INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Artículo que defenderá el Dr. José Guzmán Ontiveros para obtener el grado de Maestro en Salud Pública área de concentración Salud Ambiental

TÍTULO

Relevancia de las variables climáticas en la incidencia de picadura de alacrán en el estado de Morelos

AUTOR

José Guzmán Ontiveros

jose.guzman@espm.insp.mx

DIRECTORA

MC. Magali Hurtado Díaz

ASESORES

Dr. Horacio Riojas Rodríguez

MC. Grea Litai Moreno Banda

PÁGINA FRONTAL

TÍTULO

Relevancia de las variables climáticas en la incidencia de picadura de alacrán en el estado de Morelos

José Guzmán Ontiveros (1), Magali Hurtado Díaz (2), Horacio Riojas Rodríguez (3), Grea Litai Moreno Banda (4)

Afiliación Institucional

(1) Alumno de la Maestría en Salud Pública área de concentración Salud Ambiental, Escuela de Salud Pública de México, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca Morelos, México

(2) Maestra en Ciencias en Salud Pública Escuela de Salud Pública de México

(3) Doctor en Ciencias de Salud Pública con Área de Concentración en Epidemiología Escuela de Salud Pública de México.

(4) Doctorado en Ciencias de la Salud Pública, área de concentración Epidemiología.

Relevancia de las variables climáticas en la incidencia de picadura de alacrán en el estado de Morelos

Resumen

El estado de Morelos ocupa el primer lugar a nivel nacional en incidencia de intoxicación por picadura de alacrán (IPPA). Éste padecimiento se encuentra dentro de las primeras cuatro causas que más demandan consulta a los Servicios de Salud de la entidad. **Objetivo:** Analizar la asociación entre la variabilidad climática (temperatura y precipitación) y la incidencia semanal de intoxicación por picadura de alacrán (IPPA), dividiendo el estado de Morelos en regiones climáticas. **Material y métodos:** Se desarrolló un estudio de series de tiempos de 1999 a 2007, se dividió al estado de Morelos en 3 regiones y se estimó la asociación entre IPPA y la temperatura mínima, máxima y precipitación, ajustando por variables sociodemográficas mediante modelos de regresión binomial negativa (RBN) **Resultados**: Durante el período de estudio, la región cálida y semicálida presentaron la mayor incidencia de IPPA. En estas regiones, por cada 1ºC de incremento en la temperatura mínima, se estimó un incremento promedio de 7.5% en la incidencia semanal de IPPA. **Conclusiones.** En este estudio se encontró una asociación positiva y significativa entre las variables climáticas y la incidencia de IPPA en el estado de Morelos. Estos resultados podrían ser de utilidad para mejorar las medidas encaminadas a la prevención y control de IPPA en la entidad.

Palabras Clave. Intoxicación por picadura de alacrán; temperatura; precipitación; series de tiempo; Morelos.

Relevance of climatological variables on scorpion sting incidence in the state of Morelos, México

Abstract

Morelos has the first place in the country in scorpion sting poisoning this disease holds the fourth place in demand of consult in the state. **The aim** of this study is to analyze the association between climate variability (temperature and precipitation) and the incidence of scorpion sting intoxication (IPPA), in the climate regions of the state of Morelos. **Material and methods**: We developed an ecological study of time series 1999-2007. We used negative binomial regression to estimate the association between scorpion sting intoxication (IPPA) and the minimum, maximum temperatures and precipitation, adjusting by sociodemographic variables. **Results:** Of the three regions analyzed It was found that in the Semi-hot and hot region have the highest incidence in scorpion sting intoxication, we found positive and negative association with the climatic variables analyzed. It was the minimum temperature the best indicator to predict the weekly increase of these phenomena. **Conclusions:** There is a direct association between climatic variables and the incidence of scorpion sting intoxications (IPPA). These results will be useful to improve the prevention and control measures as it is the first study of its kind conducted in Morelos.

Keywords. Intoxication by scorpion sting; temperature; precipitation; time series; Morelos.

Introducción

Las variaciones climáticas son una amenaza para la salud pública que modifica la forma como se deben tomar decisiones para protección en materia de salud.[1] La evidencia científica ha mostrado que los factores ambientales influyen en la incidencia y distribución de enfermedades sensibles a los cambios de temperatura y precipitación como las transmitidas por vector.[2,3] Estudios publicados refieren que la incidencia de alacranismo se asocia a las variaciones climáticas.[4,5,6] Identificar la asociación de los cambios en la temperatura ambiental y precipitación es importante para poder enfrentar los efectos adversos en salud humana, especialmente en grupos poblacionales vulnerables.[7]

La intoxicación por picadura de alacrán (IPPA) es un problema de salud pública en varios países tropicales y subtropicales del mundo. México presenta las tasas de incidencia más altas a nivel global. Para dar una idea de la magnitud del problema, en el 2008 se estimó una tasa de 233.64 por 100,000 habitantes.[8] El estado de Morelos ocupa el primer lugar de incidencia a nivel nacional, con una tasa anual por arriba de los 1,995 por 100, 000 habitantes, representando el cuarto lugar en demanda de consulta a los servicios de salud del Estado.[9]

Debido a la naturaleza de inoculación del veneno y la rápida evolución clínica que amenaza con la vida de los pacientes, [10] el alacranismo es una emergencia médica que podría afectar diversos órganos y sistemas, produciendo estimulación simpática y parasimpática.[11] El grado de intoxicación va a depender

de las características de la víctima y de la especie de alacrán. Los niños menores de 5 años, las personas con enfermedades concomitantes y los adultos mayores son los más vulnerables.[10]

Los alacranes son animales depredadores de hábitos nocturnos, que permanecen escondidos durante el día, y salen a cazar sus presas durante la noche. Tienen gran resistencia a las altas temperaturas ambientales, a la falta de agua y al ayuno prolongado, gracias a que pueden almacenar parte del alimento ingerido, cuando éste ha sido abundante.[5] Lo que explica que la mayoría de las picaduras de alacrán suceden en el hogar durante los meses más calurosos del año, en el transcurso de las 6:00 PM y 6:00 AM, cuando la temperatura desciende y las condiciones son óptimas para el desarrollo de los ciclos biológicos del alacrán.[4,12,13]

Se han identificado 1,400 especies de alacranes en el mundo, a pesar de que todos los escorpiones poseen glándulas venenosas, sólo alrededor de 30 especies se han documentado como peligrosas para el humano.[14] La mayoría de éstas, pertenecen a siete géneros: *Androctonus, Buthus y Leiurus* en el norte de África y Oriente Medio, *Centruroides* en México y el sur de los Estados Unidos, *Buthotus* en la India, *Parabuthus* en el sur de África y *Tityus* en Suramérica, Panamá, Costa Rica y Trinidad. La familia *Buthidae* es la de mayor importancia médica en todo el mundo.[15]

