y el inicio de una respuesta inflamatoria (Postlethwait & Bidani, 1994). Además de los daños sobre el parénquima pulmonar, el NO₂ determina la inhibición de la depuración mucociliar, la fagocitosis y la respuesta inmunológica en el pulmón, produciendo una disminución de la resistencia del pulmón ante las infecciones, haciendolo más susceptible a padecer Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) (WHO, 2006)

En estudios epidemiológicos realizados para observar el efecto del NO₂ en la salud, emitido por el tránsito carretero o las fuentes de combustión en espacios cerrados se observó que los efectos en la salud estuvieron asociados a otros productos de la combustión, como las partículas ultrafinas, el NO₂, el material particulado o el benceno. Otros estudios han sido enfocados también en poner atención en los riesgos del NO₂ para la salud, sin dejar de lado la contribución que pueden tener otros contaminantes relacionados con él (OMS, 2006). Algunos estudios demuestran que la exposición de corta duración a concentraciones altas puede aumentar las reacciones alérgicas respiratorias (Santus et al., 2012; Schiedek, Sundelin, Readman, & Macdonald, 2007; Velsor, Ballinger, Patel, & Postlethwait, 2003).

En México se ha dictado una norma para la protección a la salud de la población susceptible. La NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-023-SSA1-1993 y marca que la concentración de NO₂, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el límite máximo normado de 0.21 ppm, o lo que es equivalente a 395 µg/m³, en una hora una vez al año. Así mismo las OMS pone como directriz 40 ppm de promedio anual (OMS, 2004).

I.5. Agentes y factores asociados a la toxicología

Una definición clásica de toxicología es la ciencia que estudia los venenos y sustancias de diverso origen usadas por el hombre desde la antigüedad por sus cualidades nocivas. Según el concepto actual, un tóxico es una sustancia que puede producir algún efecto nocivo sobre un ser vivo, y como la vida, tanto animal como vegetal, es una continua sucesión de equilibrios dinámicos, los tóxicos son los agentes químicos o físicos, capaces de alterar alguno de estos equilibrios. Recientemente ha sido propuesta una definición en el sentido de que tóxico es toda radiación física o agente químico que, tras generarse internamente o entrar en contacto, penetrar o ser absorbido por un organismo vivo, en dosis suficientemente alta, puede producir un efecto adverso directo o indirecto en el mismo (Jiménez & Kuhn, 2009; Guitart & Giménez, 2012).

Por tanto, la toxicología se define como la ciencia que estudia las sustancias químicas y los agentes físicos en cuanto son capaces de producir alteraciones patológicas a los seres vivos, a la par que estudia los mecanismos de producción de tales alteraciones y los medios para contrarrestarlas, así como los procedimientos para detectar, identificar y determinar tales agentes y valorar y prevenir el riesgo que representan (Jiménez & Kuhn, 2009).

Ordinariamente, se consideran sólo a las sustancias químicas como agentes tóxicos olvidando la lesividad propia de los agentes físicos; la influencia de la temperatura, la luz, la presión atmosférica y el ruido, así como el conjunto de factores cósmicos (ritmos circadianos) y fenomenológicos (manchas solares, terremotos, frentes de tormentas, etc) sobre la toxicidad de las sustancias en los individuos expuestos, así como patologías ocasionadas por la luz y el rango ultravioleta (UV) cobran importancia (Jiménez & Kuhn, 2009; Guitart & Giménez, 2012).

I.5.1 Factores que modifican la toxicidad

La intensidad de toda reacción químico-biológica y, por tanto, tóxica, depende de una serie de circunstancias, que básicamente son:

1. La dosis y, consecuentemente, la concentración a la que el producto libre y activo se encuentra en el lugar del receptor.
2. La capacidad del tóxico para atravesar las barreras biológicas hasta llegar a los receptores sin sufrir destrucción o eliminación.

3. Las condiciones de sensibilidad del receptor.

Todas estas circunstancias son, a su vez, función de una serie de factores que modifican la toxicidad de un producto, ya que la toxicidad no es una cualidad absoluta de las sustancias, sino relativa a otros factores y que pueden esquematizarse como sigue (Tabla 1):

Tabla 1. Factores que modifican la toxicidad
i. Factores exógenos o del medio.
ii. Factores endógenos del individuo.
iii. Condiciones de la absorción.
iv. Cambios crono y cosmobiológicos.

(Adaptado de Jiménez & Kuhn, 2009)

i. Factores exógenos o que dependen del ambiente

Las condiciones físicas que pueden presentar un efecto tóxico pueden ser las condiciones climáticas o del tiempo meteorológico (temperaturas, presión atmosférica, fenómenos meteorológicos), la luz, ritmos de la naturaleza y, los fenómenos geológicos, entre otros.

Las condiciones climáticas y meteorológicas influyen en la farmacocinética de muchas sustancias, por diversas razones, entre las que no debe olvidarse el desequilibrio que en el sistema nervioso producen los frentes de iones que se originan en los cambios de tiempo (Gordon, 2005, jimenez kun). A continuación se define el efecto tóxico de las condiciones meteorológicas y su efecto.

Temperatura

La temperatura ambiental afecta a la toxicidad de las sustancias, no sólo por su influencia en la velocidad de las reacciones químicas, sino también porque modifica la vasodilatación superficial (para favorecer o reducir las pérdidas de calor) y con ello altera el volumen de sangre circulante y, en consecuencia, la cantidad de tóxico que llega a los receptores. Por todo ello, la afectación varía en sentido y magnitud. Los cambios de temperatura ambiental afectan a las funciones corporales, a los procesos toxicocinéticos y toxicodinámicos.

La temperatura influye en la severidad, duración y naturaleza de los efectos tóxicos. Fhurman y Fhurman (1961), demostraron que la influencia de la temperatura puede seguir uno de los tres modelos expuestos en la figura 5; la respuesta más común se representa por una U, en donde la menor toxicidad aparece a una temperatura media, pero cuando ésta sube o baja, los efectos tóxicos aumentan. El segundo modelo es la respuesta lineal: mayor toxicidad al aumentar la temperatura; en el tercer tipo de respuesta, la toxicidad se mantiene durante un margen de temperaturas, pero llegado a un valor de ésta, se incrementa linealmente (Reppeto,009).

Presión atmosférica

Es otro factor modificante, muchas veces olvidado; recordemos, por un lado, que, conforme a la ley de Henry, el volumen de gas absorbido por un líquido es proporcional a su presión parcial y que, según la ley de Dalton, en una mezcla de gases la absorción de cada gas se realiza independientemente, sólo en función de la presión parcial de cada uno de ellos. Por tanto la presión atmosférica, o del ambiente en que se halle el sujeto, influirá en la absorción de gases y vapores y en la eliminación por vía pulmonar. Y en medio biológico se cumple la ley de Le Chatelier acerca de que la velocidad de las reacciones químicas es proporcional a la presión, de tal manera que la reacción de los tóxicos con los receptores será más intensa al aumentar la presión. Como ejemplo se puede citar el fenómeno experimentado por individuos que ingieren bebidas alcohólicas en estaciones de montaña, y notan mayor grado de embriaguez al descender a la base (Jiménez & Kuhn, 2009).

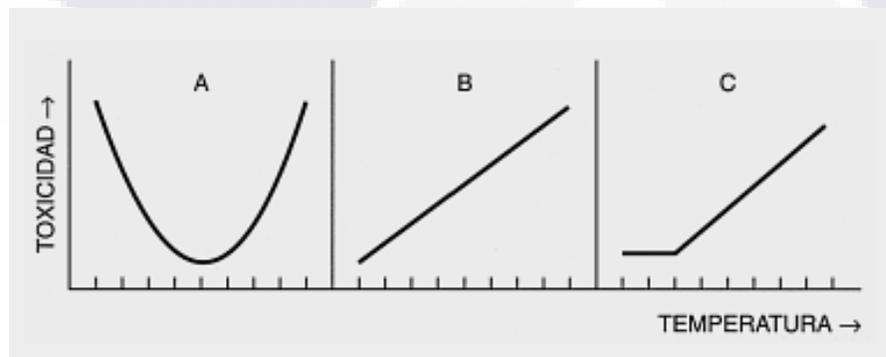


Figura 5. Formas de evolucionar la toxicidad con respecto a la temperatura (Fhurman y Fhurman, 1961).

ii. Factores endógenos (o biológicos) que dependen de los individuos

Cada individuo puede responder a los tóxicos de manera distintita según sea su especie, raza, sexo, edad, características individuales o personales, estado de salud o enfermedad y situación psicosocial.

iii. Factores derivados de las condiciones de administración o absorción del tóxico.

En primer lugar influye la clase de vía de absorción. Por orden de mayor o menor velocidad de absorción, las vías se pueden relacionar: vías hemáticas, inhalatoria, rectal, digestiva y cutánea. A mayor velocidad de absorción se conseguirá mayor concentración en sangre y, por tanto, más fuerte será la incidencia sobre los receptores (Jiménez & Kuhn, 2009).

iv. Cambios crono y cosmobiológicos

Muchos de los factores que modifican la toxicidad pueden relacionarse con el tiempo, porque experimentan oscilaciones periódicas que se reflejan en la toxicidad. Por ello, podemos hablar de la cronotoxicología, al abrigo del actual desarrollo de la cronobiología. En la vida de un individuo puede descubrirse una serie de ritmos o ciclos de muy variada frecuencia, desde un ciclo/segundo, aun ciclo/vida, aunque los ritmos que más se evidencian son el diario, mensual y anual.

La posible explicación de los fenómenos de cronotoxicidad puede estar en la influencia ambiental sobre el sistema límbico, que se traduce en la modificación cíclica de, al menos, tres mecanismos:

- a) Actividad de las enzimas metabolizantes, ampliamente demostrada su dependencia del tiempo, no sólo *in vivo*, sino también *in vitro*, lo cual cuestiona la participación límbica.
- b) Oscilación en la sensibilidad o susceptibilidad de los receptores, ya que las mismas concentraciones del tóxico producen distinto efecto, según la hora.

- c) Mecanismos moleculares de retroacción con participación de enzimas alostéricas, que pueden influir sobre las dos anteriores (Jiménez & Kuhn, 2009).

I.6. Infecciones Respiratorias Agudas

Las infecciones respiratorias agudas (IRAs) constituyen la causa más frecuente de consulta en la edad pediátrica, presentes a lo largo de todo el año y aumentando de manera muy importante durante los meses de invierno. Aunque no existe consenso en cuanto al sitio anatómico que separa las IRAs en altas y bajas, se acepta como IRAs alta toda aquella patología que afecta al aparato respiratorio de laringe a proximal (incluyendo región subglótica). Sin embargo, se debe tener presente que muchas patologías respiratorias afectan tanto el tracto superior como el inferior en forma concomitante o secuencial (Juy Aguirre, Céspedes Floirian, Rubal Wong, Maza González, & Terán Guardia, 2014; Mendoza, 2012)

A pesar que las IRA bajas concentran habitualmente la atención por su mayor complejidad, costo del tratamiento y complicaciones, son las IRAs altas las que se presentan con mayor frecuencia en la consulta ambulatoria. Por este motivo, es fundamental conocer su etiología, patogenia y evolución para poder formular un diagnóstico correcto (Carmona, 2009; Mendoza, 2012).

I.6.1. Epidemiología

A pesar de encontrarse a lo largo de todo el año, las IRAs de origen viral tienden a tener una estacionalidad, presentándose principalmente en las épocas frías en forma de brotes epidémicos de duración e intensidad variable. Pueden producir infección inaparente o sintomática, de distinta extensión y gravedad dependiendo de factores del paciente como edad, sexo, contacto previo con el mismo agente infeccioso, alergias y estado nutricional. Las IRAs son más frecuentes en niños pequeños, especialmente en lactantes y preescolares que comienzan a concurrir a guarderías o jardines de niños, pudiendo elevarse el número hasta 8 episodios por niño por año calendario entre el primer año y los 5 años de edad (Aguinaga et al., 2001; Mendoza, 2012; Prieto Herrera, Russ Durán, & Reitor Landrian, 2000).

I.6.2. Etiología

Del 80 al 90% de los cuadros de IRAs son de etiología viral. Los grupos más importantes corresponden a rinovirus, coronavirus, adenovirus, influenza, parainfluenza, virus sincicial respiratorio y algunos enterovirus. Dentro de cada uno de ellos existen, a su vez, numerosos serotipos por lo que el número de posibles agentes patógenos para la vía respiratoria asciende al menos a 150, pudiendo incluso producir reinfección por reexposición. A pesar que todos pueden afectar varios niveles en la vía respiratoria, cada uno tiende a producir un síndrome característico lo que permite diferenciarlos clínicamente. La etiología bacteriana, es de mucha menor frecuencia(Mendoza, 2012; Prieto Herrera et al., 2000; Rosales, Torres, Olaiz, & Borja, 2001).

I.6.3. Patogenia

El período de incubación de las IRA es corto, de 1 a 3 días. Esto se debe principalmente a que el órgano blanco de la infección es la misma mucosa respiratoria que sirvió como puerta de entrada. El contagio se realiza por vía aérea, a través de gotas de Pflugger o por vía directa a través de objetos contaminados con secreciones. La infección se propaga por vecindad en la vía respiratoria hacia las regiones colindantes, sin necesidad de pasar a través de la sangre. La replicación viral es una puerta de entrada abierta hacia el exterior lo cual explicaría su alta contagiosidad (Juy Aguirre, Céspedes Floirian, Rubal Wong, Maza González, & Terán Guardia,2014).

La inhalación es una de las rutas más importantes de la exposición de agentes de químicos(Carmona, 2009; OMS, 2004).

I. 7. Climatología e IRAs en el Estado de Aguascalientes

El Estado de Aguascalientes se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas extremas al norte 22°27', al sur 21°38' de latitud norte; al este 101°53', al oeste 102°52' de longitud oeste. Este estado es una de las 30 entidades federativas de la República Mexicana con un área de 5,680.330 kilómetros cuadrados, que representa el 0.3 por ciento de la superficie del país. Colinda al norte, este y oeste con el Estado de Zacatecas; al sur y este con el de Jalisco. La división política consta de once Municipios:

Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, San Francisco de los Romo y El Llano (INEGI, 2013).

Las principales elevaciones que se cuentan en la entidad son: Sierra Fría (3,050 msnm), Sierra del Laurel (2,760 msnm), cerro del Mirador (2,700 msnm), cerro de La Calavera (2,660 msnm), Sierra de Asientos (2,650 msnm), cerro de San Juan (2,530 msnm), cerro de Juan el Grande (2,500 msnm), cerro del Picacho (2,420 msnm) y cerro de los Gallos (2,340 msnm) (INEGI, 2013).

El estado de Aguascalientes tiene una población de 1, 184,996 habitantes de los cuales 608,358 son mujeres y 576,638 hombres (INEGI, 2010).

I.7.1. Clima en el Estado de Aguascalientes

El clima en el Estado de Aguascalientes es de carácter semiseco, con una temperatura media anual de 17.4°C y una precipitación pluvial media de 526 mm. El periodo de lluvias corresponde al verano; en las otras estaciones del año las lluvias que se registran son de baja intensidad. Existe una región en el suroeste, enclavada en una gran parte de la Sierra El Laurel. El municipio de Calvillo, presenta un clima templado y que por tener una reducida extensión no es digna de considerarse (INEGI, 2013). El Estado presenta diversos tipos de clima, como se describe a continuación:

- **Clima semiseco:** Se le denomina también seco estepario, se caracteriza porque en él la evaporación excede a la precipitación, y está asociado principalmente a comunidades vegetativas del tipo de matorral desértico y vegetación xerófila. Se localiza en casi todo el Estado cubriendo aproximadamente el 86.30% de la superficie. La lluvia media anual oscila entre los 500 y los 600 mm y la temperatura media anual es superior a los 18°C. La máxima ocurrencia de lluvias oscila entre los 110 y 120 mm registrándose en el mes de junio. La mínima se presenta en el mes de marzo con un rango menor de 5 mm. El régimen térmico más cálido se registra en mayo con una temperatura entre los 22 y los 23°C, siendo el mes más frío enero con una temperatura de 13 a 14°C.
- **Heladas:** En los climas semisecos la frecuencia de heladas es de 10 a 80 días al año, siendo el rango de 20 a 40 días el que se presenta con mayor incidencia dentro de la entidad, y que corresponde al periodo que va de noviembre a febrero.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- **Granizadas:** Aproximadamente un 80% del estado presenta una frecuencia de granizadas en un rango de 0 a 2 días anuales en los climas semiseco y templado. El 18% de la entidad tiene una frecuencia de granizadas de 2 a 4 días al año. En el 2% restante el fenómeno es inapreciable. Las granizadas no guardan un patrón de comportamiento bien definido, aunque están asociadas con periodos de precipitación. Su máxima incidencia se presenta en los meses de julio y agosto. (INEGI, 2013).

I.7.2. IRA´s en el Estado de Aguascalientes

Según datos obtenidos del SUIVE las IRAs han sido la primera causa de morbilidad del 2000 al 2010, en el Estado de Aguascalientes, así mismo según datos del ENSANUT 2012 ha dado a conocer que el Estado se encuentra dentro de los primeros lugares a nivel nacional como el que tiene mayor proporción de menores de 5 años que han presentado IRAs en las semanas previas a la realización de dicha entrevista, llevada a cabo en 2012.

I.8. Análisis estadístico para la asociación de variabilidad climática y salud

En el ámbito de las investigaciones epidemiológicas, los profesionales de la salud constantemente se proyectan en sus investigaciones; se definen las relaciones entre las características de un fenómeno, el grado de esa relación o probar la confiabilidad de sus observaciones, planteándose como hipótesis si estas son o no la causa de una determinada entidad. Por lo que es de gran utilidad utilizar el coeficiente de correlación de Spearman, ya que esta herramienta permite medir el grado de asociación entre dos cantidades (R.M. Martínez Ortega, 2009; Rosa María Martínez Ortega, Tuya Pendás, Martínez Ortega, Pérez Abreu, & Cánovas, n.d.). Aunque es importante tener en cuenta que esta prueba no identifica el nivel de acuerdo o concordancia. Si los instrumentos de medida miden sistemáticamente cantidades diferentes uno del otro, la correlación puede ser 1 y su concordancia ser nula. El coeficiente de correlación de Spearman es recomendable utilizarlo cuando los datos presentan valores extremos, ya que dichos valores afectan mucho el coeficiente de correlación de Pearson, o ante distribuciones no normales (Manly, 2001). No está afectada por los cambios en las unidades de medida razón por la cual es de ampliamente utilizado ya que las varia meteorológicas y la incidencia de enfermedades se caracterizan por presentar extremos (R.M. Martínez Ortega, 2009) .

Debido a la naturaleza aleatoria de los niveles atmosféricos de los contaminantes y de las variables meteorológicas, se ha intentado explicar su comportamiento temporal y en el proceso se ha recurrido a los modelos de regresión, que es la manera más usual de evaluar la asociación en estudios de grupos múltiples. Comúnmente se emplean métodos de mínimos cuadrados para producir la ecuación de predicción:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1$$

Donde: β_0 es el intercepto en y y β_1 la pendiente estimada o razón de cambio en la frecuencia de la enfermedad por unidad de cambio en la exposición (Manly, 2001).

Las tasas o frecuencia de la enfermedad de cada región se convierten en la variable dependiente, mientras que los promedios de las variables de exposición son las variables independientes. Cuando se cuenta con la medición de otras covariables éstas son incluidas en el modelo de regresión como una variable adicional para controlar en lo posible el efecto confusor de la misma, de tal manera que el modelo es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots \beta_n x_n$$

Dónde:

y : es la variable regresora o a predecir.

β_n : Son las constantes estimadas.

x_n : representan las variables predictoras (Borja, 2000).

I.9. Modelo conceptual GEO salud

La construcción de indicadores de salud ambiental para evaluar el efecto adverso de los cambios ambientales sobre el bienestar y la calidad de vida de la población es una meta todavía no alcanzada totalmente en América Latina y el Caribe. Por ello, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Panamericana de la Salud han convocado a instituciones y especialistas de toda la Región para desarrollar un método integral de evaluación del medio ambiente y la salud (Schütz, Hacon, Silva, Moreno Sánchez, & Nagatani, 2008).

Por esta razón es que se desarrolla la metodología conocida como GEO Salud (Global Environmental Outlook, por sus siglas en inglés) la cual propone no sólo explicar la asociación causa efecto por la cual una determinada exposición ambiental (física, química o biológica) acarrea efectos a la salud, sino que también pretende evaluar la forma en que los cambios ambientales que perjudican la calidad de los servicios de los ecosistemas afectan los componentes del bienestar humano y por medio de variables socioeconómicas en escala territorial, cómo y por qué diferentes comunidades y/o grupos sociales localizados son más vulnerables a dichas exposiciones (PNUMA, 2009).

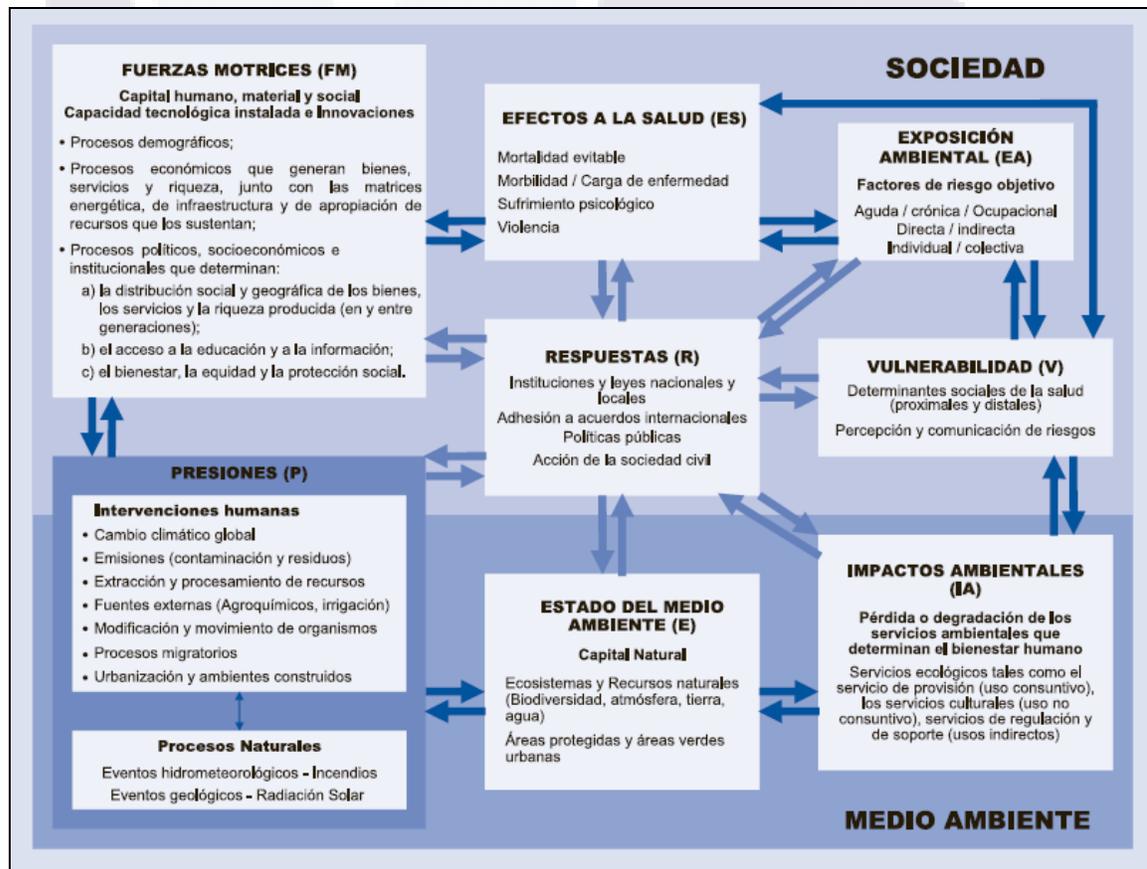


Figura 6. Modelo conceptual GEO Salud. El fondo azul claro abarca a los componentes sociales, mientras que el fondo azul oscuro contiene los componentes ambientales. Presión es el único componente en el que se conjugan (flecha delgada azul oscuro) lo social (intervenciones humanas en el medio ambiente) y lo ambiental (procesos naturales). Las flechas en azul oscuro concatenan las interacciones potenciales (que pueden ser mutuas o no) entre los componentes sin la mediación de las respuestas. Las flechas en azul claro indican las interacciones potenciales entre los componentes y la respuesta que la sociedad implementa para mitigar o adaptarse a los problemas de medio ambiente y salud (Tomado de (PNUMA, 2009).

Capítulo II. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

La toxicología moderna reconoce que los agentes físicos tienen efectos nocivos sobre los organismos, en ese sentido el cambio climático y la variabilidad climática producen condiciones meteorológicas (o físicas) que tienen repercusiones sobre la distribución y efectos de los tóxicos sobre las poblaciones humanas, siendo los contaminantes atmosféricos los de mayor interés o preocupación mundial por los efectos que estos producen sobre la salud humana. Uno de los contaminantes de gran importancia toxicológica es el NO₂ por el doble papel que este desempeña; por una parte este contaminante presenta propia toxicidad y por otra es un contaminante precursor del Ozono el cual también es tóxico; además de que es un gas de efecto invernadero indirecto que contribuye al cambio climático. La toxicidad del NO₂ radica en que es un compuesto altamente reactivo el cual al entrar en contacto con las vías respiratorias induce procesos inflamatorios además de inmunodeprimir el sistema inmunológico, con lo cual el organismo queda expuesto o es susceptible de padecer alguna infección; como las infecciones respiratorias agudas.

El estado de Aguascalientes se encuentra entre los estados con mayor incidencia de Infecciones respiratorias agudas a nivel nacional, además en los últimos años el Estado ha sufrido un notable crecimiento poblacional con lo cual la demanda de servicios aumentan; como un incremento de fuentes de trabajo o industrias así como aumento en la cantidad de vehículos de motor entre otros. Lo cual provoca aumento en las emisiones de contaminantes a la atmósfera, el presente estudio pretende identificar la asociación entre la incidencia de infecciones respiratorias agudas con la variabilidad climática y la concentración de NO₂ en el estado de Aguascalientes.

HIPÓTESIS

La variabilidad climática y la concentración de NO_2 , se asocian a los valores máximos de la incidencia de IRAs en Aguascalientes.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la asociación que existe entre la variabilidad climática y la concentración de NO_2 sobre la incidencia de infecciones respiratorias agudas en el Estado de Aguascalientes.

Objetivos específicos

- Determinar la asociación entre la variabilidad climática y la incidencia de IRAs
- Determinar la asociación entre la concentración de NO_2 y la incidencia de IRAs.
- Determinar que indicadores de estado se asocian a la incidencia de las IRAs.
- Determinar que poblaciones en Aguascalientes son más susceptibles de padecer IRAs.

Capítulo III. METODOLOGÍA

La metodología se fundamenta en un estudio del tipo ecológico mixto. Para poder realizarlo se hizo la recolecta de información sobre las IRAs, monitoreo de la calidad del aire, y de variables meteorológicas. La información se asoció a un compuesto tóxico como es el dióxido de nitrógeno (NO_2), con los otros dos factores que inciden en el efecto tóxico de este compuesto, sobre la salud de la población. Así como también, la elaboración de una encuesta para conocer la situación actual de las IRAs en la población del Estado. La justificación principal para el enfoque ecológico fue estudiar la salud en un contexto ambiental, para grupos no homogéneos.

III.1. Obtención de Información

III.1.1. Series de tiempo de las variables meteorológicas

Las series de tiempo sobre las condiciones meteorológicas en el Estado fueron proporcionadas por la CONAGUA. Los datos de las variables meteorológicas corresponden a 40 estaciones, seleccionando las más representativas de los 11 municipios del Estado (Figura 6 y Anexo A). Las variables meteorológicas fueron precipitación diaria, Temperatura mínima diaria y Temperatura máxima diaria del 2000 al 2010, que corresponde al periodo de estudio. Las series de tiempo cumplieron con la calidad requerida que fue contar con por lo menos el 90% de los datos diarios de cada una de las variables.

