



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

BÚSQUEDA DE PATRONES ESPACIO TEMPORALES EN LA INCIDENCIA DE CASOS SOSPECHOSOS DE
INFLUENZA EN MÉXICO DE 2010 A 2015

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:
EDGAR MOJICA UROSA

DIRECTOR DE TESIS
DR. MANUEL SUÁREZ LASTRA
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.
OCTUBRE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

No existe reto más grande ni motivación más fuerte para cualquier persona que este investigando que la frase “eso no se puede”. Cuando decidí dedicar mi investigación a la búsqueda de patrones espacio temporales en la influenza muchas fueron las problemáticas que se presentaron, pero cada vez que escuchaba negativas o comentarios pesimistas, me motivaban a seguir intentándolo.

Sin duda alguna mi más profundo agradecimiento a mi tutor el Dr. Manuel Suárez Lastra que tomo el riesgo de aceptar dirigir esta tesis con un tema tan inusual. Manuel, gracias por ayudarme todas esas tardes y contestar mis desesperados mensaje de texto pidiendo ayuda o que me aclararas dudas y en especial gracias por tenerme tanta paciencia.

De igual forma debo agradecer al Dr. José Ramón Narro Robles y al Dr. Cuitláhuac Ruiz Matus por tomarse un tiempo en sus apretadas agendas y aclarar muchas de las dudas que tenía.

A mis sinodales la Dra. Carmen Juárez, Dra. Alejandra Moreno, Dr. Carlos Galindo y el Dr. Carlos Arias por tomarse un tiempo y aceptar ser parte del sínodo.

También agradezco al Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales, sin cuya ayuda este trabajo no sería posible; así como a la UNAM y el CONACYT sin cuyo soporte académico y financiero no habría tenido la posibilidad de conocer a Sociedad Internacional de Influenza y Otras Enfermedades Respiratorias Asociadas a un Virus (ISIRV por sus siglas en ingles) y al grupo de investigadores que forman parte de la conferencia bianual de GEOMED, organizaciones que aclararon muchas de mis dudas y me mostraron un panorama internacional sobre los temas actuales de investigación en influenza.

Por último, quiero agradecer a mi familia y amigos quienes me motivaron a seguir en los momentos más complicados de esta investigación.

ÍNDICE CAPITULAR

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN.....	9
ANTECEDENTES	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
JUSTIFICACIÓN	19
MARCO CONCEPTUAL	20
OBJETIVOS	22
HIPÓTESIS.....	22
METODOLOGÍA.....	23
DESARROLLO	28
RESULTADOS	35
DISCUSIÓN	85
CONCLUSIONES	95
BIBLIOGRAFÍA.....	97
GLOSARIO.....	100
ANEXO 1. Análisis general de la base de datos SISVELFU	105
ANEXO 2 Campos de la base de datos SISVEFLU.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Canal endémico de las influencias por virus de "tipo A" para el año 2014.....	13
Figura 2 Algoritmo de diagnóstico de influenza y otros virus respiratorios.	14
Figura 3 Explicación grafica del cubo espacio tiempo.....	23
Figura 4 Explicación grafica de los bins del cubo espacio tiempo.....	23
Figura 5 Explicación grafica del Análisis de puntos calientes emergentes	26
Figura 6 Diagrama de flujo del desarrollo del análisis.	28
Figura 7 Ejemplo del cubo espacio temporal donde cada punto representa un bin.....	33
Figura 8 Ejemplo de locaciones analizadas con la prueba estadística de Mann Kendall.	34
Figura 9 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza en los 5 ciclos analizados.	37
Figura 10 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón para los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Querétaro y Zacatecas.	38
Figura 11 Comportamiento temporal de los casos en las localidades que presentaron un patrón de punto caliente consecutivo para los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Querétaro y Zacatecas.	39
Figura 12 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Cancún y Mérida	40
Figura 13 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Acapulco.....	41
Figura 14 Comportamiento temporal de los casos en las localidades turísticas de Acapulco, Cancún y Mérida.	42
Figura 15 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez y Tapachula.	43
Figura 16 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Ciudad Juárez	44
Figura 17 Comportamiento temporal de los casos en las localidades de Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez, Tapachula y Ciudad Juárez.	46
Figura 18 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Pachuca y Saltillo.	47
Figura 19 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en Saltillo y la Zona Metropolitana de la Ciudad de Monterrey.	48
Figura 20 Comportamiento temporal de los casos en las localidades los tres patrones detectados en el centro del país, Guanajuato, Querétaro, Saltillo y Monterrey.....	49
Figura 21 Comportamiento temporal de los casos en Monterrey.....	50
Figura 22 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo A en los 5 ciclos analizados.	51
Figura 23 Comportamiento temporal de los casos en Mérida y Cancún, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.....	52
Figura 24 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados.	53

Figura 25 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades de Mérida y Cancún.....	54
Figura 26 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades de Colima y Acapulco.....	55
Figura 27 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades de Culiacán	56
Figura 28 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades próximas a Tuxtla Gutiérrez.....	57
Figura 29 Comportamiento temporal de los casos en Tuxtla Gutiérrez, Acapulco, Colima y Culiacán comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.....	58
Figura 30 Comportamiento temporal de los casos en ZMCM, Gdl., Gto, Qro., y Oax, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.	60
Figura 31 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados para la ZMCM, Querétaro, Guadalajara, Oaxaca, Pachuca, Cuernavaca, Toluca, Puebla y Tlaxcala.	61
Figura 32 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados para Zacatecas, Aguascalientes y Monterrey.	62
Figura 33 Comportamiento temporal de los casos en Zacatecas, Aguascalientes y Monterrey, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.....	63
Figura 34 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en los 5 ciclos analizados.....	65
Figura 35 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en la zona central del país.....	66
Figura 36 Comportamiento temporal de los casos en Zacatecas, Aguascalientes y SLP, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.....	67
Figura 37 Comportamiento temporal de los casos en Manzanillo, Colima y Guadalajara comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.....	68
Figura 38 Comportamiento temporal de los casos en Manzanillo, Colima y Guadalajara comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.....	69
Figura 39 Comportamiento temporal de los casos en Mérida y Villahermosa comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.	70
Figura 40 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes detectados para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en Villahermosa y Mérida.	71
Figura 41 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes detectados para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en Monterrey.	72
Figura 42 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes detectados para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en Monterrey y Ciudad Juárez	73

Figura 43 Comportamiento temporal de los casos en Monterrey y Ciudad Juárez comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.....	74
Figura 44 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.....	76
Figura 45 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos en las zonas con patrones de punto caliente creciente, persistente, consecutivo y decreciente.....	77
Figura 46 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos en las zonas con patrones de punto frío creciente, persistente, consecutivo y decreciente.....	78
Figura 47 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo A, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.....	79
Figura 48 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos confirmados de influenza tipo A en las zonas con patrones de punto caliente consecutivo, creciente, decreciente, persistente y punto frío consecutivo.....	80
Figura 49 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos confirmados de influenza tipo B en las zonas con patrones de punto calientes y fríos consecutivo y creciente.....	81
Figura 50 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo B, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.....	82
Figura 51 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos confirmados de influenza tipo AH3N2 en las zonas con patrones de punto calientes y fríos consecutivo, creciente y persistente.....	83
Figura 52 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo AH3N2, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.....	84
Figura 53 Seguimiento histórico de la geografía en la salud.....	88
Figura 54 Comparativa de patrones detectados al utilizar casos (imagen superior) y tasas (imagen inferior) en el análisis hecho para todos los casos sospechosos de influenza.....	90
Figura 55 Comparativa del comportamiento temporal de los casos y las tasas detectadas en Monterrey, en el análisis hecho para todos los casos sospechosos de influenza.....	91
Figura 56 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza, en los 5 ciclos estudiados con un área de agrupación de 5 km y un área de búsqueda de 28 km.....	93
Figura 57 Resultados del análisis de puntos caliente emergentes para todos los casos sospechosos, centro y sur del país.....	94
Figura 58 Casos sospechosos de influenza de cinco ciclos de influenza.....	105
Figura 59 Porcentaje de casos sospechosos de influenza analizados por ciclos.....	106
Figura 60 Resultados por porcentaje de las pruebas analizadas por ciclo dentro del periodo de estudio.....	107
Figura 61 Evolución de casos por porcentaje en cada ciclo dentro del periodo de estudio.....	108
Figura 62 Situación de vacunación de los casos por porcentaje en cada ciclo dentro del periodo de estudio.....	109
Figura 63 Tratamiento que se da a los casos por porcentaje en cada ciclo dentro del periodo de estudio.....	110

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Infección por Características de edad.	11
Cuadro 2 Características de las últimas epidemias de influenza comparadas con la influenza estacional.	12
Cuadro 3 Número de vasos sospechoso de influenza.....	30
Cuadro 4 Número de vasos sospechoso de influenza por ciclo.	30
Cuadro 5 Resultado de la georreferenciación de casos por localidad.	32
Cuadro 6 Resultado de los cubos espacio temporales.....	35
Cuadro 7 Resultado de los cubos espacio temporales en el uso de tasas	75
Cuadro 8 Resultado de los cubos espacio temporales en casos y tasas	89
Cuadro 9 Comparativa de resultados en la elaboración del cubo con distintas áreas de agrupación	92

RESUMEN

La influenza es una enfermedad respiratoria con un comportamiento generalmente estacional y causada por un virus de la familia *Orthomyxoviridae*. Existen estudios que han analizado la existencia de patrones espaciales y/o temporales de la influenza, pero ninguno ha utilizado un cubo espacio temporal con datos reales de un sistema de vigilancia epidemiológica nacional; la falta de investigaciones de este tipo, se debe a la falta de información. La presente tesis analizó la base de datos del *Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Influenza (SISVEFLU)* en búsqueda de patrones espacio temporales en México entre el año 2010 y 2015; para ello se elaboró un cubo espacio temporal y un análisis de puntos aientes emergentes. Se trabajaron los datos de dos formas, la primera fue utilizando solo los casos y la segunda utilizando tasas crudas. Se analizaron todos los casos sospechosos y posteriormente se analizaron solo los casos confirmados para las influencias tipo A, AH3, B (Yamagata y Victoria), H1N1, y los casos no su tipificados. Los resultados mostraron la existencia de patrones crecientes para todos los casos sospechosos de influenza y para los casos confirmados de influenza tipo B y H3N2; solo se detectó un patrón decreciente en los casos de influenza tipo A; no se detectaron patrones en casos confirmados de H1N1 y en casos no subtipificados. Los resultados de este estudio aportan al conocimiento del comportamiento espacio temporal de la influenza en México y brindan una nueva perspectiva sobre la enfermedad a los tomadores de decisiones y diseñadores de políticas públicas.

INTRODUCCIÓN

El 8 de septiembre de 1854 un pozo de agua era clausurado en el barrio de Soho en Londres por órdenes del Dr. Jhon Snow (Paneth, 2004); sus investigaciones mostraban la existencia de casos de Cólera alrededor de dicho pozo. Este momento es considerado por muchos como el nacimiento de la epidemiología y a su vez, fue la primera vez que se elaboró cartografía sobre localización de casos de una enfermedad específica para mitigar una epidemia.

Desde los orígenes de la epidemiología ha existido el interés por conocer el comportamiento espacial y temporal de las enfermedades con el fin de monitorear la expansión de brotes epidémicos para su mitigación; es por esta razón que se ha impulsado el desarrollo bases de datos que permitan la georreferenciación de casos.

El brote epidémico de H1N1 que se vivó en México en el año 2009, mostró que las afectaciones no solo se limitan a la salud pública, sino que los efectos de un brote pueden repercutir en distintas áreas de la sociedad al afectar las actividades económicas; en México el brote de 2009 tuvo un costo cercano al 1% del PIB de 2009. Dese este evento el monitoreo de la influenza en el país mejoró y se formaron sistemas de vigilancia que dieron como consecuencia bases de datos con gran detalle.

El estudio de la influenza data del 412 a.C y los primeros patrones que se detectaron fueron temporales al notar su comportamiento estacional; posteriormente se encontraron otros tipos de comportamiento temporales y espaciales que fueron detectados a partir del estudio de casos puntuales y del análisis de densidad de Kernel para detectar clústeres espaciales.

Otras disciplinas como las ciencias de la complejidad han estudiado los patrones espacio temporales desde otras perspectivas como la conectividad de las regiones, dado que el surgimiento de bases de datos con una gran cantidad de información abre la posibilidad de realizar nuevos análisis; es por esta razón que esta tesis aprovecho la coyuntura entre la existencia de estas nuevas bases y las metodologías adaptadas para el procesamiento de datos espacio temporales, para realizar una búsqueda de patrones espacio temporales en la base de datos del SISVEFLU para detectar localidades que se encuentran dentro de estos patrones.

ANTECEDENTES

Aspectos generales de la influenza

La influenza es una enfermedad respiratoria aguda, contagiosa y de origen viral; es causada por un virus de la familia *Orthomyxoviridae* y tiende a seguir un patrón estacional (Cervantes, 2014).

Existen 3 tipos de virus de influenza A, B y C; los virus de influenza A son catalogados por el subtipo dependiendo de las proteínas que estén en su superficie: Hemaglutinina (H, existen 18 tipos de H) y Neuraminidasa (N, existen 11 tipos de N)¹. Los virus de tipo C son poco comunes, los virus de tipo B tienden a ser estacionales y los virus de tipo A pueden ser estacionales; generalmente este último tipo es el que tiene el potencial de producir pandemias (Cervantes, 2014).

Los subtipos más comunes en América son:

- AH1N1
- AH3N2

En México se reportan principalmente los siguientes tipos según la base de datos del *Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Influenza (SISVEFLU)*:

- De tipo A
 - AH1N1
 - AH3N2
- De tipo B ²
 - Yamagata
 - Victoria

La influenza se presenta en epidemias estacionales que se repiten anualmente durante el otoño y el invierno en regiones templadas (Cervantes, 2014).