En México se reconocen 190 especies, más al menos 52 que están en proceso de ser descritas, están agrupadas en siete familias y se encuentran

distribuidas a lo largo del territorio nacional.[16] En más del 50% de la superficie del país hay especies de alta toxicidad.[14]

La localización geográfica que tiene el estado Morelos, aunado a su gran heterogeneidad climática, edafológica y geológica, son factores que han permitido que exista una gran diversidad de escorpiones en su territorio, representando el 8% de la escorpio-fauna del país.[17] Se han identificado 16 especies de escorpiones en la región, pertenecientes a cuatro familias diferentes, representadas por los géneros ***Centruroides*** (3 especies), ***Diplocentrus*** (3 especies), ***Hadrurus*** (1 especie) y ***Vaejovis*** (9 especies), sin embargo, sólo dos son las consideradas de importancia médica debido a su alta toxicidad: ***Centruroides limpidus limpidus y Centruroides balsasensis***.[18]

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud "el alacranismo es una de las enfermedades tropicales olvidadas que afecta principalmente a grupos de población marginados, y por consecuencia no aparece como prioridad de los diseños de políticas y programas de salud pública."[19] Aunado a esto existen pocos estudios epidemiológicos sobre la influencia de las variables climatológicas e incidencia de picadura de alacrán. En un estudio realizado en Colima en el año 2005, se analizó la significancia de las variables climatológicas para predecir la incidencia de picadura de alacrán, y se encontró que cuando la temperatura mínima superó los 19.43ºC en el año 2000 y 18.81º en 2001, la picadura de alacrán alcanzó la mayor incidencia.[2] Otro estudio (Charrab N *et al* 2009) encontró

que la incidencia aumenta durante los meses de verano (periodo 2002-2007), en el transcurso de las 6:00 PM y 6:00 AM.[4]

Diferentes estudios entomológicos han demostrado que el aumento en la actividad escorpiónica está relacionada con las temperaturas medias de la estación más húmeda del año, (Mirshamsi O, 2013) ,[23] con la temporada de lluvias, evaporación elevada, abundancia de presa (alimentación) y ciclo reproductivo (Araujo C.S, *et al*, 2010).[13]

En México la Secretaria de Salud ha establecido lineamientos para apoyar la capacidad de respuesta de los servicios de salud ante enfermedades que se incrementan en temporada de calor, [7] sin embargo, el alacranismo no se ha considerado en el Programa de Temperaturas Extremas, a pesar de que éste es un problema que podría estar influenciado por el incremento en la temperatura y precipitación.

Dado la relevancia de la IPPA en el estado de Morelos, este estudio plantea la hipótesis de que el incremento en la incidencia está asociado a variaciones en la temperatura y precipitación y que dicha asociación podría ser diferente en las diferentes regiones climáticas del Estado. Con esto se podría generar evidencia para apoyar el diseño de estrategias de mejora en la prevención primaria y secundaria en regiones endémicas de la entidad.

Material y métodos

Se realizó un estudio ecológico de análisis retrospectivo de series de tiempo del periodo de 1999 al 2007, utilizando los registros semanales de IPPA en el estado de Morelos, reportados en el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) con el código T63.2, X22 de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades en su 10ª Revisión (CIE 10ª). Además, se utilizaron los registros diarios de temperatura máxima (tmax), temperatura mínima (tmin) y precipitación pluvial (pp) de las estaciones meteorológicas que tiene el Sistema Meteorológico Nacional en la entidad, los cuales fueron validados por la Academia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANIDE) para el Plan de Adaptación al Cambio Climático (PEACC) del Estado de Morelos.

Utilizando la carta de clima del estado de Morelos, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI),[21] se identificaron cinco tipos de climas los cuales para este estudio se agruparon en tres regiones climáticas: a) La región semifría (RSF) que incluye los climas templado subhúmedo y el semifrío subhúmedo, b) La región semicálida (RSC) que sólo comprende el clima semicálida subhúmedo, y c) la región cálida (RC) que integra al clima cálido subhúmedo y semiárido semicálido. Una vez conformadas las regiones se asignaron municipios y estaciones meteorológicas a cada una de las regiones (Tabla 1).

Para cada región climática se construyó una base con datos epidemiológicos y climáticos. La variable dependiente (incidencia semanal de casos de IPPA) y las variables independientes (tmax, tmin y pp) se agregaron por semana epidemiológica (variable de tiempo). Se consideraron además como variables de ajuste, la población general (variables de exposición), el porcentaje de población urbana y de población rural se tomó de los datos de población de los censos del 2000 y 2010 y conteos de 1995 y 2005.[22] El porcentaje de población urbana y rural se obtuvo considerando aquellos núcleos población mayor o igual a 2500 habitantes como población urbana y los menores a 2500 como población rural. Se estimó la población anual por municipio con técnicas de interpolación.

Se consideraron como variables de ajuste la superficie en hectáreas de riego; [22] el porcentaje de analfabetismo, el porcentaje de viviendas con piso de tierra, sin sanitario y sin electricidad.[23] Se crearon variables dummy de años y estaciones para fraccionar la serie con el propósito de estimar la diferencia de incidencia de IPPA de las cuatro estaciones del año.

Análisis estadístico

La región climática fue la unidad de análisis a un nivel de agregación semanal de los datos, posteriormente se hizo la agregación de los municipios y estaciones para conformar cada una de las tres regiones, Se realizó un análisis univariado para ver medidas de resumen, frecuencias, tendencia central, dispersión, porcentajes (Tablas. 3, 2 y 4).

Para probar el supuesto de normalidad se hizo un análisis con la técnica de Shapiro-Francia se encontró que tanto la variables dependiente como las independientes de clima no tienen una distribución normal. Debido a que la variable dependiente es de conteo y presentó sobredispersión en el análisis univariado, varianza mayor que la media (Tabla. 2), El parámetro alpha es la medida de dispersión. Si este parámetro es estadísticamente igual a cero, el modelo se reduce al modelo de Poisson, en éste caso el parámetro alpha fue mayor a cero lo que apoya la sobredispersión, por lo que se desarrollaron modelos de regresión binomial negativa (RBN).[24, 25,26,27]

Se construyeron series gráficas del periodo de estudio para observar el comportamiento de las variables (casos semanales de IPPA, tmax, tmin, pp), su tendencia y variaciones estacionales a través del tiempo (Figura 1).Para establecer una relación entre el número de casos observados de IPPA y la tmax, tmin y pp calculamos coeficientes de correlación Spearman entre las series de IPPA y las variables independientes. (Tabla. 5).