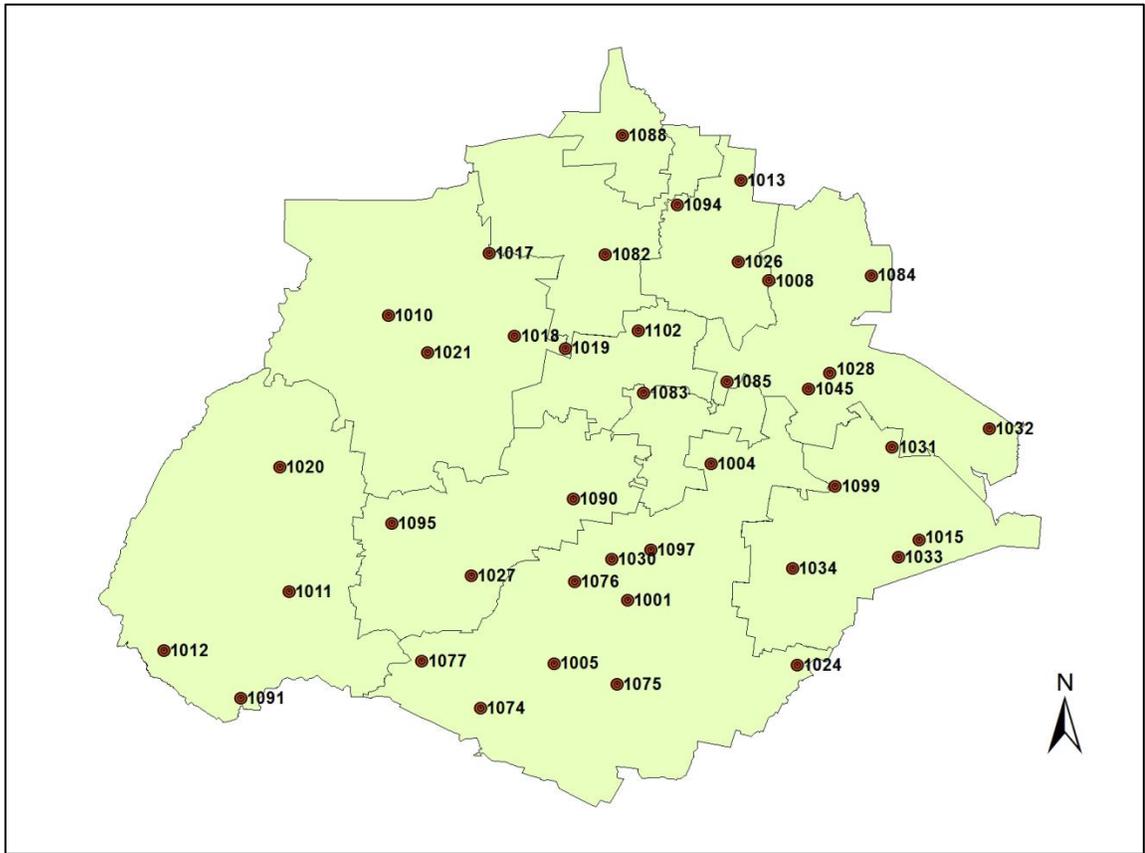


Figura 7. Estaciones meteorológicas de estudio ubicadas en el Estado de Aguascalientes.

III.1.1.1. Condiciones promedio y extremas de las variables meteorológicas

De las bases de datos de 40 estaciones, obtenidos de la CONAGUA, se calculó el promedio semanal de la temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin), la oscilación térmica (Osc) y el acumulado de la precipitación pluvial (pp), además el valor máximo registrado de la Temperatura Máxima (Tmax+), el valor mínimo registrado de la Temperatura mínima(Tmin-) en cada semana. Y la oscilación térmica extrema semanal (Osc_{ext}), restando las dos anteriores, esto fue para obtener los valores a nivel estatal. Para obtener los valores de las condiciones promedio y extremas de las variables meteorológicas de cada municipio, se calcularon solo tomando en cuenta las estaciones meteorológicas que se encuentran en cada municipio. (Tabla 3).

Tabla 2. Estaciones Meteorológicas de estudio en cada municipio de Aguascalientes

Municipio	Estación	Municipio	Estación
<i>Aguascalientes</i>	1001	<i>El Llano</i>	1015
	1004		1031
	1005		1033
	1024		1034
	1030		1099
	1074	<i>Jesús María</i>	1027
	1075		1090
	1076		1095
	1077	<i>Pabellón de Arteaga</i>	1019
	1097		1102
	<i>Asientos</i>	1028	<i>Rincón de Romos</i>
1032		<i>San Fco. De los Romo</i>	1083
1045		<i>San José de Gracia</i>	1010
1084			1017
1085			1018
<i>Calvillo</i>	1011	<i>Tepezalá</i>	1021
	1012		1008
	1020		1013
	1091		1026
<i>Cosío</i>	1088		

III.1.2. Series de tiempo de calidad del aire

La concentración mensual de NO₂ en el municipio de Aguascalientes se obtuvo de la página web de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes, del periodo de Enero de 2000 a septiembre de 2003 y de Enero de 2007 a Noviembre de 2010.

III.1.3. Series de tiempo de la Infección Respiratoria Aguda (IRA)

Para conocer la asociación de las variables meteorológicas y la incidencia de IRAs se solicitó al Instituto de Servicios Salud del Estado de Aguascalientes (ISSEA) los registros de las series de tiempo semanales de los once municipios que conforman al Estado de Aguascalientes, totales y por grupo etario del periodo del año 2000 al 2010.

Las enfermedades que se agrupan en las IRAs que se están considerando según el código CIE-10 son: J00-Rinofaringitis aguda (resfriado común), J01-Sinusitis aguda, J02-Faringitis aguda, J03-Amigdalitis aguda, J04-Laringitis y traqueítis agudas, J05-Laringitis obstructiva aguda (crup) y epiglotitis y J06-Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, de sitios múltiples o no especificados (PAHO, 2013).

III.1.3.1. Cálculo de la tasa de morbilidad

La tasa de morbilidad por IRAs se calculó semanalmente, por municipio y a nivel estatal con la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de Morbilidad} = \frac{\text{Número de casos del periodo}}{\text{Población total}} * 10^5$$

La población total semanal se calculó en base a los datos de los censos de población y vivienda del INEGI.

Para integrar los días de cada una de las semanas de cada año, se hizo conforme a las semanas epidemiológicas que maneja el ISSEA.

III.2. Factores físicos y químicos con influencia toxicológica en las IRAs

III.2.1. Asociación estadística entre las IRAs y las variables meteorológicas

Para analizar la interdependencia entre la tasa de IRAs y las variables meteorológicas primero se realizó el análisis descriptivo de las mismas y para determinar que variables meteorológicas guardaron mayor relación con la Tasa de morbilidad por IRAs se calculó el

coeficiente de correlación de Spearman para toda la series de tiempo a nivel estatal y para cada municipio.

Del anterior análisis se determinó que las variables que presentaron un valor mayor del coeficiente de correlación con respecto a la Tasa de morbilidad por IRAs fueron la Tmin, Tmax y pp; a las cuales se les denominaron como variables de estudio.

Además ya que algunos autores mencionan que los efectos de las condiciones meteorológicas no son observables de inmediato sino algunos días después, se desfasó una semana menos la tasa de IRAS con respecto a las variables meteorológicas de estudio y se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman para comparar los valores de estos.

III.2.2. Modelo descriptivo del comportamiento de IRAs con respecto de las variables meteorológicas.

El análisis de correlación realizado anteriormente nos dio un indicio de qué variables, pudieran servir como variables *regresoras* del comportamiento de la tasa de morbilidad por IRAs (pp, Tmax y Tmin). Así mismo y en base al modelo descrito por Jiménez (2002) se hicieron algunas modificaciones, dando como resultado el siguiente modelo de regresión propuesto:

$$\ln tasa = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 \sin \frac{2\pi}{52} x_i + \beta_3 \cos \frac{2\pi}{52} x_i + \beta_4 pp_i + \beta_5 Tmax_i + \beta_6 \ln Tmin_i + \varepsilon_i$$

Donde x_i , representa el tiempo transcurrido en semanas, y es la única variable regresora. El modelo integró componentes de tendencia lineal, componentes cíclicas y un componente aleatorio, ε_i , con las que se modeló la estacionalidad anual y la tendencia lineal creciente o decreciente de la tasa por IRAs.

Debido a la naturaleza aleatoria de la tasa de morbilidad por IRAs, se intentó explicar su comportamiento temporal utilizando esté modelo de regresión múltiple. Para estimar las β_i , del modelo se empleó el paquete estadístico Minitab® 16.2.3 (Minitab Inc., State College, PA) y se analizaron los residuales para verificar el grado en que se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

cumplieron las hipótesis de homogeneidad de varianzas y normalidad de los residuales (Montgomery et al., 2006). El modelo no incluyó variables socioeconómicas ni factores de contaminación ambiental.

III.2.3. Asociación de las variables meteorológicas, concentración de NO₂ y las IRAs

La asociación de las variables meteorológicas, la concentración de NO₂ y las IRAs mensuales se realizaron, sólo para el municipio de Aguascalientes, ya que en los demás municipios no se realiza monitoreo de la calidad del aire.

Para observar la tendencia anual de las variables, se calculó el promedio mensual para el periodo de estudio 2000-2010 para cada variable y se graficó para observar su comportamiento, así mismo, se determinaron los coeficientes de correlación de Spearman para validar la asociación de las variables con la incidencia de IRAs.

Además de los gráficos para la tendencia anual, también se realizaron gráficos de dispersión para observar el comportamiento mensual para todo el periodo de estudio. Se calcularon las estadísticas descriptivas de cada variable y el coeficiente de correlación de Spearman de las variables meteorológicas, la concentración de NO₂ mensual en función de la Tasa por IRAs.

III.2.4. Otros indicadores asociados a la incidencia de IRAs

De acuerdo al modelo descrito, la T_{min} es la variable que dicta los valores máximos de la Tasa por IRAs, por lo que se calcularon las anomalías negativas para cada semana de estudio y se trató de asociar con la tasa de IRAs.

Así mismo se realizaron gráficas de superficie para determinar las condiciones críticas que dictan los máximos de la tasa de IRAs. Observando que a T_{min} menores de 4 °C se obtienen los valores máximos de la Tasa por IRAs. Por lo que se calculó el número de días anual con temperaturas menores de 4 °C.

III.3. Determinación de población vulnerable

Para determinar el grupo de población más vulnerable en base a la edad; se calculó la tasa de morbilidad por grupo etario considerándose 4 grupos:

1. Menores de 5 años
2. De 5 a 19 años
3. De 20 a 59 años
4. Mayores de 60 años

Para observar las diferencias en los valores de la Tasa por IRAs se graficaron las tasas por grupo etario a nivel estatal y por municipio.

Para determinar qué municipio es el más vulnerable a padecer IRAs en base a la población vulnerable que cada uno tiene, se calculó el porcentaje de población vulnerable de cada municipio (menos de 5 años y mayores de 60) y se elaboró un mapa del Estado representando el porcentaje de población vulnerable en cada municipio. Así mismo se elaboró un mapa representando la tasa acumulada de IRAs del periodo de estudio del 2000 al 2010 en cada uno de los municipios del Estado para determinar qué municipio ha presentado la mayor incidencia de IRAs en el periodo de estudio.

Para comparar la tasa acumulada por IRAs en cada municipio con las variables meteorológicas se elaboraron mapas del Estado de Aguascalientes con isoyetas e isotermas a partir de los valores promedios de la pp, la Tmin y la Tmax de cada estación de estudio durante el periodo del 2000 al 2010.

Para la elaboración de mapas y su estudio se recurrió a un sistema de información geográfica (SIG), empleando el programa ArcGIS 10.1 © 1995-2013 Esri.

III.4. Encuestas

Con el objetivo de obtener y reforzar información socioeconómica y de atención a la salud, así como para identificar en qué periodo del año la población padece de IRAs, se realizó una encuesta (Anexo B).

El número total de encuestas realizadas fue de 1200, cubriendo todo el Estado, donde se eligieron al azar varias localidades rurales (Anexo C) así como las manchas urbanas de cada uno de los 11 municipios (Figura 7).

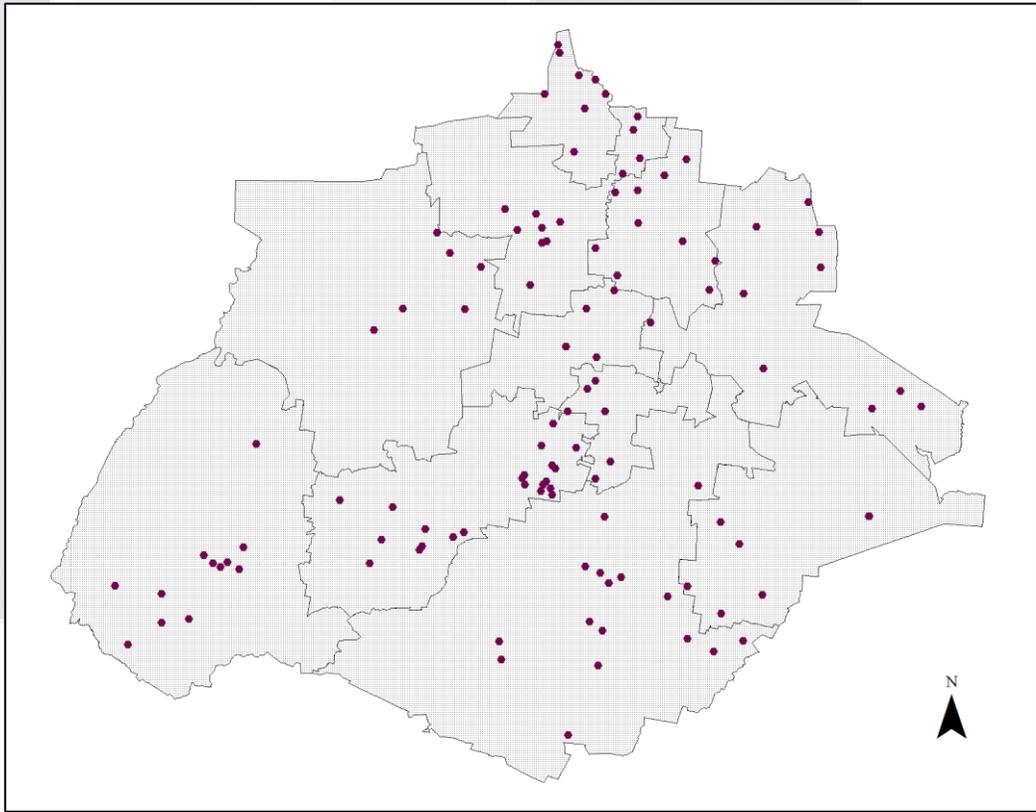


Figura 8. Localidades del Estado de Aguascalientes donde se aplicaron encuestas.

III.5. Modelo conceptual

Con el propósito de describir la asociación entre la salud del ambiente y la salud humana, se utilizó la metodología descrita en el GEO Salud (PNUMA, 2009) el cual es un instrumento capaz de evaluar dicha asociación por medio de una matriz de indicadores básicos debidamente organizados, integrados y analizados con base en un marco lógico-conceptual sólido.

De la lista de indicadores básicos propuestos por el GEO Salud (PNUMA, 2009) y en base a una extensa revisión de literatura y a los datos y resultados obtenidos, se eligió por lo menos un indicador básico para cada componente. Así mismos se presenta las Fichas de los indicadores de estado y efecto ya calculados.

Tabla 3. Ficha del indicador Tasa de Crecimiento

Nombre del indicador	Tasa de crecimiento
Definición Conceptual	El crecimiento demográfico puede ser definido como la tasa de cambio en la población residente entre dos períodos de tiempo.
Justificación	El crecimiento demográfico representa una de las principales fuerzas motrices que actúan sobre la salud ambiental. El rápido crecimiento de la población puede ocasionar graves daños ambientales y el aumento de las presiones sobre la infraestructura y los servicios locales. Como resultado, los riesgos para la salud pueden aumentar, por ejemplo, a través de una nutrición inadecuada, la falta de saneamiento, el acceso insuficiente al agua potable, las malas condiciones de la vivienda y el aumento de la exposición a las enfermedades transmitidas por vectores. Así, este indicador proporciona una medida útil de presiones potenciales sobre el medio ambiente y la salud humana.
Unidad de medida	% por año
Valor deseable	
Cálculo	El indicador se calcula como: $100 * [(Pt_1 - pT_0) / pT_0] / n$ donde Pt_1 es la población total en el momento final; PT_0 es la población total en el tiempo inicial; y n es el número de años (t_1-t_0).
Presentación de los datos	Porcentaje
Relación con otros indicadores	Cambios en la densidad de vehículos de motos, concentración de contaminantes atmosféricos y proporción de niños menores de 5 años y adultos mayores de 60 años que padecen IRAs.
Fuente de Información	INEGI
Frecuencia de Medición	Decenal (2000-2010)
Tipo de Indicador	Fuerza motriz

Tabla 4. Ficha del indicador Cambio en la densidad de vehículos de motor

Cambio en la densidad de vehículos de motor	
Nombre del indicador	Cambio en la densidad de vehículos de motor
Definición Conceptual	Es la diferencia del número de vehículos registrados entre dos años subsecuentes.
Justificación	La cantidad de vehículos está asociada con la pérdida de los niveles de confort por ruido y aumento de los niveles de contaminación atmosférica. La dinámica de aportación de contaminantes por vehículos automotores es la fuente más continua de emisiones (Curiel y Garibay, 2008).
Unidad de medida	Porcentaje por año
Valor deseable	
Cálculo	El indicador se calcula como: $100 * [(Ct_1 - Ct_0) / Ct_0] / n$ Donde Ct_0 es el número de vehículos de motor registrados en el tiempo inicial. Ct_1 es el número de vehículos de motor registrados en al año siguiente y n es el número de años ($t_1 - t_0$).
Presentación de los datos	Porcentaje
Relación con otros indicadores	La concentración de NO_2
Fuente de Información	INEGI
Frecuencia de medición	Anual
Tipo de Indicador	Presión

Tabla 5. Ficha del indicador Precipitación acumulada

Precipitación acumulada	
Nombre del indicador	Precipitación acumulada
Definición Conceptual	Total de agua aportada a una superficie determinada en forma de lluvia, nieve, granizo u otro hidrometeoro en el periodo de un día, de un mes o de un año.
Justificación	El agua es un elemento vital para el desarrollo de las civilizaciones, así mismo influye en la deposición de contaminantes atmosférico.
Unidad de medida	mm de H_2O
Valor deseable	526 mm de H_2O
Cálculo	Para un periodo (semanal, mensual, anual) se suman los valores diarios.
Presentación de los datos	Graficas

Relación con otros indicadores	La precipitación se relaciona con la tasa de morbilidad por IRAs y la concentración de NO ₂
Fuente de Información	CONAGUA
Frecuencia de medición	Semanal, Mensual y anual
Tipo de Indicador	Estado

Tabla 6. Ficha del indicador Temperatura Máxima y Mínima promedio

Nombre del indicador	Temperatura Máxima y Mínima promedio
Definición Conceptual	Temperatura máxima y mínima se refieren, respectivamente, a la mayor y menor temperatura registrada durante el día en un determinado punto de registro.
Justificación	Las temperaturas máximas y mínimas son de suma importancia para mantener el estado óptimo y desarrollo de todos los organismos incluyendo microorganismos nocivos para la salud.
Unidad de medida	°C
Valor deseable	Para la Temperatura mínima 13°C y para Temperatura máxima 24°C
Cálculo	Para un periodo (semanal, mensual, anual) se sacan promedios.
Presentación de los datos	Graficas
Relación con otros indicadores	La temperatura máxima y mínima se ha relacionado con la tasa de morbilidad por IRAs
Fuente de Información	CONAGUA
Frecuencia de medición	Semanal, mensual y anual
Tipo de Indicador	Estado

Tabla 7. Ficha del indicador Concentración anual de NO2

Nombre del indicador	Concentración anual de NO2
Definición Conceptual	Estas variables indica la cantidad de agentes contaminantes en el aire por unidad de volumen en áreas urbanas.
Justificación	El NO ₂ es un tóxico altamente irritante de las vías respiratorias, que induce la inflamación de las mismas.
Unidad de medida	Ppm
Valor deseable	Menor a 40 ppm
Cálculo	Σ concentración de cada mes del año/12
Presentación de los datos	Graficas
Relación con otros indicadores	La concentración de NO ₂ se ha relacionado a la Incidencia de infecciones respiratorias agudas.
Fuente de Información	Secretaría del Medio Ambiente de Estado de Aguascalientes
Frecuencia de medición	Mensual y anual
Tipo de Indicador	Estado

Tabla 8. Ficha del Indicador Tasa de morbilidad por IRAs

Nombre del indicador	Tasa de morbilidad por IRAs
Definición Conceptual	Son el número de casos registrados en el estado por infecciones respiratorias agudas (CIE-10) por cada 100 000 Habitantes
Justificación	Las infecciones respiratorias agudas son la primera causa de morbilidad en el Estado de Aguascalientes del 2000 al 2010.
Unidad de medida	Casos por cada 100 000 habitantes
Valor deseable	Cero casos
Calculo	$(Ct / Pt) * 100$ Donde Ct es el número total de casos en la población del estado y Pt es la población total del estado
Presentación de los datos	Graficas
Relación con otros indicadores	Los contaminantes ambientales y las condiciones meteorológicas se han asociado con infecciones respiratorias agudas (IRAs)
Fuente de Información	Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes (ISSEA) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para la población
Frecuencia de medición	Semanal, mensual y anual
Tipo de Indicador	Efecto en la salud

Tabla 9. Ficha del Indicador Tasa de morbilidad por IRAs en menores de 5 años

Tasa de morbilidad por IRAs en menores de 5 años	
Nombre del indicador	Tasa de morbilidad por IRAs en menores de 5 años
Definición Conceptual	Son el número de casos en niños menores de 5 años registrados en el estado por infecciones respiratorias agudas (CIE-10) por cada 100 000 niños menores de 5 años.
Justificación	Los niños pequeños son, en muchos sentidos, el grupo más vulnerable a los efectos adversos de la salud Ambiental. Son sensibles no sólo a la interacción inmediata de las condiciones del medio ambiente después de su nacimiento, sino también a la salud pre y post-natal de su madre, y a la calidad de los servicios de apoyo a la salud.
Unidad de medida	Casos por cada 100 000 menores de 5 años
Valor deseable	Cero casos
Cálculo	$(Ct / Pt) * 100$ Donde Ct es el número total de casos en la población del estado y Pt es la población total del estado
Presentación de los datos	Graficas
Relación con otros indicadores	Los contaminantes ambientales y las condiciones meteorológicas se han asociado con infecciones respiratorias agudas (IRAs)
Fuente de Información	"Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes (ISSEA) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para la población
Frecuencia de medición	Semanal, y anual
Tipo de Indicador	Vulnerabilidad

Capítulo IV. RESULTADOS

Para determinar las variables meteorológicas que guardan una mayor relación con la Tasa IRAs se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para cada variable meteorológica calculada para las 574 semanas a nivel estatal y para cada municipio (Tabla 10).

Tabla 10. Coeficientes de Correlación de Spearman para las diferentes Variables meteorológicas con respecto a la Tasa IRAs a nivel estatal y municipal.

Municipio	Variable	pp	Tmax	Tmax+	Tmin	Tmin-	Osc	Osc+
Estatal	Coef. Correlación	-0.51	-0.59	-0.53	-0.74	-0.74	0.43	0.43
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Aguascalientes	Coef. Correlación	-0.50	-0.59	-0.57	-0.72	-0.73	0.53	0.46
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Asientos	Coef. Correlación	-0.35	-0.44	-0.40	-0.51	-0.52	0.32	0.38
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Calvillo	Coef. Correlación	-0.40	-0.52	-0.50	-0.66	-0.67	0.30	0.38
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Cosío	Coef. Correlación	-0.27	-0.38	-0.36	-0.48	-0.47	0.24	0.31
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
El Llano	Coef. Correlación	-0.24	-0.42	-0.43	-0.55	-0.55	0.26	0.28
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Jesús María	Coef. Correlación	-0.40	-0.53	-0.54	-0.58	-0.57	0.28	0.30
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Pabellón de Arteaga	Coef. Correlación	-0.43	-0.43	-0.43	-0.66	-0.65	0.41	0.48
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Rincón de Romos	Coef. Correlación	-0.36	-0.47	-0.47	-0.55	-0.55	0.04	0.11
	Valor p	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.36	0.01
San Francisco de los Romo	Coef. Correlación	-0.24	-0.42	-0.36	-0.45	-0.44	0.14	0.26
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
San José de Gracia	Coef. Correlación	-0.25	-0.35	-0.35	-0.56	-0.56	0.26	0.30
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0
Tepezalá	Coef. Correlación	-0.33	-0.34	-0.33	-0.42	-0.43	0.25	0.32
	Valor p	0	0	0	0	0	0	0

De los resultados anteriores se eligió trabajar con las variables Tmin, Tmax, y pp pues se observó que de manera general estas variables tienen un coeficiente de correlación mayor en comparación con las variables extremas. La siguiente figura (Figura 9) muestra la estacionalidad de las variables meteorológicas de estudio con respecto a la Tasa de morbilidad por IRAs a nivel Estatal para el periodo 2000 al 2010.

En donde se puede observar de manera general que mientras menores sean los valores de la Tmin y Tmax la Tasa por IRAs aumenta y casa contrario con la pp, es decir a mayor precipitación menor incidencia de IRAs.

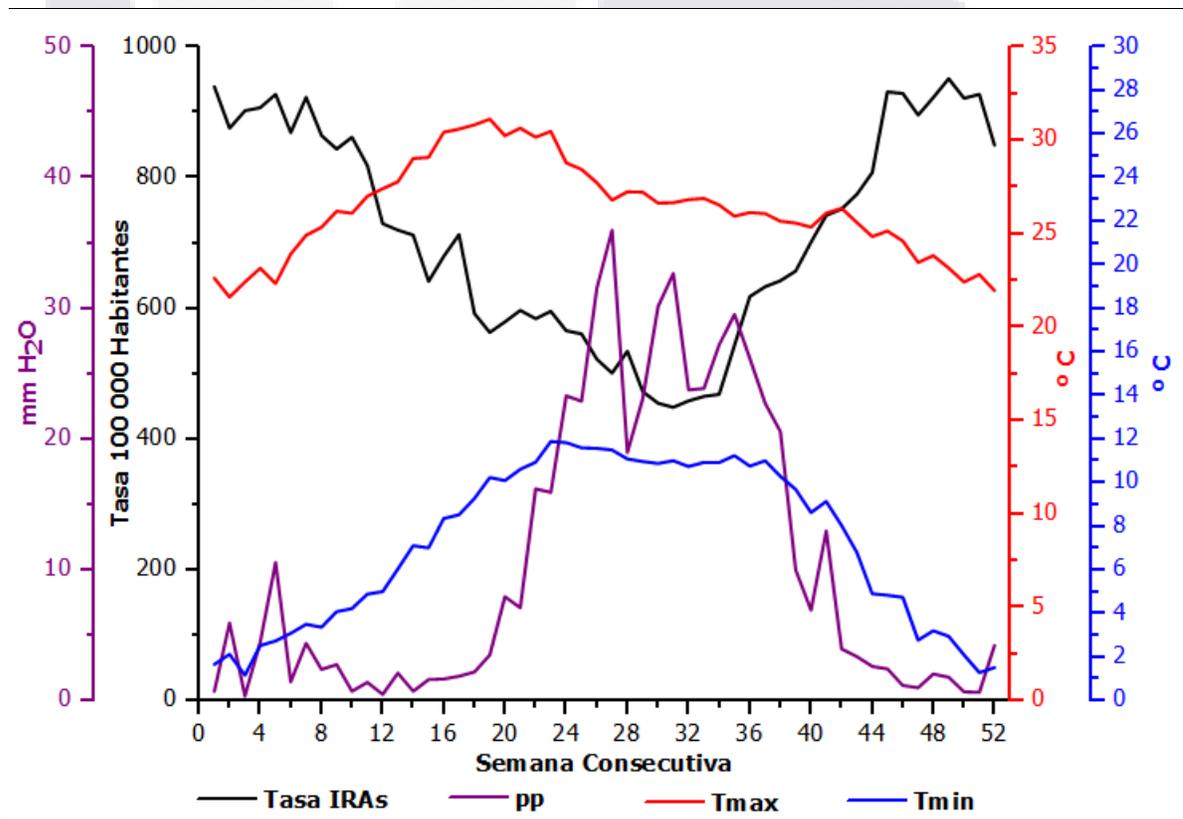


Figura 9. Estacionalidad Anual para cada una de las variables de estudio en el periodo 2000 a 2010.