Según información del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos de América (CDC por sus siglas en inglés), la infección se transmite de persona a persona por medio de aerosoles que contienen el virus (generados por un infectado al toser o estornudar), al ser inhalados o ingeridos por una persona susceptible (un infectado puede contagiar a otras personas dentro 1.8 metros).

También puede presentarse la infección al tocar superficies u objetos contaminados con el virus y posteriormente tocarse la boca o la nariz, pero esta forma de infección es poco frecuente ³.

¹ (Español.cdc.gov, 2017)

² La base de datos entregada por la Dirección General de Epidemiología no especifica la diferencia entre (el virus Yamagata y el Victoria) para cada caso, pero existen bases de datos (distintas al SISVEFLU) que se generan a partir de las pruebas tomadas a cada individuo, en la cual, se especifica el tipo y/o subtipo de influenza detectado.

³ CDC, <http://espanol.cdc.gov/enes/flu/about/disease/spread.htm>

Los síntomas aparecen entre 1 y 4 días después de la infección y el periodo de contagio puede fluctuar en relación a la edad (ver cuadro 1).

<i>Tipo de persona</i>	<i>Contagio un día antes de presentar síntomas</i>	<i>Contagio posterior a la presentación de los síntomas</i>
<i>Adulto promedio</i>	Si	5 a 7 días
<i>Niño</i>	Si	Más de 7 días

Cuadro 1 Infección por Características de edad.

Fuente: CDC, <http://espanol.cdc.gov/enes/flu/about/disease/spread.htm>, 2017

No obstante, es importante aclarar que la capacidad de infección de la influenza puede variar en función al tipo y subtipo de la misma. Algunas personas pueden estar infectadas con el virus, pero no presentan síntomas y durante ese tiempo pueden infectar a otras personas⁴.

La sintomatología puede diferir en función a la edad de las personas afectadas y los síntomas más comunes suelen ser fiebre, cefalea⁵, mialgia⁶, postración⁷, coriza⁸, dolor de garganta y tos. En los casos graves afecta las vías respiratorias bajas (pulmones y bronquios); cuando la influenza se complica pueden presentarse neumonías y bronconeumonías. Para la mayoría de los casos (que no presentan complicaciones) el tiempo de recuperación fluctúa entre una y dos semanas sin necesidad de tratamiento (Cervantes, 2014).

La influenza se presenta en las estaciones de otoño e invierno, es decir, a finales de septiembre o principios de octubre y puede extenderse hasta mayo en el hemisferio norte. El mayor número de casos se presenta entre enero y febrero (Cervantes, Op. cit.) En el *Documento Técnico de influenza* publicado por la *Secretaría de Salud de México* en 2014 se mencionan las características de las últimas 4 pandemias de influenza comparadas con la influenza estacional (ver cuadro 2).

⁴ CDC, <http://espanol.cdc.gov/enes/flu/about/disease/spread.htm>

⁵ Dolor de cabeza.

⁶ Las mialgias consisten en dolores musculares que pueden afectar a uno o varios músculos del cuerpo.

⁷ Enflaquecimiento, debilidad que sobreviene a una enfermedad.

⁸ Catarro nasal.

<i>Pandemia (fecha y nombre común)</i>	<i>Área de emergencia</i>	<i>Subtipo de virus de influenza A</i>	<i>Numero reproductivo estimado (R0)</i>	<i>Tasa de Mortalidad estimada</i>	<i>Estimado de mortalidad a nivel mundial</i>	<i>Grupos de edad más afectados</i>	<i>Pérdidas económicas (PIB, porcentaje de cambio)</i>
1918 - 1919 Influenza española	Desconocida	H1N1	1.5 - 1.8	2 - 3 %	40 - 100 millones	Adultos y jóvenes	- 16.0 a 2.4
1957- 1958 Influenza asiática	Sur de China	H2N2	1.5	< 0.2 %	1 - 4 millones	Niños	-3.5 a 0.4
1968-1969 Influenza de Hong Kong	Sur de China	H3N1	1.3 - 1.6	< 0.2%	1 - 4 millones	Todos los grupos de edad	-0.4 a (-1.5)
2009 -2010 Influenza A (H1N1) 2009 o Influenza Porcina	EUA y México	H1N1	1.4 - 1.6 2.0 - 2.6	0.01% -0.06 %	14,286 (confirmadas; ECDC) >= 8,768 (confirmadas; OMS)	Adultos jóvenes	No disponible
Influenza estacional	Todo el mundo	A(H1N1), A(H3N2), B	1.3	< 0.1 %	300,000 - 500,000 al año	Niños adultos mayores	No disponible

Cuadro 2 Características de las últimas epidemias de influenza comparadas con la influenza estacional.

Fuente: Cuadro tomado del documento Técnico de Influenza 2014

La influenza se puede presentar de dos formas, la primera es de manera estacional y la segunda es en forma de brote con potencial pandémico (Vargas-Prada, 2010); para monitorear los casos que ocurren en la temporada se realiza un análisis estadístico conocido como canal endémico, el cual consiste en analizar los casos de años anteriores para pronosticar los casos que se puedan presentar en el futuro mediante medias geométricas o cuartiles (Bortman, 1999).

Un brote con potencial pandémico puede presentarse en cualquier momento y en cualquier lugar; generalmente coincide con el incremento inusual de muertes por enfermedades respiratorias agudas y por neumonías, así como por el incremento de casos de influenza por un virus de subtipo no identificado; los cuales son difíciles de detectar cuando se presentan durante el periodo de máximos esperados por una influenza estacional (Vargas-Prada, 2010).

El comportamiento esperado de influenza está definido a partir del *canal endémico*, el cual se elabora con los casos (generalmente semanales) de los años anteriores al año que se desea estimar y marca los límites de los casos mínimos y máximos esperados como se muestra en la figura 1, un canal endémico para influenza causada por virus de tipo A para el año 2014.

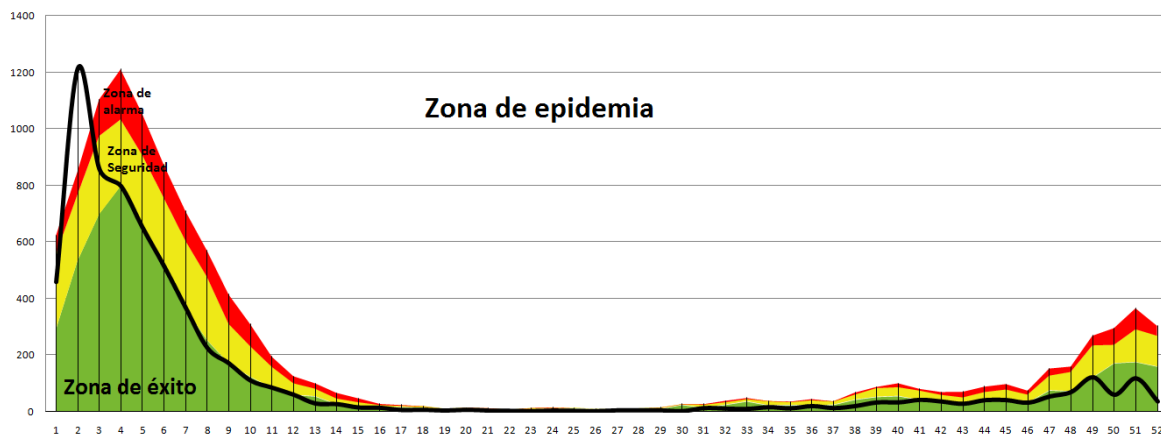


Figura 1 Canal endémico de las influencias por virus de "tipo A" para el año 2014.

Elaboración propia.

Fuente: OMS 2015⁹.

La vigilancia epidemiológica para la Influenza en México.

Como en la mayoría de los países, México cuenta con un sistema de vigilancia epidemiológica el cual es regulado bajo la norma la norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-2012; el sistema clasifica cada emergencia epidemiológica¹⁰ por su magnitud en función a ello recomienda un tipo específico de vigilancia. Cada evento se divide por tipo de caso (sospechoso, probable, compatible, descartado y confirmado) y según su trascendencia o importancia se pueden clasificar por periodicidad de notificación (inmediata, diaria, semanal, mensual, anual y diversa) (NOM-017-SSA2-2012, 2013).

La influenza está clasificada dentro del grupo de las enfermedades transmisibles, en el subgrupo de enfermedades prevenibles por vacunación y se debe notificar cada caso de manera inmediata, semanal y en el sistema especial;¹¹ este sistema especial se conoce con el nombre de *Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Influenza (SISVEFLU)* y es una base de datos que compila información muy específica de cada caso asociado a esta enfermedad.

El proceso que se sigue generalmente (ver figura 2) cuando el paciente se presenta en una unidad médica con síntomas que indiquen un posible caso de influenza, es enviar la notificación al *Servicio Epidemiológico Nacional (SNE)* por medio del *Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE)* y al *Sistema de Vigilancia Epidemiológica para la Influenza (SISVEFLU)*, al mismo tiempo, se realizan las tomas de muestras sanguíneas y se envían a la *Red Nacional de Laboratorios de Salud*

⁹ OMS, Global Health Observatory Data Repository, FluNet
<http://apps.who.int/gho/data/node.main.173?lang=en>

¹⁰ Evento de nueva aparición o reaparición, cuya presencia pone en riesgo la salud de la población, y que por su magnitud requiere de acciones inmediatas.

¹¹ Como lo muestra el apéndice informativo A de la NOM-017-SSA2-2012.

*Pública*¹² donde se realizan distintas pruebas¹³ para determinar la existencia del virus y el subtipo al que pertenece; una vez confirmado o rechazado el caso, se informa a la dependencia correspondiente (Secretaría de Salud, 2014).

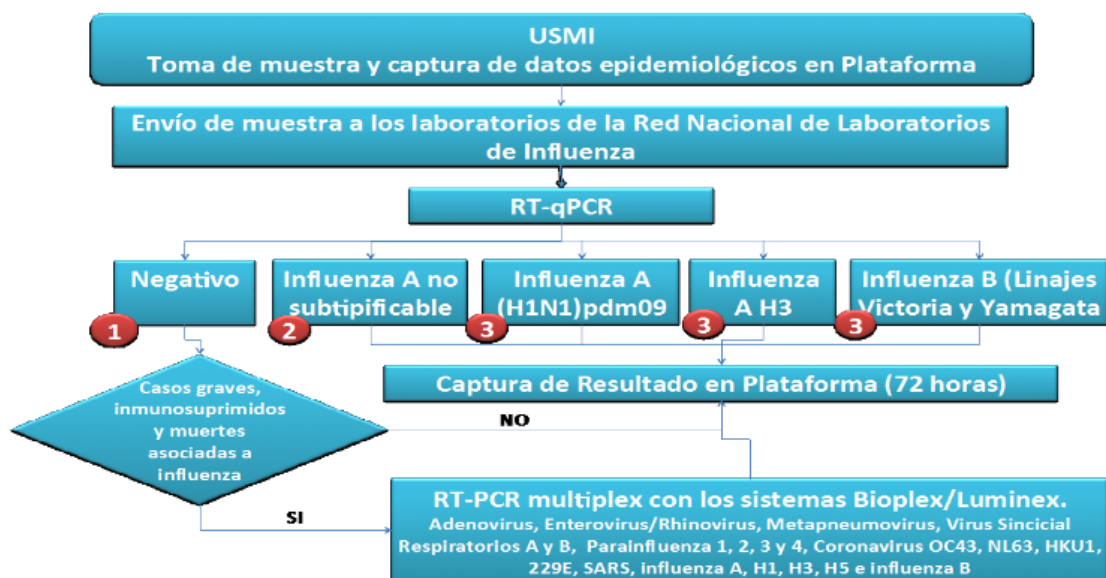


Figura 2 Algoritmo de diagnóstico de influenza y otros virus respiratorios.
Fuente: Vigilancia epidemiología de Influenza en México (Revuelta & Barrera, 2014).

En México se realizan las pruebas RT-PCR en tiempo real, además de la RT-PCR multiplex en tiempo real con sistemas de Bio-Plex/Luminex y la RT-PCR en tiempo real¹⁴ (Secretaría de Salud, 2014), todas estas pruebas son reconocida como las de mayor sensibilidad y las más utilizadas para la detección de influenza (CDC, 2015).

Existen distintas bases de datos que brindan información sobre casos de influenza, algunas son de carácter público y otras de acceso restringido, debido a que los datos de influenza están catalogados como seguridad nacional. Las bases de datos más conocidas son: *Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica (SUAVE)*, *los Cubos dinámicos de salud Egresos Hospitalarios*, *el Flunet*, *los Boletines epidemiológicos*, *los anuarios estadísticos* y *el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Influenza (SISVEFLU)*.

En esta investigación se utilizó el SISVEFLU, el cual es un sistema de vigilancia epidemiológica especializado en influenza y cuenta con 583 Unidades de Salud Monitoras de Influenza (USMI) de primer, segundo y tercer nivel de atención. Las USMI se encargan de monitorear a todos los

¹² Integrado por 37 laboratorios.

¹³ Las muestras deben pasar algunos criterios para ser aceptadas o rechazadas y con ello reducir la posibilidad de falsos positivos o falsos negativos por errores humanos.

¹⁴ En términos simples estas pruebas poseen una efectividad superior al 90% y los errores que presentan generalmente son atribuidos al mal manejo de las muestras (CDC, 2015)

pacientes que presenten Enfermedades tipo Influenza (ETI) e Infección Respiratoria Aguda Grave (IRAG) y toman muestras al 10% de los pacientes ambulatorios y al 100% de los hospitalizados; además toda defunción sospechosa o confirmada debe notificarse al SISVEFLU dentro de las primeras 24 horas de su detección (Cervantes, 2014). Esta base de datos da información detallada del paciente. Cabe destacar que no existe una base con estas características en el mundo ya que incorpora datos como sexo, edad, trabajo, contacto con animales, síntomas, tipo de medicamento recibido, fecha de registro, fecha de inicio de síntomas, entre otros.