Finalmente se ajustaron modelos de RBN para estimar el porcentaje de cambio de la IPPA en las diferentes regiones climáticas de estudio, asociado a los cambios en la tmax, tmin y pp en diferentes rezagos de tiempo (Tabla. 6).Una vez construido el modelo, se evaluaron las siguientes pruebas de bondad de ajuste: Máxima verosimilitud (Log likelihood**)** y la de Criterio de Información Akaike (AIC).

Para garantizar el supuesto de independencia entre las variables explicativas se utilizó la prueba de colinialidad tomando como criterio que el factor de la varianza inflada (VIF) fuese menor de diez, las variables de clima cumplieron con la condición pero no así las variables sociodemográficas, por lo que se decidió

dejar solamente, porcentaje de vivienda con piso de tierra; se realizaron pruebas diagnósticas sobre los residuales, probando diferentes rezagos en las variables de clima, para eliminar la correlación utilizando la Prueba de Dickey Fuller y se optó por el modelo que fuera parsimonioso y biológicamente plausible (Tabla 7 y 8). El software utilizado para el análisis fue programa estadístico STATA 11 desarrollado por (Stata Corporation, College Station, TX), usando las macros *nbreg,* desarrollado por **Joseph Hilbe**, *Arizona State University*.1993).

Resultados

El número de casos de IPPA para el estado de Morelos en el periodo de estudio fue de 292,898 de los cuales 158,622 correspondían a la RC, 134,212, a la RSC y 64 a la RSF. La tasa de incidencia anual promedio fue de 1,503, 3,010 y 18.6 por 100,000 habitantes respectivamente. La incidencia semanal de IPPA promedio fue de 339, 287 y 0.14 para cada una de las regiones climáticas antes descritas (Tabla 2). La media de tmin para éstas regiones fue de 15.10ºC, 12.45ºC y 8.64ºC y la tmax de 32.64ºC, 27.83ºC y 23.18ºC en las regiones cálida, semicálida y semifría respectivamente. En cuanto a la pp semanal promedio, está fue de 1.65 cm en la región cálida, 2.0 cm. en la semicálida y 2.84 cm. en la semifría (Tabla. 3).

La población total promedio en el estado de Morelos durante el periodo de estudio fue 1, 597,287 habitantes, de ésta el 36.5% la alberga la región cálida con un 90% de población urbana; en la semicálida habita el 61.1% con 92% de población urbana, y en la semifría el 2.3% con 73% urbana (Tabla 4). La región

con más superficie de riego fue la RC con 2,012 hectáreas, seguida de la RSC con 1,042, en la RSF solamente 4 hectáreas. En cuanto a los indicadores de rezago social (porcentaje de analfabetismo, de viviendas con piso de tierra, viviendas sin sanitario y viviendas sin electricidad) el índice de rezago más alto lo presentó la RSF seguido de la RC y el índice más bajo fue para la RSC (Tabla.4).

Análisis bivariado

El comportamiento estacional aparece reflejado en las series de temperatura y precipitación dejando ver la fuerte relación que existe entre las variables de clima y la incidencia de la IPPA. Para la región cálida y semicálida se aprecia un franco incremento a partir de que la temperatura mínima promedio es superada, en la RC a los 15.10ºC en la RSC 12.45ºC y en la RSF a los 8.64ºC, en ésta última no es perceptible dado su baja endemicidad. Ésto sucedió a partir de la semana 12 ± 2, y se mantuvo a diferente magnitud, superando la incidencia media semanal para cada región hasta la semana 43 ± 2. (Figura. 1).

El análisis de correlación mostró una asociación positiva y significativa para las tres regiones, entre los casos semanales de IPPA y las variables climatológicas, exceptuando la temperatura máxima y precipitación para la región semifría. Los coeficientes de correlación para la tmin fue de R= 0.59 (p=0.00) para la RC, R=0.70 (p= 0.00) RSC y R=0.09 (p=0.00) para la RSF; para la tmax fue R= 0.60 (p=0.00), R= 0.46 (p=0.00) y R=0.00 (p=0.95) respectivamente; para precipitación se encontró para la RC un R=0.27 (p=0.00), RSC R=0.39 (p=0.00) y RSF R=0.08 (p=0.07) (Tabla. 5).

Los modelos BN ajustados mostraron que el número de casos semanales de picadura de alacrán se incrementaron por cada unidad de cambio en la temperatura mínima (ºC), sin rezago: para la RC 7.5% (IC 95% 6 - 8), RSC 11.3% (IC 95% 10.2 – 12.3) y la RSF con un incremento de 18.2% (IC 95% 4.0 - 34.4); para temperatura máxima sin rezagos, RC 9.2 %(IC 95% 8.2 10.3), RSC 7.3% (IC 95% 6.0 - 8.6) y para la RSF de -0.003 (IC 95% -0.12 - 13.1); en cuanto a precipitación por cada centímetro de cambio sin rezago se encontró para la RC de 1.3 % (IC 95% -0.003 2.7), RSC un 2.1% (IC 95% 1 – 3.3), en la RSF fue de 4.7% (IC 95% -0.01 1.1) en la (Tabla 6) se muestran los resultados hasta 2 rezagos.

Resultados de las variables de ajuste. Para la RC por cada 100 hectáreas de superficie de riego que se incrementen hay un porcentaje de cambio de -0.02% (CI 95% -003 -0.01) para la RSC -0.00 (IC 95% -0.00- -0.00) y para la RSF no fue significativo -0.01% (IC 95% -0.08 6.7); En cuanto a los indicadores de rezago social solamente se encontró cambio significativo en porcentaje de analfabetismo para la RSC con un porcentaje de cambio de 4.6% (IC 95% 1.9 7.4) en la RSF con -0.47%% (IC 95% -0.06 -0.294), en porcentaje de vivienda con piso de tierra igualmente solamente fue significativo para la RSC con 1.4% (IC 95% 0.6 2.2), y para la RSF con 0.11% (IC 95% -0.01 -0.05); porcentaje de vivienda sin sanitario resultó significativo para RSC con un porcentaje de cambio de 1.3% (IC 95% 0.5 2.0) y para la RSF con 0.12% (IC 95% -0.17 -0.07), porcentaje de vivienda sin electricidad, resultó significativo para la RC con -0.07% (IC 95% -0.11 -0.00) y para la RSF con un -0.11% (IC 95% -0.18 -0.04) (Tabla 6).