De las tres variables meteorológicas de estudio y de la tasa de morbilidad por IRAs se calcularon las estadísticas descriptivas para cada una.

Tabla 11. Estadísticas descriptivas de las variables de estudio a nivel Estatal

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
<i>Pp</i>	10.4	16.9	0.0	109.1
<i>Tmax</i>	26.3	3.1	17.24	34.7
<i>Tmin</i>	7.2	4.0	-1.9	13.05
<i>Tasa</i>	714	217	298	1774

Así mismo ya que algunos autores mencionan que los efectos de las condiciones del clima se ven reflejados durante la semana siguiente se hizo un análisis para verificar que esto es correcto (Tabla 12).

Tabla 12. Comparación de Coeficientes de Correlación Spearman

Variable	Normal	Desfase
<i>Tmin</i>	-0.74	-0.70
<i>Tmax</i>	-0.59	-0.57
<i>Pp</i>	-0.51	-0.46
Valor p = 0 para todos los casos		

Las variables Tmin, Tmax y pp sin alguna semana de desfase se graficaron con respecto a la tasa de morbilidad por IRAs para de forma visual observar la relación semanal de estas cuatro variables (Figura 10, Figura 11 y Figura 12).

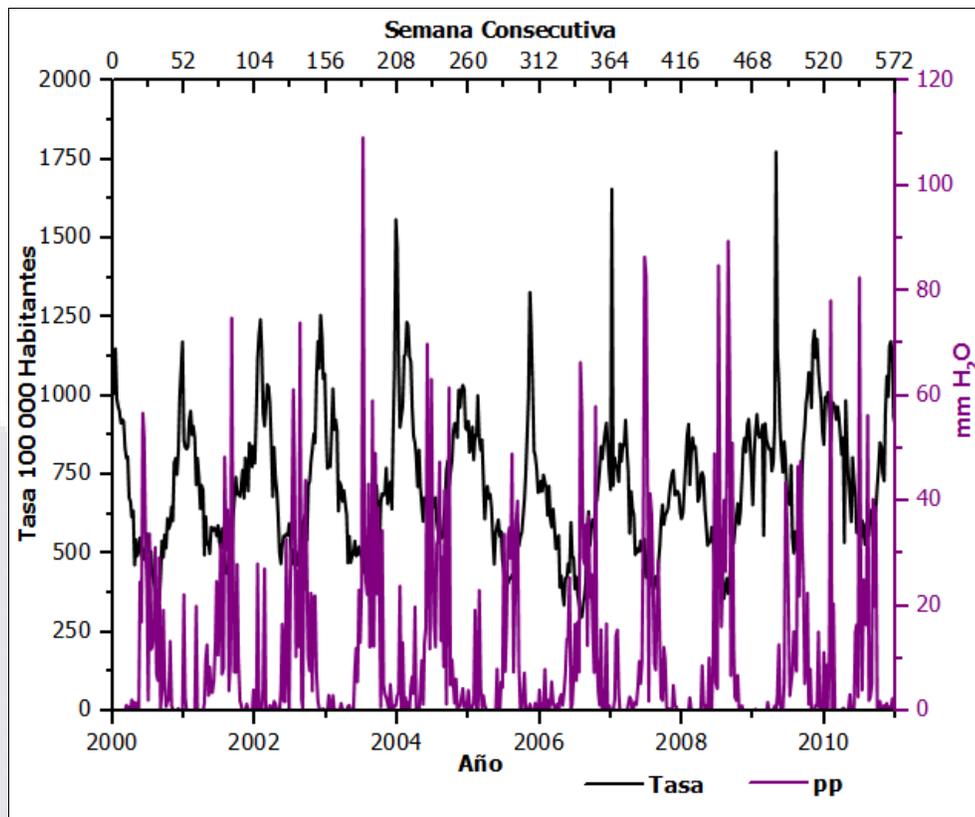


Figura 10. Relación grafica de la pp con respecto a la tasa IRAs semanal para el periodo 2000-2010.

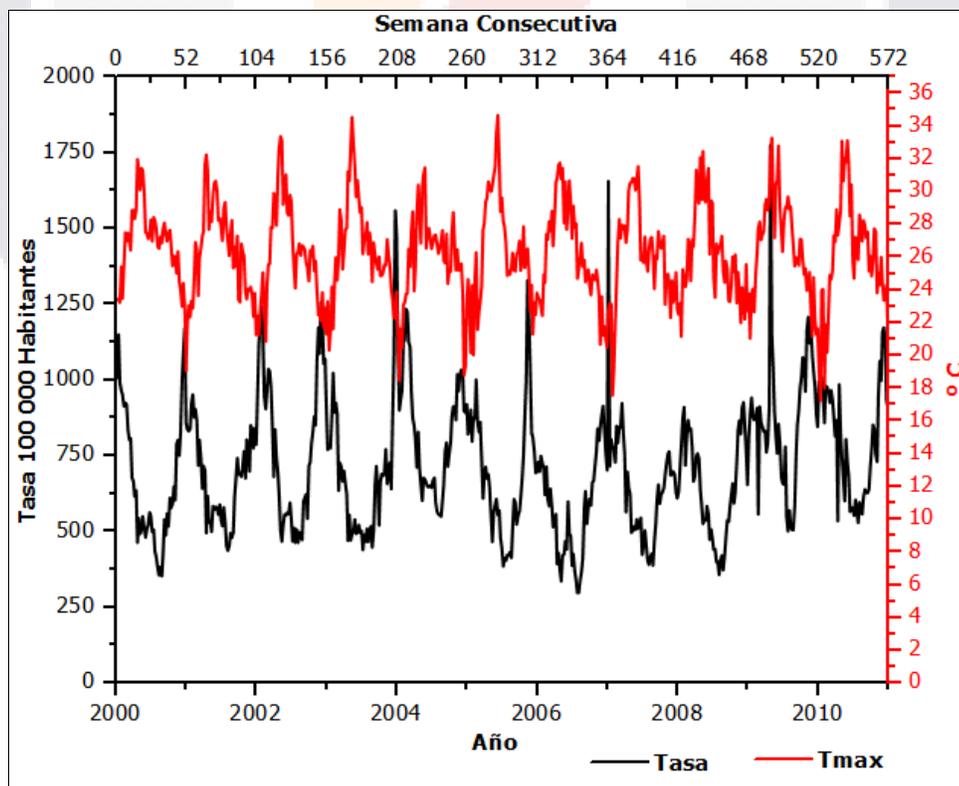


Figura 11. Relación grafica de la Tmax con respecto a la tasa IRAs semanal para el periodo 2000-2010.

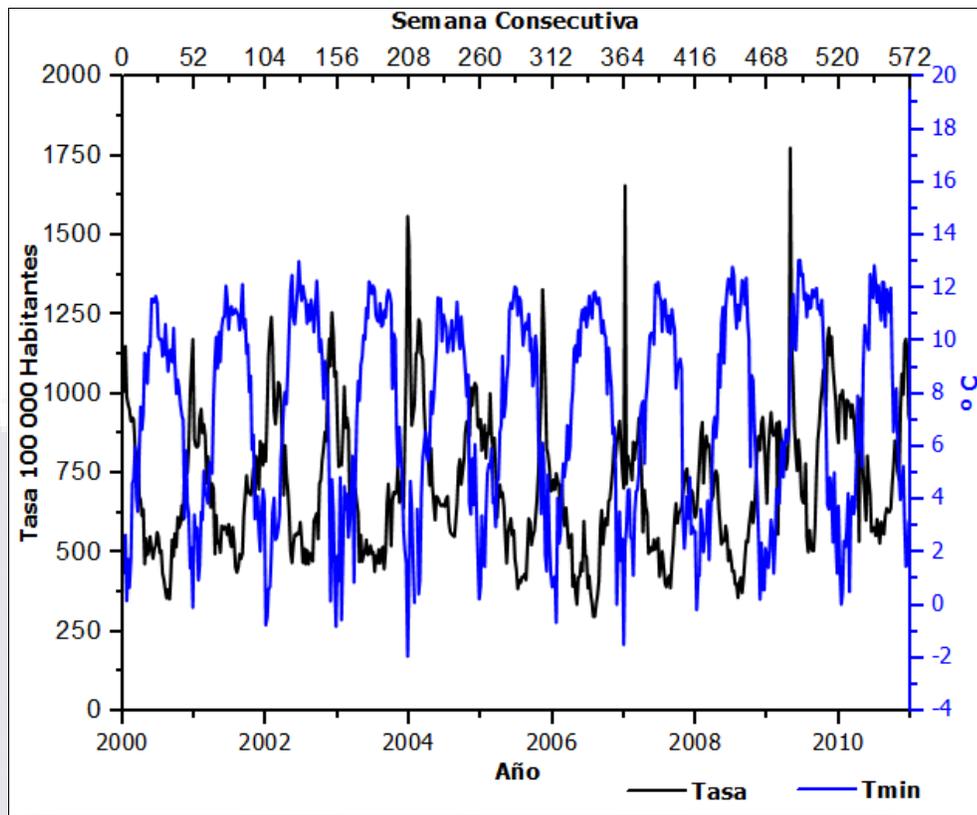


Figura 12. Relación grafica de la Tmin con respecto a la tasa IRAs semanal para el periodo 2000-2010.

Tomando en cuenta las tres variables que se observa mantenían una mejor relación con las Tasa por IRAs, se utilizó un modelo de regresión multivariable para estimar el efecto de las variables meteorológicas con respecto a la tasa de morbilidad por IRAs, Siguiendo la siguiente ecuación:

$$\ln tasa = -175.41 + 0.88 Tiempo + 7.14 \sin \frac{2\pi}{52} Tiempo - \beta_3 \cos \frac{2\pi}{52} Tiempo - 0.01 pp - 0.04 Tmax - 0.07 \ln Tmin$$

Debido a la dispersión de los datos de la Tasa IRAs y de la Tmin, se optó por hacer una transformación logarítmica, lo cual normalizo la tendencia de los datos. Obteniéndose del modelo una $R^2 = 56.88$, valor $p < 0.05$ para cada variable incluida en el modelo y un Valor p de los residuos > 0.05 .

La figura 13 muestra la Tasa IRAs observada contra la Tasa de IRAs estimada con el modelo anterior.

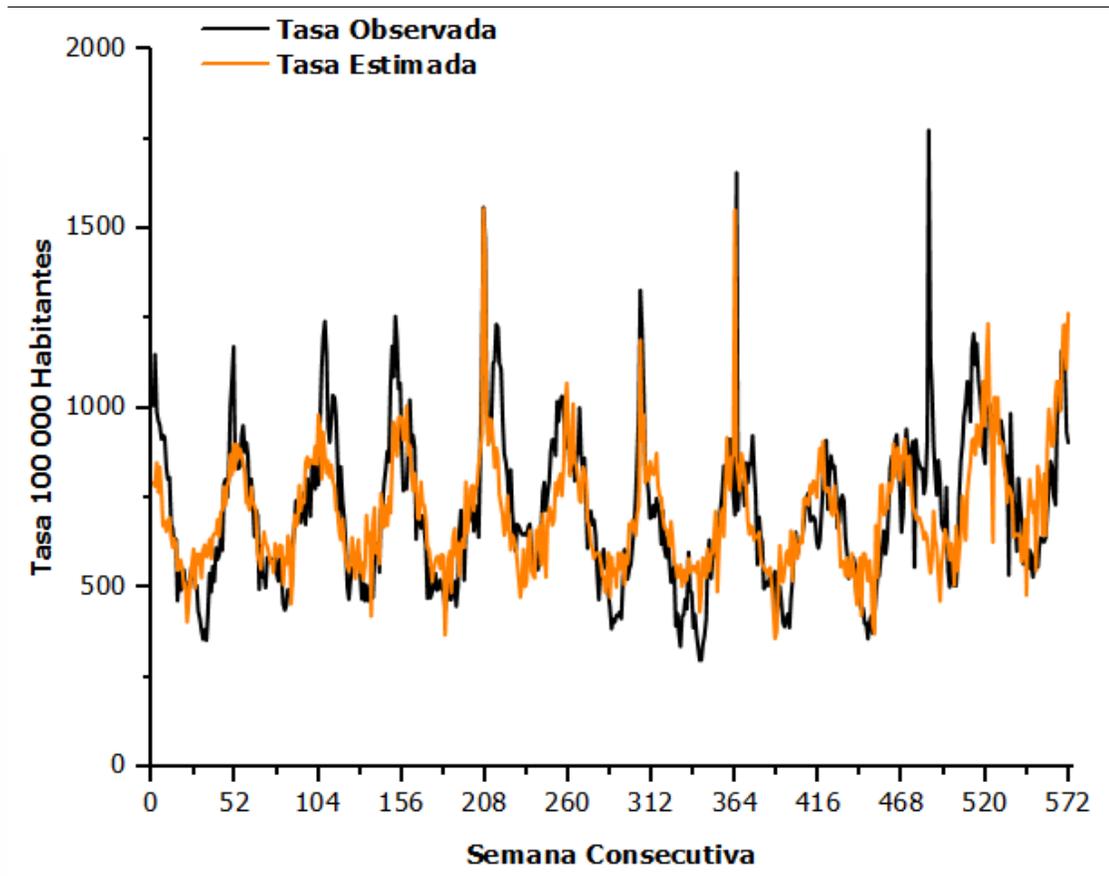


Figura 13. Comparación de la tasa real comparada con la tasa modelada.

Del modelo anterior se observa que la temperatura mínima es la dicta los máximos de morbilidad por IRAs, por lo que se procedió a calcular las anomalías para la Tmin mensuales y se graficaron para observar su tendencia (Figura 14.) así mismo se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para determinar si guardan alguna relación con la tasa IRAs. (Tabla 13).

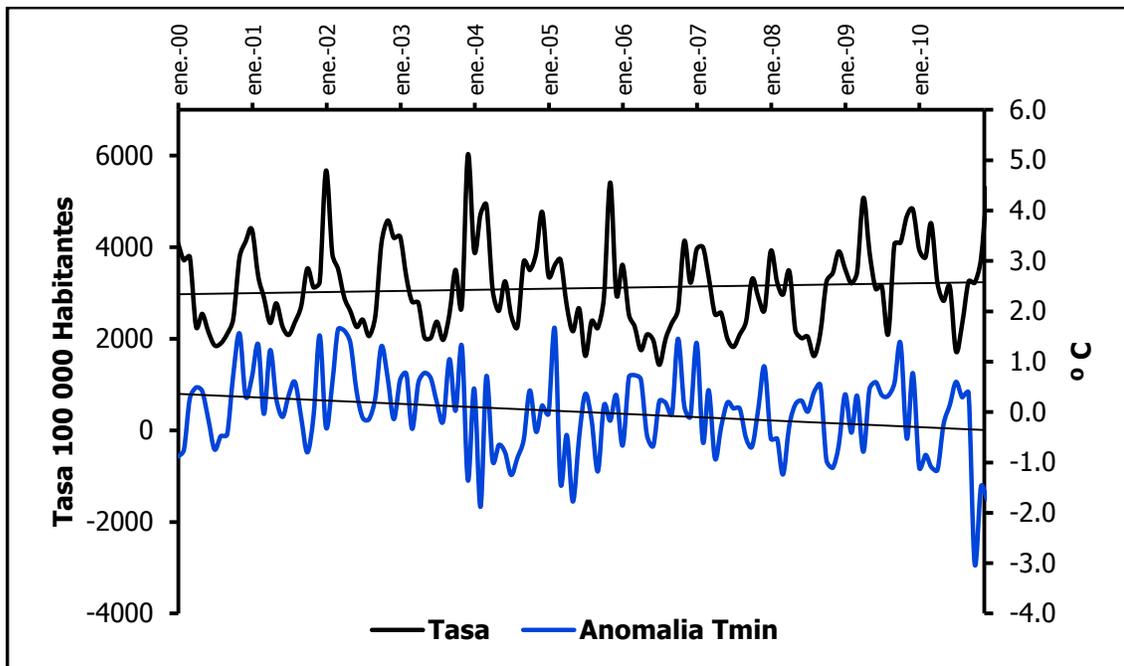


Figura 14. Tendencia mensual de las anomalías de Tmin en el estado de Aguascalientes del 2000 al 2010.

Tabla 13. Correlación de Spearman de la Tasa IRAs y las anomalías de la Tmin

Variable	Coef. Correlación	Valor P
Anomalia Tmin	-0.05	0.36

Para determinar los valores de las variables meteorológicas a las cuales la tasa de morbilidad por IRAs presenta los máximos valores, se hicieron graficas de superficie para determinar estos valores críticos (Figura 15 y Figura 16).

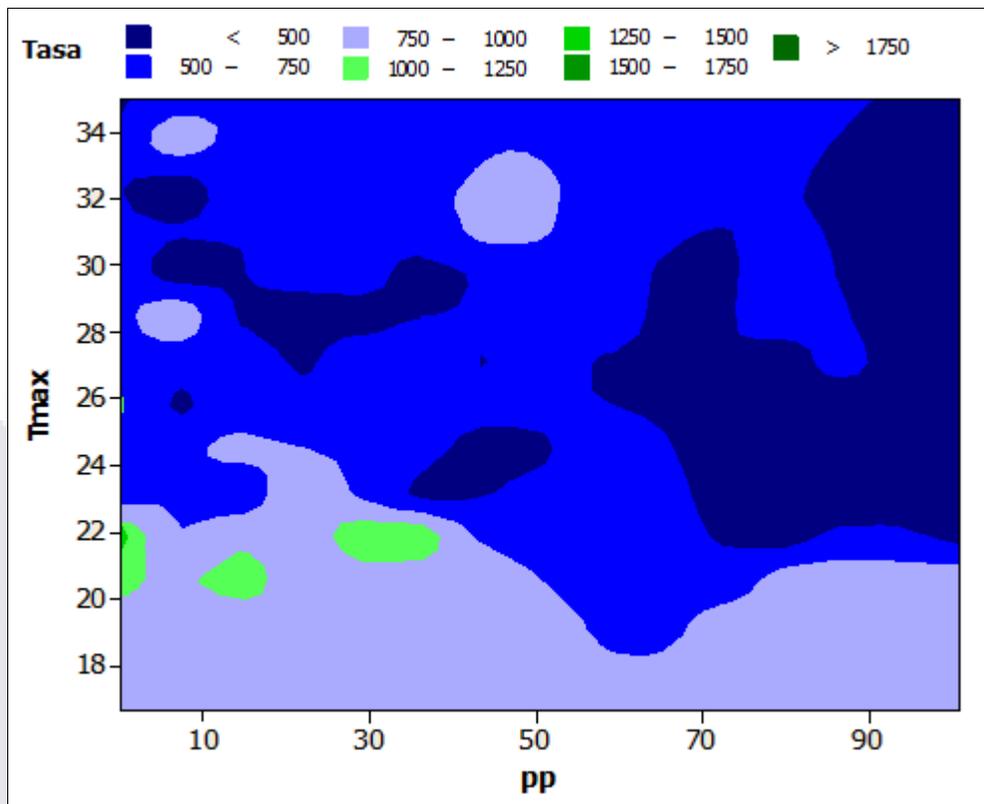


Figura 15. Grafica de superficie de valores de Tmax y pp críticas.

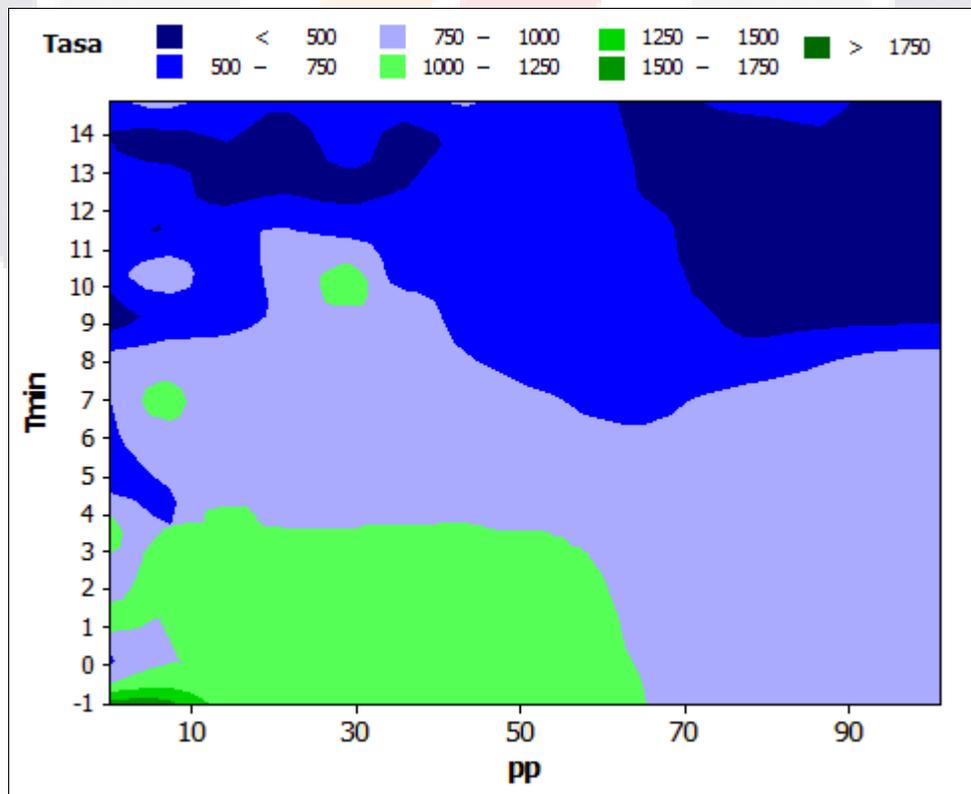


Figura 16. Grafica de superficie de valores de Tmin y pp críticas.

Relación de NO₂, Tmin y Tmax con respecto a la Tasa IRAs en el municipio de Aguascalientes.

Además de la relación de las variables meteorológicas con la Tasa de IRAs a nivel estatal y municipal, para el municipio de Aguascalientes se incluyó la concentración de NO₂.

Así pues para conocer la tendencia de la tasa de morbilidad IRAs, se construyó una gráfica de tendencia para observar su comportamiento para cada mes del año en el periodo de estudio (2000-2010), incluyendo en el mismo la concentración de NO₂, Tmin, Tmax y la PP (Figura 17).

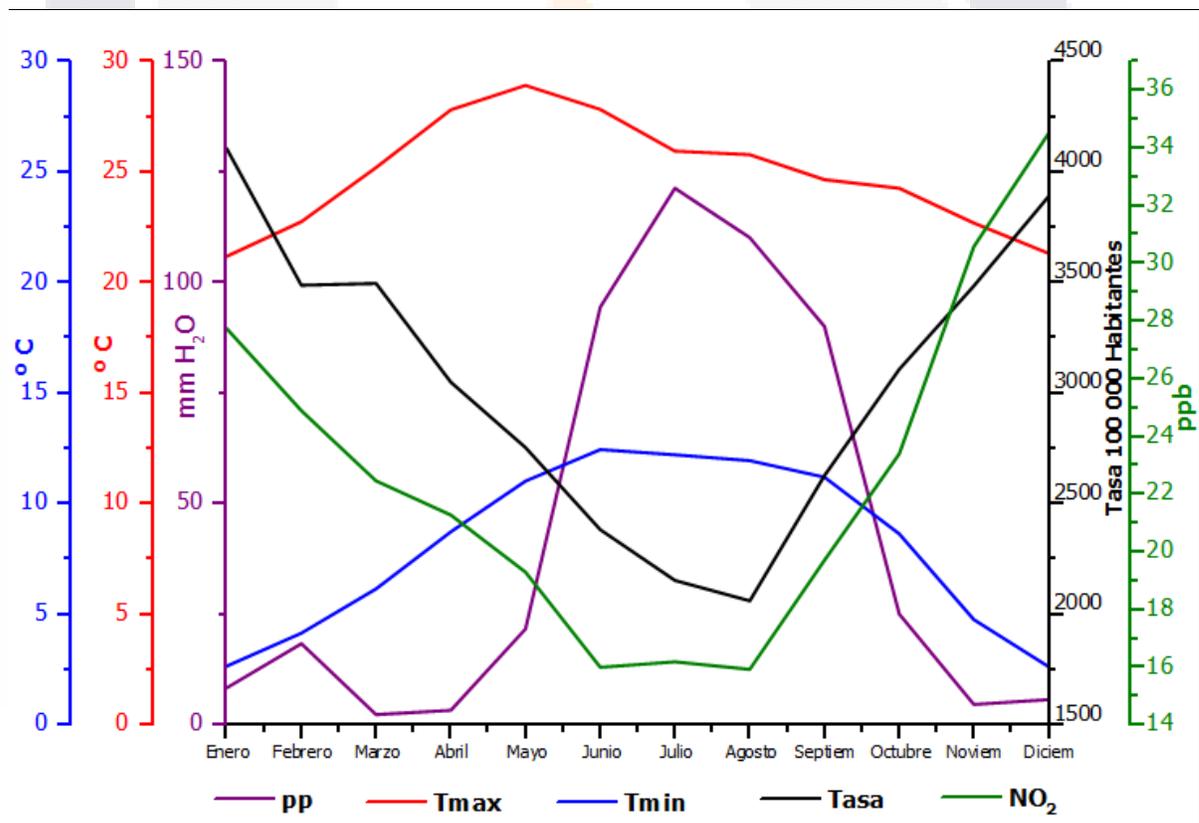


Figura 17. Tendencia anual de la Tasa de morbilidad de IRAs, la pp mensual, Tmax y Tmin mensual y la concentración de NO₂, en el municipio de Aguascalientes para el periodo de estudio 2000-2010.

Posteriormente se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para la tendencia de las variables meteorológicas con respecto a la tasa por IRAs (Tabla 14).

Tabla 14. Correlación Spearman en base a la Tendencia anual para las variables meteorológicas y la concentración de NO₂ con respecto a la Tasa IRAs

Variable	Coeficiente Correlación	Valor p
<i>PP</i>	-0.87	0
<i>Tmax</i>	-0.73	0
<i>Tmin</i>	-0.96	0
<i>NO₂</i>	0.89	0

Después de analizar la tendencia anual se procedió a analizar por separado la Tasa de morbilidad por IRAs mensual con cada una de las variables (Tabla 15) así como los estadísticos descriptivos para cada una durante el periodo de estudio del 2000 al 2010 (Tabla 16).

Tabla 15. Correlación de Spearman de las variables de estudio para el municipio de Ags.