Estudios de patrones en la influenza

Si bien existen muchos antecedentes sobre la influenza, como los registros históricos pertenecientes a Hipócrates en los cuales se habla de una enfermedad con características similares a las de la influenza en el año 412 a.C (Ayora-talavera, 1999), esta investigación solo retomará datos históricos a partir de la influenza de 1918-1919; ya que representa un momento crucial en el monitoreo de la transición de la influenza a nivel global.

Uno de los primeros rasgos detectados en la influenza es la existencia de patrones temporales, desde la detección del comportamiento estacional, hasta la identificación de lo que algunos investigadores como David Patterson (Patterson & Pyle, 1991) y Matthew Smallman-Raynor (2002) llamaron olas¹⁵ (waves en inglés) en sus análisis sobre la epidemia de influenza de 1918 – 1919. No obstante otros autores han detectado que al menos en los países tropicales y subtropicales el comportamiento estacional de la influenza es distinto en algunas regiones del planeta (Hirve, Newman, Paget, & Azziz-baumgartner, 2016).

Uno de los autores que destacan es Gatrell et al. (1996) por su artículo de análisis de patrones puntuales espaciales y su aplicación en la geografía epidemiológica. En sus estudios destacan las aplicaciones de la densidad de Kernel¹⁶ y sus variantes¹⁷ para la detección de clústeres espaciales y reconocer la incidencia de la mortalidad para enfermedades como la influenza y leucemia por mencionar un par de ejemplos; de igual manera los autores advierten del uso de esta metodología e insta en discernir si los clústeres detectados se deben a la concentración de casos o a la concentración de la población.

Otros estudios se han enfocado en la conectividad de las regiones; dado que la conectividad global es tan alta, que el virus estacional se homogeniza e inicia el brote mucho antes de que se llegue a su pico máximo en la zona donde se originó (Bonabeau & Flahault, 1999). De igual manera estudios como los de Wang et al. (2010) destacan la importancia del análisis de redes en la modelación de la transmisión espacio temporal del virus.

¹⁵ Incrementos repentinos en la frecuencia de incidencias que pueden formar una distribución bimodal o trimodal.

¹⁶ Calcula la densidad de las entidades en la vecindad de esas entidades. Puede calcularse para las entidades de punto y de línea.

¹⁷ Función K, extensión de la función K: bivariada y patrones espacio temporales.

Los más recientes aportes en la búsqueda de patrones espacio tiempo de influenza se han enfocado a la variación (espacio temporal) genética de la influenza H1N1, como lo muestran la tesis de Shang (2014) que utiliza el índice de Moran¹⁸, el método de mínimos cuadrados¹⁹ y la regresión geográfica ponderada²⁰ para detectar si existe variación genética en el virus entre la distancia y el tiempo en comunidades chinas.

Otras disciplinas que han estudiado la espacio temporalidad de la influenza

En el campo de las *ciencias ambientales y la salud*, existen estudios de seguimiento y visualización de las actividades espacio temporales a micro escala de la transición de influenza, mismas que consisten en el monitoreo²¹ de las trayectorias de las personas dentro de una universidad y un monitoreo en 3D para evidenciar las redes que forman. Este seguimiento tiene como propósito detectar los clústeres espacio temporales dentro de dichas redes como los principales puntos de contagio (Qi & Du, 2013).

Dentro del campo de las *ciencias de la complejidad y las redes complejas* está la elaboración de modelos epidemiológicos estocásticos de metapoblaciones que consideran el tránsito aéreo entre zonas urbanas. Estos modelos estiman la posible distribución de un brote de influenza al considerar distintos niveles de infectividad del virus y distintas condiciones de inicio del brote (Pastor-Satorras, Castellano, Van Mieghem, & Vespignani, 2015).

De igual manera, dentro de las *ciencias de la complejidad y el big data*²², se encuentran investigaciones enfocadas en la detección temprana de casos mediante el monitoreo del comportamiento de las búsquedas asociadas a la salud dentro del buscador de Google; de esta forma se pretende estimar el nivel de actividad de la influenza por semana en distintas regiones de los Estados Unidos de América y del mundo a nivel estatal (Ginsberg et al., 2009).

De los artículos revisados se distinguen dos corrientes en la búsqueda de patrones espacio temporales de influenza; la primera son las *redes complejas* (ya sea a gran escala o a micro escala) y la segunda el *análisis del big data* basados en búsquedas de internet (la escala de análisis está limitada a nivel estatal).

¹⁸ Mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de las entidades simultáneamente. Dado un conjunto de entidades y un atributo asociado, evalúa si el patrón expresado está agrupado, disperso o es aleatorio.

¹⁹ Realiza una regresión lineal global de Mínimos cuadrados para generar una predicción o modelar una variable dependiente en términos de sus relaciones con un conjunto de variables explicativas.

²⁰ Una forma local de regresión lineal que se utiliza para modelar las relaciones que varían espacialmente.

²¹ El monitoreo se realiza mediante sistemas de posicionamiento global (GPS) en dispositivos o teléfonos celulares

²² Término que describe el gran volumen de datos, tanto estructurados como no estructurados.

El uso de los cubos espacio tiempo

Una de las principales causas que limitan el uso de los cubos espacio tiempo, es la disponibilidad de datos, este problema afecta en gran medida la mayoría de las investigaciones asociadas a la salud pública. Como lo han mencionado muchos investigadores, el problema de los datos no solo consiste la existencia de los mismos, sino en el detalle con el que se encuentran. Afortunadamente el desarrollo de nuevas tecnologías ha facilitado el monitoreo de la influenza (incidencia y mortalidad) a una escala nunca antes vista; el brindar detalles de localización y el día exacto de registro, ofrece la oportunidad para realizar otro tipo de análisis a los que se han realizado anteriormente.

La primera persona que hablo de los cubos espacio temporales fue el geógrafo sueco Torsten Hägerstrand en 1969 y mencionaba que debíamos estudiar a los individuos para entender patrones a mayor escala; él ideó los cubos espacio temporales, pero los llamó prismas, en los cuales se veía el agrupamiento de trayectorias de individuos y las zonas donde se juntaban varios individuos en el espacio tiempo las llamaba encuentros.

Los autores Qi & Du (2013) son quizá²³ los primeros en utilizar un cubo espacio temporal en el estudio de la influenza con propósitos de monitoreo. Si bien la escala a la que los autores trabajan es muy pequeña (y dista bastante a la escala que se trabaja en esta tesis) su aporte radica en utilizar el tiempo como una tercera dimensión para elaborar un análisis asociado a la transmisión de influenza.

Uno de los retos de esta investigación consiste en sentar las bases para los primeros análisis espacio temporales que se realicen sobre influenza en el mundo, dado que México es el único país que cuenta con una base de datos con tanto detalle de influenza y por lo tanto es el único país donde puede realizarse este tipo de análisis a esta escala.

²³ No se encontraron otros investigadores que manejen un cubo espacio temporal durante esta investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La epidemia de influenza que sufrió México en 2009 es considerada como el desastre económico más importante en la historia del México moderno (aproximadamente 1% del PIB del 2008)²⁴, muy por encima de los daños registrados por los huracanes en 2005, las inundaciones de Tabasco de 2007 y del terremoto de 1985, según el reporte *Evaluación preliminar del impacto de la influenza AH1N1* de la *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*(CEPAL) (Martí et al., 2010).

Es importante tener presente que el impacto de la influenza no solo se limita a la salud pública, sino que tiene graves estragos en la economía y a su vez en varios sectores del país; para contextualizar esto tomemos 1 % del PIB de 2008, el cual represento aproximadamente 154 mil millones de pesos mismos que representan casi 7 veces el presupuesto de la UNAM para el mismo año.

Es necesario aumentar el conocimiento de del comportamiento espacio temporal de la influenza en el país para dar más información a los tomadores de decisiones que facilite la distribución de recursos para mejorar el monitoreo de la enfermedad, así como mitigar y prevenir casos.

Por las razones mencionadas anteriormente, esta investigación aborda el análisis de la incidencia de los casos sospechosos de influenza²⁵ desde una perspectiva geográfica para dar respuesta a la pregunta *¿Existe un patrón espacio temporal el número de casos sospechosos y confirmados de influenza en la República Mexicana entre 2010 y 2015?*, y de ser positiva la respuesta *¿Dónde están localizados estos patrones?*

²⁴ 11 mil millones de dólares aproximadamente; 154 mil millones de pesos; 7 veces el presupuesto de la UNAM para el mismo año.

²⁵ Todos los casos que presenten fiebre mayor o igual a 38 °C, tos y cefalea, acompañadas de uno o más de los siguientes signos o síntomas: rinorrea, coriza, artralgias, mialgias, postración, odinofagia, dolor torácico, dolor abdominal, congestión nasal.

JUSTIFICACIÓN

Una de las enfermedades con mayor monitoreo en el mundo es la influenza.²⁶ México cuenta actualmente con una base de datos llamada *Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Influenza* (SISVEFLU) cuyas características son únicas en el mundo; el desarrollo de esta base de datos brinda los elementos necesarios para realizar la búsqueda de patrones espacio-temporales a escala local.

Si bien la influenza es ampliamente estudiada desde la medicina y la epidemiología en todo el mundo, actualmente no existen investigaciones de este tipo; no por falta de interés, sino por falta de información que permita la georreferenciación espacial y temporal de los casos, datos indispensables para utilizar metodologías existentes. Por lo tanto, es deber de la geografía brindar una nueva perspectiva en el análisis espacial y temporal de este fenómeno, misma que ayude a aumentar la comprensión del mismo.

²⁶ Who.int. (2016). *WHO | Global infectious disease surveillance*. [en línea] Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs200/en/> [Acceso 5 Dic. 2016].

MARCO CONCEPTUAL

Las investigaciones realizadas sobre patrones espacio temporales de la influenza se manejan distintas escalas espaciales que van desde lo macro (global, pero limitada a infecciones presentadas en una sola especie, ya sea humanos o animales) hasta lo micro (zonas específicas como edificios, escuelas y granjas). La variabilidad de la escala en las investigaciones está asociada a la disponibilidad y calidad de la información; es por esta razón que el fenómeno puede ser considerado un fenómeno multiescalar que puede estudiar desde la distribución espacial del contagio entre países por el flujo internacional de pasajeros y mercancías (Colizza, Barrat, Barthelemy, Valleron, & Vespignani, 2007), hasta las zonas donde hay puntos calientes de transmisión a micro escala donde existe un mayor riesgo de contagio dentro de una universidad (Qi & Du, 2013).

En el estudio de la distribución espacial de las enfermedades en la geografía de la salud, las disponibilidades de los datos definen en gran medida la escala de tu estudio y la escala se vuelve una herramienta conceptual y no una técnica como lo menciona Reborrati (2001).

El acceso a una base de datos que cuenta con gran detalle ha dado las condiciones necesarias para realizar un análisis a pequeña escala; por lo tanto, para este estudio específico se define la escala espacial como, la unidad espacial del análisis espacial y temporal definida por el tamaño del bin²⁷.

Por otra parte, los *patrones espaciales* se definen como la distribución de la incidencia de los casos sospechosos de influenza en un momento dado o en un periodo de tiempo; esta distribución puede ser aleatoria o agrupada.

Los *patrones espaciales* con una distribución agrupada pueden ser de dos tipos: *punto caliente (hotspot)* para denominar las zonas que presentan una alta concentración de casos (casos sospechosos de influenza) y *puntos fríos (coldspot)* para indicar las zonas que presentan una baja concentración de casos (Desktop.arcgis.com, 2017).

Cuando se detectan *patrones espaciales* es bastante común cuestionarse sobre el origen y duración de los mismos; para ello, se utilizan el análisis *espacio temporal* que se define como la distribución (aleatoria o agrupada) de eventos en el espacio y el tiempo.

El análisis espacio temporal requiere de la construcción de un *cubo espacio temporal* el cual es un formulario de datos en red (*netCDF*) destinado a almacenar datos científicos multidimensionales, donde cada variable representa una dimensión (Pro.arcgis.com, 2017).

²⁷ Cubo tridimensional que agrupa un número de casos en un espacio y tiempo definido, en donde los ejes X y Y representan el espacio y el eje Z representa el tiempo.

Un *patrón espacio temporal* puede ser detectado a partir de un *análisis de puntos calientes emergentes* que permita identificar tendencias en los datos y puede presentar los siguientes tipos de patrones (Pro.arcgis.com, 2017):

- a) *No se detectó ningún patrón.*
- b) *Nuevo punto caliente.*
- c) *Punto caliente consecutivo.*
- d) *Punto caliente creciente.*
- e) *Punto caliente persistente.*
- f) *Punto caliente decreciente.*
- g) *Punto caliente esporádico.*
- h) *Punto caliente oscilante.*
- i) *Punto caliente histórico.*
- j) *Nuevo punto frío.*
- k) *Punto frío consecutivo.*
- l) *Punto frío creciente.*
- m) *Punto frío persistente.*
- n) *Punto frío decreciente.*
- o) *Punto frío esporádico.*
- p) *Punto frío oscilante.*
- q) *Punto frío histórico.*

Para mayor detalle en su definición pasar al glosario y para conocer la explicación matemática atrás del análisis ir al segundo capítulo de la tesis.

En la epidemiología existen distintas formas de manejar la incidencia de casos por tasas, estas pueden ser tasas crudas²⁸ y ajustadas²⁹. Este estudio es de carácter exploratorio en la base de datos del SISVEFLU, por lo tanto se utilizan tasas crudas para detectar la existencia de algún patrón espacio temporal.

²⁸ También conocidas como tasas brutas.

²⁹ De manera directa o indirecta.

OBJETIVOS

Objetivo general

1. Analizar el SISVEFLU con el propósito de buscar patrones espacio temporales que ayuden a detectar un comportamiento recurrente en la incidencia de casos sospechosos y confirmados de influenza.