El porcentaje de cambio en las estaciones del año para la RC tomando como referencia Invierno, Primavera presentó un 82% (IC 95% 70 -94), en la RSC 84.1% (IC 95% 72.6 96.3), y para la RSF un 339% (IC 95% 59 1113); en Verano para la RC se dio un cambio de 24.4% (IC 95% 16 - 32), para la RSC 35.5% (IC 95% 27 44.5) y para la RSF 338.7% (IC 95% 58.8 1112); en Otoño en la RC un 22% (IC 95% 12 34), en la RSC 21.3% (IC 95% 13.7 29.4) y en la RSF un 200% (IC 95% 4.4% 762.1) (Tabla 6).

Análisis multivariado regresión binomial negativa

Con el modelo de dos rezagos en tmin y uno en precipitación, en la RC por cada unidad de cambio en tmin se incrementa la incidencia de IPPA en un porcentaje de 6.2% (IC 95% 5.0 - 7.5), en la RSC 7.6% (IC 95% 6.0 - 9.2), en la RSF no hay significancia estadística. La precipitación fue protectora en la RC con un porcentaje de cambio por centímetro de precipitación de -0.02% (IC 95% -0.03 -0.01), para la RSC y RSF no se encontró significancia estadística; porcentaje de vivienda con piso de tierra fue significativa para la RSC en un 1.5% (IC 95% 0.9 – 2.0), en la RSF con -0.11% (IC 95% -0.16 -0.00). Las estaciones del año tomando como referencia Invierno, Primavera presentó un porcentaje de cambio significativo para en las tres regiones: RC 36.3% (IC 95% 25.3 – 48.2), RSC 37.4% (IC 95% 26.9 – 48.9) y RSF con 366.4% (IC 95% 34.5 -1516.8). En Verano solamente fue significativo el cambio para la RSF con 324.4 % (IC 95% 10.9-1524.0), en Otoño el cambio no fue significativo en ninguna de las regiones (Tabla 7).

Con el modelo de dos retrasos en temperatura máxima y uno en precipitación, en la RC por cada unidad de cambio en tmax se incrementa la incidencia de IPPA en un porcentaje de 9.8% (IC 95% 8.3 - 11.3), en la RSC en 5.1% (IC 95% 3.5 – 6.6), y en la RSF no se encontró significancia estadística. La precipitación solamente presentó cambio significativo para la RSC con un porcentaje de cambio por cada centímetro de pp de 1.3% (IC 95% 0.3 - 6.6), en las otras dos regiones no se encontró significancia estadística; En cuanto porcentaje de vivienda con piso de tierra para la RC y RSF resultó ser protector en un -0.00% (IC 95% -0.01 -0.00) y -0.11 (IC 95% -0.16 - -0.06) respectivamente, en la RSC se dio un incremento de 1.7 % (IC 1.1 – 2.3) (Tabla. 8)

En cuanto al porcentaje de cambio de las estaciones del año tomando como referencia Invierno, Primavera presentó un porcentaje de cambio significativo para en las tres regiones:, RC de .25.8 % (IC 16.1 – 36.3), RSC 53.0 % (IC 41.4 - 65.6) y RSF de 415.8 (IC 95% 65.5 - 1507.3); en Verano también fue significativo para las tres y regiones: RC con un porcentaje de cambio de 22.2 % (IC 95% 13.8 - 31.2), RSC de 29.4% (IC 95% 20.0 – 39.4) y RSF de 285.7 % (IC 95% 25.6 1,084.4), en Otoño fue significativo el cambio para la RC con 35.2 % (IC 95% 27.5 – 43.5), RSC 25.3 % (IC 95% 17.7 – 33.5), y RSF no significativo (Tabla 8).

Discusión

La IPPA es un grave problema de salud pública en las dos regiones más pobladas del estado de Morelos.[18] Esto genera altos costos no solo en términos económicos, en la atención médica y pérdida de días productivos, sino que

además existe el riesgo inminente de perder vidas.[14] Por ser la IPPA evitable, constituye una prioridad en investigación y un reto para la formulación de medidas en pro de su reducción.

Recientemente, las variables climatológicas se han utilizado por epidemiólogos y ecologistas para monitorear y predecir el comportamiento de diferentes enfermedades incluidas las causadas por vector.[2] Pero en las regiones de alta endemicidad escorpiónica del estado de Morelos, éste es el primer estudio de series temporales para estimar la asociación entre el incremento de la incidencia de IPPA con la variabilidad en temperatura y precipitación. Los alacranes han vivido millones de años y se han adaptado a diferentes condiciones biogeográficas y climatológicas y son sensibles a los cambios climáticos y uso del suelo que en ellas se dan.[28]

La asociación de IPPA con las variables climatológicas encontrada en las tres regiones analizadas es diferente, lo cual podría explicarse porque, una vez adaptadas las bio-especies a sus nichos ecológicos y ecosistemas, son dependientes y sensibles a los cambios climáticos que ahí se desarrollan.[29] Otra razón pude ser que haya variables generales y regionales no incluidas en el modelo que podrían estar influyendo en la forma como se presenta el fenómeno de alacranismo.[26]

En México y el mundo hay varias publicaciones que mencionan los cambios estacionales, las características climáticas y geográficas como factores de riesgo epidemiológico para sufrir IPPA, pero no establecen la relación estadística.[4,10,15,16] Los hallazgos encontrados en este estudio son semejantes a los encontrados por

Chowell y cols, en el estado de Colima, en donde se encontró que la temperatura mínima es la que mejor explica la variabilidad en la incidencia de IPPA, ellos encontraron que la mayor número de casos de IPPA en el año 2, 001 fue cuando la tmin superó los 19.43ºC y en el año 2, 000, cuando superaron los 18.81ºC. Estos resultados difieren de los encontrados en éste estudio, podría deberse, a que el clima de Colima es más homogéneo, y el nivel de agregación que se trabajó es mayor para Morelos.