Variable	Coeficiente Correlación	Valor P
<i>NO₂</i>	0.44	0
<i>PP</i>	-0.47	0
<i>Tmax</i>	-0.61	0
<i>Tmin</i>	-0.72	0

Tabla 16. Estadísticas descriptivas para las variables de estudio en el municipio de Aguascalientes

Variable	No. Datos	Media	SD	Min	Max
<i>Tasa</i>	132	2989	922	1338	6298
<i>NO₂</i>	72	22.7	12.3	0.3	55.5
<i>pp</i>	132	42.2	55.1	0.0	222.5
<i>Tmax</i>	132	24.9	2.6	19.3	29.9
<i>Tmin</i>	132	8.1	3.8	0.5	13.5

La figura 18 muestra de manera gráfica la relación entre la Tasa de IRAs y la concentración de NO₂:

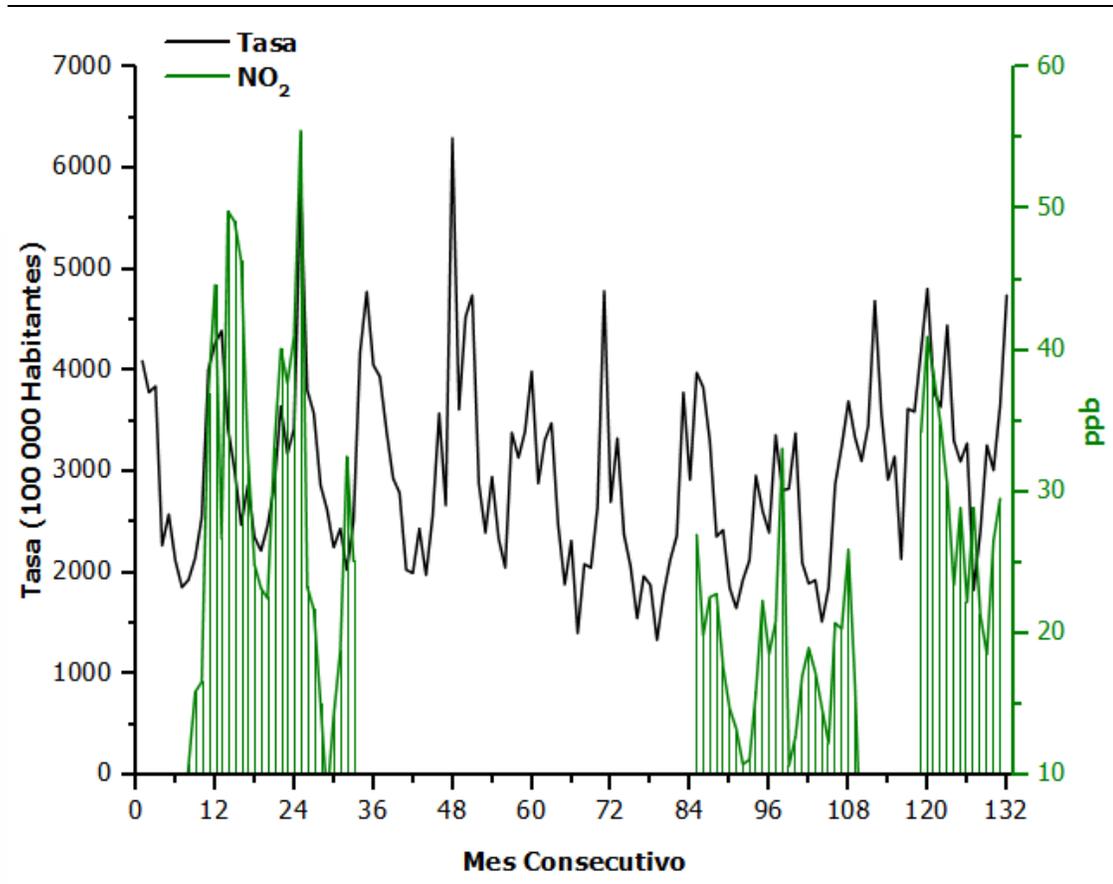


Figura 18. Relación de Tasa IRAs mensual con respecto a la concentración del NO₂ en el aire, en el municipio de Aguascalientes para el periodo de estudio 2000-2010.

Población Vulnerable

Para determinar la población más vulnerable a padecer IRAs, se calculó la tasa de morbilidad por IRAs para cada grupo etario, la siguientes grafica muestran la distribución de la Tasa por IRAs según el grupo etario a nivel estatal (Figura 19) y en cada uno de los municipios (Figura 20, Figura 21 y Figura 22):

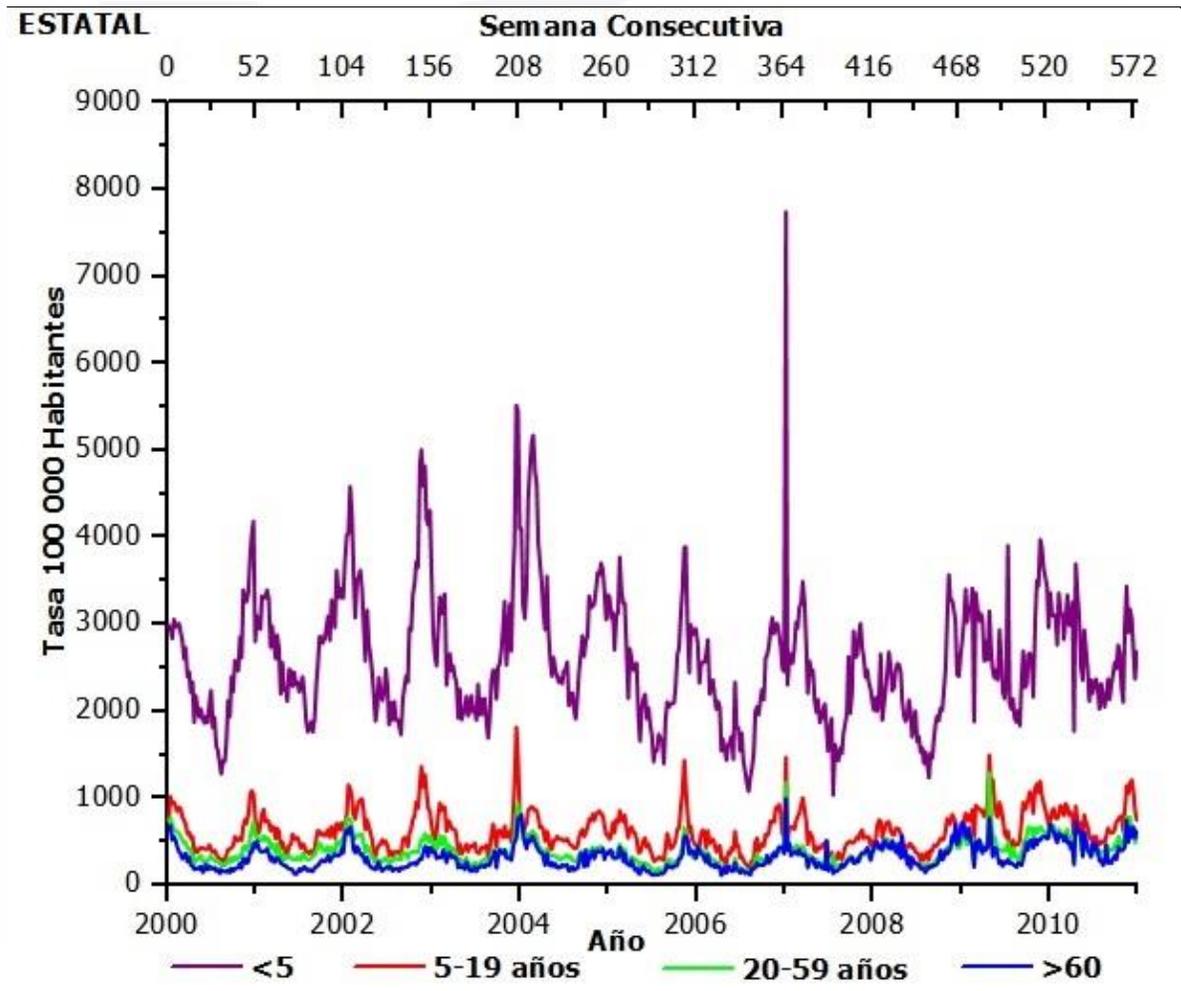


Figura 19. Tasa IRAs por grupo etario y total en el estado de Aguascalientes durante el periodo 2000 al 2010.

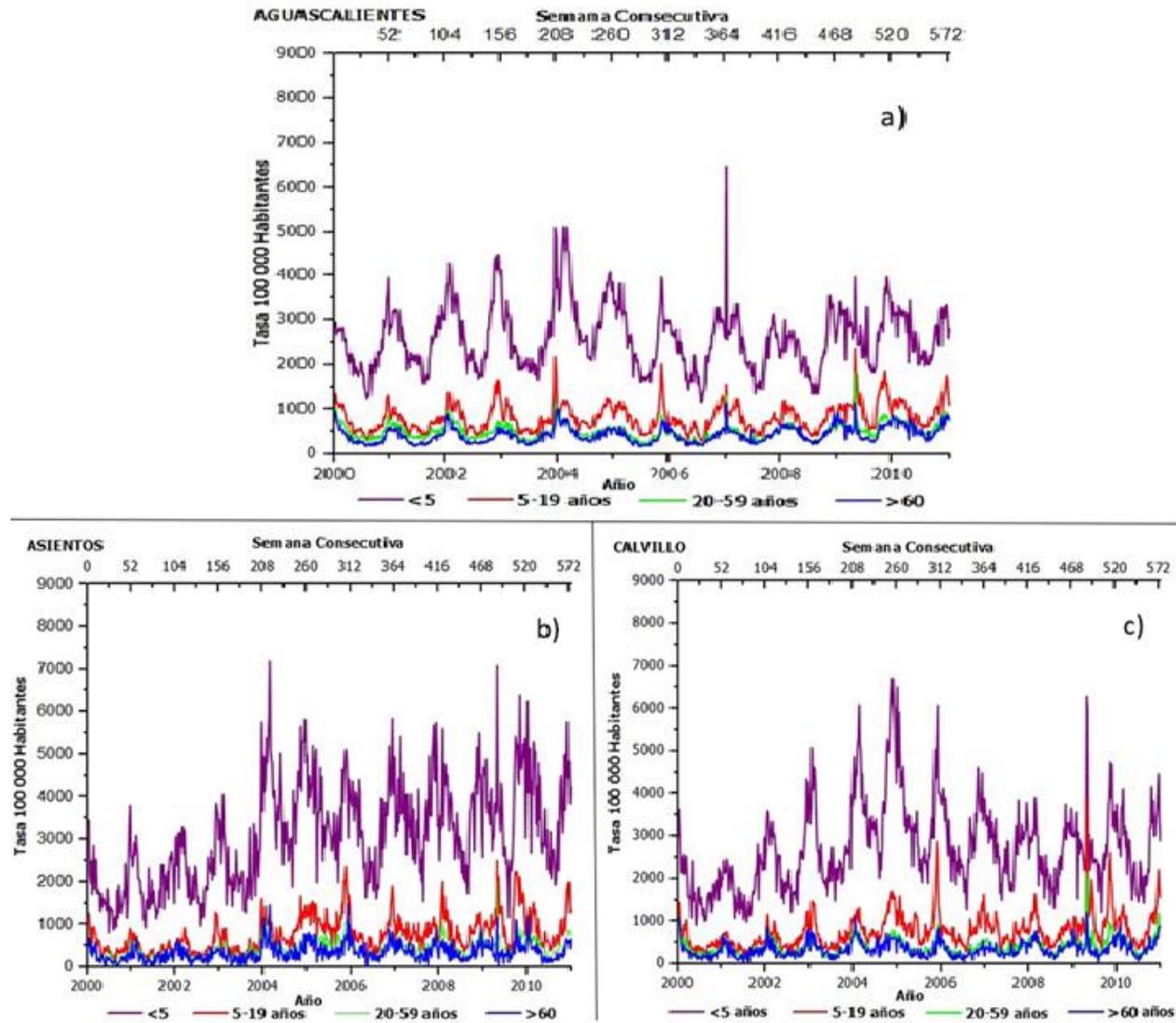


Figura 20. Tasa IRAs por grupo etario en el municipio de a) Aguascalientes, b) Asientos y c) Calvillo durante el periodo 2000 al 2010.

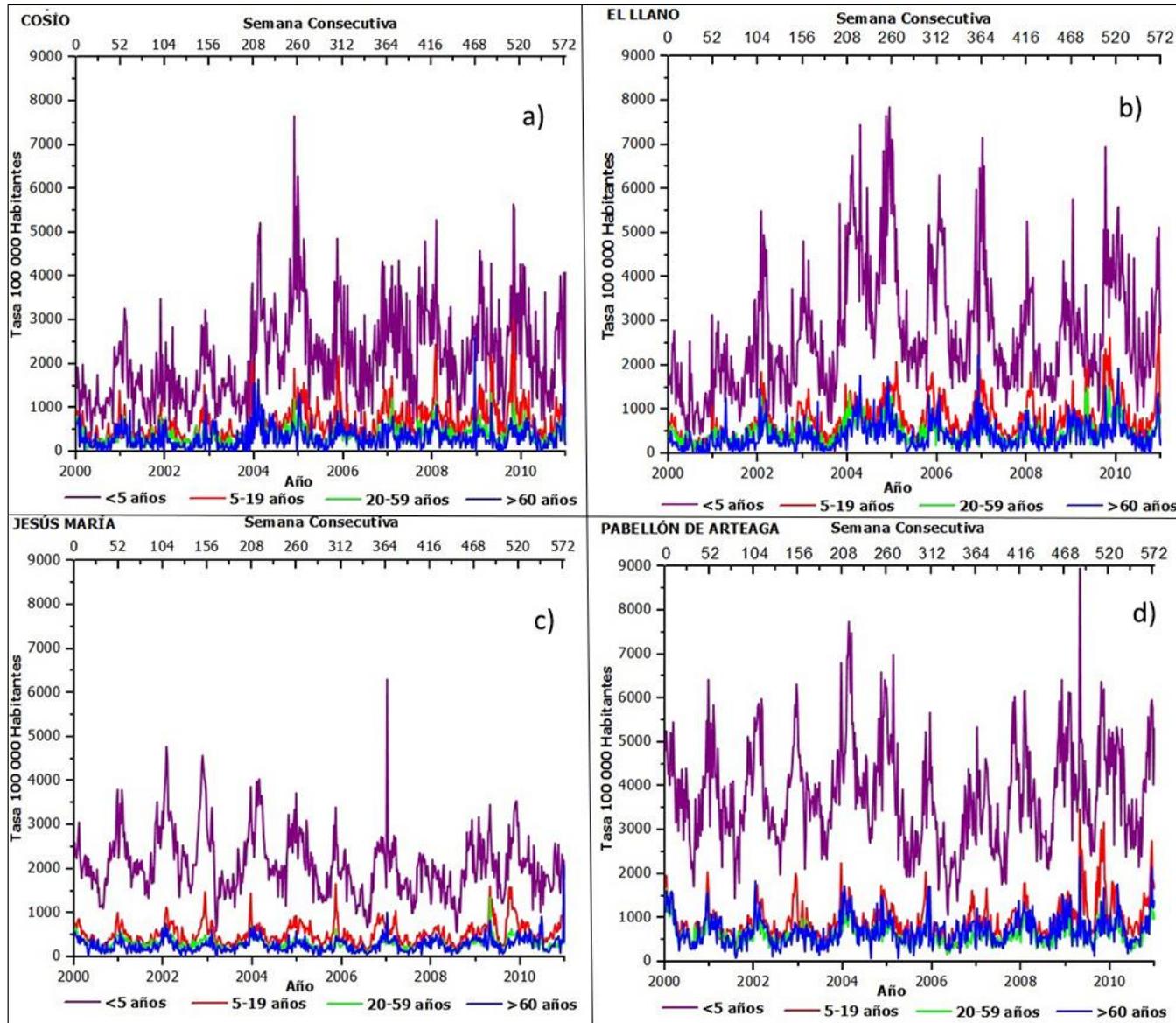


Figura 21. Tasa IRAs por grupo etario en el municipio de a) Cosío, b) El Llano, c) Jesús María y d) Pabellón de Arteaga.

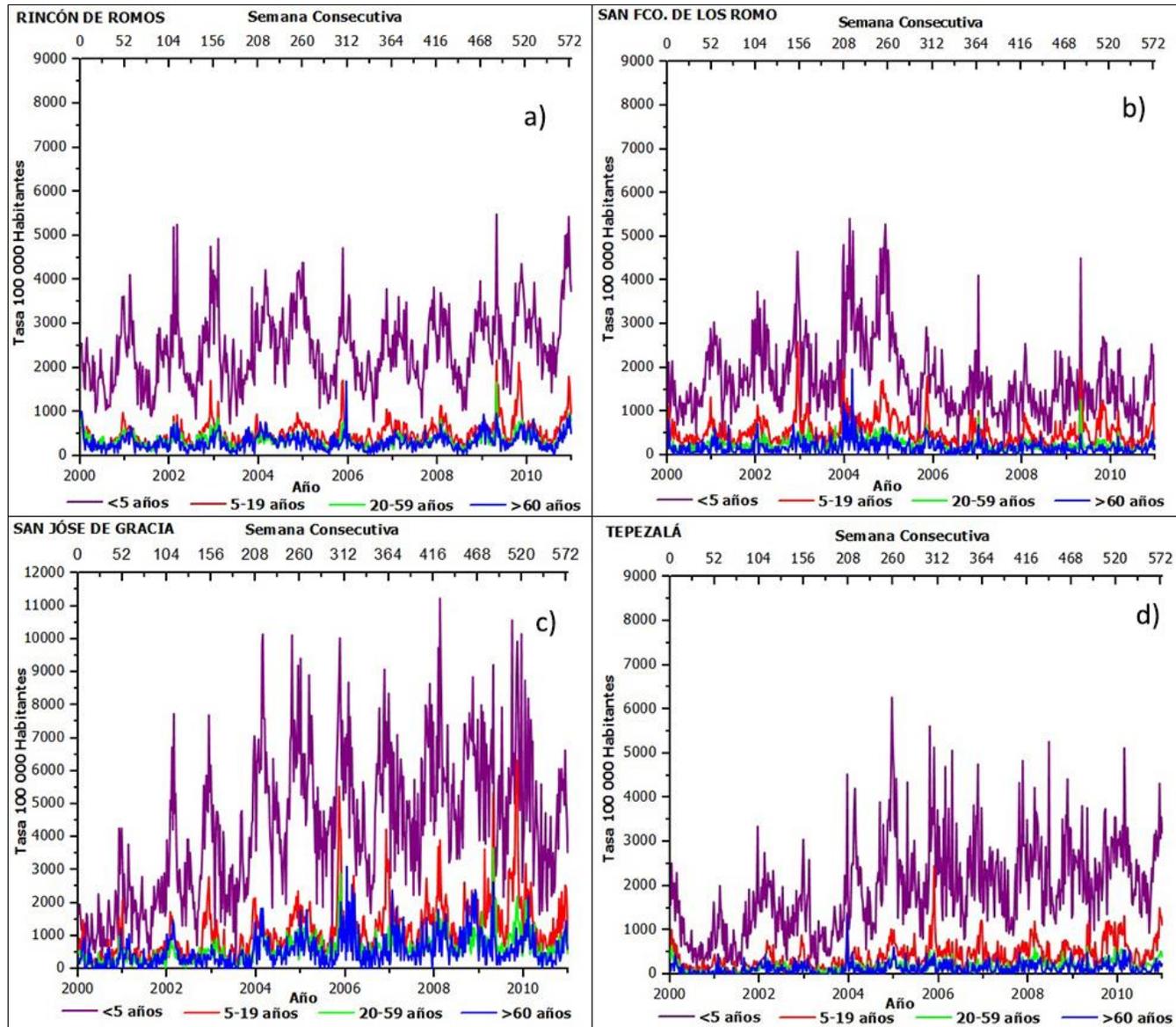


Figura 22. Tasa IRAs por grupo etario en el municipio de a) Rincón de Romos, b) San Fco de los Romo, c) San José de Gracia y d) Tepezalá del 2000-2010

Ya que en las figuras anteriores se observa que los niños menores de 5 años son los más susceptibles a padecer IRAs y en base a varios autores que manejan que los adultos mayores de 60 años es otro grupo susceptible se calculó la población total en el estado de estos grupos etarios en el periodo de estudio, resultando que estos representan el 18.2% de la población total

Del total de la población vulnerable se calculó la distribución de está en el estado (Figura 23).

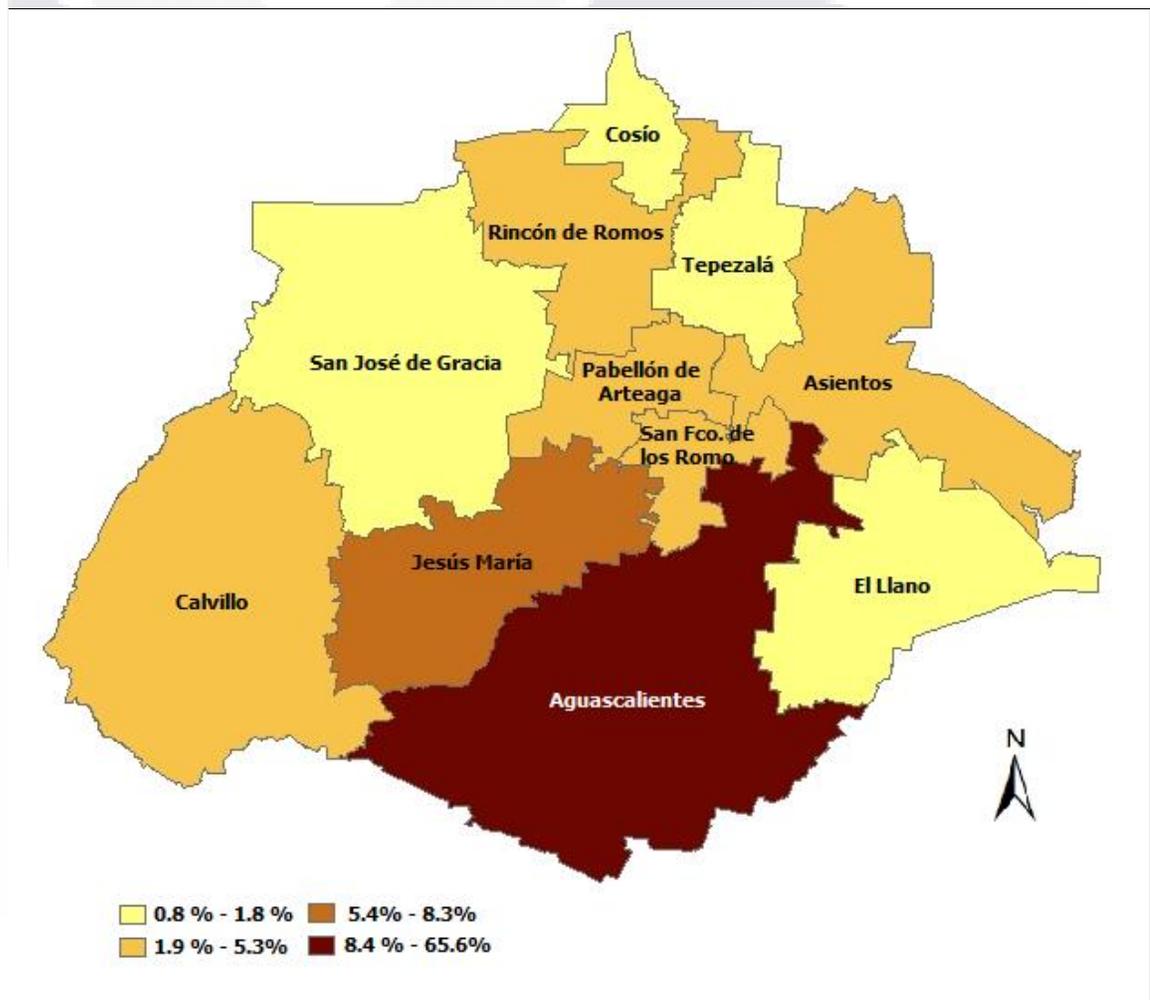


Figura 23. Distribución de la población vulnerable de acuerdo a la edad en el estado de Aguascalientes.

Además para determinar que municipio presento mayor incidencia de IRAs en el periodo de estudio se calculó la Tasa acumulada del 2000 al 2010 y se procedió a graficar para observar que municipios presentaron la mayor morbilidad a nivel estatal (Figura 24).

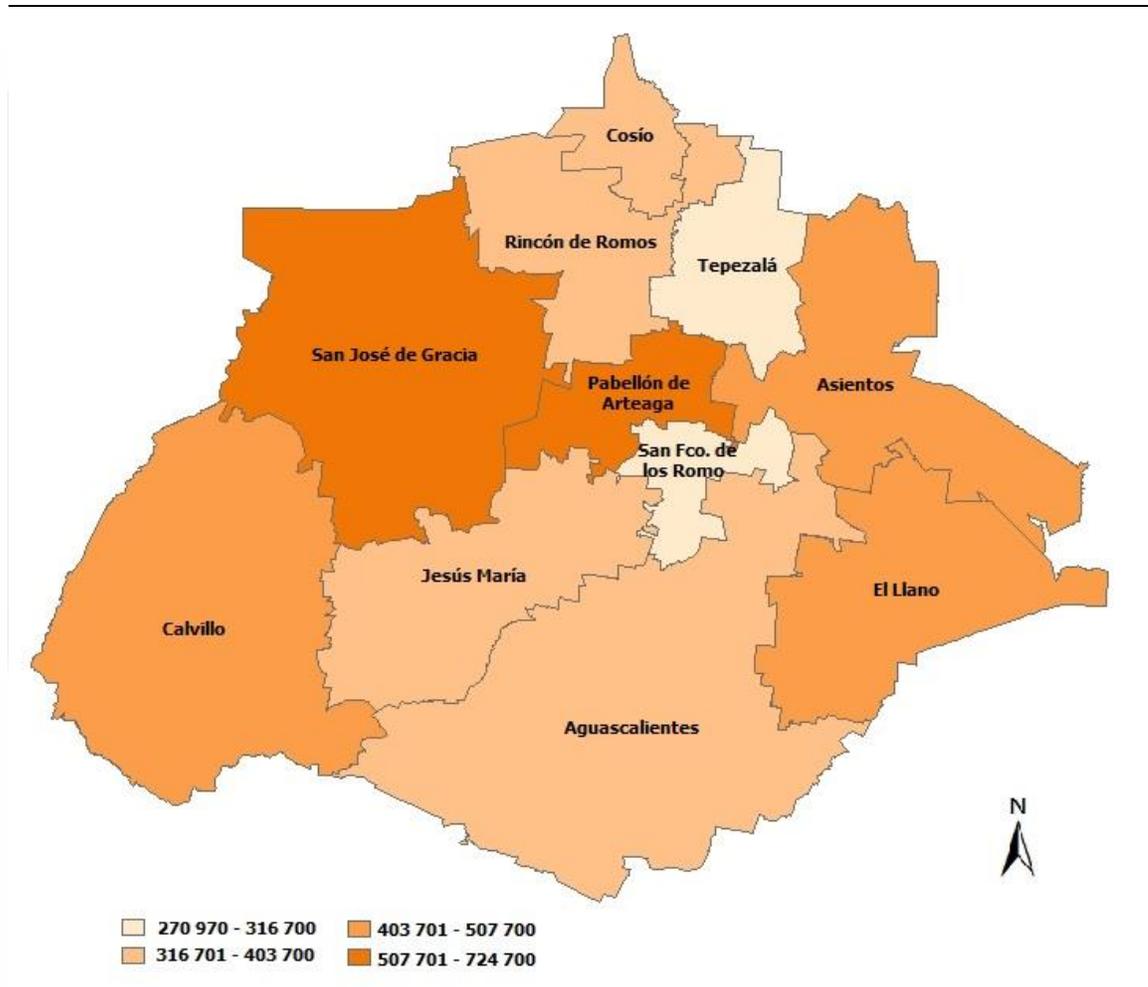


Figura 24. Tasa Acumulada en los municipios del estado de Aguascalientes durante el periodo 2000-2010

Análisis de las variables meteorológicas promedio del periodo 2000 al 2010 en el estado de Aguascalientes.