Objetivos específicos

1. Detectar localidades que presenten algún tipo de patrón espacio temporal.
2. Describir el comportamiento de los casos sospechosos y confirmados de influenza en las localidades que presentaron algún tipo de patrón espacio temporal.
3. Comparar los patrones detectados utilizando casos y tasas crudas.
4. Comparar el comportamiento de los patrones detectados cambiando el área de agregación y de búsqueda.

HIPÓTESIS

Existen patrones espacio temporales en la incidencia de casos sospechosos y casos confirmados de influenza en México entre los años 2010 y 2015.

METODOLOGÍA

Funcionamiento de los cubos espacio tiempo

Un cubo espacio tiempo es una agrupación ordenada de datos donde el tiempo se representa por el eje Z y el espacio por los ejes X y Y (ver figura 3). El cubo espacio temporal está diseñado para detectar series temporales y/o patrones espacio temporales, mediante un cubo de datos netCDF el cuál agrupa dentro de cada bin³⁰ los casos ocurridos en una zona y periodo de tiempo específico (ver figura 4). Para cada bin se realiza un recuento de los puntos y se mide la tendencia de los valores de bin en el tiempo para cada ubicación al utilizar la estadística de Mann-Kendall (Pro.arcgis.com, 2017).

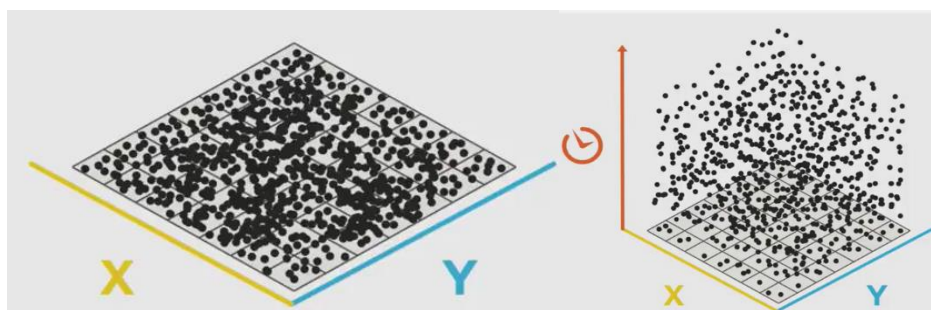


Figura 3 Explicación grafica del cubo espacio tiempo.
Fuente: Conferencia ESRI (2016).

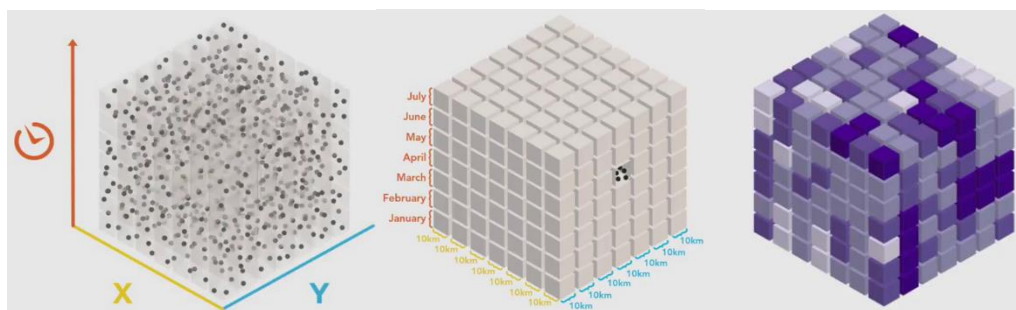


Figura 4 Explicación grafica de los bins del cubo espacio tiempo.
Fuente: Conferencia ESRI (2016).

³⁰ Unidad del cubo espacio temporal que agrupa casos dentro de una zona específica en un periodo de tiempo definido.

La estadística de Mann Kendall es un análisis de la correlación de la clasificación del recuento o el valor de los bins y su secuencia temporal; es decir compara el valor de bin del primer período de tiempo con el valor de bin del segundo. Si el primero es menor que el segundo, el resultado será +1. Si el primero es mayor que el segundo, el resultado será -1. Si los dos valores son idénticos, el resultado es cero. Se suma el resultado de cada par de períodos de tiempo comparados. La suma prevista es cero, lo que indica que no se ha detectado ninguna tendencia en los valores en el tiempo. De acuerdo con la varianza de los valores en la serie temporal de los bins, el número de empates y el número de períodos de tiempo, se compara la suma obtenida con la suma prevista (cero) para determinar si la diferencia es significativa o no desde el punto de vista estadístico. La tendencia de la serie temporal de cada bin se registra como una puntuación z ³¹ y un valor p ³². Un valor P bajo indica que la tendencia es significativa desde el punto de vista estadístico. El signo asociado a la puntuación z determina si se trata de una tendencia al alza de los valores de los bins (puntuación z positiva) o de una tendencia a la baja de los valores de los bins (puntuación z negativa) (Pro.arcgis.com, 2017).

Cabe aclarar que el cubo espacio temporal puede agrupar valores dentro de cada bin de las siguientes formas:

- Conteo de casos: Cuenta el número de casos ocurren en cada bin y le otorga ese valor al mismo bin.
- Suma de casos: Suma el valor de todos los casos que se presentan en cada bin y le otorga ese valor al mismo bin.
- Promedio: Calcula el promedio de los de los valores de los casos en cada bin y le otorga ese valor al mismo bin.
- Valor mínimo: Encuentra el valor más bajo entre todos los casos dentro de cada bin y le otorga ese valor al mismo bin.
- Valor máximo: Encuentra el valor más alto entre todos los casos dentro de cada bin y le otorga ese valor al mismo bin.
- Desviación estándar: Encuentra la desviación estándar de los valores de cada caso dentro de cada bin y le otorga ese valor al mismo bin.
- Mediana: Encuentra el valor de la mediana entre todos los casos dentro de cada bin y le otorga ese valor al mismo.

³¹ Desviaciones estándar.

³² Probabilidad de que el patrón espacial observado se haya creado mediante algún proceso aleatorio. Si el valor es bajo la hipótesis nula se rechaza.

Por otra parte, en la construcción del cubo espacio temporal se debe especificar el valor con el cual se deberán llenar los espacios vacíos³³ (bin en donde no hay valores) y estos valores pueden ser los siguientes:

- Ceros: Se llenan los bin vacíos con ceros
- Vecinos espaciales: Se llenan los bin vacíos con el promedio de los vecinos espaciales.
- Vecinos espacio temporales: Se llenan los bin vacíos con el promedio de los vecinos espaciales y temporales.
- Tendencia temporal: Se llenan los bin vacíos con un algoritmo de interpolación univariado spline.

Análisis de puntos calientes emergentes

La estadística G_i^* de Getis-Ord calcula las puntuaciones z y los valores P resultantes que indicarán donde se agrupan especialmente las entidades con valores altos o bajos. La herramienta funciona mediante la búsqueda de cada entidad dentro del contexto de entidades vecinas (ver figura 5). Una entidad con un valor alto es interesante, pero es posible que no sea un punto caliente estadísticamente significativo. Para ser un punto caliente estadísticamente significativo, una entidad debe tener un valor alto y también estar rodeada por otras entidades con valores altos. La suma local para una entidad y sus vecinos se compara proporcionalmente con la suma de todas las entidades; cuando la suma local es muy diferente de la esperada, y esa diferencia es demasiado grande como para ser el resultado de una opción aleatoria, se obtiene como consecuencia una puntuación z estadísticamente significativa. Cuando se aplica la corrección FDR³⁴, la importancia estadística se ajusta para dar cuenta de la dependencia espacial y la realización de varias pruebas (Pro.arcgis.com, 2017).

³³ Este valor puede variar en función a cada fenómeno de estudio; en algunos casos puede ser cero en otro un valor promedio.

³⁴ Índice de descubrimientos falsos

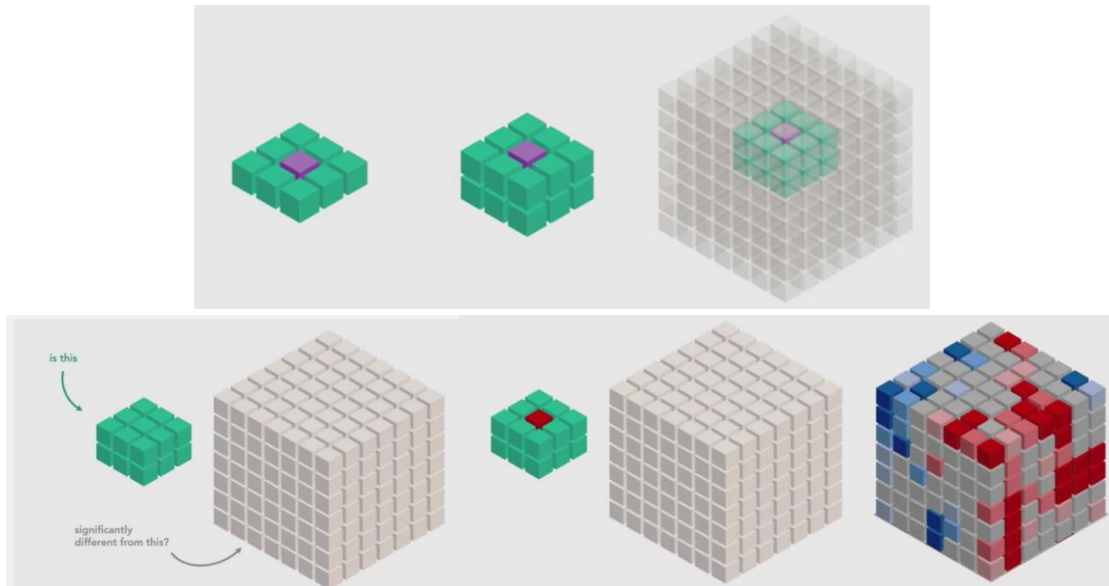


Figura 5 Explicación gráfica del Análisis de puntos calientes emergentes
Fuente: Conferencia ESRI (2016).

El cálculo de Getis-Ord local está dado por la siguiente fórmula:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1}}}$$

Dónde:

x_j es el valor del atributo dentro de la entidad de análisis (bin) j

$w_{i,j}$ es el peso espacial entre la entidad i y j

n es igual al número total de entidades

Además:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

El valor de G_i^* es un valor z por lo tanto no se requiere de otro cálculo.

Los resultados de esta operación deben de interpretarse de la siguiente manera: para las puntuaciones z positivas que son estadísticamente significativas, mientras más grande es la puntuación z , más intenso es el clustering de valores altos (punto caliente). Para las puntuaciones z negativas que son estadísticamente significativas, mientras más pequeña es la puntuación z , más intenso es el clustering de valores bajos (punto frío) (Pro.arcgis.com, 2017).

Al finalizar el análisis de los puntos calientes de espacio-tiempo, a cada uno de los bins del cubo NetCDF de entrada se agrega una puntuación z, un valor P y una clasificación de bins de puntos calientes asociados. A continuación, se evalúan estas tendencias de puntos calientes y fríos al utilizar la prueba de tendencia de Mann-Kendall³⁵ (Pro.arcgis.com, 2017).

Una vez que se ha obtenido la puntuación z y el valor P de la tendencia para cada ubicación con datos, junto con la puntuación z y el valor P de puntos calientes para cada bin, la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes clasifica la ubicación de cada área de estudio de la siguiente manera³⁶(Pro.arcgis.com, 2017):

- No se detectó ningún patrón
- Nuevo punto caliente
- Punto caliente consecutivo
- Punto caliente creciente
- Punto caliente persistente
- Punto caliente decreciente
- Punto caliente esporádico
- Punto caliente oscilante
- Punto caliente histórico
- Nuevo punto frío
- Punto frío consecutivo
- Punto frío creciente
- Punto frío persistente
- Punto frío decreciente
- Punto frío esporádico
- Punto frío oscilante
- Punto frío histórico

³⁵ Ver subcapítulo 2.1.1

³⁶ Ver subcapítulo 1.1.1.2 para ver la definición de cada uno

DESARROLLO

En este apartado se muestra paso a paso los procesos que se realizaron (ver figura 6), desde la obtención de la base de datos, su depuración, georreferenciación hasta la elaboración del cubo espacio temporal y la aplicación del análisis de puntos calientes para detectar patrones. Cabe destacar que se aplicó la metodología en dos formas de agrupación de datos: la primera, utilizó únicamente los casos reportados; y la segunda, utilizó las tasas crudas.