El modelo ajustado con temperatura mínima, es el más apropiado para el análisis, por su plausibilidad biológica, debido a que dentro de las características de los alacranes, está el ser fotofóbicos y tener un mecanismo biológico de sobrevivencia que les permite conservar agua en presencia de temperaturas extremas. Evitan las horas más calurosas del día y son de hábitos nocturnos. [34] En los meses más calurosos, los alacranes se vuelven más activos, cuando la temperatura mínima alcanza se mantiene en un punto óptimo para que se desarrollen los ciclos biológico.[2, 5,13] Ésto coincide con la mayor incidencia de IPPA que se da en el transcurso de las 6:00 PM y 6:00 AM.[4]

La precipitación es una variable que tiene influencia en la incidencia de IPPA pesto que esta correlacionada con la temperatura, pero que debido a las variaciones anuales y estacionales podría perderse la significancia por la forma en que trabajaron los datos (precipitación promedio semanal en el periodo). En la representación gráfica podemos apreciar un decremento en los casos de IPPA en presencia de precipitación (Figura 1)

En éste estudio se incluyó la superficie de riego, debido a que el uso del suelo afecta la forma como se distribuyen las especies. Algunas actividades económicas son de mayo riesgo para sufrir IPPA, por ejemplo la pisca de maíz y otras actividades agrícolas.[2,31] En las zonas donde hay humedad aumenta la posibilidad de sobrevivencia de los alacranes porque hay abundancia de presa gran parte del año.[5,13] En nuestro análisis, la superficie de riego resultó ser protector, ésto podría estar explicado por que al haber abundante presa y humedad en las zonas de cultivo los alacranes no buscan refugio en el interior de las viviendas que es donde suceden la mayoría de los accidentes.[11] Otro aspecto podría ser que la mayoría de las personas dedicadas a la agricultura son adultos en edad productiva que no presentan peligro de muerte, saben lidiar con el problema y no acuden en busca de atención médica.[31,32]

Las variables de rezago social, que fueron consideradas para el ajuste del modelo (analfabetismo, porcentaje de viviendas con piso de tierra, porcentaje de viviendas sin sanitario y porcentaje de viviendas sin electricidad), en el modelo final ajustado por razones de multicolinealidad fueron excluidas, sólo se consideró porcentaje de viviendas con piso de tierra. En el análisis bivariado se encontraron diferentes asociaciones en las tres regiones analizadas; en algunos casos resultaron como protectores y en otro como factores de riesgo para la IPPA. Por ejemplo: el porcentaje de analfabetismo resultó protector pero no significativo en la RC, en el análisis bivariado del modelo final fue eliminada por presentar colinialidad. En otro ejemplo en el análisis del modelo final, el porcentaje de

viviendas con piso de tierra para la RC resultó ser protector, no así para la RSC que fue significativo pero con incremento en la incidencia (Tabla8).

Diversos autores han mencionado que existe un subregistro de casos de IPPA, principalmente por la falta de acceso a los servicios de salud o porque en las regiones endémicas la población todavía utiliza remedios caseros, sobre todo los adultos que saben que raramente es mortal, han aprendido a vivir con el fenómeno.[2,6,10,17] En la región semicálida es significativa con incremento en la incidencia de IPPA, lo que podría estar explicado porque en esa región cuenta con un mejor acceso a los servicios de salud, además es la zona más poblada, se encuentran municipios de muy alta incidencia (Cuernavaca, Yautepec Temixco),[9] y los cinturones de pobreza y marginación han invadido el espacio geofísico de los escorpiones. Por otro lado ésta población desarrolla, actividades económicas de mayor riesgo para sufrir IPPA.[10,17,29] Porcentaje de viviendas con piso de tierra. Esta es una variable de rezago social que en la literatura se describe como factor de riesgo asociado a la IPPA.[11,32] Históricamente se tiene un rezago socioeconómico en las áreas rurales y mayormente en zonas indígenas. Es más trascendente por las condiciones de pobreza manifiesta en viviendas precarias y del medio peridomiciliario favorables para albergar fauna nociva y aumentar el posible contacto humano.[33]

En los últimos años ha habido variabilidad climática dentro de las estaciones debido al cambio climático, lo cual podría estar alterando la biodinámica en los ecosistemas en el estado.[34] La incidencia semanal de IPPA en las regiones

estudiadas muestran un patrón estacional con un menor número de casos en invierno que se incrementa drásticamente en Primavera a partir de la semana 12 ± 2, hay un decremento relativo en agosto semana 27 ± 2, que se mantiene hasta la septiembre semana 35 ± 2, y vuelve a incrementar hasta octubre semana 43 ± 2. (Figura.1). En el periodo estudiado en las tres regiones el 19% de los casos ocurrieron en Invierno y el 34% en Primavera y el resto en Verano y Otoño con porcentajes variables pero por arriba de la media semanal.

Estos hallazgos difieren un poco de los encontrados por (Chowell et al., 2005), donde el patrón estacional de incidencia fue más alta en los meses de junio-octubre, podría deberse a que las características climáticas de Colima difieren con las de Morelos. En otro estudio en el condado de Ramshir en el periodo de 2006-2008 se encontró que la mayor incidencia de IPPA fue en Verano (46%) y la más baja en Invierno (4.42%). (Taj Sh. *Et al.* 2012). [35]

En un estudio entomológico de correlación sobre la conducta de los alacranes, se encontró que la densidad en la superficie es más densa en primavera y finales de verano asociándose con la temperatura, nivel de presas, actividad reproductiva y presencia de otros grupos de escorpiones (Polis GA. 1980).

Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo logró constatar la existencia de patrones temporales en la incidencia de IPPA y verificó la asociación de las variables de clima con en este padecimiento.

Éstos resultados podrían servir para orientar a los tomadores de decisiones en salud a implementar medidas de prevención y control en las regiones estudiadas.

La implementación de esta metodología podría ser de utilidad para realizar estudios posteriores, a un nivel de agregación menor y utilizando como unidad de análisis municipios o localidades de muy alta endemicidad.

Para incrementar la validez y el alcance de los hallazgos en esta investigación se propone que en análisis posteriores, se incluyan otras variables de control que ayuden a explicar mejor el fenómeno, tal es el caso de variables socio-económicas y socio-demográficas.

Este trabajo es el primer estudio de este tipo que se realiza en el estado. Su utilización podría constituir una herramienta de salud pública para facilitar la planeación de intervenciones oportunas para disminuir el daño carga de enfermedad por IPPA a nivel local y municipal

Limitaciones del estudio

En los estudios ecológicos, no se cuenta con evaluación o medición individual, sino a nivel poblacional de la exposición. El nivel de agregación de los datos que se trabajó pudiera tener sesgos, que al momento de interpretarlos deben ser considerados. No se pueden extrapolar los resultados encontrados a otras regiones del país, dado que las condiciones climáticas de Morelos pudieran ser muy distintas.

Otra limitación sería que el SUIVE sólo registra los casos que buscan atención médica, y aunque el reporte debe ser semanal y obligatorio, no podemos asegurar que las unidades médicas lo hayan hecho oportunamente, por lo que existe la posibilidad de sesgo de información.

Uno de los inconvenientes de las series temporales, es que a veces hay autocorrelación, que se puede deber a un error aleatorio; sobre todo cuando se trabaja con periodo largo tiempo. En el análisis de colinialidad de las variables de rezago social, se encontró multicolinialidad por lo que fueron eliminadas del modelo final.