En base a las 40 estaciones de estudio se calcularon los valores medios de la precipitación anual acumulada, la Temperatura máxima y la temperatura mínima del periodo de 2000 al 2010 para el estado de Aguascalientes (Figura 25, Figura 26 y Figura 27).

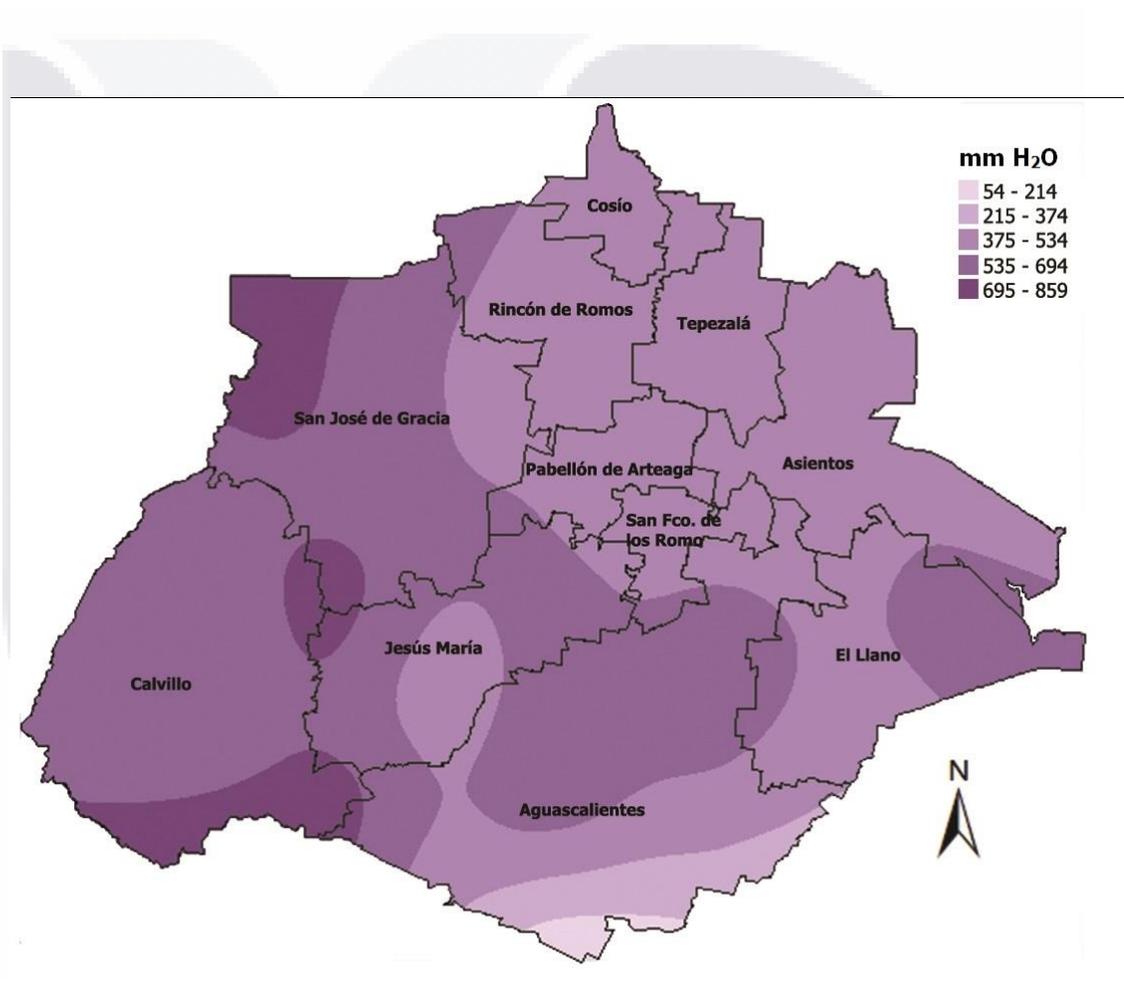


Figura 25. Cartografía del Estado de Aguascalientes de la precipitación acumulada anual promedio del periodo 2000 al 2010

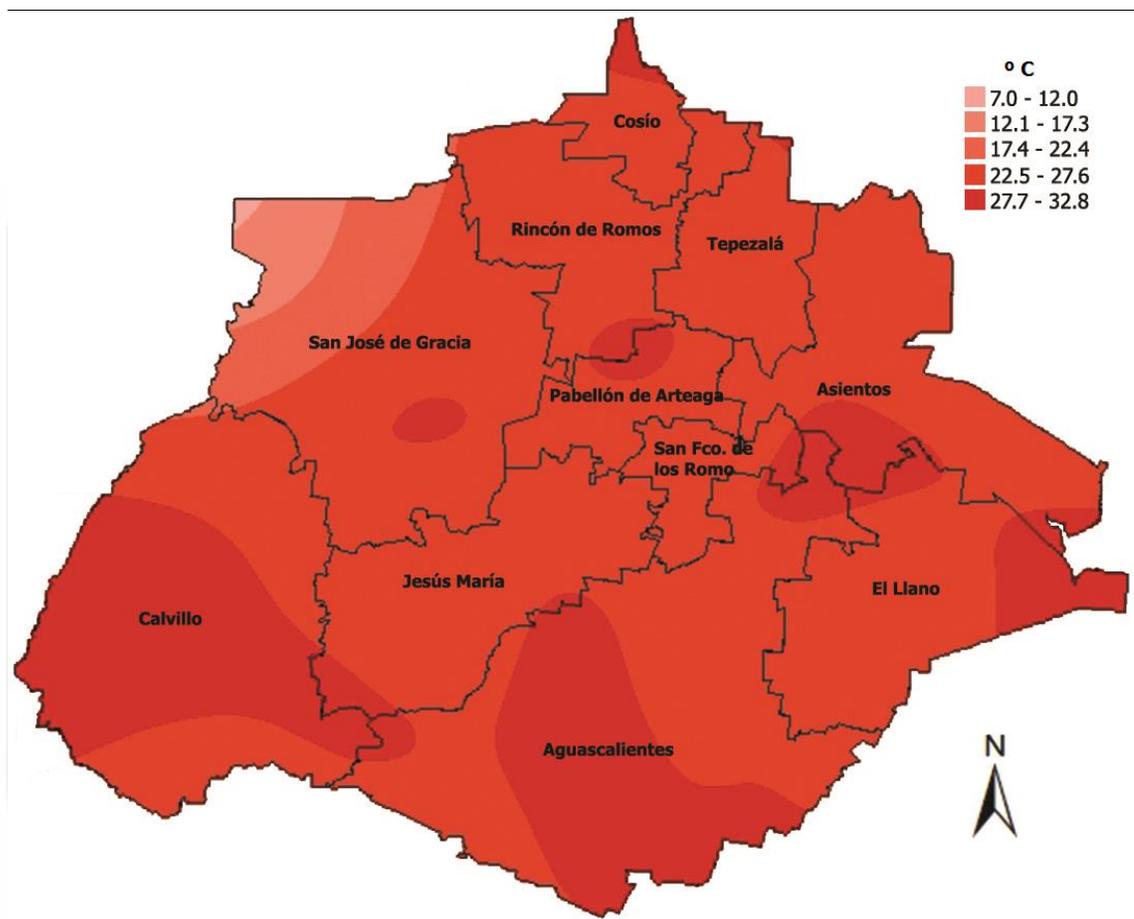


Figura 26. Cartografía del Estado de Aguascalientes de la Temperatura Máxima promedio del periodo 2000 al 2010.

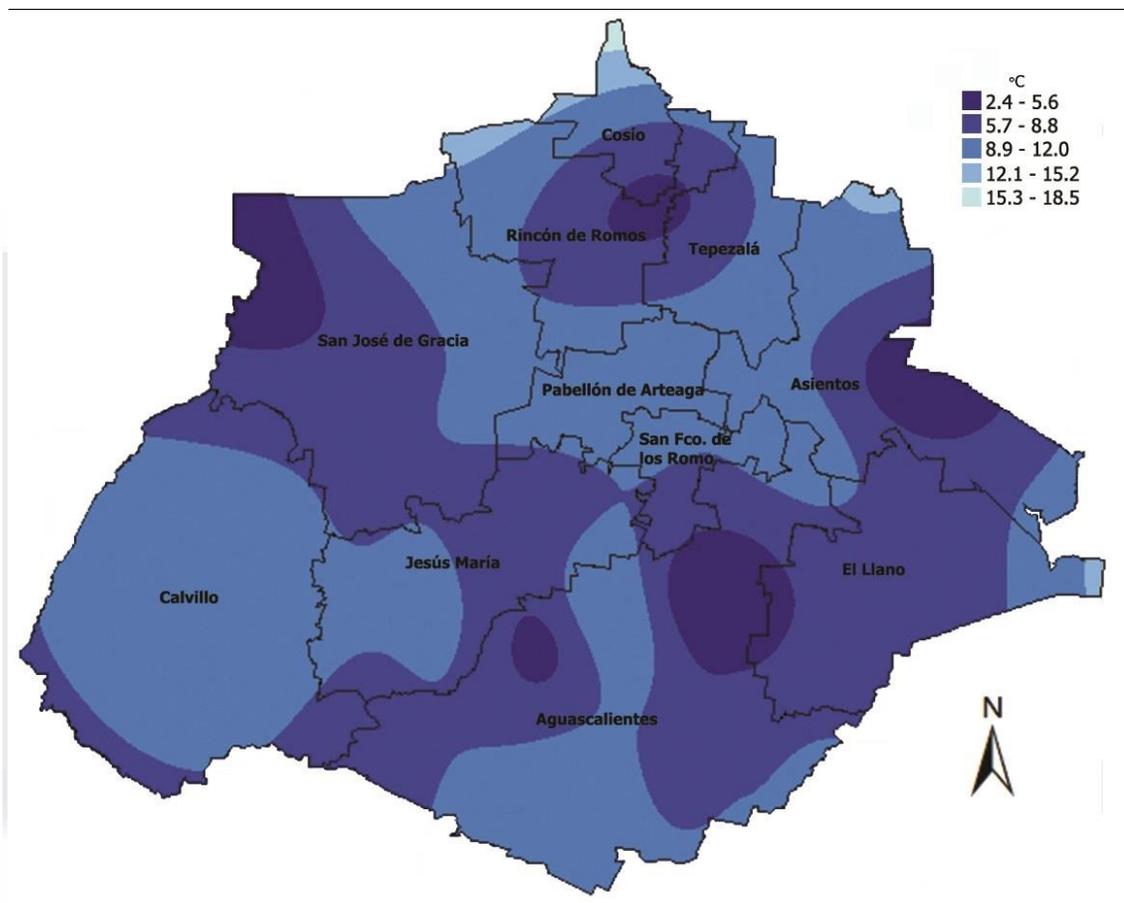


Figura 27. Cartografía del Estado de Aguascalientes de la Temperatura mínima promedio durante el periodo 2000 al 2010

Encuestas

De acuerdo a las personas que contestaron la encuesta el 27.8 % mencionó padecer alguna enfermedad recurrente, el 72.2% menciona que si las cuales se describen en la gráfica 28.

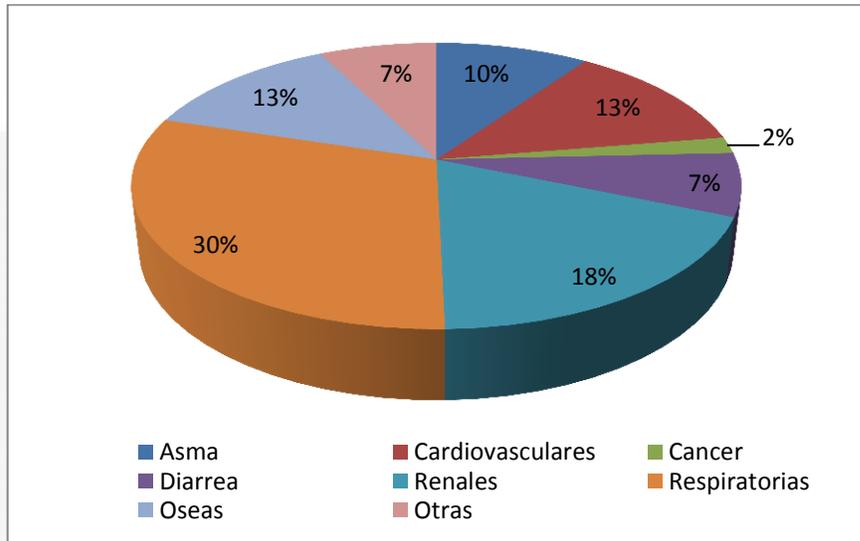


Figura 28. Enfermedades recurrentes en la población del estado de Aguascalientes.

Cuando la población padece alguna enfermedad las medidas que toman se muestran en la figura 29.

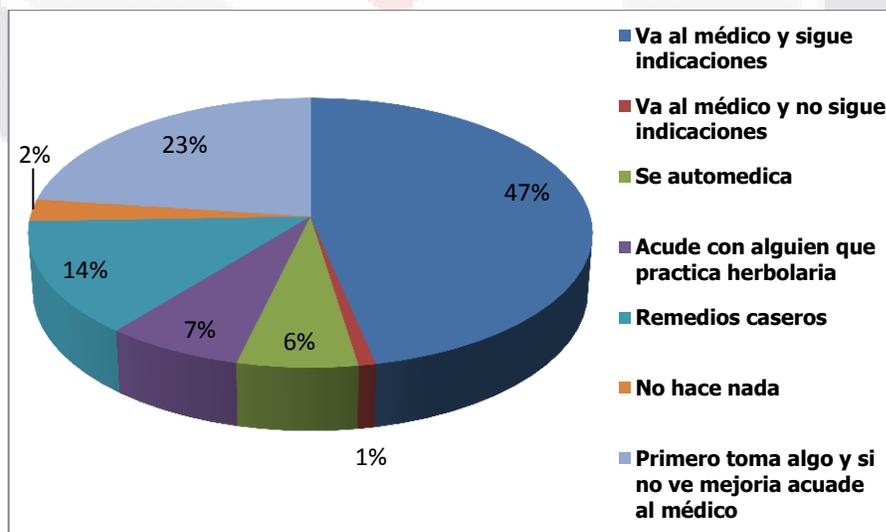


Figura 29. Acciones que la población toma cuando alguien enferma.

De acuerdo a las encuestas el tiempo de espera para acudir al médico desde que aparecen los síntomas de una enfermedad respiratoria se describe en la figura 30.

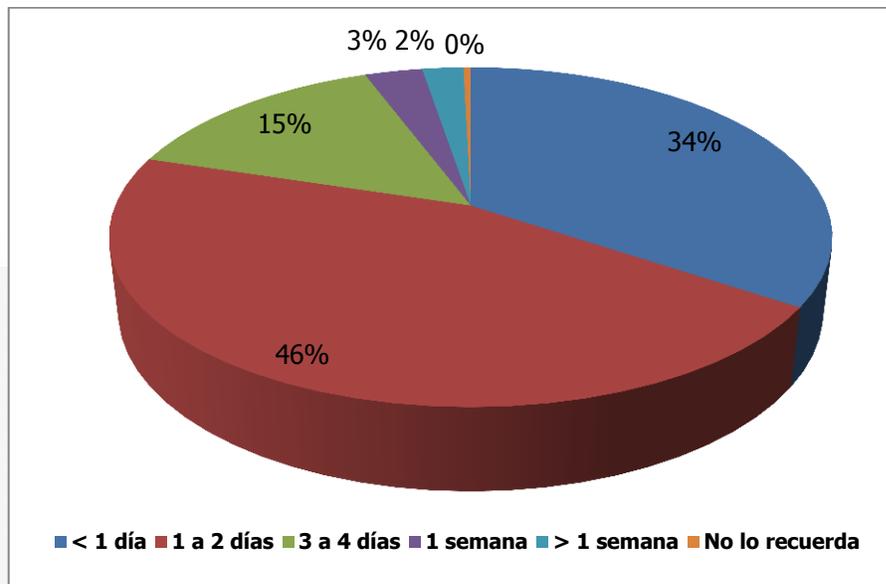


Figura 30. Tiempo de espera de la población para acudir al médico.

El promedio del número de veces que los integrantes de la familia de las personas que contestaron el cuestionario padecen una enfermedad respiratoria al año se describen en la Figura 31.

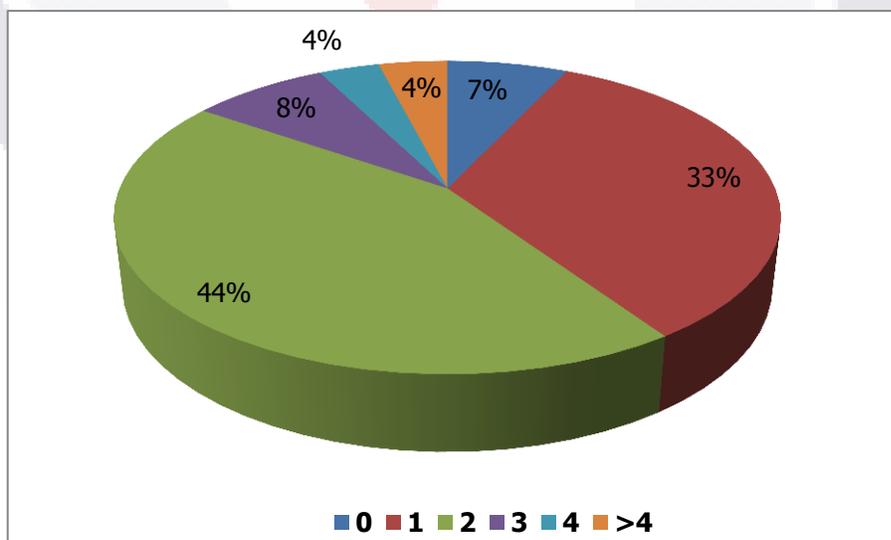


Figura 31. Número de veces al año que la población padece alguna enfermedad respiratoria.

Y por último la época o meses del año en los cuales la población percibe se enferma se representan en la Figura 32.

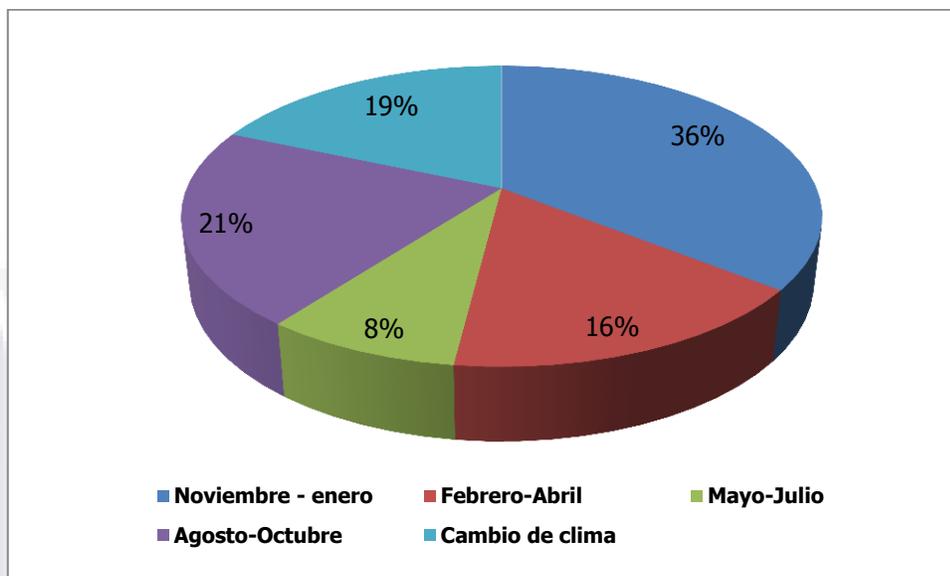


Figura 32. Periodo del año en el cual la población percibe se enferma.

Modelo conceptual

Para verificar que los indicadores calculados guarden alguna relación entre ellos, se elaboró el modelo conceptual utilizando la metodología GEO salud ya que este instrumento es utilizado para evaluar la relación entre el medio ambiente y la salud humana en la figura 33, se observa el modelo conceptual en donde observamos que tasa por IRAs es un indicador de efecto a la salud.



Figura 33. Modelo Conceptual de IRAs. El fondo azul claro abarca los componentes sociales, mientras que el fondo azul oscuro contiene los componentes ambientales. Las flechas azules concatenan las interacciones potenciales (que pueden ser mutuas o no) entre los componentes sin la mediación de las respuestas. Las flechas blancas indican las interacciones potenciales entre los componentes y la respuesta que la sociedad implementa para mitigar o adaptarse a los problemas de medio ambiente y salud.

La tasa de crecimiento anual calculada en base a los censos de población y vivienda INEGI 2000 Y 2010 fue de 2.55% anual. Alrededor del 50% de la Población del estado de Aguascalientes tiene entre 29 a 59 años edad y se ha observado a través del periodo de estudio que este porcentaje va en aumento conforme el tiempo al igual que la población con edad mayor a 60 años y caso contrario los menores de 5 años y los de entre 5 a 19 años van en decremento (Figura 34).

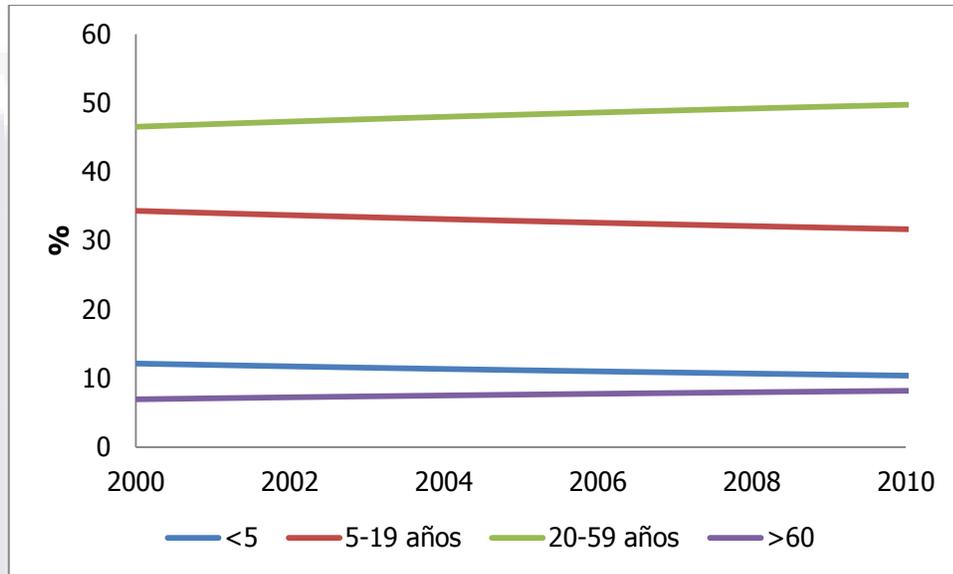


Figura 34. Estratificación de la población por grupos de edad.

Así mismo se ha observado que 5.4% incremento anual es decir en los del 2000 al 2010 el número de vehículos de motor registrados en el estado de Aguascalientes duplico su valor (Figura 35).

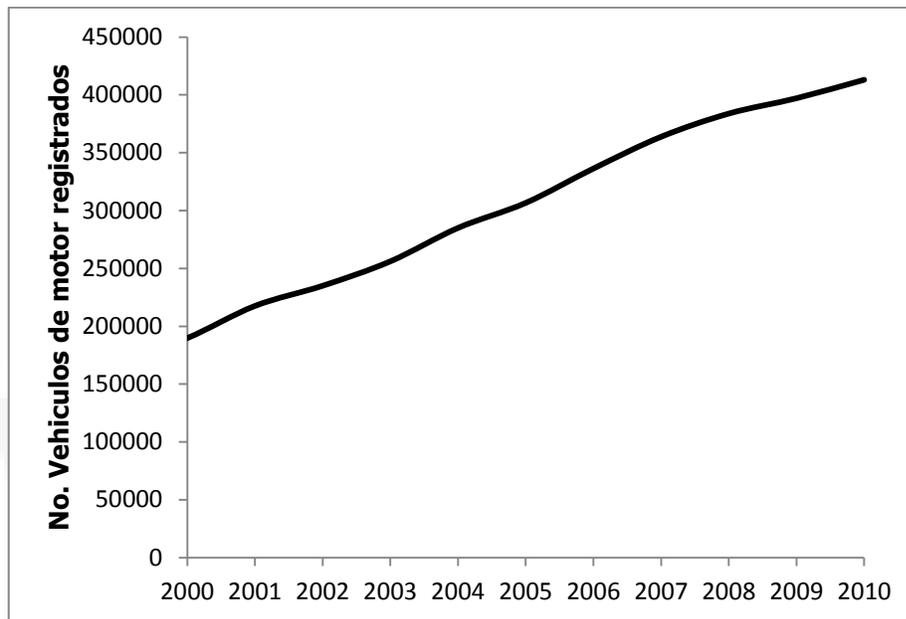


Figura 35. No. de vehículos de motor registrados durante los años del 2000 al 2010 en el estado de Aguascalientes.

Si bien los indicadores de estado ya se han calculado y descrito su relación con el indicador de efecto en este caso el Tasa por IRAs en este estudio, en las figuras 36 y 37 se presentan dichos indicadores pero con periodicidad anual así como las estadísticas descriptivas para estas variables además se incluyó la temperatura media para el periodo de estudio del 2000 al 2010 (Tabla 17).

Tabla 17. Estadísticas descriptivas para los indicadores de estado y efecto.