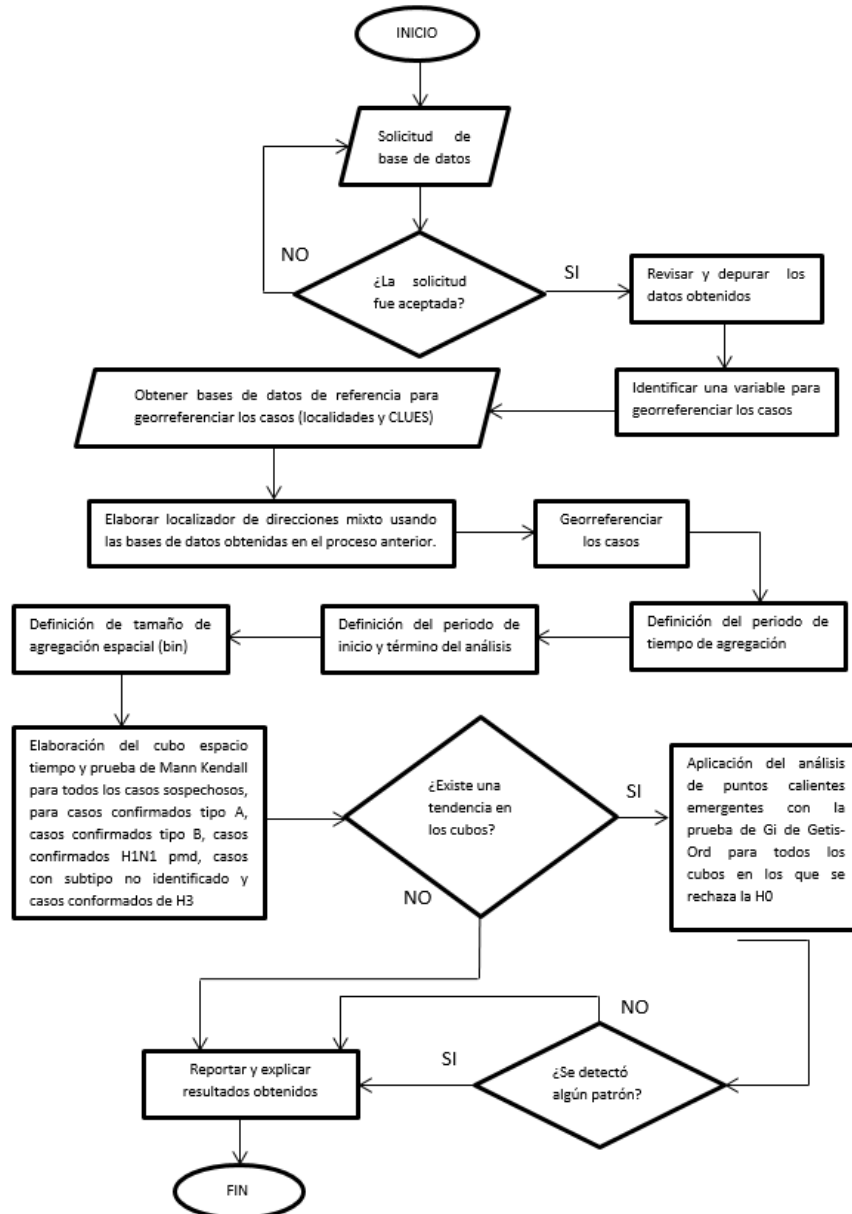


Figura 6 Diagrama de flujo del desarrollo del análisis.

Obtención de base de datos

Como se mencionó anteriormente, existen diversas bases de datos que reportan los casos de influenza, pero la base de datos que mayor cantidad y calidad tiene en sus registros es el SISVEFLU. No obstante, al inicio de esta investigación la base de datos no era pública y estaba protegida por considerarse de seguridad nacional; razón por la cual, se solicitó dicha base por medio del Instituto Nacional de Transparencia Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI).

El 29 de septiembre de 2015 se ordenó a la secretaria de salud (SS) y Dirección General de Epidemiología (DGE) liberar la base de datos y esta misma fue entregada el día 10 de diciembre de 2015; con ello se logró romper un veto al acceso a esta información que existió desde el año 2009³⁷.

Estructura de la base de datos obtenida de la Dirección General de Epidemiología

La base de datos obtenida de la DGE contiene siete carpetas, cada una correspondiente a un año desde el periodo de 2009 hasta mayo del 2015 y presentan las siguientes características:

- a) *Archivo para el año 2009.* Contiene dos archivos de en formato *xlsx*; el primero es el número de casos y el segundo el número de muertes. La agregación de estos datos es a nivel estatal y por grupo de edad no presentan mayor detalle de cada caso.
- b) *Para los archivos de 2010 a 2015.* Contienen un archivo en formato *xlsx*; Cada registro en la base es único y cuenta con 84 variables.³⁸

Adaptación de la base de datos

Solo seis de las siete bases de datos proporcionadas por la DGE presentan un formato que puede ser utilizado para esta investigación,³⁹ razón por la cual esta sección se explicará la manera en que se depuraron las bases, así como las adaptaciones que se hicieron para generar una sola base de datos.

Se utilizó el programa Excel para agregar en un solo documento la base de datos, al cortar y pegar los casos correspondientes a cada año y quedó de la siguiente forma (ver cuadro 3):

³⁷ Ver anexo Liberación de base de datos para más detalle.

³⁸ Para mayor detalle de las 84 variables ver el anexo 2.

³⁹ Esto se debe a que el archivo correspondiente a 2009 no cuenta con el detalle de cada caso sospechoso, por lo tanto, no pueden ser georreferenciados en el detalle que requiere esta investigación.

AÑO	CASOS SOSPECHOSOS DE INFLUENZA
2010	40,389
2011	17,691
2012	43,129
2013	36,130
2014	64,980
2015⁴⁰	15,919
TOTAL	218,238

Cuadro 3 Número de vasos sospechoso de influenza.
Fuente: Base de datos SISVEFLU.

Dado que, la influenza es un fenómeno estacional que se presenta entre el mes de septiembre (aproximadamente) y el mes de mayo del siguiente año, se realizó una adaptación para poder identificar los casos que pertenecen a cada ciclo de influenza.

Los ciclos de influenza se consideraron desde el 1 julio hasta el 31 de junio del año siguiente y quedaron de la siguiente forma (ver cuadro 4):

Periodo	Ciclo	Casos sospechosos de influenza
2010 – 2011	1	26,108
2011 – 2012	2	40,850
2012 – 2013	3	26,314
2013 – 2014	4	66,099
2014 – 2015	5	35,029
Total		194,400

Cuadro 4 Número de vasos sospechoso de influenza por ciclo.
Fuente: Base de datos SISVEFLU.

Se retiraron 23,838 casos sospechosos que pertenecen al ciclo 2009-2010, el cual no fue considerado en este estudio por que las características de la base de datos del año 2009 no podían integrarse en la base de datos general.

⁴⁰ Solo hasta mayo.

Adicionalmente se generaron diez campos que se explican a continuación:

- *CVEOK*. Clave completa de la localidad de residencia del paciente.
- *YY*. Año de inicio de síntomas.
- *MM*. Mes de inicio de síntomas.
- *Fsin*. Fecha de inicio de síntomas.⁴¹
- *Fstart*. Fecha estimada del contagio.
- *Fend*. Fecha estimada de la recuperación o fallecimiento.
- *Caso*. Número de casos reportados⁴².
- *Semana*. Semana en la que ocurrió el caso durante el año
- *Ctip*. Ciclo al que pertenece.

Los campos creados se elaboraron para facilitar la georreferenciación y la elaboración del cubo espacio tiempo.

Georreferenciación de la base de datos.

Para georreferenciar los casos en la base de datos, se elaboró un localizador de direcciones con el programa de ArcDesktop⁴³. Este localizador tomo la base de datos georreferenciada del catálogo de localidades⁴⁴ del Marco Geoestadístico Nacional de INEGI del año 2010, para asegurar la localización de la mayoría de los casos.

Como primer paso se ajustaron las proyecciones de ambas capas⁴⁵ a *cónica conforme de Lambert para Norteamérica*⁴⁶ y se elaboró un localizador de direcciones compuesto⁴⁷ en ArcDesktop.

Se tomó como base la capa de localidades de INEGI, donde se utilizó como campo de referencia la clave de localidad de residencia del caso sospechoso.

⁴¹ Fecha que indica el paciente, misma que se captura en el SISVEFLU

⁴² Se utiliza este atributo para realizar procesos en el la tabla dinámica de Excel y el valor siempre es 1 ya que cada registro representa un caso sospechoso de influenza.

⁴³ Software de procesamiento y análisis de bases de datos georreferenciadas pertenecientes a la compañía ESRI.

⁴⁴ El catálogo de localidades de 2010 cuenta con 192,245 localidades georreferenciadas

⁴⁵ CLUES y localidades.

⁴⁶ Se utiliza este sistema porque se analizaron áreas muy grandes en todo el país, el datum que se utilizó fue el ITRF_2008

⁴⁷ Sistema que localiza puntos al utilizar dos localizadores elaborados previamente. El siguiente párrafo explica el proceso.

El resultado de la georreferenciación fue el siguiente (ver cuadro 5):

Datos georreferenciados	190,615	98.05%
Datos no georreferenciados	3,785	1.95%

Cuadro 5 Resultado de la georreferenciación de casos por localidad.

La metodología se aplicó de dos formas la primera utilizando la agrupación de casos únicos y para la segunda se utilizaron tasa; para ello se localizaron los casos se utilizó una maya hexagonal con una superficie por hexágono de 160.08 km², y se sumaron las poblaciones dentro de este polígono y posteriormente se dividió cada caso entre la población base de su polígono respectivo.

Definición del periodo de tiempo de agregación y del periodo de inicio y término del análisis

Un punto fundamental de la elaboración de un cubo espacio temporal es la definición de la agregación temporal del fenómeno; en este caso se tiene cada caso por día para la georreferenciación por localidades o CLUES, pero se agregaron temporalmente por mes a partir del mes de julio de 2010 a mayo de 2015. Dicha agregación se debe a que se debe reducir al máximo posible el número de bins en el cubo, para facilitar el procesamiento del análisis.

Para los datos georreferenciados solo por localidad no se realizó ningún otro tipo de agregación temporal.

Definición de tamaño de agregación espacial y distancia de búsqueda

Conocer el tamaño de la agregación espacial es otra de las tareas fundamentales en la elaboración de un cubo espacio temporal. Para definir el tamaño de agregación espacial y el de la búsqueda (para los dos casos georreferenciados) se utilizó un análisis de distancias entre las CLUES, las localidades y los casos detectados; dicho análisis mide la distancia mínima, promedio y máxima a la que se encuentra al menos una CLUES. El resultado fue el siguiente (ver cuadro 8):

DISTANCIAS PROMEDIO ENTRE PUNTOS EN METROS			
	Mínima	Promedio	Máxima
CLUES	0	2,199	82,069
LOCALIDADES	0	1,139	28,684
CASOS	0	5	182,439

Cuadro 7 Resultado del análisis de distancias.

Se pudo detectar que no existen distancias mínimas detectables debido a que algunas CLUES caen sobre el mismo punto, dado que algunas dependencias comparten instalaciones; de igual manera se registró con los casos, ya que varios casos pueden ser reportados en el mismo hospital o pueden tener la misma localidad de residencia. La distancia que se utilizó en este análisis para definir el tamaño del bin (agregación espacial) fue la *distancia máxima de las Localidades que corresponde*

a 28,684 metros; esto es a razón de asegurar que todas las localidades analizadas incluyan al menos una localidad vecina.

Elaboración del cubo espacio tiempo

Para la elaboración del cubo espacio temporal se utilizó la herramienta *crear cubo espacio-tiempo* del programa *ArcMap* en la cual se consideró lo siguiente:

- Periodo de agregación de los casos mensual
- Alineación de los periodos de tiempo a el primer evento en el tiempo
- Tiempo de referencia *el 1 de Julio del 2010*.⁴⁸
- Distancia de búsqueda de 28,684 km.
- Diseño hexagonal de malla.

Se realizó el mismo proceso para los casos confirmados de H1N1 pmd, A, H3N2, B, y No subtipificados para las dos formas de agrupación de datos (casos y tasas). En las dos opciones se y se consideró el cubo que concentra todos los casos sospechosos como el cubo plantilla (el generado en el proceso explicado anteriormente); esto con el fin de poder hacer una comparativa apropiada entre los casos confirmados y para el análisis realizado por tasas se solicitó que se sumara el valor porcentual de cada caso para obtener la respectiva tasa mensual de casos por cada hexágono.

En las figuras 7 y 8 se observa los lugares detectados (solo para el análisis donde se trataron casos únicos) así como la visualización del cubo espacio temporal y sus respectivos bins.

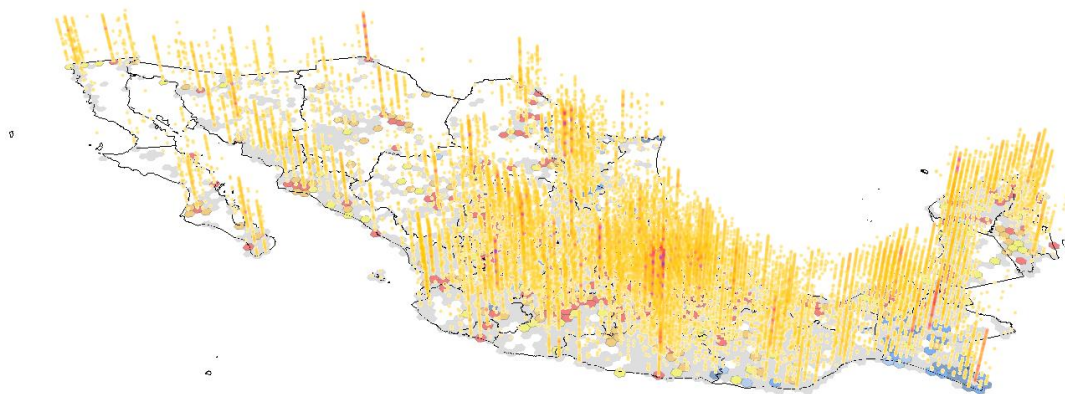


Figura 7 Ejemplo del cubo espacio temporal donde cada punto representa un bin.