Finalmente una dificultad del presente estudio, fue el control de variables confusoras, que podrían estar influenciando la variabilidad en la IPPA, por ejemplo se debieron haber incluido datos de género, especie de alacrán, etc.., así como también del comportamiento del fenómeno del niño o de la niña en los años

de estudio, que los últimas décadas han generado cabios en los patrones en la temperatura y precipitación a diferentes magnitudes.

Referencias bibliográficas

1. OMS. Cambio climático y salud humana. http://www.who.int/globalchange/climate/es/index.htm. [En línea] consultado diciembre 2012. Disponible en http://search.babylon.com/?q=Cambio+climatico+y+salud+humana.+Organizci%C3%B3n+Mundial+de+la+salud.+&babsrc=NT_.
2. Chowell G, Hyman JM, Díaz-Dueñas P, Hengartner NW. Predicting scorpion sting incidence in an endemic region using climatological variables. J Environ Health Res. 2005. Vol. 15, 6. 425-435.
3. Githeko, Lindsay, Confalonieri, Patz. El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores. REDEMA, 2009. Vol. 3, 3.
4. Charrab N, El Oufir R, Soulaymani A, Semlali I, MokhtarI A, Soulaymani R. Risk factors for scorpion stings in the Beni Mellal Province of Morocco. J Venom Anim Toxins Trop. 2009. Vol. 4, 15. 707-717.
5. Polis, G.A. Seasonal patterns and age-specific variation in the surface activity of a population of desert scorpions in relation to environmental factors. Journal of Animal Ecology. 1980. Vol. 49, 1. 1-18.
6. Ceils A, Gaxiola-Robles R, Sevilla-Godínez E, Orozco Valerio MJ, Armas J. "Trends in Mortality from Scorpion Sting in Mexico. Revista Panamericana de Salud Pública, 2007. Vol. 21, 6. 373-380.
7. Secretaría de Salud Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. “Programa de Temporada de Calor 2009”. [En línea] marzo de 2009. http://www.promocion.salud.gob.mx/dgps/descargas1/materiales_desastres/calor/b_temporada_calor_2009.pdf.
8. Chippaux JP, Goyffon M. Epidemiology of scorpionism: a global appraisal. Acta Trop. 2008. 107. 71-79.
9. SS-DGE. Información epidemiológica de morbilidad Anuario 2011. versión ejecutiva. En línea consultado http://www.dgepi.salud.gob.mx/2010/plantilla/inicio_anuarios.html. 2011.
10. Camacho-Ramírez R I, Sánchez-Zapata M H, Jaramillo-Serna R, Ávila-Reyes R. Alacranismo. Arch Invest Pediátr . México, Marzo de 2007. Vol. 10, 1. 21.
11. Secretaría de Salud. Prevención, diagnóstico, tratamiento y referencia de la intoxicación por veneno de alacrán. Guía de Práctica Clínica GPC. México, 2008.

12. Lagunas F.A., Villegas A.A. " Alacranismo en Guerrero: estudio Clínico Epidemiológico ". Revista Médica del IMSS. 1989. Vol. 27, 209.
13. Araujo C A, Candido D M, De Araujo Helder F.P. Dias Sidclay C, Vasconcellos A Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Coaastinga vegetation in northeastern Brazil.. 3, Zoología , 2010, Vol. 27. 372-376.
14. SEGOB. PROYECTO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SSA2-2002, Para la vigilancia, prevención y control de la intoxicación por picadura de alacrán; para quedar como Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-033-SSA2-2009, Para la vigilancia [En línea] 2011. [Citado el: 21 de mayo de 2013.]
15. Gómez C. J P, Otero PR. Eco-epidemiology of scorpions of medical importance in Colombia. [ed.] Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública. Medellín, Colombia : Rev Fac Nac Salud Pública, Enero-junio de 2007. Vol. 25, 1. 50-60.
16. Secretaría de Salud. Manual de Procedimientos Estandarizados Intoxicación por Picadura de Alacrán. [En línea] septiembre de 2012. [Citado el: 20 de junio de 2013.] www.salud.gob.mx • www.dgepi.salud.gob.mx.
17. Córdoba-Athanasiadis M, Francke-Ballvé O. Estado de Morelos "Hypatia, EL RECUENTO 2006". http://hypatia.morelos.gob.mx. [En línea] [Citado el: 01 de Julio de 2012.]
18. Secretaría de Salud de Morelos. [En línea] [Citado el: 16 de Julio de 2012.] http://www.ssm.gob.mx/programas_salud/SSC/alacranes.html.
19. WHO. Rabies and envenomings: a neglected public health issue. Report of a consultative meeting. 2007.
20. Mirshamsi O., Ecological niche modeling of two scorpion species Mesobuthus eupeus (C. L. Koch, 1839) and M. phillipsii (Pocock, 1889) from the Iranian Plateau and Zagros region (Arachnida: Scorpiones). Mashhad, Iran. : Euscorpius — Occasional Publications in Scorpiology, 2013. 154.
21. INEGI. Marco Geoestadístico Estatal y Municipal. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 1998. 2010.
22. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http://www.inegi.org.mx/default.aspx. [En línea]
23. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/%C3%8Dndice-de-Rezago-social-2010.aspx. [En línea]
24. Berdugo CE, Alberto LL,. Estudio comparativo entre los modelos Poisson-Normal y Binomial Negativo log-lineal mixto, para datos de conteos longiudinales. Bogota, DC, 2010.

25. Hilbe J., Negative binomial regression. Cambridge : Cambridge University Press, 2007.
26. Salinas-Rodríguez A, Manrique-Espinoza B, Sosa-Rubí SG. Análisis estadístico para datos de conteo: aplicaciones para el uso de los servicios de salud. s.l. : Salud Publica Mex, 2009. 51. 397-406.
27. Cameron AC, Trivedi PK. Regression analysis of count data. Cambridge : Cambridge University Press, 1998.
28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La fauna silvestre en un clima cambiante. Estudios FAO: Montes. Roma , 213.
29. Greenpeace. México ante el cambio climático: Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. México, 2010.
30. Hadley NF., Adaptational Biology of Desert Scorpions . Zoology Department Arizona State Universit y. Tempe, Arizona : J. Arachnol., 1974. Vol. 2. 11-23.
31. Villegas_Arrizón, et al. El uso de guantes como factor protector contra picaduras de alacrán durante la pizca de maíz en el estado de Guerrero, México. Salud Pública de México. 2009. Vol. 51. 126-133.
32. García Barbosa D, Ortega_Ceballos PA, Méndez-Vargas R, Iglesias-Padrón CV. “Fortalecimiento de las acciones para modificar los factores de riesgo involucrados en la picadura de alacrán, en la Comunidad de Peña Flores perteneciente al Municipio de Cuautla Morelos.”. Proyecto Terminal Profesional. Cuernavaca, MR : Instituto Nacional de Salud Pública, 2010.
33. Secretaría de Salud. .Programa de Acción Específico 2007-2012 . Otras Enfermedades Transmitidas por Vector. México: s.n., 2008.
34. Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio climático. Cambio climático y biodiversidad. 2002.
35. Taj Sh, M. Vazirian M, B. Vazirianzadeh B. Sh. Bigdeli Sh. Salehzadeh Z. Effects of climatological variables on scorpion sting incidence in Ramshir area South West of Iran. India : s.n., 2012. Vol. 15, 2. 575-577.