Variable	Media	SD	Min	Max
pp	528.7	97.8	394.9	674.7
Tmax	26.6	0.4	25.7	27.2
Tmin	8.6	0.4	7.9	9.3
Tmedia	17.6	0.4	17.0	18.0
Tasa	36525	4583	29422	44364
NO2	22.9	7.4	12.64	35.6025

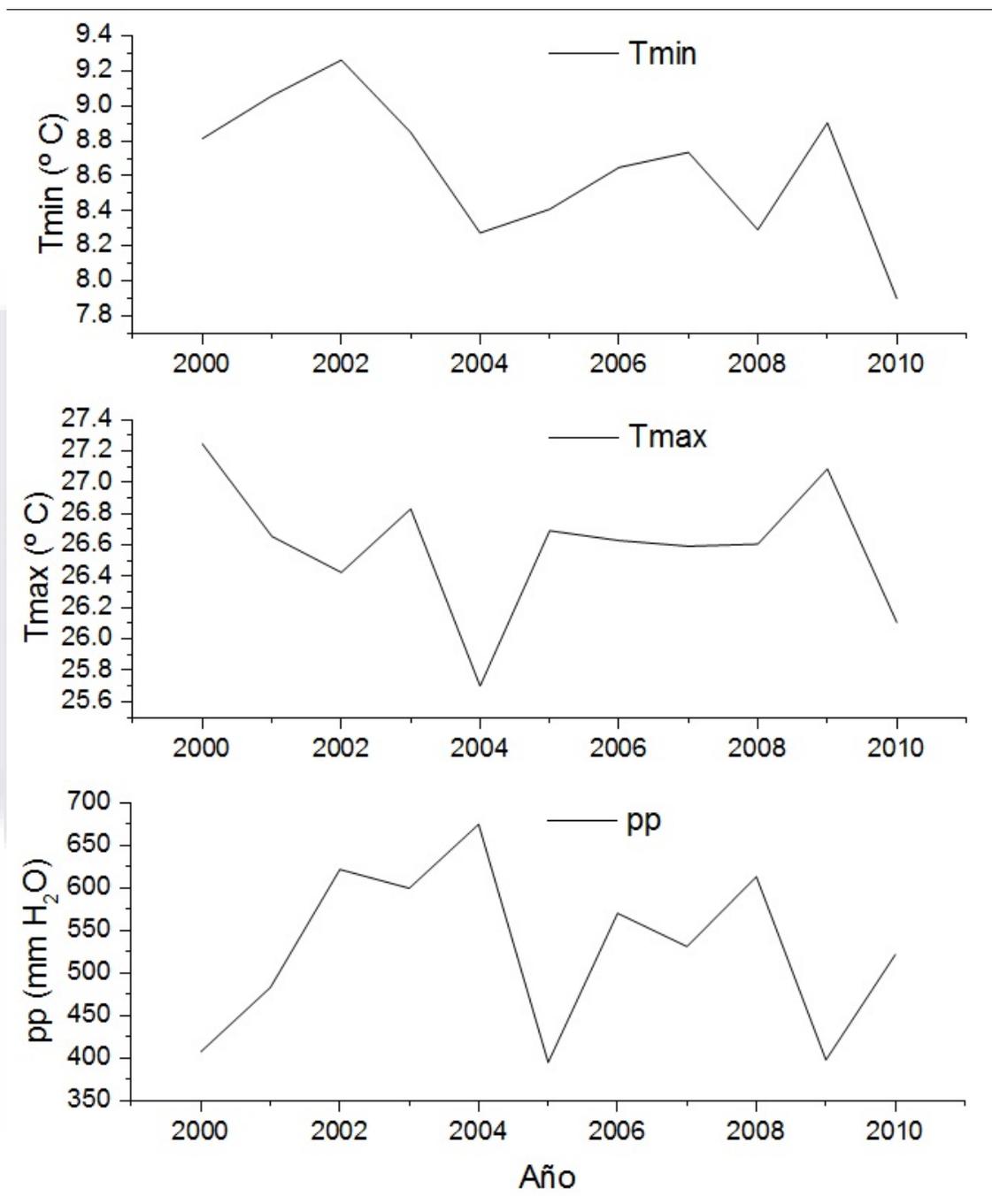


Figura 36. Tmin, Tmax y pp promedio anual para el periodo de estudio 2000 - 2010.

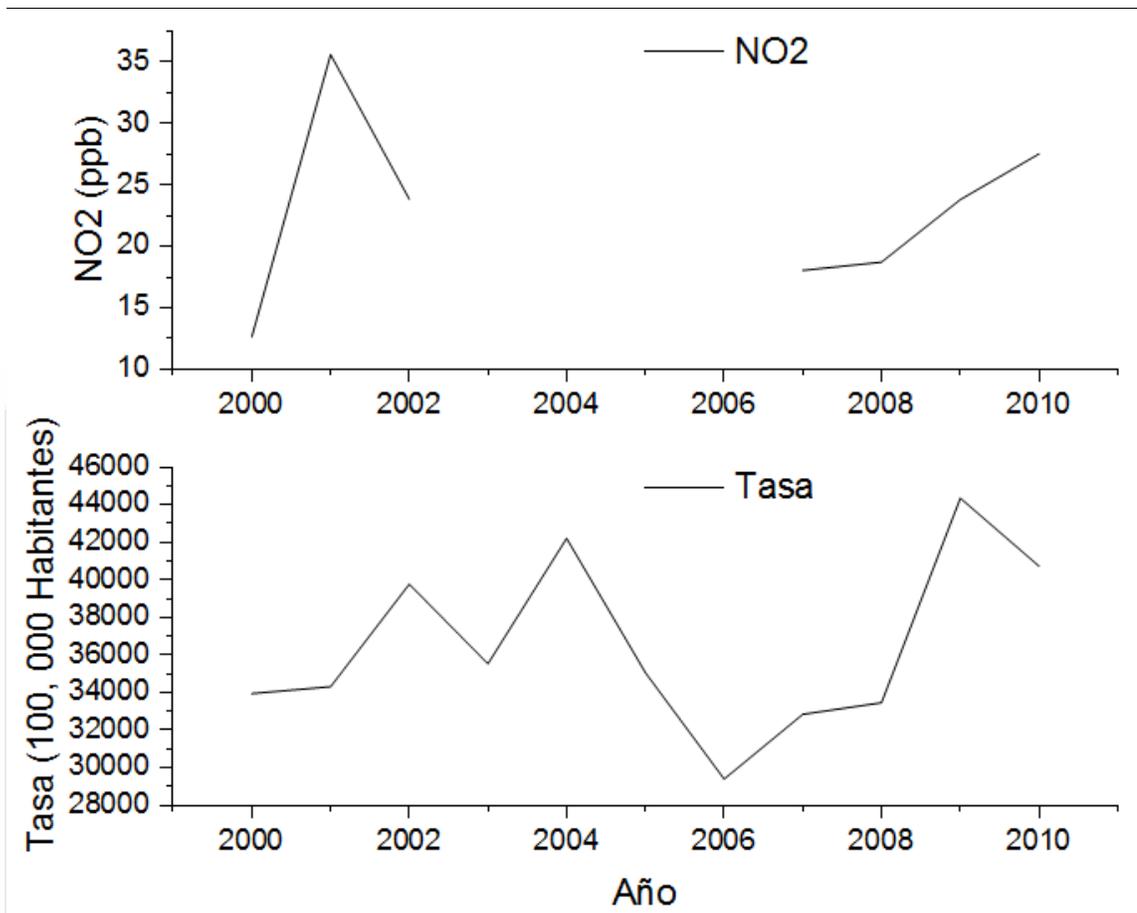


Figura 37. Concentración de NO₂ y tasa por IRAs promedio anual para el periodo de estudio 2000 - 2010.

Con respecto a los impactos ambientales, el número de días que exceden la concentración máxima permisible de NO₂, no se pudo calcular ya que solo se contaban con datos mensuales. Para el promedio anual de la concentración de este contaminante tampoco revisaron el límite de concentración en los años que se contaron con datos.

Para el registro de temperaturas y precipitaciones anormales, se observó que los días con temperaturas menores a 4°C se asocian a los valores máximos de la tasa de IRAs.

Y por último se constató que los menores de 5 años son los más susceptibles a padecer IRAs pues la tasa de morbilidad por IRAs en este grupo etario supera a la tasa total hasta en 3.7 veces más sus valor (Figura 38).

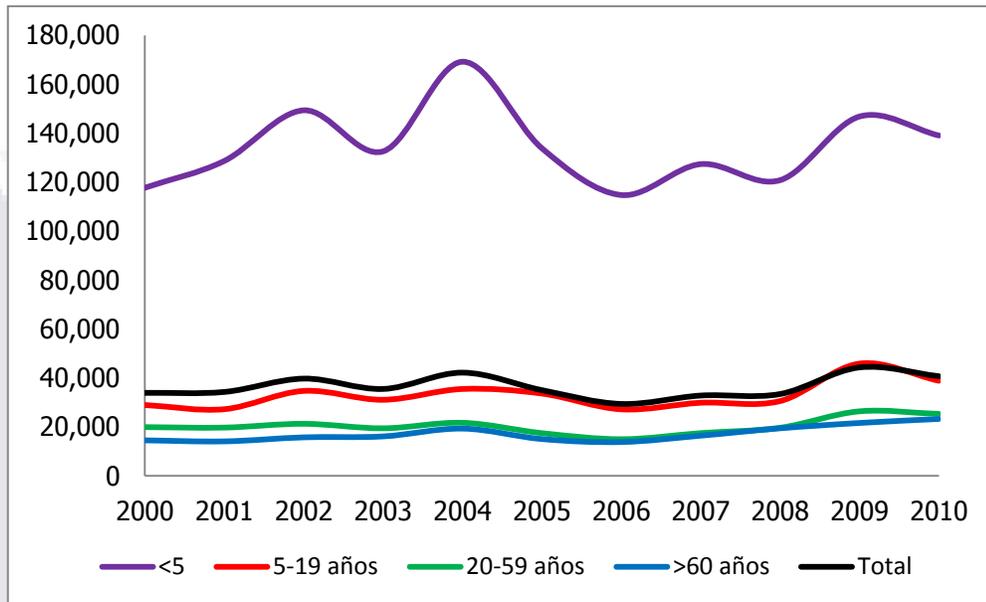


Figura 38. Concentración de NO₂ y tasa por IRAs promedio anual para el periodo de estudio 2000 - 2010.

Tabla 18. Estadísticas descriptivas para la Tasa IRAs anual para cada grupo etario.

Población	Media	SD	Máximo	Mínimo
<5 años	134,610	15,959	169,258	114,785
5-19 años	33,083	5,584	45,899	27,226
20-59 años	20,337	3,331	26,408	15,008
> 60 años	17,257	3,201	23,304	13,861
Total	36,880	4,604	44,718	29,701

Capítulo V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ya que varios autores mencionan que la toxicidad aumenta a máximos y mínimos de temperatura con respecto a temperaturas medias (Gordon, 2005; Jiménez & Kuhn, 2009; Santus et al., 2012), se decidió calcular la temperatura mínima promedio semanal (T_{min}) y la mínima registrada semanalmente (T_{min-}) así como la temperatura máxima promedio semanal (T_{max}) y la máxima registrada semanalmente (T_{max+}). Ya que la precipitación juega un rol muy importante en la dinámica de la deposición de los contaminantes atmosféricos (Galán & Fernandez, 2006) se calculó la precipitación acumulada semanalmente (pp). A estos parámetros se les realizó un análisis de correlación de Spearman entre los mismos y la tasa de morbilidad por IRAs a nivel estatal y municipal (Tabla 10). Observándose que para la pp los coeficientes variaron de -0.23 hasta -0.51, para la T_{max} se encontraron de -0.34 a -0.59, para la T_{max+} de -0.33 a -0.57, para la T_{im} de -0.43 a -0.74, para la T_{min-} de -0.43 a -0.74, para la oscilación de 0.04 a 0.53 y para la $Osc+$ de 0.11 hasta 0.46 en todos los casos la correlación fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) solo para la Osc en el municipio de Rincón de Romos no lo fue ($p 0.36$).

El coeficiente de correlación de Spearman oscila entre -1 y $+1$, el valor 0 indica que no existe asociación lineal entre las dos variables en estudio. Los signos positivos o negativos solo indican la dirección de la relación; un signo negativo indica que una variable aumenta a medida que la otra disminuye o viceversa, y uno positivo que una variable aumenta conforme la otra también lo haga o disminuye si la otra también lo hace. Así mismo Martínez Ortega, 2009 menciona que valores mayores de 0.5 indican una relación fuerte o moderada y menores de 0.5 una relación débil o escasa. En base a esto y ya que para la mayoría de los municipios y a nivel estatal la correlación fue débil para la Osc y la $Osc+$, se decidió descartar a estas como variables de estudio. Para las T_{min-} y T_{max+} se observó que en general la correlación fue menor en comparación a la T_{min} y T_{max} respectivamente. Al analizar los valores diarios de estas variables resultó evidente que los valores extremos no se sostenían, sino que eran variables y no reflejaban los valores reales a los que estaba expuesta la población la mayor parte de la semana; por lo tanto, se decidió elegir como variables de estudio a la T_{min} , T_{max} y pp .

En estudios anteriores se ha encontrado que los efectos de las variables meteorológicas no se observan inmediatamente si no algunos días después (2-3 días) (D'Amato et al., 2013; Santus et al., 2012) y en base a que la mayoría de la población (46%) en base a las encuestas realizadas contesto que acude al médico de 1 a 2 días después de que aparecen los síntomas, por lo que se procedió a hacer un análisis para determinar si los coeficientes aumentaban al desfazar una semana, la tasa de morbilidad de IRAs con respecto a las variables meteorológicas (Tabla 12), encontrándose que sucede lo contrario, los coeficientes de correlación disminuyen por lo que se decidió proseguir el análisis sin desfase.

Al analizar la estacionalidad de la Tasa IRAs para el periodo de estudio (Figura 9), se observa que las Infecciones Respiratorias Agudas presentan una marcada fluctuación estacional, la cual está en correspondencia con la marcha de las variaciones del clima en Aguascalientes. Según el patrón epidemiológico de la enfermedad, la mayor vulnerabilidad en el Estado, se manifiesta en los meses de enero a marzo y de noviembre a diciembre, coincidiendo con el periodo de déficit de precipitaciones, inestabilidad climática y bajas temperaturas, que caracterizan al periodo de invierno boreal. Esto coincide con lo que la población en general percibe en donde un 36% refirió que de noviembre a diciembre es cuando padecen de alguna IRA. Sin embargo se observa también que en el mes de agosto coincidente con valores positivos que señalan el incremento del periodo lluvioso y la disminución de la temperatura.

A medida que la temperatura máxima y mínima disminuye, la tasa IRAs aumenta y por el contrario cuando la precipitación disminuye la Tasa IRAs tiende a aumentar así pues esto concuerda con los signos negativos de los coeficientes de correlación de Spearman para la T_{min} y T_{max} y el signo positivo para la pp. Los valores mínimos de la Tasa IRAs se presentan en las semanas 18 a 35 (principios de mayo a finales de agosto) para la semana 36 (septiembre) se observa que comienza a aumentar hasta llegar a los valores máximos que se presentan de las semanas 45 a la semana 7 (noviembre a febrero), analizando los valores de las variables meteorológicas se observa que la variable que tiene un mayor cambio es la T_{min} que de estar en semanas anteriores alrededor de 6.8°C tiene un descenso de 1.9°C quedando alrededor de los 4.9°C. Es importante mencionar que además de las variables

meteorológicas la dinámica de morbilidad por IRAs depende de otros factores como lo son los culturales ya que se puede observar que para la semana 52 la tasa por IRAs disminuye, esto es de acuerdo con lo que el epidemiólogo del ISSEA manifestó: *"se ha observado que en periodos vacacionales la población no acude o son menos los que recurren a recibir atención médica"*, a esto se le puede atribuir la disminución de la incidencia de IRAs en la semana 52 la cual coincide con las fiestas decembrinas y el año nuevo. A partir de las semana 8 comienza a descender hasta llegar a las semanas con menor incidencia; sin embargo en la semana 16 y 17 (la segunda y tercera semana de Abril) se observa que estas dos semanas no siguen la tendencia a la baja. Al analizar los datos de cada año para estas semanas, observamos que la semana 17 corresponde a la semana de (21 al 28 de abril) semana en la que ocurrió el evento de la epidemia de la influenza, razón por la cual el valor alto está altamente influenciado por el valor extremo que se presentó en la semana 17 del 2009, si promediamos las semanas de los demás años del periodo de estudio quitando en específico esta semana obtenemos un promedio de tasa por 100,000 habitantes de 607, al igual al analizar las variables meteorológicas en estas semanas puede observarse que en la semana anterior a éstas (semana 15) la T_{max} oscila entre los 29.1°C y aumenta 1.4 °C en la semana 16 alcanzando 30.5°C esta semana se encuentra entre las semanas con mayor temperatura del año, además de caracterizarse por tener el segundo mayor incremento de temperatura de una semana a otra, además sobre estas fechas se realiza la Feria Nacional de San Marcos razón por la cual como también lo menciono el epidemiólogo *"entre que las temperaturas son altas y la población toma bebidas muy frías, aunado a esto que desean o faltan a sus centros de trabajo, deben de acudir al médico para justificar la inasistencia laboral"*. Desde el punto de vista toxicológico la temperatura ambiental afecta a la toxicidad de las sustancias, no sólo por su influencia en la velocidad de las reacciones químicas, sino también porque modifica la vasodilatación superficial (para favorecer o reducir las pérdidas de calor) y con ello altera el volumen de sangre circulante y, en consecuencia, la cantidad de tóxico que llega a los receptores (Jiménez & Kuhn, 2009).

En general, se puede decir que las IRA's en el municipio, aparecen a finales del otoño, predominan en invierno y presentan cierto repunte en los meses de transición en Aguascalientes. Estos datos demuestran que bajo un escenario de cambio climático en el que se intensificarían los extremos térmicos, la incidencia de las IRA's sería mucho mayor.

Para observar de manera visual se graficó la serie de tiempo de estudio para cada una de las variables meteorológicas con respecto a la tasa de morbilidad por IRAs (Figura 10, Figura 11 y figura 12) a nivel estatal. Concordando una vez más con los signos de los coeficientes de correlación de Spearman a menor temperatura ya sea mínima o máxima mayor tasa por IRAs y a menor precipitación menor tasa por IRAs.

Las IRAs han presentado un comportamiento irregular del 2000 hasta el 2010. En general sobresalen 3 puntos en donde la tasa de morbilidad fue mayor que para otras semanas el primero corresponde a la semana acumulada 207 (tercer semana de diciembre de 2003) alcanza valores de 1553 casos de IRAs por cada 100,000 habitantes, la segunda corresponde a la semana 365 (primer semana de enero de 2007) con 1656 casos de IRAs en 100, 000 habitantes y por último la semana 485 (última semana de Abril) alcanzando los 1774 casos en 100,000 habitantes; siendo el valor más alto registrado en el periodo de estudio, este valor se atribuye a que en México sobre estas fechas se presentó la pandemia de la influenza A(H1N1), pues durante el 2009 se observó un comportamiento diferente a años anteriores, ya que a partir de la semana epidemiológica 15 se presentó un incremento súbito y atípico de casos notificados de IRA en todo el país; estando estos muy por encima de lo observado en años anteriores (DGE, 2014), las autoridades de salud interpretaron esto como "un desplazamiento del pico estacional hacia el inicio del periodo primaveral" en el estado de Aguascalientes fue en la semana 17 del 2009 que se presentó el desplazamiento del pico estacional, esto fue porque los primeros casos se concentraron en el DF y el edo. de México y después se desplazaron hacia los demás estados de la república (Chowell et al., 2009; Fajardo et al., 2009).

Analizando las variables meteorológicas para las semanas 207 y 365, se observa que para el caso de la semana 207 la temperatura mínima registrada para esa semana fue de -1.9 lo cual podría explicar el valor atípico; con respecto a la semana 365 el valor para la Tmin en esa semana fue de 2.2, sin embargo al revisar la semana anterior se observa que la Tmin fue de -1.5 además esta semana fue la última del año 2006 por que una vez más concuerda con lo que le epidemiólogo del ISSEA comentaba que en las semanas 52 de cada año la población prefiere no asistir a recibir atención médica por lo que el valor alto de la tasa por IRAs se atribuye a la baja temperatura registrada una semana anterior.

El análisis de correlación de Spearman dio un indicio de qué variables Tmin, Tmax y pp pudieran servir como variables regresoras de la concentración, dando el siguiente modelo de regresión:

$$\ln \text{tasa} = -175.41 + 0.88 \text{Tiempo} + 7.14 \sin \frac{2\pi}{52} \text{Tiempo} - \beta_3 \cos \frac{2\pi}{52} \text{Tiempo} - 0.01 pp - 0.04 Tmax - 0.07 \ln Tmin$$

Se analizaron los residuales para verificar el grado en el que se cumplieron las hipótesis de homogeneidad de varianzas y normalidad de los residuales (Montgomery et al. 2006) dando una $p > 0.05$ lo cual indica que el modelo es adecuado. El modelo incluyó términos para el comportamiento estacional de las variables meteorológicas. Así mismo para mejorar la homogeneidad de varianzas y la normalidad de los promedios semanales, los valores de la Tmin y la Tasa por IRAs se transformaron mediante el logaritmo natural como otros autores han hecho (Correa, Rico, & Coronado, 2009; Ramos, Bautista, & Valdez, 2010) Del modelo se obtuvo un coeficiente de determinación de 56.88%, este coeficiente proporciona una medida de qué tan bien los resultados observados se replican por el modelo (Montgomery et al. 2006). El modelo tuvo la limitante de no incluir información de condiciones sociales ni económicas de la población, información que se considera de alta importancia para completar el entorno total (socioeconómico, ambiental, inmunológico y epidemiológico) que permita explicar la dinámica de la enfermedad en el área de estudio. El modelo propuesto tuvo las

limitantes de no incluir factores socioeconómicos de la población de estudio, que podrían justificar los valores máximos en la dinámica de la morbilidad.

Al graficar las tasa de IRAs observada contra la tasa estimada por el modelo (Figura 13) se observa que el modelo está describiendo los valores más extremos semana 207 y 365, para la semana 365 se observa que el modelo lo predice una semana antes (semana 364) pero como yo se había mencionado anteriormente puede deberse a que la población en general no acude a recibir atención médica en días festivos y la última semana de cada año se caracteriza por eso, viéndose reflejado a la semana siguiente. Con este modelo se puede comprobar que la temperatura mínima es la que dicta los máximos de morbilidad por IRAs, por lo que se procedió a calcular el indicador anomalías para la T_{min} mensuales observándose que existe una tendencia de las anomalías de la T_{min} hacia valores más pequeños o menores de cero (Figura 14) aunque la correlación de Spearman no fue significativa (Tabla 14), la tendencia nos indica que bajo un escenario de cambio climático en el que se intensifiquen los extremos térmicos, la incidencia de las IRA's sería mucho mayor.

Así mismo por la necesidad de determinar que indicadores de estado se asocian a la incidencia de IRAs y conocer las condiciones críticas a las cuales la población del estado de Aguascalientes alcanza valores epidémicos se construyeron graficas de superficies (Figura 15 y 16) de la Tasa por IRAs y las variables meteorológicas encontrando que a temperaturas menores de 4.0 °C se presentan los máximos de morbilidad, por lo que se calculó el número de días al que registran temperaturas igual o menores de a 4°C y se compararon gráficamente contra la Tasa de IRAs para cada año, observándose que de manera general del 2000 al 2007 esté indicador se relaciona en buena medida a la incidencia de las IRA sin embargo para el periodo 2008 al 2010 no se relaciona, para el 2009 sabemos que fue un año en el cual se suscitó la pandemia de la influenza por lo la elevada tasa por IRAs se atribuye a esto, ya para el 2010 la tasa disminuye considerablemente y es que es en ese año cuando la población comienza a tomar conciencia sobre aplicarse la vacuna contra la influenza pues desde el 2004 está se administra en nuestro país sin embargo es hasta finales de 2009 que el porcentaje de población recibe esta vacuna aumenta (Jimenez, Aguilar, Leon, Morales, & de Leon, 2012; SINAIS, SINAVE, DGE, 2011) además de esto la población toma las medidas de prevención adecuadas para disminuir el riesgo de contraer una enfermedad

respiratoria, por lo que el resultado es una disminución notoria de la incidencia de las IRAs.

Con respecto a la relación de las variables meteorológicas, la concentración de NO_2 y la Tasa IRAs solo se pudo analizar para el municipio de Aguascalientes ya que es el único municipio del Estado que cuenta con monitoreo de la calidad del Aire, para esto se construyó un gráfica de tendencia anual para observar su comportamiento para cada mes del año en el periodo de 2000-2010 (Figura 17) y se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman (Tabla 15) los cuales mostraron una relación fuerte de las cuatro variables con respecto a la tasa por IRAs y concuerdan con lo observado de manera gráfica esto es cuando las temperaturas mínimas y máximas disminuyen la tasa por IRAs aumenta y cuando la precipitación y la concentración de NO_2 aumentan la tasa por IRAs aumenta.

Es importante mencionar no se tenían los datos para cada uno de los meses de la concentración de NO_2 , por lo cual se tomaron en cuenta los datos existentes de Enero de 2000 a septiembre de 2003 y de Enero de 2007 a Noviembre de 2010 (Figura 17), observándose que en general a mayor concentración de NO_2 la tasa de morbilidad IRAs aumenta y las mayores concentraciones de NO_2 se presentan en meses con temperaturas frías, diciembre, enero y febrero, lo cual puede deberse a que en épocas invernales se favorecen las inversiones térmicas impidiendo el movimiento de las masas de aire y por consiguiente la dispersión de este contaminante (Searl, 2004) a demás en estos meses las precipitaciones son de baja intensidad e incluso nulas, lo cual impide la deposición de este contaminante, entendiéndose como deposición al proceso por el cual los contaminantes atmosféricos son depositados desde la atmósfera a la superficie de la tierra; específicamente en la deposición húmeda el contaminante puede ser eliminado mediante la precipitación (washout) o por la incorporación del contaminante a la nube (rainout) para posteriormente pasar a la superficie de la tierra con la lluvia (Galán & Fernandez, 2006). Otro factor importante es que en esta época del año el NO_2 no es convertido a Ozono pues la radiación solar que llega a la tierra es menor que en otras épocas favoreciendo la acumulación de este contaminante en estos meses del año (Raponi et al., 2009; Searl, 2004) el valor mínimo promedio ocurre en el mes de abril y marzo, este mínimo está vinculado a un máximo relativo de radiación global y a la presencia de una masa anticiclónica rica en ozono que favorece la destrucción

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

fotoquímica del NO₂ (Cuesta & Cabrera, 1994; Searl, 2004) otros meses de mínimos notables son junio y octubre lo cual está asociado a los meses más lluviosos del año y es conocido como efecto de lavado que las precipitaciones ejercen sobre los gases y aerosoles atmosféricos, provocando que estos contaminantes se depositen en la tierra. Así mismo la correlación de Pearson nos confirma que existe una relación positiva significativa fuerte (Martínez Ortega, 2009), lo cual sugiere que este contaminante influye sobre el aumento de la tasa de morbilidad por IRAs, si bien en el periodo de estudio el promedio mensual de la concentración de NO₂ en el municipio de Aguascalientes no rebaso el límite máximo normado de 0.21 ppm, en una hora una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible (SSA, 1994), existen gran cantidad de estudios epidemiológicos que demuestran que este contaminante de interés toxicológico, incluso a niveles situados por debajo de la norma, se vincula con el deterioro de la función pulmonar, así como con otras enfermedades respiratorias en niños y en la población en general (Ramírez, Andrade, González, & Celis, 2006; Searl, 2004; Velsor, Ballinger, Patel, & Postlethwait, 2003). Por ser un contaminante cuya vía de entrada al organismo es la inhalatoria, es de esperarse que sus principales efectos sean en las vías respiratorias.

Asimismo desde hace más de una década se ha venido estudiando con más detalle a los grupos poblacionales que son más susceptibles entre los que se encuentran niños y personas de la tercera edad (Rosales, Torres, Olaiz, & Borja, 2001; Searl, 2004). Para determinar las poblaciones más vulnerables en el estado de Aguascalientes se determinó la tasa por IRAs por grupo etario, dividiéndose a la población en 4 grandes grupos <5 años, 5 -19 años, 20-59 años y >60 años, a nivel estatal (Figura 19) y para cada municipio (Figuras 20, 21 y 22). Observándose que a nivel estatal y en cada municipio la incidencia de IRAs en los niños <5 años son los más susceptibles a padecer IRAs, esto concuerda con diversos estudios que mencionan que las poblaciones más vulnerables son los niños menores de 5 años (Confalonieri et al., 2007; WHO, 2006; Patz et al, 2000) presentan un sistema inmunológico deficiente para defenderse contra las infecciones. Para comprender mejor desde el punto de vista toxicológico por que esté grupo es más vulnerable que otros, partiremos del concepto de que los niños no son adultos pequeños, concepto que es ampliamente aceptado por los pediatras. Esta visión es especialmente relevante para comprender la vulnerabilidad

de los niños a exposiciones ambientales adversas (Sly & Flack, 2008). Además de la comúnmente reconocida vía de exposición inhalatoria, los niños tienen *vías de exposición* únicas que incluyen la transplacentaria (*in útero*), la dérmica y la ingestión no nutricional que aumentan su exposición por efecto de contaminantes del aire que sedimentan. Los niños presentan además un *estado anabólico activo* lo que significa que respiran más aire, beben más agua e ingieren más comida por unidad corporal que los adultos, lo que significa una mayor dosis ante una exposición ambiental dada. El comportamiento infantil de llevarse constantemente sus manos a la boca conduce a exposición de contaminantes sedimentados a través del contacto con superficies contaminadas y transferencia de los contaminantes a la boca por las manos, juguetes y objetos domésticos (Gavidia, Pronczuk, & Sly, 2009; Sly & Flack, 2008)

El sistema respiratorio de los niños es particularmente vulnerable a las exposiciones ambientales adversas debido al prolongado período postnatal de crecimiento y desarrollo que presenta. Muchos órganos están completamente desarrollados al nacer o completan el proceso en el período postnatal temprano (WHO, 2006). El pulmón está en desarrollo durante la vida prenatal como postnatal. El patrón de ramificación de las vía aéreas está completo alrededor de las 16 a 18 semanas de gestación, pero la alveolarización sólo empieza en el tercer trimestre. Al nacimiento el pulmón tiene alrededor del 30 a 50% de la dotación final de alvéolos del adulto, desarrollándose el resto postnatalmente. La velocidad del crecimiento alveolar es más rápida en los primeros 18 a 24 meses y la microvasculatura pulmonar se desarrolla durante este período de alveolarización. No se sabe cuándo termina el desarrollo alveolar postnatal y las estimaciones basadas en datos muy limitados, van de 2 a 8 años (Gavidia et al., 2009).