⁴⁸ Es la fecha en la que se considera el inicio del primer ciclo de influenza en este estudio

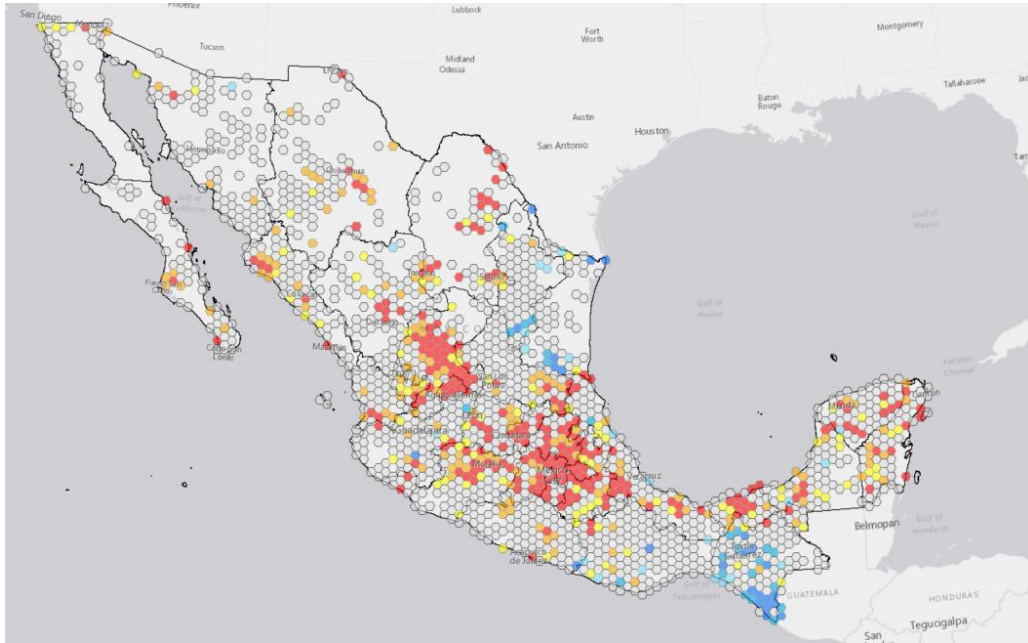


Figura 8 Ejemplo de locaciones analizadas con la prueba estadística de Mann Kendall.

Aplicación del análisis de puntos calientes emergentes

Para realizar el *análisis de puntos calientes emergentes* se utilizó la herramienta del programa ArcMap del mismo nombre. Se solicitó al sistema considerar una distancia de vecindad de 57,368 metros y un intervalo de tiempo de vecindad de 12.⁴⁹ Es importante aclarar que este proceso solo se puede elaborar en los cubos que reporten: una tendencia signífica (descendente o creciente), con un valor de z alto y un valor de p bajo.

El resultado de estas operaciones se presenta y explica en el capítulo siguiente.

⁴⁹ Es decir, el número de periodos de tiempo que incluir en la vecindad del análisis; en este caso colocaremos 12 ya que cada bin representa un mes a partir del 1 de Julio de 2010 y en este caso queremos analizar el comportamiento por cada ciclo de influenza (12 meses, 12 bins).

RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos en los análisis elaborados anteriormente, se encuentran separados por el tipo de agrupación de datos utilizada (tasas o casos únicos) e incluyen los resultados del cubo espacio temporal, el *análisis de puntos calientes emergentes* y detalles de las zonas que presentaron algún patrón espacial.

Resultados para los datos analizados por casos únicos.

Resultados obtenidos en la elaboración del cubo espacio tiempo.

El cubo de espacio-tiempo plantilla se elaboró con todos los casos sospechosos y contiene 8,784 localizaciones en 60 períodos de tiempo. Cada ubicación tiene un tamaño de 28.68 km de alto, un ancho de 33.12 km, lados de 16.56 km y un área que abarca 71.25 km². Cada uno de los intervalos de períodos de tiempo tiene una duración de 1 mes, por lo que el período de tiempo total que abarca el cubo de espacio-tiempo es de 60 meses.

El cuadro 6 muestra los resultados obtenidos en la elaboración de los cubos

<i>Tipo</i>	<i>Casos</i>	<i>Hexágonos</i>	<i>% del cubo</i>	<i>No. de bins</i>	<i>Bins con datos</i>	<i>% de bins con datos</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Valor Z</i>	<i>Valor p</i>
<i>Todos</i>	190,615	1760	20.04	105,600	23,117	21.89	Creciente	3.2081	0.0013
<i>A</i>	3,308	370	4.21	22,200	1,054	4.75	Decrece	-	0.0009
<i>B</i>	3,449	408	4.64	24,480	1,534	6.27	Creciente	3.3202	0.0001
<i>H1N1 pmd</i>	13,468	749	8.53	44,940	2,114	4.7	Sin	0.0064	0.9949
<i>A H3N2</i>	6,651	598	6.81	35,880	2,293	6.39	Significancia Creciente	2.7378	0.0062
<i>No subtipificado</i>	864	231	2.63	13,860	419	3.02	Sin Significancia	-1.047	0.2951

Cuadro 6 Resultado de los cubos espacio temporales.

A continuación, se muestran los datos obtenidos del *análisis de puntos calientes emergentes* para los tipos de influenza que presentaron una tendencia significativa (creciente o decreciente).

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza.

El análisis detectó la existencia de 12 zonas (ver figura 9); solo 8 presentan un patrón de punto caliente consecutivo y solo 2 (la Zona metropolitana de la ciudad de México, ZMCDM y la Zona Metropolitana de Monterrey) presenta un patrón de punto caliente creciente.

La figura 10 muestra un acercamiento a los puntos calientes consecutivos detectados en Jalisco (Guadalajara), el bajío (Gto., Qro. y Ags.) y Zacatecas; en la imagen se pueden apreciar las principales localidades que presentan este patrón, cabe destacar que en la zona detectada entre Gto. y Qro. se mezclan zonas con puntos calientes esporádicos, al igual que al sur de Aguascalientes.

La figura 11 es una comparativa del comportamiento general de casos sospechosos de influenza en los 5 ciclos con el comportamiento de las zonas mencionadas anteriormente. En la figura se puede apreciar que el comportamiento temporal de estas localidades es parecido al comportamiento nacional. Adicionalmente se aprecia que la zona de Aguascalientes, Zacatecas y Guadalajara nunca fueron puntos calientes significativos hasta el ciclo 4. Por otra parte, la zona de Guanajuato y Querétaro muestra las características de un punto caliente esporádico ya que ha sido un punto caliente de casos solo en los ciclos 2 y 4; además, se detectó que el máximo de casos durante el ciclo 3 para las localidades de Zac., Ags., Gto. y Qro. se presentó antes si lo comparamos con el comportamiento nacional.

La figura 12 y 13 muestra un acercamiento a los puntos calientes esporádicos detectados en Mérida y Cancún, así como el punto caliente consecutivo detectado en Acapulco; en la imagen se pueden apreciar las principales localidades que presentan este patrón.

La figura 14 es una comparativa entre el comportamiento temporal nacional y los puertos turísticos de Acapulco, Cancún y la ciudad de Mérida. Acapulco presenta un patrón de punto caliente consecutivo y se aprecia que nunca fueron puntos calientes significativos hasta el ciclo 4; no obstante, destaca su comportamiento irregular (en comparación con el comportamiento nacional) en los ciclos 3, 4, y 5; además, se observa un corte en la secuencia de casos entre el ciclo 2 y 3; un corte similar se puede apreciar en la secuencia temporal de casos del puerto turístico de Cancún durante el ciclo 2.

El comportamiento entre Cancún y Mérida muestra las características de un punto caliente esporádico ya que Cancún solo ha sido un punto caliente de casos en el ciclo 1 y 2 y Mérida en los ciclos 1, 2, 4, y 5; adicionalmente el comportamiento de ambas ciudades es similar para los dos primeros ciclos, pero no coincide para los últimos 3 y si se comparan con el comportamiento nacional, solo coinciden en el ciclo 2.

Cabe destacar que para las tres localidades analizadas en la figura 14 todas presentan un comportamiento temporal discrepante al total nacional para los ciclos 4 y 5.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza en los 5 ciclos analizados.

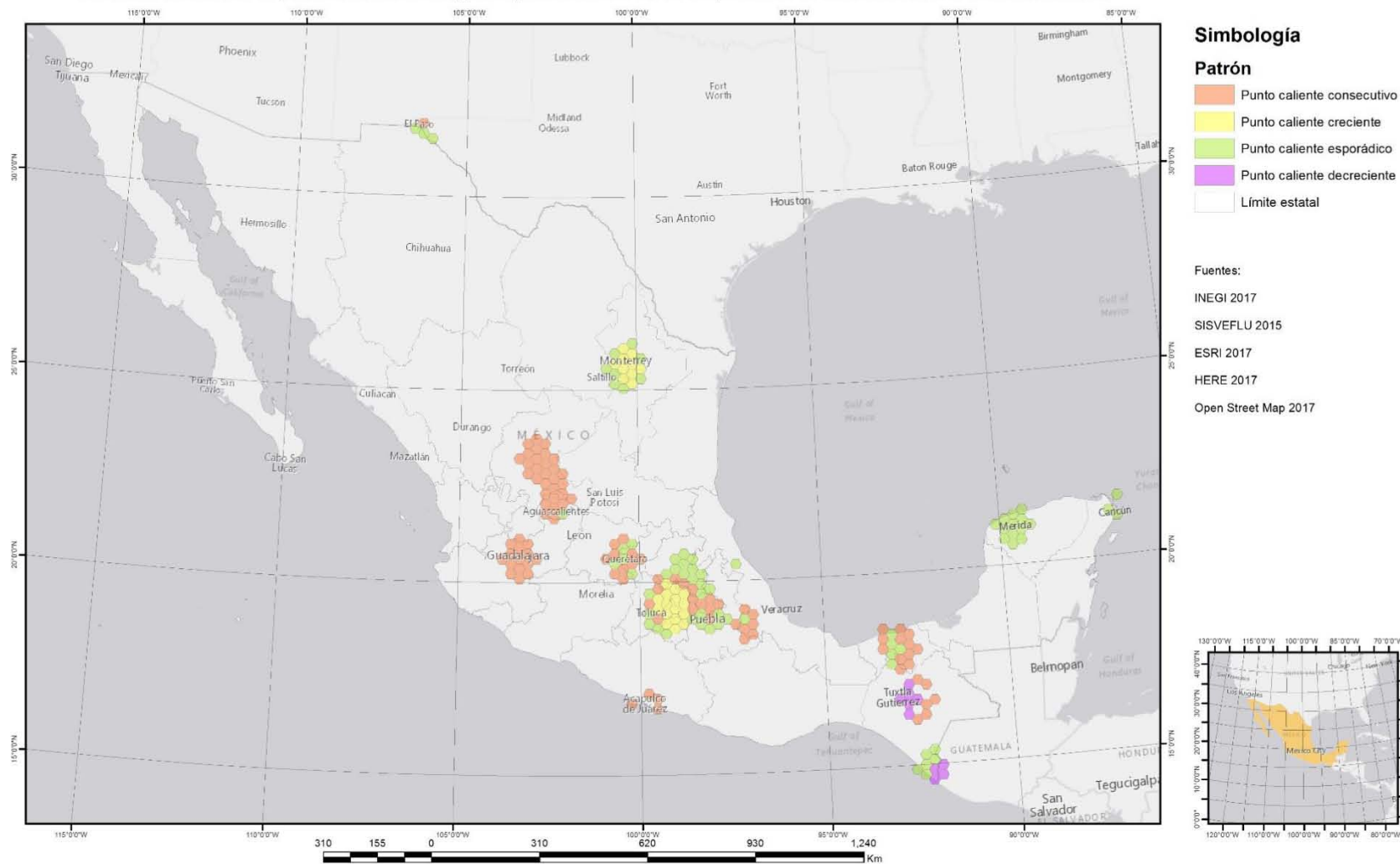


Figura 9 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza en los 5 ciclos analizados.

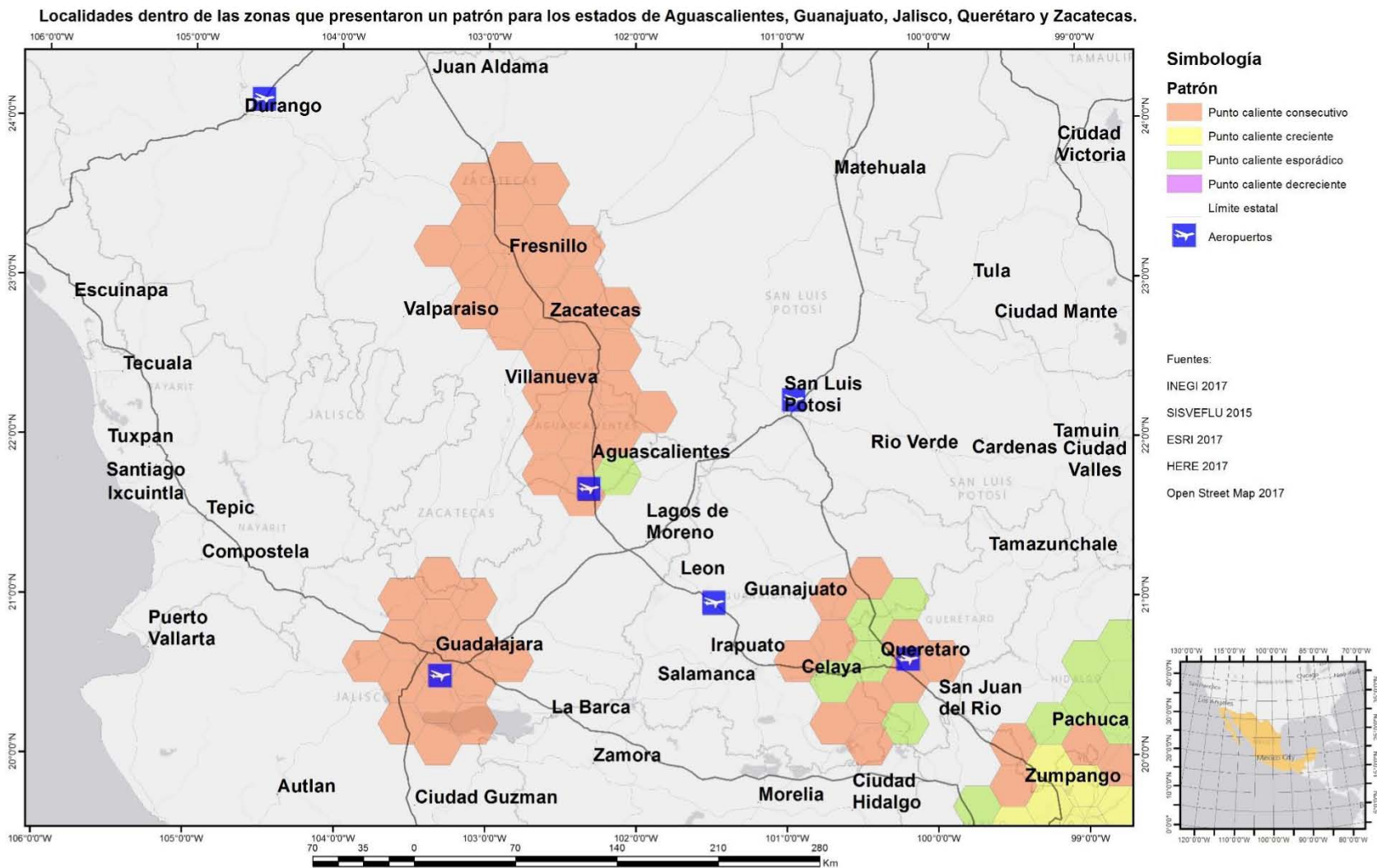


Figura 10 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón para los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Querétaro y Zacatecas.