Figura 1. Gráficas de incidencia semanal de IPPA y variables climáticas

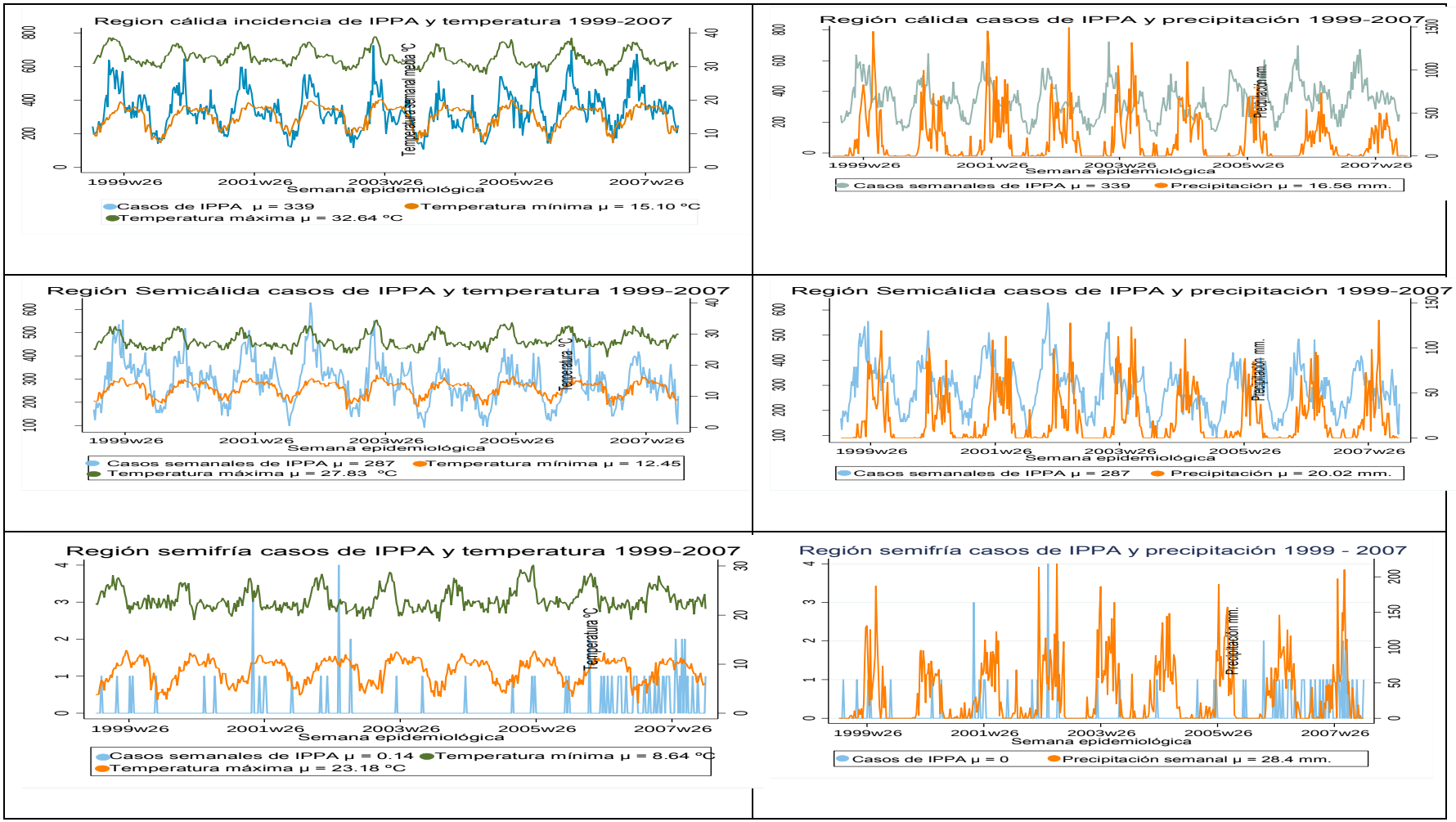

Tabla. 1. Estaciones meteorológicas y municipios agrupados en regiones climáticas

Región	Estaciones	Municipios
Cálida	17005, 17006, 17007, 17008, 17013, 17016, 17018, 17019, 17026, 17031, 17033, 17036, y 17038	Amacuzac, Axochiapan, Coatlán del Río, Cuautla, Jantetelco, Jojutla, Jonacatepec, Mazatepec, Miacatlán, Puente de Ixtla, Temoac, Tepalcingo, Tetecala, Tlaltizapán, Tlaquiltenango, Xochitepec, Zacatepec
Semicálida	17001, 17004, 17014, 17015, 1720, 17021, 17024, y 17043	Atlatlahuacan, Ayala, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jiutepec, Ocuituco, Temixco, Tepoztlan, Tlayacapan, Totolapan Yautepec, Yecapixtla, Zacualpán
S**emifría**	17022 y 17047	Hutzilac, Tlalnepantla y Tetela del Volcán

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Marco Geoestadístico Estatal y Municipal 2010

Tabla. 2. Variable dependiente Incidencia total y medidas de tendencia central semanales en el periodo 1999-2007

Región	Población	Casos de IPPA en el periodo	Tasa*	Media semanal	Mediana semanal	Varianza
Cálida	585,388	158,622	3,010	339	327	8,662
Semicálida	979,121	134,212	1,523	287	282	12,763
Semifría	38,115	64	18.6	0.14	0	.18

***Tasa anual promedio casos por 100,000 habitantes**

Tabla 3. Medidas de tendencia central de las variables climáticas 1999-2007

Variables	Región cálida			Región semicálida			Región semifría		
	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
Temperatura mínima (ºC)	15.10	7.17	20.08	12.45	5,84	16.8	8.64	2.07	12.82
Temperatura máxima (ºC)	32.64	27.33	38.86	27.83	22.67	34.47	23.18	18.79	30.18
Precipitación (cm.)	1.65	0	12.23	2.00	0	12.76	2.84	0	21.83