En segundo lugar de vulnerabilidad a padecer IRAs es el grupo etario de 5 a 19 años, después las personas de entre 20 a 59 años y el grupo que se observó tienen menor tendencia a padecer IRAs es el grupo de mayores de 60 años, según la literatura los ancianos son susceptibles por haber perdido la capacidad física para evitar la exposición y/o la capacidad fisiológica para resistir a exposiciones a contaminantes que en su juventud pudieron haber sido relativamente no tóxicas esto de acuerdo con literatura no coincide pues este grupo junto con los menores de 5 años son los considerados como los grupos vulnerables (Confalonieri et al., 2007; Ebi et al, 2006;..

Patz et al, 2000; Mendoza, 2012), sin embargo esto puede explicarse ya que existen muchos programas dirigidos a proteger la salud de este grupo etario, además en las encuestas realizadas la mayoría de las personas mayores de 60 años comentaban que no acudían al médico y preferían usar remedios caseros y así disminuir la incidencia registrada de casos de IRAs por este grupo etario, no queriendo decir que precisamente no sea un grupo vulnerable, además este grupo se considera como vulnerable porque al padecer una IRA esta puede progresar con mayor facilidad a Neumonía u otra enfermedad más grave.

Ya que se observó que los infantes menores de 5 años son los más susceptibles a padecer IRAs y en base a la literatura que también incluye a los mayores de 60 años se hizo una cartografía para identificar en que municipio se encuentra la mayor cantidad de población que pertenece a estos grupos vulnerables (Figura 23) observándose que en el municipio de Aguascalientes se concentra más de 65% de la población vulnerable, lo cual era de esperarse ya que en la capital del estado se concentra el 85% de la población total del estado.

Además de determinar qué grupo etario es el más vulnerable a padecer IRAs, también se quiso conocer que municipio es más susceptible de padecer esta enfermedad durante el periodo del 2000 al 2010 se calculó la tasa semanal acumulada para cada municipio (Figura 24) y se observó que los municipios más susceptibles fueron San José de Gracia en primer lugar seguido de Pabellón de Arteaga los municipios menos susceptibles o con menor incidencia de IRAs fueron los municipios de San Francisco de los Romo y Tepezalá. La alta incidencia de IRAs en el municipio de San José de Gracia puede explicarse por las bajas temperaturas que se han registrado en este municipio (Figura 27) y como ya vimos las Temperaturas mínimas bajas son las que dictan los máximos de la incidencia por IRAs, así mismo el municipio de San José de Gracia es de los que presentan mayor índice de pobreza, pues el 66.6 % de su población se encuentra en esta situación (CONEVAL, 2010) la OMS (2006) menciona que la pobreza es un indicador que se relaciona a la incidencia de enfermedades respiratorias ya que condiciones habitacionales, falta de higiene y conductas no saludables son factores que aumentan el riesgo de las poblaciones a padecer IRAs.

Finalmente con la elaboración del modelo conceptual se pudo validar que la pp, la Tmax y Tmin son indicadores de estado que se asocian a la incidencia de IRAs.

Capítulo VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del presente estudio, las condiciones meteorológicas (Temperatura máxima, temperatura mínima y la precipitación) en base al modelo propuesto pueden influir hasta en un 56% en los valores de la Tasa de morbilidad por IRAs y la Temperatura mínima es la que dicta los máximos de morbilidad por IRAs, esto es a menor temperatura mayor incidencia por IRAs en el Estado y municipios.

La concentración en el aire de NO_2 se asocia con la incidencia de IRAs esto es a mayores concentraciones de NO_2 mayor es la incidencia por IRAs.

Los indicadores de estado asociados a la incidencia de IRAs son la precipitación acumulada semanal y mensualmente, la temperatura mínima y temperatura máxima validándose mediante los coeficientes de correlación de Spearman.

La población más vulnerable en nuestro estado a padecer IRAs, corresponde a los niños menores de 5 años, así mismo se observó que en general los municipios más pobres son los más susceptibles a padecer IRAs.

Capítulo VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con estudios de relación de variables meteorológicas, con contaminación atmosférica para determinar con mayor exactitud los efectos a corto y largo plazo de estas variables sobre la salud de la población de Aguascalientes. Así mismo se recomienda llevar un monitoreo continuo y homogéneo de la calidad del aire en todos los municipios del Estado.



Capítulo VIII. GLOSARIO

Albedo: Fracción de radiación solar reflejada por una superficie u objeto, frecuentemente expresada en términos porcentuales. El albedo de los suelos puede adoptar valores altos, como en las superficies cubiertas de nieve, o bajos, como en las superficies cubiertas de vegetación y los océanos. El albedo de la Tierra varía principalmente en función de la nubosidad, de la nieve, del hielo, de la superficie foliar y de los cambios en la cubierta del suelo.

Atmósfera: Envoltura gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi íntegramente de nitrógeno y oxígeno, más cierto número de gases vestigiales, como el dióxido de carbono o el ozono.

Anomalía: La diferencia entre el clima promedio en un período de varias décadas o más y el clima durante un mes o temporada en particular.

Antropógeno: Resultante de la actividad del ser humano o producido por este.

Balance radiativo: es la representación esquemática de los flujos de energía que circulan entre el espacio, la atmósfera y la superficie de la Tierra.

Biodisponibilidad: Medida del grado al cual una dosis de una sustancia se hace fisiológicamente disponible a los tejidos del organismo, dependiendo de los índices de absorción, distribución, metabolismo y excreción.

Biomasa: Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; el material vegetal recientemente muerto suele estar conceptuado como biomasa muerta. La cantidad de biomasa se expresa mediante su peso en seco o mediante su contenido de energía, de carbono o de nitrógeno.

Células polimorfonucleares: Se llaman también Neutrófilos. Son células pertenecientes a la serie blanca (los hematíes o glóbulos rojos pertenecen a la serie roja) pertenecientes al sistema inmune y que se encarga de proteger nuestro cuerpo de las infecciones bacterianas fundamentalmente.

Cronobiología: Ciencia que estudia los mecanismos por los que se producen los ritmos biológicos, sus aplicaciones en medicina y biología, se basa en la experimentación.

Cronotoxicología: Estudio de la influencia de los ritmos biológicos sobre la toxicidad de las sustancias.

Escorrentía: Parte de la precipitación que no se evapora ni es transpirada.

Escorrentía superficial: Agua que discurre sobre la superficie de la tierra y que afluye a la corriente superficial más próxima; escorrentía de una cuenca de drenaje que no ha pasado al subsuelo tras un episodio de precipitación.

Estratósfera: Región de la atmósfera muy estratificada, situada sobre la *troposfera*, que abarca desde los 10 km (9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos) hasta los 50 km de altitud, aproximadamente.

Epidémico: Que sobreviene súbitamente con unas tasas de incidencia claramente superiores a las normalmente esperadas; se aplica especialmente a las *enfermedades infecciosas*, pero es también aplicable a cualquier enfermedad, lesión u otra alteración de la salud que sobrevenga en un brote de esas características.

Exposición: Proximidad y o contacto con la fuente de un agente (químico, físico, etc.) en la cual la transmisión efectiva del agente o los efectos adversos del agente pueden ocurrir. También es utilizado para referirse a la cantidad del agente al cual un grupo o individuo estuvo expuesto.

Farmacocinética: Ciencia que describe cuantitativamente el ingreso de medicamentos al organismo, su biotransformación, distribución, metabolismo y eliminación. Se consideran tanto las cantidades como las concentraciones en tejidos y órganos. "Toxicocinética" es, esencialmente, el mismo término aplicado a los xenobióticos, a diferencia de los medicamentos.

Isoyetas: Línea cartográfica que conecta los puntos que reciben idéntica cantidad de precipitación.

Modelo climático: Representación numérica del *sistema climático* basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de retroefecto, y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes es posible identificar una jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de parametrizaciones empíricas.

Morbilidad: Tasa de casos de enfermedad u otros trastornos de la salud relativa a una población, considerando las tasas de morbilidad específicas por edades. Son indicadores de morbilidad la incidencia/prevalencia de enfermedades crónicas, las tasas de hospitalización, las consultas de atención primaria, los días de baja por incapacidad (es decir, los días de ausencia del trabajo), o la prevalencia de síntomas.

Partículas ultrafinas: Diminutas partículas sólidas emitidas durante la combustión de combustibles de origen fósil y de biomasa. Pueden estar constituidas por muy diversas sustancias. Con diámetro igual o inferior a 10 nm, generalmente designadas PM10.

Retroefecto: Mecanismo de interacción entre procesos, en virtud del cual el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, influye en el proceso inicial. Un retroefecto positivo intensifica el proceso original, mientras que un retroefecto negativo lo atenúa.

Riesgo: Probabilidad de ocurrencia de un evento dado.

Ritmos circadianos: son ritmos biológicos intrínsecos de carácter periódico que se manifiestan con un intervalo de 24 horas.

Sumidero: Todo proceso, actividad o mecanismo que elimine de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o alguno de sus precursores.

Toxicidad: Se define como la acción nociva de un agente tóxico sobre un organismo vivo.

Troposfera: Parte más inferior de *atmósfera*, que abarca desde la superficie hasta unos 10 km de altitud en latitudes medias (de 9 km en latitudes altas a 16 km en los trópicos, en promedio), en la cual se producen las nubes y los fenómenos meteorológicos. En la troposfera, las temperaturas suelen disminuir con la altura.

Vector: Organismo hematófago (por ejemplo, un insecto) que transmite un organismo patógeno de un portador a otro.

Vulnerabilidad: Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar algún efecto adverso.



Capítulo IX. REFERENCIAS

- Aguinaga, M., Gutiérrez, C., & Lazo, G. (2001). Relación entre variables climáticas y casos de infección respiratoria aguda en la provincia del Callao - 2001. *Revista Peruana de Epidemiología*, 11(1), 1–18.
- ATSDR. (2002). *Óxidos de Nitrogeno*. Atlanta, USA. Retrieved from <http://www.atsdr.gov/es>
- Barker, T. (2007). *Climate Change 2007: An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (R. K. Pachauri & A. Reisinger, Eds.) *Change* (Vol. 446). IPCC. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- Bell, Michelle, Goldberg, Richard, Hogrefe, ChristBell, Michelle, Goldberg, Richard, Hogref, C. (2007). Climate change, ambient ozone, and health in 50 US cities. *Climatic Change*, 8(1-2), 61–76. <http://doi.org/10.1007/s10584-006-9166-7>
- Borja, V. H. (2000). Estudios ecológicos. *Salud Publica de Mexico*, 42(6).
- Bravo H., Sanchez A., T. J. (1991). Contaminación Atmosférica por Ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad e México: Evolución Historica y Perspectivas. Sección de Contaminación Ambiental, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM., 1986.
- Briggs, D. (1999). *ENVIRONMENTAL HEALTH INDICATORS: Frameworks and methodologies*. *Environmental Health*. Retrieved from <http://www.who.int/ceh/publications/cehframework/en/>
- Buckman, A. H., Brown, S. B., Small, J., Muir, D. C. G., Parrott, J., Solomon, K. R., & Fisk, A. T. (2007). Role of temperature and enzyme induction in the biotransformation of polychlorinated biphenyls and bioformation of hydroxylated polychlorinated biphenyls by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Science and Technology*, 41(11), 3856–3863. <http://doi.org/10.1021/es062437y>
- Buonsante, V. A., Muilerman, H., Santos, T., Robinson, C., & Tweedale, A. C. (2014). Risk assessment's insensitive toxicity testing may cause it to fail. *Environmental Research*, 135C, 139–147. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.016>
- Camean, A. (1995). *Toxicología avanzada*. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=opad2FFk9g0C&pgis=1>
- Carmona, J. (2009). Infeccion respiratoria aguda en relacion con la contaminacion atmosferica y otrs factores ambientales. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 9(1), 69–79.

- Chowell, G., Bertozzi, S. M., Colchero, M. A., Lopez-Gatell, H., Alpuche-Aranda, C., Hernandez, M., & Miller, M. a. (2009). Severe respiratory disease concurrent with the circulation of H1N1 influenza. *The New England Journal of Medicine*, *361*(7), 674–679. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa0904023>
- Cofalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K. L., Hauengue, M., Kovats, R. S., ... Woodward, A. (2007). *Human Health. 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, United Kingdom and New York, NY, USA.
- CONEVAL. (2010a). *Informe de Pobreza en México*. México.
- CONEVAL. (2010b). *Pobreza y Rezago social 2010 Baja California*.
- Correa, A., Rico, E., & Coronado, M. (2009). *Análisis y evaluación de la contaminación del aire del Valle de México*. (E. A. Española, Ed.) (1° ed.). México.
- Cosgrove, B. (1994). *La atmósfera y el tiempo* (2ª reimpre). Madrid, España: Altea.
- Cuesta, O., & Cabrera, A. (1994). NO2 troposferico.pdf. *Atmósfera*, *7*(001), 31–46. Retrieved from <http://www.ejournal.unam.mx/atm/Vol07-1/ATM07102.pdf>
- D'Amato, G., Baena-Cagnani, C. E., Cecchi, L., Annesi-Maesano, I., Nunes, C., Ansotegui, I., ... Canonica, W. G. (2013). Climate change, air pollution and extreme events leading to increasing prevalence of allergic respiratory diseases. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, *8*(2), 1. <http://doi.org/10.1186/2049-6958-8-12>
- Denman, K.L., G. Brasseur, A. Chidthaisong, P. Ciais, P.M. Cox, R.E. Dickinson, D. Hauglustaine, C. Heinze, E. Holland, D. Jacob, U. Lohmann, S Ramachandran, P.L. da Silva Dias, S.C. Wofsy and X. Zhang, 2007: Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: *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
- Dentener, F., Stevenson, D., Ellingsen, K., Van Noije, T., Schultz, M., Amann, M., ... Zeng, G. (2006). The global atmospheric environment for the next generation. *Environmental Science & Technology*, *40*(11), 3586–3594. <http://doi.org/Doi 10.1021/Es0523845>
- Dessai, S. (2003). Heat stress and mortality in Lisbon Part II. An assessment of the potential impacts of climate change. *International Journal of Biometeorology*, *48*(1), 37–44. <http://doi.org/10.1007/s00484-003-0180-4>

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Díaz, D. P., Josué, S., Cruz, B., López, M. T., Agustín, J. a, & Sesma, P. (2009). Periodo libre de heladas para el Estado de Aguascalientes y su relación con El Niño. *Investigación Y Ciencia, UAA, 17*, 12–23.

Díaz, J., García, R., López, C., Linares, C., Tobías, A., & Prieto, L. (2005). Mortality impact of extreme winter temperatures. *International Journal of Biometeorology, 49*(3), 179–183. <http://doi.org/10.1007/s00484-004-0224-4>

Eden, Philip, Twist, C. (2001). *Tiempo y Clima* (2ª reimpre). México: Dirección General de Publicaciones de Coaculta/Publicaciones CITEM.

Ensanut. (2012). Ensanut 2012.

Epidemiología, D. G. de. (2014). *Pandemia de Influenza México 2009-2010*. México. Retrieved from http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/infoepid/influenza/pandemia/Inf_pandemia_Influenza_2009_2010.pdf

Fajardo, G., Hernández, F., Santacruz, J., Rodríguez, J., Lamy, P., Arboleya, H., ... Córdova-Villalobos, J. A. (2009). Epidemiological profile of mortality due to human influenza A (H1N1) in Mexico. *Salud Publica de Mexico, 51*(5), 361–371. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0036-36342009000500003>

Fiala, J., Cernikovsky, L., de Leeuw, F., & Kurfuerst, P. (2003). *Air pollution by ozone in europe in summer 2003. In summery report to the commission by the european environment agency*. Copenhagen.

Foster, Piers, Venkatachalam, Ramaswamy, Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D., Haywoog, James, Lean, Judith, Raga, Graciela, Schulz, Michael, Van Dorland, R. (2007). *Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In Climate Change 2007. The Physical Science Basis*. (Vol. 30). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Retrieved from <http://en.scientificcommons.org/23467316>

Frumkin, H., Hess, J., Luber, G., Malilay, J., & McGeehin, M. (2008). Climate change: the public health response. *American Journal of Public Health, 98*(3), 435–45. <http://doi.org/10.2105/AJPH.2007.119362>

Fuhrman, G. J., & Fuhrman, F. A. (1961). Effects of temperature on the action of drugs. *Annual Review of Pharmacology, 1*(1), 65-78.

Galán, D., & Fernandez, R. (2006). IMPLICATION OF THE NOx IN THE ATMOSPHERIC CHEMISTRY. *Revista Electrónica de Medioambiente UCM., (X)*, 98.

Gavidia, T., Pronczuk, J., & Sly, P. D. (2009). Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños: Carga global de las enfermedades respiratorias

pediátricas ligada al ambiente. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 25(2), 99–108. <http://doi.org/10.4067/S0717-73482009000200006>

Gordon, C. J. (2005). *Temperature and Toxicology: An Integrative, Comparative, and Environmental Approach*. (C. Press, Ed.).

Group, T. E. (1997). Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *The Lancet*, 349(9062), 1341–1346. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(96\)12338-2](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)12338-2)

Guitart, R., & Giménez, N. (2012). [What is a “poison”? Proposal of definition]. *Medicina Clínica*, 138(3), 127–32. <http://doi.org/10.1016/j.medcli.2011.02.002>

Hardy, Ralph, Wright, Peter, Gribbin, John, Kington, J. (1985). *El libro del clima (volumen III)*. Barcelona: Ediciones Orbis.

Hogrefe, C., Lynn, B., Civerolo, K., Ku, J. Y., Rosenthal, J., Rosenzweig, C., ... Kinney, P. L. (2004). Simulating changes in regional air pollution over the eastern United States due to changes in global and regional climate and emissions. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 109(22), 1–13. <http://doi.org/10.1029/2004JD004690>

Intergubernamental, G., & Clim, C. (2007). *Cambio climático 2007*.

IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (C. Houghton, J, Ding, Y, Griggs, D, Noguer, M, Van der Linden, P, Dai, X, Maskell, K, Johnson, Ed.) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Jimenez, M., Aguilar, F. D. C., Leon, L. E., Morales, J. J., & de Leon, S. P. (2012). Conocimientos, actitudes y prácticas sobre la influenza A(H1N1) 2009 y la vacunación contra influenza pandémica: Resultados de una encuesta poblacional. *Salud Publica de Mexico*, 54(6), 607–615. <http://doi.org/10.1590/S0036-36342012000600009>

Jiménez, M. R., & Kuhn, G. R. (2009). *Toxicología fundamental* (Vol. 6). Ediciones Díaz de Santos. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=WheuVgivN6wC&pgis=1>

Knowlton, K., Rosenthal, J. E., Hogrefe, C., Lynn, B., Gaffin, S., Goldberg, R., ... Kinney, P. L. (2004). Assessing ozone-related health impacts under a changing climate. *Environmental Health Perspectives*, 112(15), 1557–1563. <http://doi.org/10.1289/ehp.7163>

- Lammel, G., & Graßl, H. (1995). Greenhouse effect of NOX. *Environmental Science and Pollution Research*, 2(x), 40–45. <http://doi.org/10.1007/BF02987512>
- Macdonald, R. W., Harner, T., & Fyfe, J. (2005). Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data. *The Science of the Total Environment*, 342(1-3), 5–86. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.059>
- Magaña, V. (2004). *Los impactos de EL Niño en México*. (S. de G. Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM, Ed.). México. Retrieved from www.atmosfera.unam.mx
- Manly, B. (2001). *Statistics for environmental science and management*. United States of America: Chapman & Hall/CRC.
- Martínez Ortega, R. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Rev. Haban Cienc Méd La Habana*, VIII(2), 1–19.
- Martínez Ortega, R. M. . (n.d.). COP_Lilia A Albert.pdf.
- Matloff, G., Bangs, C., & Johnson, L. (2014). Harvesting Space for a Greener Earth, 67–76. <http://doi.org/10.1007/978-1-4614-9426-3>
- Mautz, W. J. (2003). Exercising animal models in inhalation toxicology: interactions with ozone and formaldehyde. *Environmental Research*, 92(1), 14–26. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12706751>
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health: Present and future risks. *Lancet*, 367(9513), 859–869. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68079-3](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3)
- Mendoza, M. H. (2012). *Factores relacionados con infecciones respiratorias agudas altas recurrentes, en niños menores de 5 años de edad*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Meng, Q., Williams, R., & Pinto, J. P. (2012). Determinants of the associations between ambient concentrations and personal exposures to ambient PM2.5, NO2, and O3 during DEARS. *Atmospheric Environment*, 63, 109–116. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.09.019>
- Meng, Q. Y., Svendsgaard, D., Kotchmar, D. J., & Pinto, J. P. (2012). Associations between personal exposures and ambient concentrations of nitrogen dioxide: A quantitative research synthesis. *Atmospheric Environment*, 57, 322–329. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.04.035>
- Mirta A. Roses. (2005). *Evaluación de los Efectos de La Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe*. Washington, USA. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsea/fulltext/contaminacion/contaminacion.pdf>

- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2006). *Introducción al análisis de regresión lineal*. Editorial Continental, Tercera Edición, México.
- Moore, S. K., Trainer, V. L., Mantua, N. J., Parker, M. S., Laws, E. a, Backer, L. C., & Fleming, L. E. (2008). Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 7 Suppl 2, S4. <http://doi.org/10.1186/1476-069X-7-S2-S4>
- Neuman, R. E., & Logan, M. A. (1950). ARTICLE: THE DETERMINATION OF HYDROXYPROLINE, 299–306.
- Noyes, P. D., McElwee, M. K., Miller, H. D., Clark, B. W., Van Tiem, L. A., Walcott, K. C., ... Levin, E. D. (2009). The toxicology of climate change: environmental contaminants in a warming world. *Environment International*, 35(6), 971–86. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2009.02.006>
- OMS, O. M. D. L. S. (n.d.). OMS | Cambio climático y salud humana. Retrieved June 12, 2015, from <http://www.who.int/globalchange/climate/es/>
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (2004). *Guías para la calidad del aire*. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.pdf>
- OMS, O. M. D. L. S. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005*. Retrieved from http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/es/
- Organization, W. H. (2006). *Principles for Evaluating Health Risks in Children Associated with Exposure to Chemicals*. Retrieved from <http://apps.who.int/bookorders/anglais/detart1.jsp?codlan=1&codcol=16&codcch=237>
- Pabón, José, Nicholls, R. (2005). El Cambio Climático y la Salud Humana. *Biomédica Instituto Nacional de Salud*, 25(1), 165–166. <http://doi.org/0120-4157>
- PAHO. (2013, October 17). Clasificación Internacional de Enfermedades. Retrieved June 12, 2015, from http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=3561%3Aclasificaciun-internacional-de-enfermedades-cie&catid=2641%3Aclasificacin-internacional-de-enfermedades-cie-&Itemid=2560&lang=es
- Patra, R. W., Chapman, J. C., Lim, R. P., & Gehrke, P. C. (2007). The effects of three organic chemicals on the upper thermal tolerances of four freshwater fishes. *Environmental Toxicology and Chemistry / SETAC*, 26(7), 1454–9. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17665686>

- Philippart, C. J. M., Anadón, R., Danovaro, R., Dippner, J. W., Drinkwater, K. F., Hawkins, S. J., ... Reid, P. C. (2011). Impacts of climate change on European marine ecosystems: Observations, expectations and indicators. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 400(1-2), 52–69. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.02.023>
- Physick, W., Powell, J., Cope, M., Boast, K., & Lee, S. (2011). Measurements of personal exposure to NO₂ and modelling using ambient concentrations and activity data. *Atmospheric Environment*, 45(12), 2095–2102. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.01.063>
- Pineda, J., Principal, J., Barrios, C., Milla, D., Solano, Y., & Gil, E. (2010). Propiedad fungistática in vitro de propóleos sobre tres aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides*, 28(1), 83–91.
- PNUMA, O. (2009). *GEO Salud: Metodología para una evaluación integrada de medio ambiente y salud . Un enfoque en América Latina y el Caribe*. Panamá. Retrieved from www.pnuma.org
- Postlethwait, E. M., & Bidani, a. (1994). Mechanisms of pulmonary NO₂ absorption. *Toxicology*, 89(3), 217–237. [http://doi.org/10.1016/0300-483X\(94\)90099-X](http://doi.org/10.1016/0300-483X(94)90099-X)
- Racherla, P. N., & Adams, P. J. (2006). Sensitivity of global tropospheric ozone and fine particulate matter concentrations to climate change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(24), 1–11. <http://doi.org/10.1029/2005JD006939>
- Ramírez, H., Andrade, M. D., González, M. E., & Celis, A. D. J. (2006). Contaminantes atmosféricos y su correlación con infecciones agudas de las vías respiratorias en niños de Guadalajara, Jalisco. *Salud Publica de Mexico*, 48(5), 385–394. <http://doi.org/10.1590/S0036-36342006000500005>
- Ramos, S., Bautista, R., & Valdez, A. (2010). Statistical study of the correlation between atmospheric pollutants and meteorological variables in northern Chiapas, Mexico. *Universidad Y Ciencia*, 26(1), 65–80.
- Raponi, M. M., Wolfram, E., Salvador, J., Goutail, F., Tocho, J., & Quel, E. (2009). Estudio de la variación estacional de la columna vertical de NO₂ y O₃ atmosférico en Río Gallegos , mediante un espectrómetro de la Red Saoz, 21(2), 262–265.
- Rivera, M. (1999). *El cambio climático*. México: Dirección General de Publicaciones de Coaculta/ Tercer Milenio.
- Rosales, J., Torres, V., Olaiz, G., & Borja, V. (2001). Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos. *Revista de Salud Pública de México*, 43(6), 544–555. <http://doi.org/10.1590/S0036-36342001000600005>

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Ruiz, M. E., Arriaga, J. L., & Garcia, I. (1996). Determinación de compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera de la Ciudad de México mediante el uso de sistemas ópticos y métodos convencionales. *Atmosfera*.

Ruiz, Luis, Cruz, X. (2004). Los gases de efecto invernadero y sus emisiones en México. In A. Martínez, Julia, Fernández (Ed.), *Cambio Climático: Una visión desde México* (pp. 109–120). México: Instituto Nacional de Ecología. Retrieved from www.ine.gob.mx

Salud), S. (Secretaría de. NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente como medida (1994). México.

Santamaría, J. (2010). Forzamiento Radiativo y Cambios Químicos en la Atmósfera. *Revista de La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 104(1), 149–173.