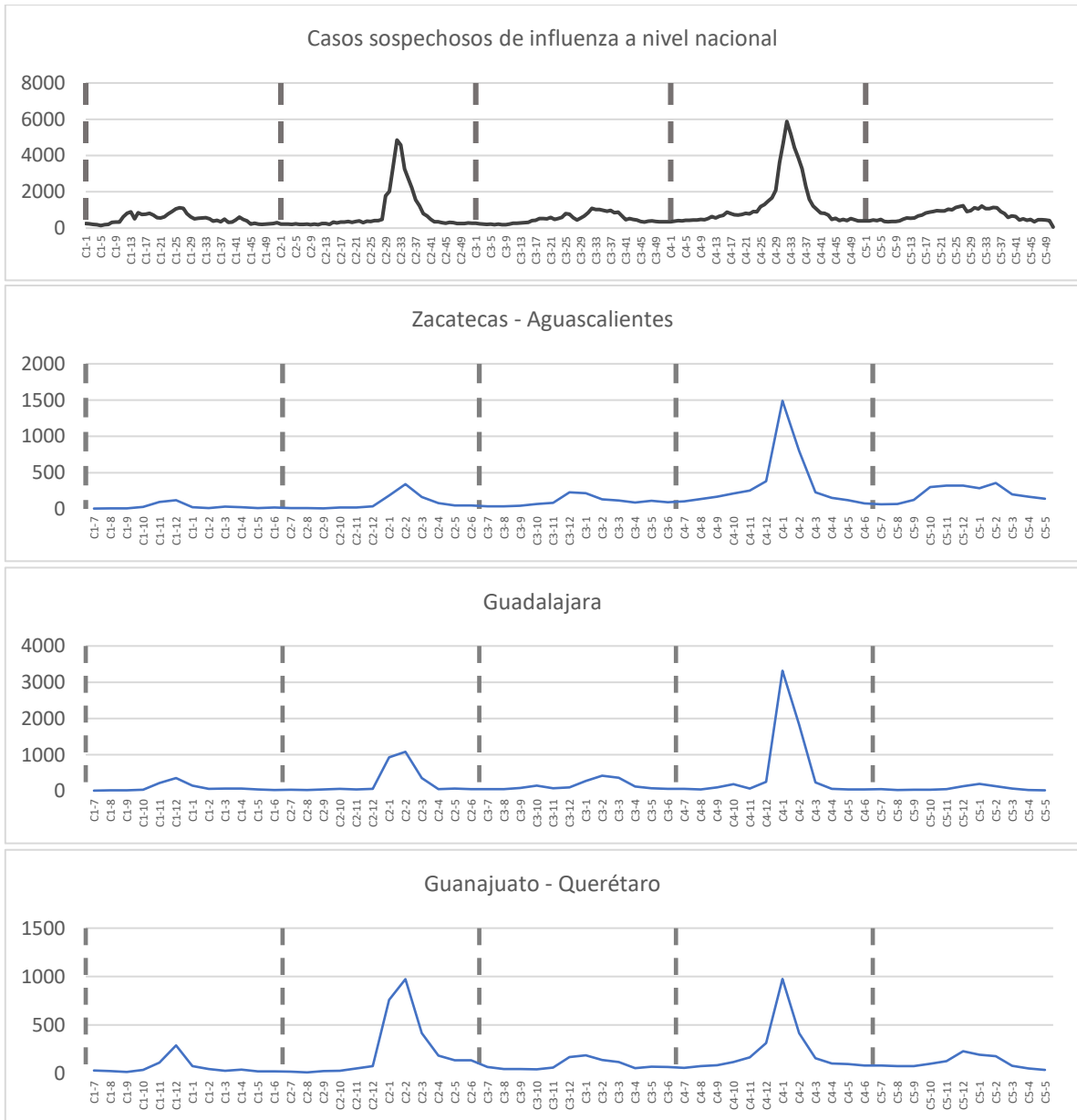


Figura 11 Comportamiento temporal de los casos en las localidades que presentaron un patrón de punto caliente consecutivo para los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Querétaro y Zacatecas.