Tabla 4. Medidas de resumen frecuencias y porcentajes de las variables sociodemográficas para cada región 1999-2007

Variables	Cálida	Semicálida	Semifría
Población	585,388	973,783	38,115
Población urbana (porcentaje)	482,128 (90)	892, 038 (92)	28,555 (73)
Población rural (porcentaje)	113,315 (10)	81745 (8)	10,386 (27)
Superficie de riego (hectáreas)	2,012	1,042	4
Porcentaje Analfabetismo	11.59	8.42	8.04
Porcentaje vivienda con piso de tierra	15.51	13.38	19.19
Porcentaje vivienda sanitario	11.07	10.08	13.34
Porcentaje vivienda sin electricidad	2.72	3.80	6.09

Tabla 5. Correlación de Spearman entre incidencia semanal de IPPA y variables climáticas

variables	Región cálida		Región semicálida		Región semifría	
	R	Valor p	R	Valor p	R	Valor p
Temperatura mínima	**0.59**	**0.00**	**0.70**	**0.00**	**0.09**	**0.03**
Temperatura máxima	**0.60**	**0.00**	**0.46**	**0.00**	-0.00	0.95
precipitación	**0.27**	**0.00**	**0.39**	**0.00**	0.08	0.07

Tabla. 6. Análisis bivariado de regiones climáticas con diferentes rezagos y la población general como exposición 1999-2007

Variable	Región cálida			Región semicálida			Región semifría		
	% de cambio	IC		% de cambio	IC		% de cambio	IC	
Temperatura mínima(ºC)	**7.5**	**6.7**	**8.4**	**11.3**	**10.2**	**12.3**	**18.2**	**4.0**	**34.4**
Lag 1	**7.0**	**6.2**	**7.9**	**10.4**	**9.3**	**11.5**	**15.4**	**1.8**	**30.9**
Lag 2	**6.4**	**5.5**	**7.3**	**9.8**	**8.7**	**11.0**	**15.7**	**2.0**	**31.2**
Temperatura máxima (ºC)	**9.2**	**8.2**	**10.3**	**7.3**	**6.0**	**8.6**	-0.00	-0.12	13.1
Lag 1	**9.7**	**8.7**	**10.7**	**7.4**	**6.1**	**8.7**	5.1	-0.06	18.7
Lag 2	**9.8**	**8.8**	**10.8**	**8.0**	**6.7**	**9.2**	2.7	-0.09	16.0
Precipitación (cm.)	1.3	-0.00	2.7	**2.1**	**1.0**	**3.3**	4.7	-0.00	1.1
Lag 1	0.8	-0.00	2.1	**2.0**	**0.9**	**3.1**	5.4	-0.00	11.9
Lag2	0.3	-0.01	1.6	**1.7**	**0.6**	**2.8**	2.8	-0.03	9.9
Superficie de riego x 100 hectáreas	**- 0.02%**	**- 0.03**	**-0.01**	**- 0.01**	**-0.02**	**- 0.00**	-0.01	-0.08	6.7
% Analfabetismo	- 0.01	-.0.03	1.0	**4.6**	**1.9**	**7.4**	**-0.47**	**-0.60**	**-0.29**
% Vivienda piso de tierra	0.0	-0.00	0.9	**1.4**	**0.6**	**2.2**	**-0.11**	**-0.01**	**-0.05**
% Vivienda sin sanitario	0.1	-0.00	0.8	**1.3**	**0.5**	**2.0**	**-0.12**	**-0.17**	**- 0.07**
%Vivienda sin electricidad	**-0.07**	**-0.11**	**-0.00**	0-5	-0.01	2.7	**-0.11**	**-0.18**	**-0.04**
2 Primavera*	**82.0**	**70**	**94**	**84.1**	**72.6**	**96.3**	**339.3**	**59.0**	**1113**
3 Verano*	**24.4**	**16**	**32**	**35.5**	**27.0**	**44.5**	**338.7**	**58.8**	**1112**
4 Otoño*	**22.1**	**12**	**34**	**21.3**	**13.7**	**29.4**	**200.0**	**4.4**	**762.1**

*Invierno categoría de referencia

Tabla 7. Regresión Binomial Negativa Asociación de la incidencia semanal de IPPA con temperatura mínima y en el estado de Morelos 1999-2007

	Región cálida		Región semicálida		Región fría	
Variables	**% de cambio**	**IC**	**% de cambio**	**IC**	**% de cambio**	**IC**
Lag 2 Temperatura mínima (ºC)	**6.2**	**5.0 7.5**	**7.6**	**6.0 9.2**	0.975	0.808 1.178
Lag 1 Precipitación (cm.)	**-0.02**	**-0.03 -0.01**	-0.00	-0.00 0.1	2.0	-0.05 10.3
% Viviendas con piso de tierra	0.3	-0.00 0.9	**1.5**	**0.9 2.0**	**-0.11**	**-0.16 -0.00**
Primavera*	**36.3**	**25.3 48.2**	**37.4**	**26.9 48.9**	**4.664**	**1.345 16.168**
Verano*	-0.04	-0.12 5.0	2.9	-0.05 12.2	**4.244**	**1.109 16.240**
Otoño*	3.6	-0.03 11	4.9	0.01 11.8	209.2	-0.02 877.8

*Invierno categoría de referencia

Tabla 8. Regresión Binomial Negativa asociación de la incidencia semanal de IPPA con temperatura máxima y en el estado de Morelos 1999-2007

	Región cálida		Región semicálida		Región fría	
Variables	**% de cabio**	**IC**	**% de cabio**	**IC**	**% de cabio**	**IC**
Lag 2 Temperatura máxima (ºC)	**9.8**	**8.3 11.3**	**5.1**	**3.5 6.6**	-0.06	-0.20 11.1
Lag 1 Precipitación (cm.)	0.4	-0.01 1.5	**1.3**	**0.3 2.3**	1.1	-0.06 8.9
% Viviendas con piso de tierra	**-0.00**	**-0.01 -0.00**	**1.7**	**1.1 2.3**	**-0.11**	**-0.16 -0.06**
Primavera*	**25.8**	**16.1 36.3**	**53.0**	**41.4 65.6**	**5.158**	**1.655 16.073**
Verano*	**22.2**	**13.8 31.2**	**29.4**	**20.0 39.4**	**3.857**	**1.256 11.844**
Otoño*	**35.2**	**27.5 43.5**	**25.3**	**17.7 33.5**	177.9	-0.03 699.8

*Invierno categoría de referencia