Santus, P., Russo, A., Madonini, E., Allegra, L., Blasi, F., Centanni, S., ... Amaducci, S. (2012). How air pollution influences clinical management of respiratory diseases. A case-crossover study in Milan. *Respiratory Research*, 13(1), 95. <http://doi.org/10.1186/1465-9921-13-95>

Schiedek, D., Sundelin, B., Readman, J. W., & Macdonald, R. W. (2007). Interactions between climate change and contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, 54(12), 1845–56. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.020>

Searl, A. (2004). A review of the acute and long term impacts of exposure to nitrogen dioxide in the United Kingdom. *Institute of Occupational Medicine*, (December). Retrieved from http://www.iom-world.org/pubs/IOM_TM0403.pdf

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2012). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=YH2K9eWsZOcC&pgis=1>

SINAIS, SINAVE, DGE, S. D. S. Perfil epidemiológico de la pandemia de Influenza A (H1N1) 2009 en México (2011). México.

Sly, P. D., & Flack, F. (2008). Susceptibility of children to environmental pollutants. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1140, 163–183. <http://doi.org/10.1196/annals.1454.017>

Stevenson, D. S., Dentener, F. J., Schultz, M. G., Ellingsen, K., van Noije, T. P. C., Wild, O., ... Szopa, S. (2006). Multimodel ensemble simulations of present-day and near-future tropospheric ozone. *Journal of Geophysical Research*, 111(D8), D08301. <http://doi.org/10.1029/2005JD006338>

Sulman, F. G. (1984). The impact of weather on human health. *Reviews on Environmental Health*, 4(2), 83–119. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6397793>

Toharia, M. (1991). *Tiempo y clima. Predecir el tiempo: tarea difícil, tarea importante*. España: Salvat Editores SA.

Torres, T. R., Nava, C. C. de, & Avedoy, V. J. G. (2009). *Diagnóstico nacional de los contaminantes orgánicos persistentes en México*. Instituto Nacional de Ecología. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=2RzWoRNW2J8C&pgis=1>

Treesubstorn, C., & Thiravetyan, P. (2012). Removal of benzene from indoor air by *Dracaena sanderiana*: Effect of wax and stomata. *Atmospheric Environment*, 57, 317–321. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.04.016>

USAID. (2007). *Adaptación a La Variabilidad Y Al Cambio. Un Manual Para La Planificación Del Desarrollo*. Washington, USA. Retrieved from http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADM557.pdf

Velsor, L., Ballinger, C., Patel, J., & Postlethwait, E. (2003). Influence of epithelial lining fluid lipids on NO₂-induced membrane oxidation and nitration. *Free Radical Biology and Medicine*, 34(6), 720–733. [http://doi.org/10.1016/S0891-5849\(02\)01370-9](http://doi.org/10.1016/S0891-5849(02)01370-9)

Voituriez, B. (1996). *La atmósfera y el clima*. Barcelona, España: RBA.

Watson, R. T., Albritton, D. L., & I., I. P. on C. C. W. G. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report: Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=WpVHMVXRnIUC&pgis=1>

Capítulo X. ANEXOS

ANEXO A. Estaciones meteorológicas de estudio en el estado de Aguascalientes.

ESTACIÓN	NOMBRE	MUNICIPIO
1001	Aguascalientes (obs)	Aguascalientes
1004	Cañada Honda	Aguascalientes
1005	Presa el Niagara	Aguascalientes
1008	Puerto de la Concepción	Tepezalá
1010	La Tinaja	San José de Gracia
1011	Malpaso	Calvillo
1012	Presa media luna	Calvillo
1013	Mesillas	Tepezalá
1015	Palo Alto	El Llano
1017	Presa Potrerillos	San José de Gracia
1018	Presa Plutarco Elías Calles	San José de Gracia
1019	Presa Jocoque	Pabellón de Arteaga
1020	Presa la Codorniz	Calvillo
1021	Rancho Viejo	San José de Gracia
1024	San Isidro	Aguascalientes
1026	Tepezalá	Tepezalá
1027	Venadero	Jesús María
1028	Villa Juárez	Asientos
1030	Aguascalientes	Aguascalientes
1031	El Novillo	El Llano
1032	Las Fraguas	Asientos
1033	Los Conos	El Llano
1034	Sandoval	El Llano
1045	El Tule	Asientos
1074	Cieneguilla	Aguascalientes
1075	Los Negritos	Aguascalientes
1076	Montoro	Aguascalientes
1077	El Ocote I	Aguascalientes
1082	Rincón de Romos	Rincón de Romos
1083	San Fco. de los Romo	San Fco. De los Romo
1084	San Gil	Asientos
1085	Tepetatillo	Asientos
1088	Cosío	Cosío
1090	Jesús María	Jesús María
1091	Los alisos	Calvillo
1094	El chayote	Tepezalá
1095	Milpillas de arriba	Jesús María
1097	Aguascalientes 2	Aguascalientes
1099	Jesús Terán (el muerto)	El Llano
1102	Pabellón de Arteaga	Pabellón de Arteaga

ANEXO B. Encuestas aplicadas a la población de Aguascalientes.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

ESTUDIO DE FACTORES AMBIENTALES
RELACIONADOS CON LA SALUD DE LOS
HABITANTES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

DATOS GENERALES DE IDENTIFICACIÓN

Fecha: _____	No. Cuestionario: _____
Edad de quién llena la encuesta: _____	Sexo: M ___ F ___
No. personas que habitan en el domicilio: _____	

Municipio: _____	Localidad: _____
Fraccionamiento: _____	C.P. : _____
Entrevistador: _____	
Latitud _____	Longitud _____

Encuesta para ciudadanos mayores de 18 años que habitan en el Estado de Ags.

Instrucciones: Seleccione la opción que sea más cercana a su respuesta.

1. ¿Qué enfermedades recurrentes presentan los integrantes de su familia?

- a) Asma
- b) Cáncer problemas renales
- c) Enfermedades Oseas
- d) Cardiovasculares
- e) Diarreas continuas
- f) Problemas en las vías respiratorias
- g) Otro (Especifique):

2. ¿Cuándo algún miembro de su familia se enferma que hace generalmente?

- a) Acude al médico y sigue indicaciones
- b) Acude al médico y no sigue indicaciones
- c) Acude con una persona que practica herbolaria
- d) No hace nada

3. ¿Cuánto tiempo pasa desde que inician los síntomas de la enfermedad del paciente y la primera visita al médico?

- a) Menos de un día
- b) Entre 1 y 2 días
- c) Entre 3 y 4 días
- d) Una semana
- e) Más de una semana
- f) No lo recuerda

4. ¿Cuándo algún integrante padece un alguna enfermedad respiratoria ¿Se desplaza a recibir atención médica a otra localidad)

- a) Si (Especifique)
- b) No

5. ¿Cuántas veces padece de enfermedades respiratorias al año?

- a) Cero
- b) Una vez
- c) Dos
- d) Tres
- e) Otra (Especifique):

6. ¿En qué época del año se presentan las enfermedades respiratorias en su familia?

- a) Noviembre-Diciembre-Enero
- b) Febrero-Marzo-Abril
- c) Mayo-Junio-Julio
- d) Agosto-Septiembre-October
- e) Otro (Especifique)

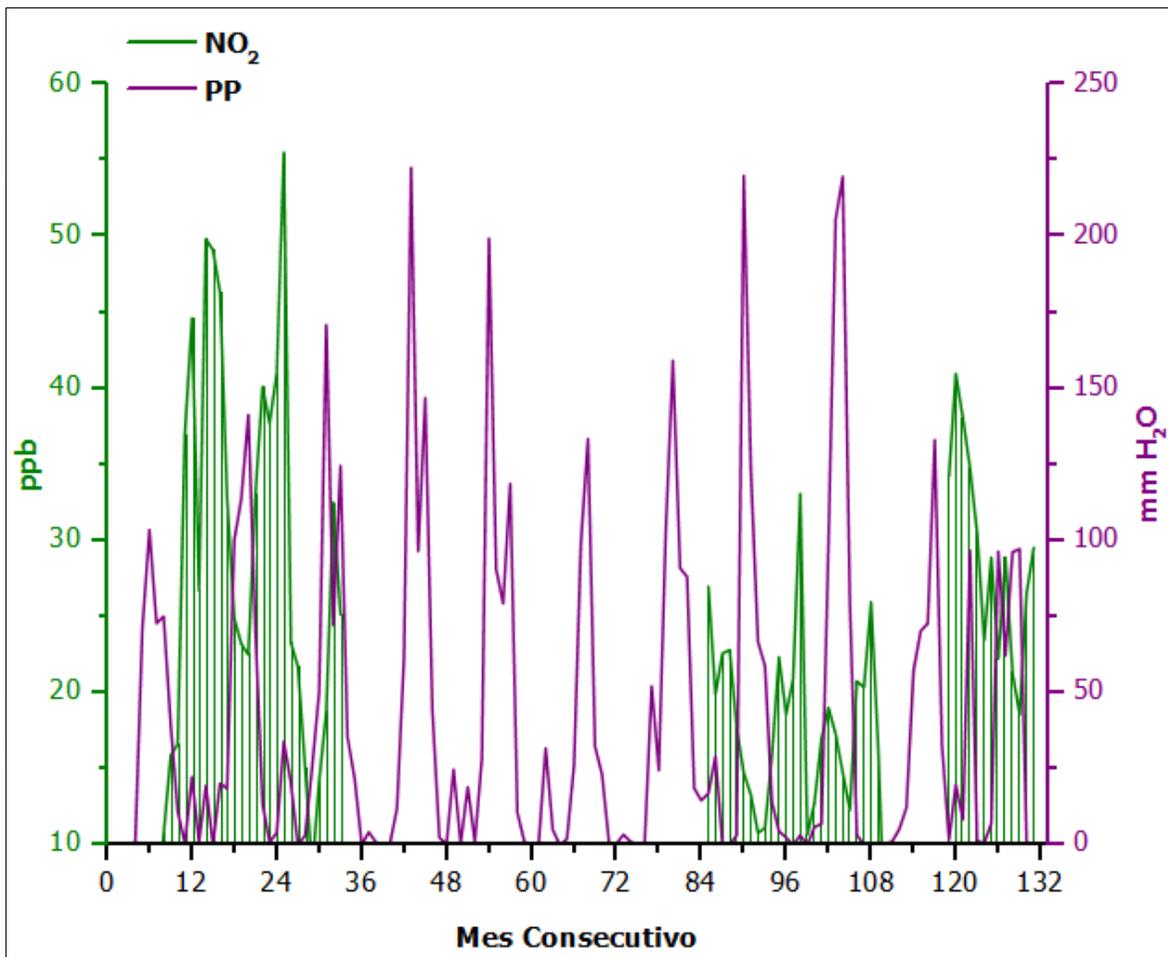
ANEXO C. Nombre de las localidades encuestadas en el estado de Aguascalientes.

LOCALIDAD	MUNICIPIO
San Antonio de Peñuelas	Aguascalientes
Lomas del Ajedrez	Aguascalientes
Col. México	Aguascalientes
Los Arellano	Aguascalientes
Morelos	Aguascalientes
San Jorge	Aguascalientes
Lomas de Nueva York	Aguascalientes
San José de la Ordeña	Aguascalientes
El Taray (Centro de Arriba)	Aguascalientes
El Conejal	Aguascalientes
Soledad de Abajo	Aguascalientes
Los Duron	Aguascalientes
El Duraznillo	Aguascalientes
Cotorina (Coyotes)	Aguascalientes
Salto de los Salado	Aguascalientes
El Niagara	Aguascalientes
Asientos	Asientos
Ciénega Grande	Asientos
Guadalupe Atlas	Asientos
Pilotos	Asientos
Villa Juárez	Asientos
El Álamo (Bimbaletes Ags)	Asientos
Tanque Viejo	Asientos
Tanque de Guadalupe	Asientos
Adolfo López mateos	Asientos
Pino Suárez (Rancho Viejo)	Asientos
Calvillo	Calvillo
Palo Alto	Calvillo
El Chiquihuitero (San Isidro)	Calvillo
Colomos	Calvillo
El Sauz de la labor	Calvillo
El Cuervero	Calvillo
Cerro Blanco	Calvillo
Mesa Grande	Calvillo
La Panadera	Calvillo
Jaltiche de Arriba	Calvillo

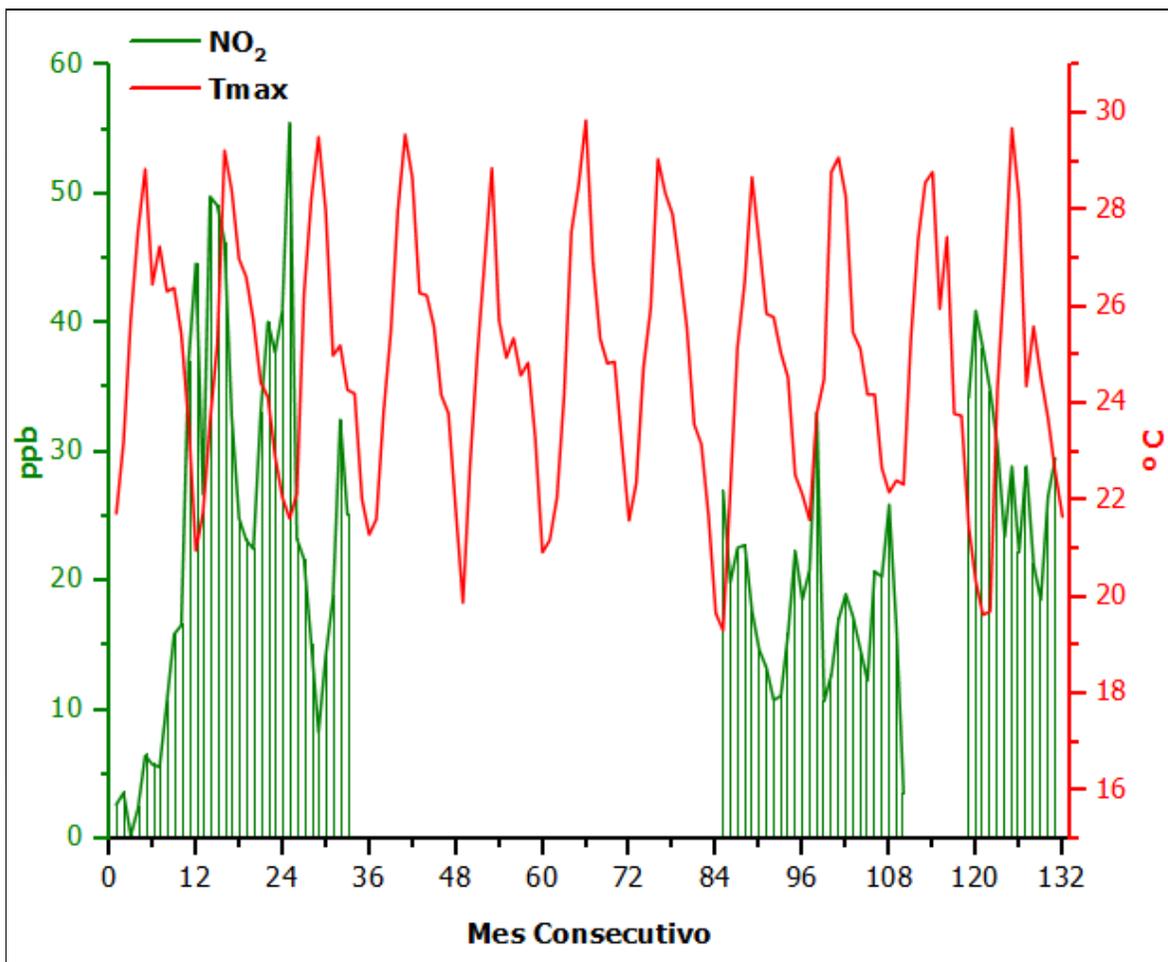
Malpaso	Calvillo
Ojocaliente	Calvillo
Fracc. Valle de Huejucar (El popular)	Calvillo
Cosío	Cosío
La Punta	Cosío
El Salero	Cosío
Soledad de Abajo (Estación de Adames)	Cosío
Soledad de Arriba	Cosío
Zacatequillas	Cosío
Guadalupito	Cosío
Santa María de la Paz	Cosío
San Fco. de los Viveros	El llano
La Tinaja	El llano
Sandoval	El llano
Santa Clara (Mieleras)	El llano
El Retoño	El llano
Palo Alto	El llano
Jesús María	Jesús María
Corral de Barrancos	Jesús María
Gral. Ignacio Zaragoza (Venaderos)	Jesús María
Miravalle	Jesús María
Jesús Gómez Portugal (Margaritas)	Jesús María
Maravillas	Jesús María
Paso Blanco	Jesús María
San Antonio de los Horcones	Jesús María
Tepetates	Jesús María
Valladolid	Jesús María
El llano	Jesús María
Milpillas de Abajo	Jesús María
Pedernal Primero	Jesús María
Tomatina	Jesús María
Cieneguitas	Jesús María
Cañada del Rodeo	Jesús María
Buena Vista	Jesús María
Col. La Cañada	Jesús María
Colonia Ojo de Agua	Jesús María
Colonia Chichahuales	Jesús María
Gracias a Dios	Jesús María
Piedras Negras	Jesús María
Pabellón de Arteaga	Pabellón de Arteaga
Las Animas	Pabellón de Arteaga

Emiliano Zapata	Pabellón de Arteaga
San Luis de Letras	Pabellón de Arteaga
Colonia Gámez Orozco(Puerta de Carboneras)	Pabellón de Arteaga
La Boquilla	Rincón de Romos
San Juan de la Natura	Rincón de Romos
San Jacinto	Rincón de Romos
Valle de las Delicias	Rincón de Romos
Ejido Morelos	Rincón de Romos
Escaleras	Rincón de Romos
Fracc. Solidaridad	Rincón de Romos
Fracc. Santa Anita	Rincón de Romos
El Bajío	Rincón de Romos
Puerta del Muerto	Rincón de Romos
Rincón de Romos	Rincón de Romos
Pabellón de Hidalgo	Rincón de Romos
San Fco. De los Romo	San Fco. De los Romo
Col Macario J. Gómez	San Fco. De los Romo
La Concepción	San Fco. De los Romo
La Escondida (El Salero)	San Fco. De los Romo
Puertecito de la Virgen	San Fco. De los Romo
Providencia	San Fco. De los Romo
Colonia Calles	San José de Gracia
Paredes	San José de Gracia
Boca de Túnel	San José de Gracia
Santa Elena de la Cruz (Capadero)	San José de Gracia
Rancho Viejo	San José de Gracia
Tortugas	San José de Gracia
Tepezalá	Tepezalá
Carboneras	Tepezalá
El Chayote	Tepezalá
San Antonio	Tepezalá
Mesillas	Tepezalá
Ojo de Agua de los montes	Tepezalá
Puerto de la Concepción	Tepezalá
El Barranco	Tepezalá
El Tepozán	Tepezalá
El Carmen	Tepezalá

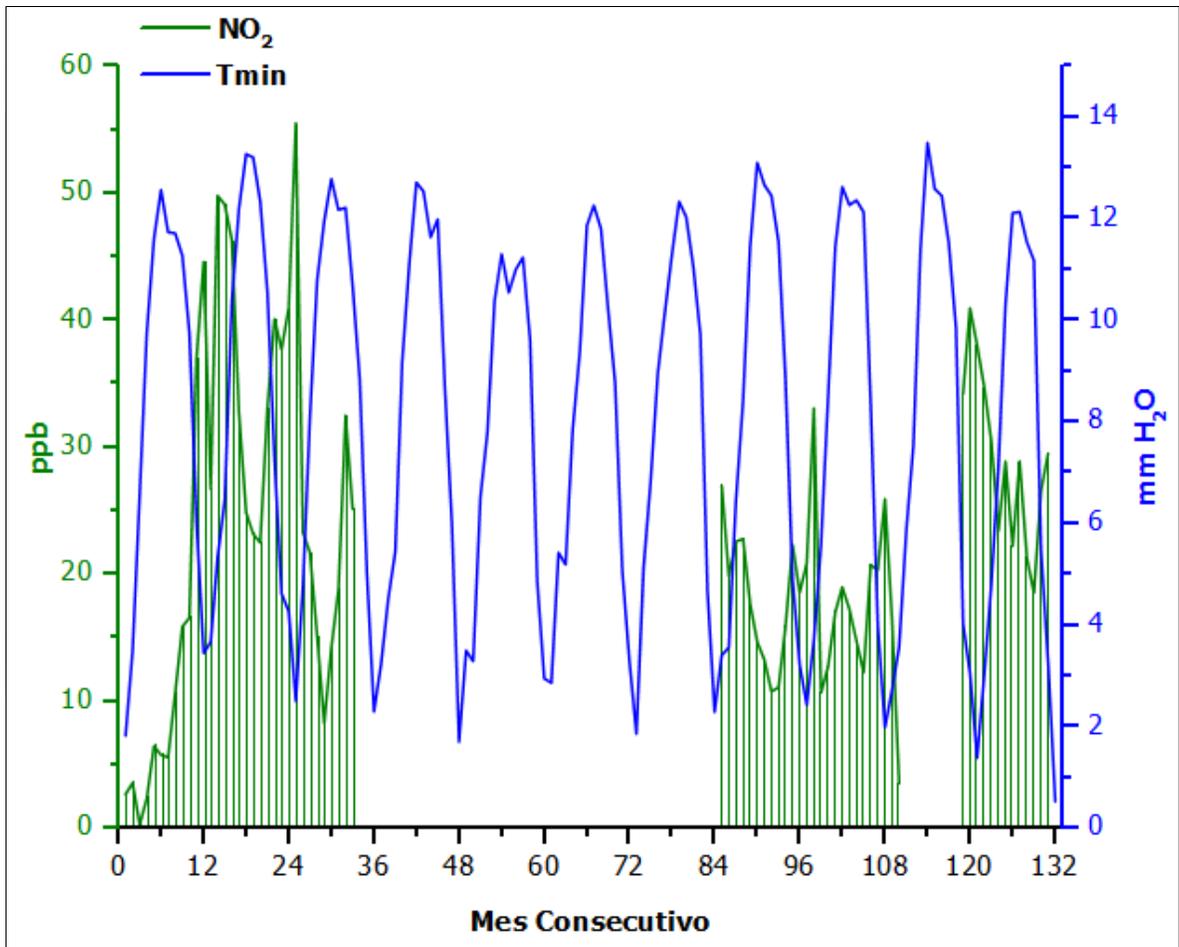
ANEXO D. Relación de la concentración mensual de NO_2 con respecto a la precipitación acumulada mensual, en el municipio de Aguascalientes para el periodo de estudio 2000-2010.



ANEXO E. Relación de la concentración mensual de NO₂ con respecto a la Temperatura máxima acumulada mensual, en el municipio de Aguascalientes para el periodo de estudio 2000-2010.



ANEXO F. Relación de la concentración mensual de NO₂ con respecto a la Temperatura mínima acumulada mensual, en el municipio de Aguascalientes para el periodo de estudio 2000-2010.



Coeficientes de Correlación Spearman de la concentración de NO ₂ con respecto a las variables meteorológicas en el municipio de Ags.		
Variable	Coefficiente Correlación	Valor P
<i>pp</i>	-0.18	0.13
<i>Tmax</i>	-0.39	0
<i>Tmin</i>	-0.35	0

ANEXO G. Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas semanales de los municipios de Aguascalientes

ASIENTOS					
Variable	No. Observaciones	Media	SD	Min	Max
Pp	574	9.08	17.37	0.0	133.9
Tmax	574	23.57	3.02	14.4	31.3
Tmin	574	8.21	3.98	-1.6	14.0
Oscilación	574	15.36	2.36	9.9	20.9
Tmin-	574	6.72	4.37	-5.5	13.2
Tmax+	574	28.01	2.90	19.6	35.7
Oscilación+	574	21.29	3.19	13.2	30.4
Tasa	574	885	370	237	2715
CALVILLO					
Variable	No. Observaciones	Mediana	SD	Min	Max
Pp	574	12.3	21.5	0.0	148.0
Tmax	574	26.9	3.2	16.8	35.7
Tmin	574	9.6	4.1	-1.5	17.2
Oscilación	574	17.3	3.7	7.3	26.2
Tmin-	574	8.3	4.7	-4.7	17.2
Tmax+	574	30.0	3.3	19.8	38.5
Oscilación+	574	21.7	4.2	9.3	31.8
Tasa	574	788	327	278	3090
cosío					
Variable	No. Observaciones	Mediana	SD	Min	Max
PP	574	8.9	17.6	0.0	136.0
Tmax	574	25.9	3.4	15.3	35.3
Tmin	574	9.5	4.0	-0.7	15.6
Oscilación	574	16.4	2.8	8.7	23.3
Tminmin	574	7.5	4.6	-5.0	14.0
Tmax max	574	28.1	3.2	18.0	36.0
Oscilación +	574	20.6	3.4	11.0	31.0
Tasa	574	703	339	130	2244

EL LLANO					
Variable	No. Observaciones	Media	SD	Mínimo	Máximo
Pp	574	10.4	19.4	0.0	145.7
Tmax	574	26.5	3.1	17.0	35.1
Tmin	574	7.3	4.1	-1.9	13.4
Oscilación	574	19.2	3.6	10.1	27.5
Tminmin	574	5.7	4.3	-5.6	12.8
Tmax max	574	28.2	3.0	19.6	36.2
Oscilación Máxima	574	22.5	3.8	12.9	31.5
Tasa	574	844	416	121	2295
JESÚS MARÍA					
Variable	Observaciones	Media	SD	Min	Max
Pp	574	11.2	19.7	0.0	112.6
Tmax	574	26.3	3.1	15.5	34.5
Tmin	574	8.9	4.2	-0.8	16.3
Oscilación	574	17.4	3.1	9.0	24.8
Tminmin	574	7.3	4.7	-3.3	15.0
Tmax max	574	28.0	3.1	18.3	35.3
Oscilación Máxima	574	20.7	3.5	12.0	29.3
Tasa	574	623	222	156	1673
PABELLÓN DE ARTEAGA					
Variable	Observaciones	Mean	SD	Min	Max
PP	574	9.2	16.5	0.0	95.7
Tmax	574	27.6	3.3	16.4	36.7
Tmin	574	10.3	4.4	-1.3	17.0
Oscilación	574	17.3	3.6	7.3	25.2
Tminmin	573	8.4	4.9	-3.5	16.0
Tmax max	573	29.6	3.1	20.0	37.5
Oscilación Máxima	573	21.2	4.0	10.0	30.5
Tasa	574	1134	383	328	3483
RINCÓN DE ROMOS					
Variable	Observaciones	Mean	SD	Min	Max
Pp	574	8.1	17.0	0.0	160.0
Tmax	574	25.7	4.4	14.6	36.9
Tmin	574	6.5	4.1	-6.9	15.4
Tmaxmax	574	28.2	4.2	18.0	38.0
Tminmin	574	4.7	4.5	-8.0	14.0
Oscilación	574	19.2	3.8	5.4	29.9
Oscilación max	574	23.4	4.0	10.0	33.0

Tasa	574	676	257	195	2241
-------------	-----	-----	-----	-----	------

SAN FRANCISCO DE LOS ROMO					
Variable	N	Mean	SD	Min	Max
Ppacumulada	574	8.7	15.7	0.0	95.6
Tmax	574	26.1	4.0	11.0	35.4
Tmin	574	9.9	4.8	-2.7	17.9
Oscilación	574	16.2	3.6	5.1	26.0
Tminmin	574	7.5	5.3	-6.0	16.0
Tmax max	574	28.9	3.7	15.0	39.0
Oscilación max	574	21.4	4.1	9.0	32.0
Total	574	552	283	25	1878
TEPEZALÁ					
Variable	N	Mean	SD	Min	Max
PP	574	8.5	16.3	0.0	105.3
Tmax	574	25.5	3.2	15.5	34.1
Tmin	574	8.7	3.7	0.1	14.7
Oscilación	574	16.8	2.5	9.4	23.3
Tminmin	574	7.3	4.1	-4.5	14.3
Tmax max	574	27.1	3.0	18.5	34.8
Oscilación máxima	574	19.8	3.0	12.6	27.9
Tasa	574	472	262	23	1758