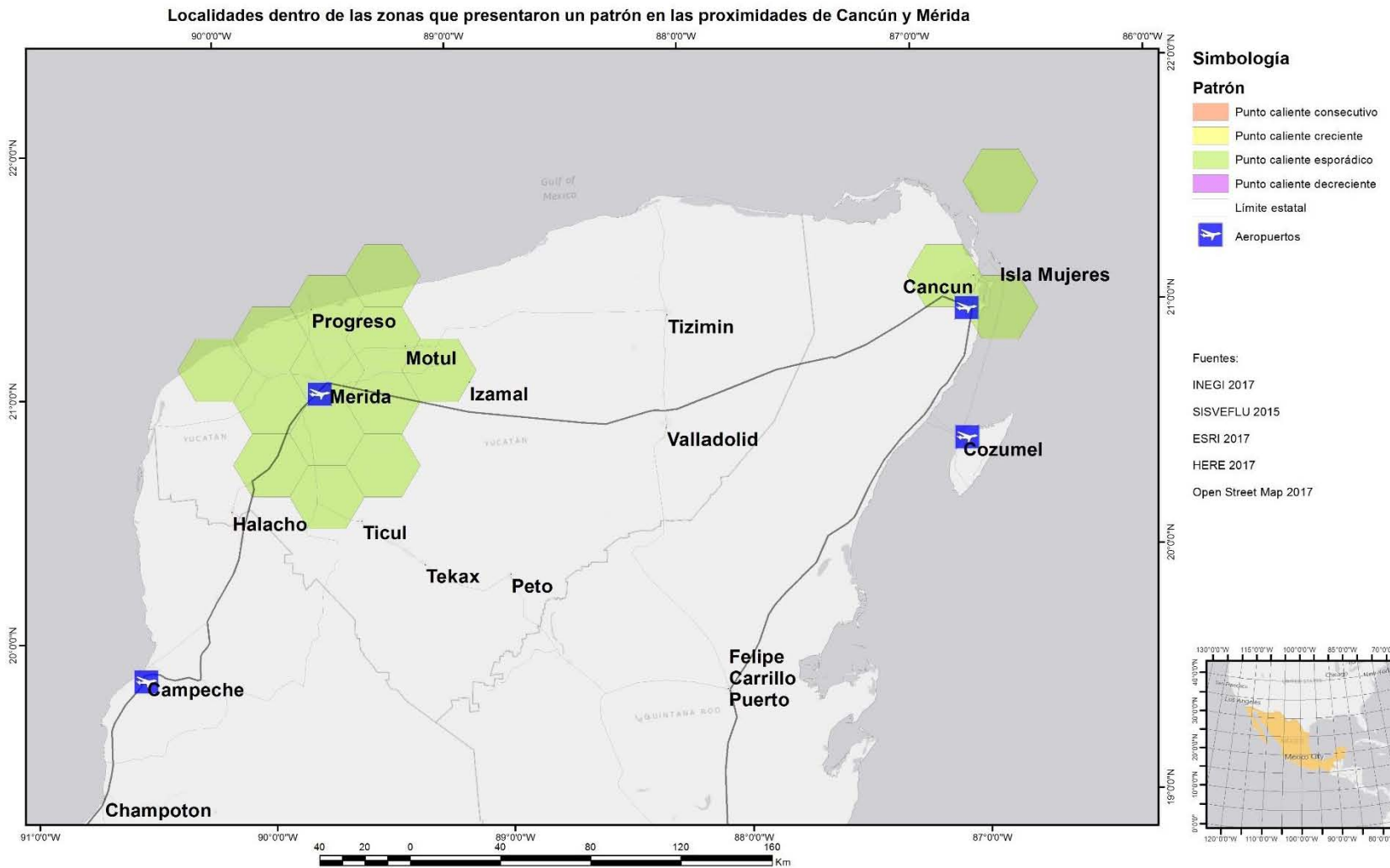


Figura 12 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Cancún y Mérida

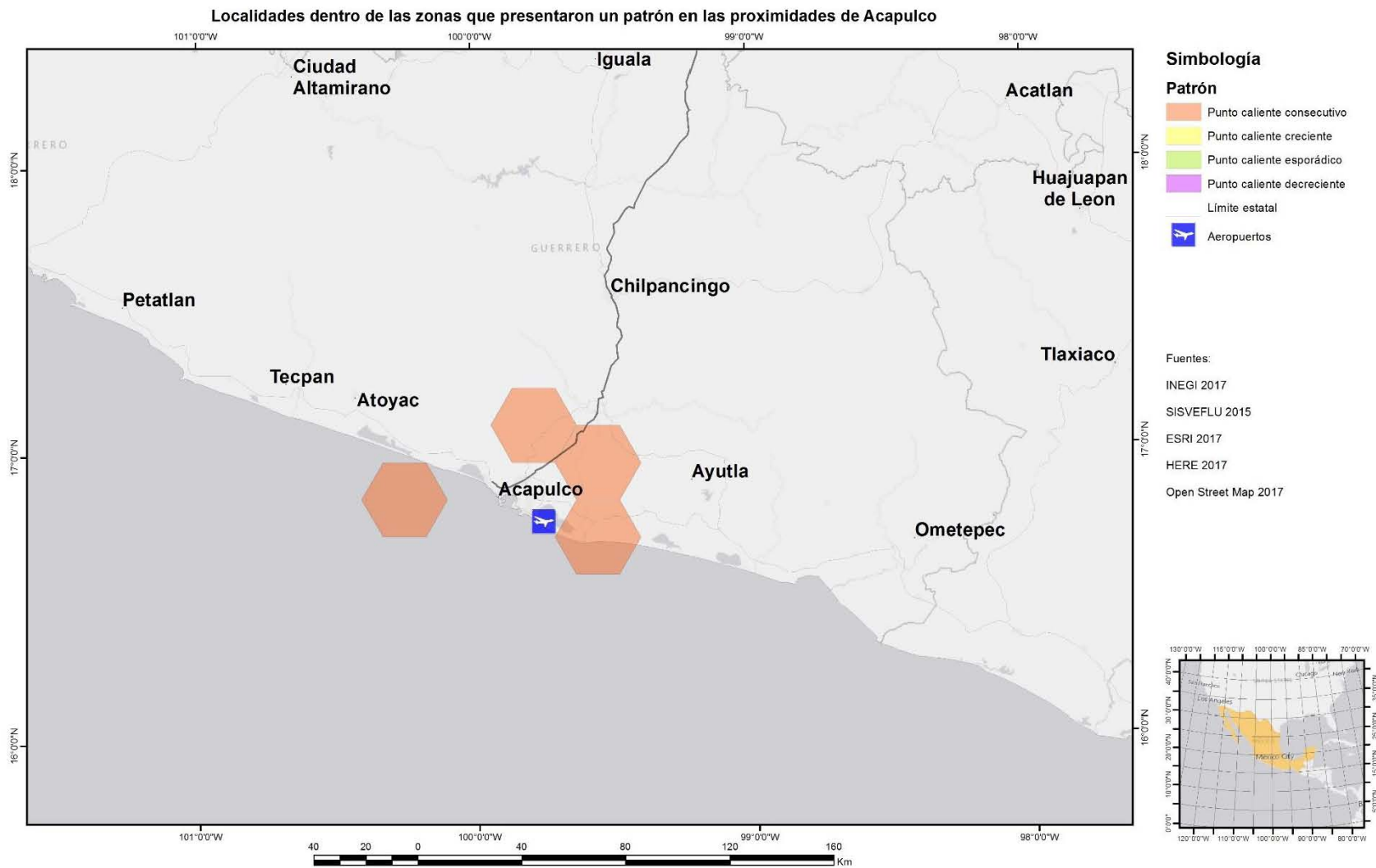


Figura 13 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Acapulco

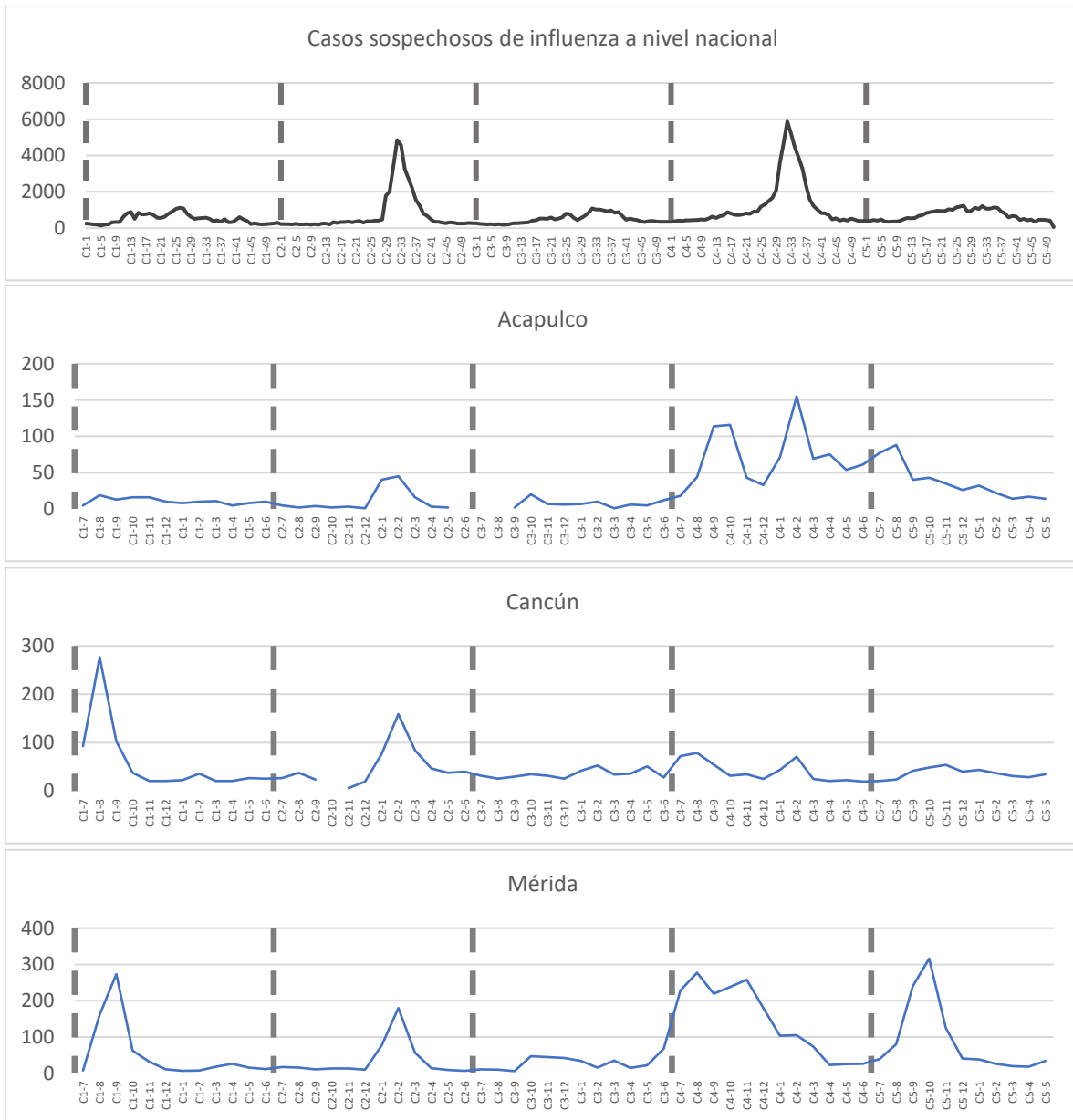


Figura 14 Comportamiento temporal de los casos en las localidades turísticas de Acapulco, Cancún y Mérida.

La figura 15 y 16 muestra un acercamiento a los puntos detectados en las proximidades de Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez, Tapachula y Ciudad Juárez. Estas localidades están presentando patrones espacio temporales diversos; Villahermosa y Ciudad Juárez presentan un patrón mixto en el que se pueden observar puntos calientes consecutivos y puntos calientes esporádicos; Tuxtla Gutiérrez presenta un patrón de puntos calientes decrecientes, pero las localidades cercanas presentan patrones puntos calientes consecutivos; y por último en la ciudad de Tapachula se presenta dos patrones, la zona cercana a la frontera muestra puntos calientes decrecientes y las localidades en la periferia presentan puntos calientes esporádicos.

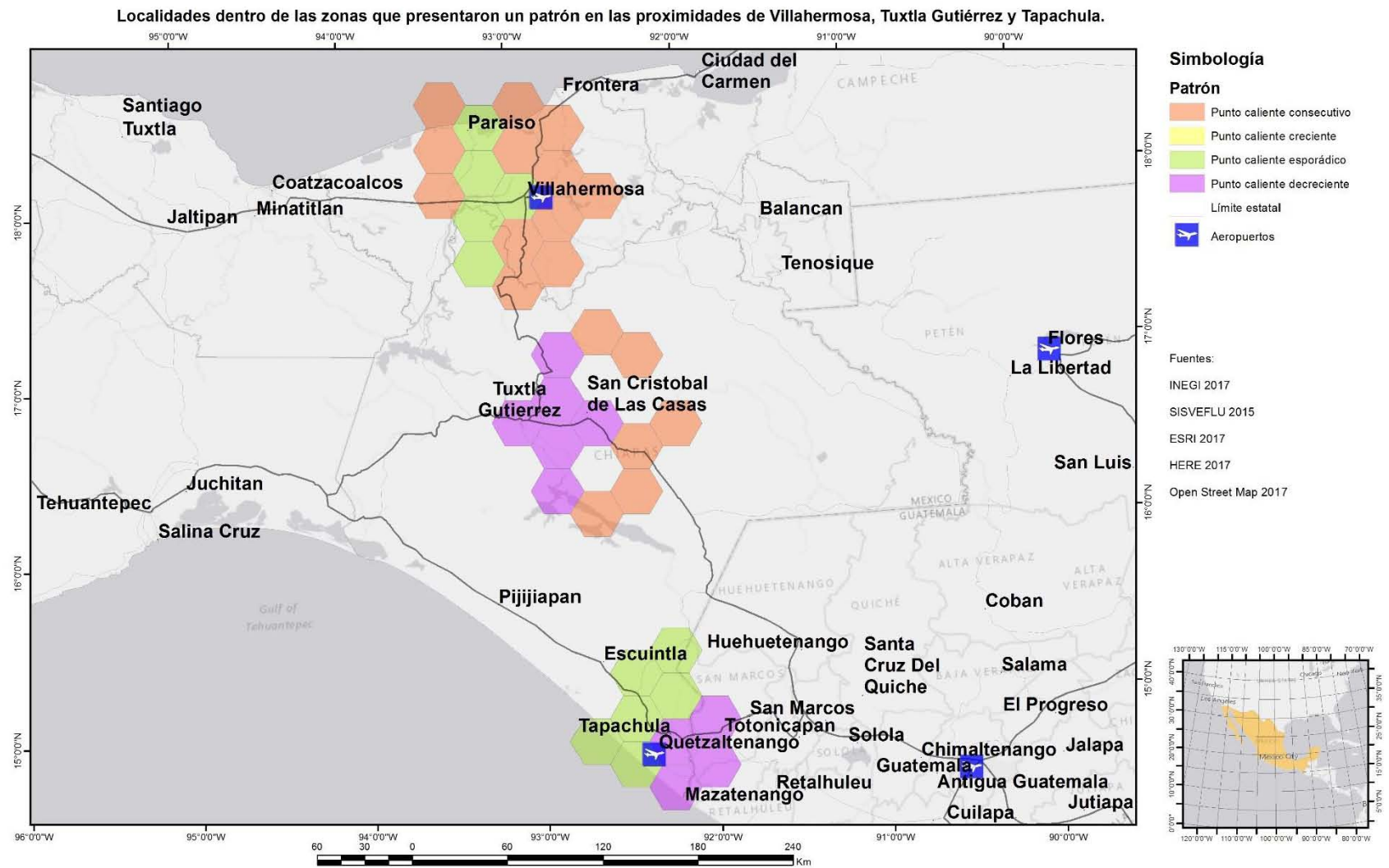


Figura 15 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez y Tapachula.

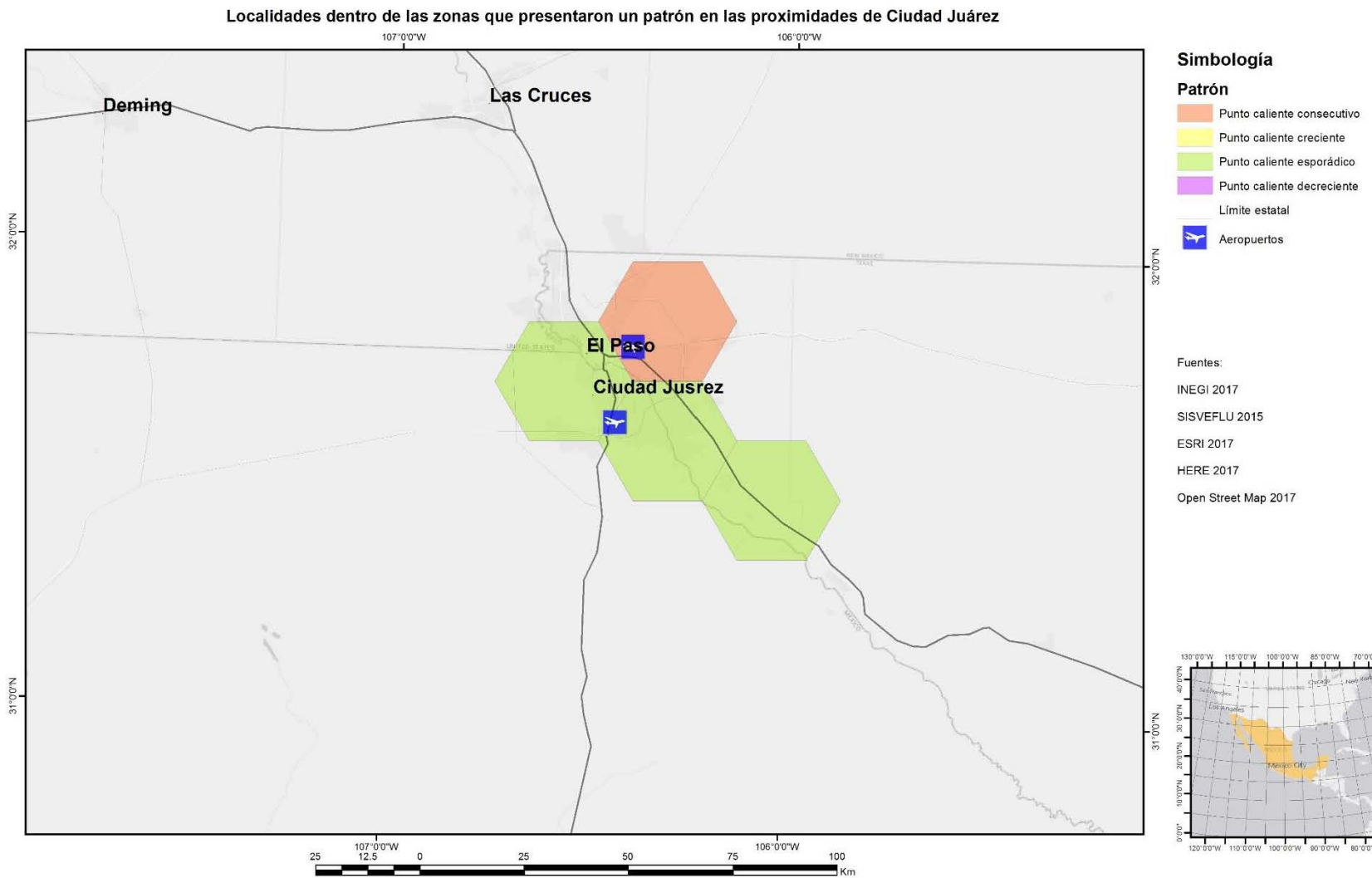


Figura 16 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en las proximidades de Ciudad Juárez

La figura 17 es una comparativa entre el comportamiento temporal nacional y las localidades de Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez, Tapachula y Ciudad Juárez. Villahermosa presenta un patrón irregular mostrando varios picos durante el mismo ciclo, además se puede apreciar que en los ciclos 2 y 4 coincide con los picos que se presentaron a nivel nacional. En Tuxtla Gutiérrez se observa un patrón más homogéneo que coincide con el comportamiento nacional, este mismo patrón destaca al ser muy distinto de las Regiones de Villahermosa y Tapachula.

Tapachula presenta un comportamiento irregular al igual que Villahermosa, cabe destacar que estas ubicaciones han sido un punto caliente significativo para el 90% de los intervalos de períodos de tiempo, incluido el final y que la intensidad de sus clústeres en cada período de tiempo está disminuyendo.

Ciudad Juárez presenta un patrón de comportamiento distinto al nacional y solo es coincidente en el ciclo 4. Llama la atención que la ciudad presento un aumento significativo de casos en los ciclos 3 y cuatro a diferencia de Tapachula que presento su amento significativo de casos en el ciclo 1 y 2.

La figura 18 y 19 muestra un acercamiento a la zona central del país y la región de la ciudad de Monterrey y Saltillo, en la imagen se perciben dos zonas con puntos calientes crecientes; la primera es la Zona metropolitana de Monterrey sus localidades cercanas; la segunda zona con estas características es la Zona Metropolitana de la ciudad de México además de incluir varios municipios conurbados del Estado de México, Hidalgo y Morelos.

Adicionalmente se observan puntos calientes esporádicos en Guanajuato, Saltillo, Pachuca y Orizaba. De igual forma se aprecian puntos calientes consecutivos en Córdoba, Salamanca, Tlaxcala, Querétaro, Puebla y Toluca, principalmente.

La figura 20 muestra una comparativa de la secuencia temporal de casos entre el comportamiento nacional y las localidades mencionadas en la figura 23. En Guanajuato y Querétaro se observa un comportamiento de puntos calientes consecutivos y esporádicos y su grafica muestra que su comportamiento se ajusta a uno de puntos calientes esporádicos ya que se vuelve un punto caliente de casos en el ciclo 2 y 4 y deja de serlo en el ciclo 1, 3 y 5. Por otra parte, Monterrey presenta un patrón de punto caliente esporádico y punto caliente creciente, su grafica muestra una ligera tendencia al aumento de casos además de presentar puntos calientes de casos en los casos 1, 2, 4 y 5. La zona más grande de puntos calientes crecientes se encuentra en la ZMCM y la ciudad de Cuernavaca y Toluca donde se puede apreciar máximos de casos en los ciclos 2 y 4, además de una tendencia a la alza.

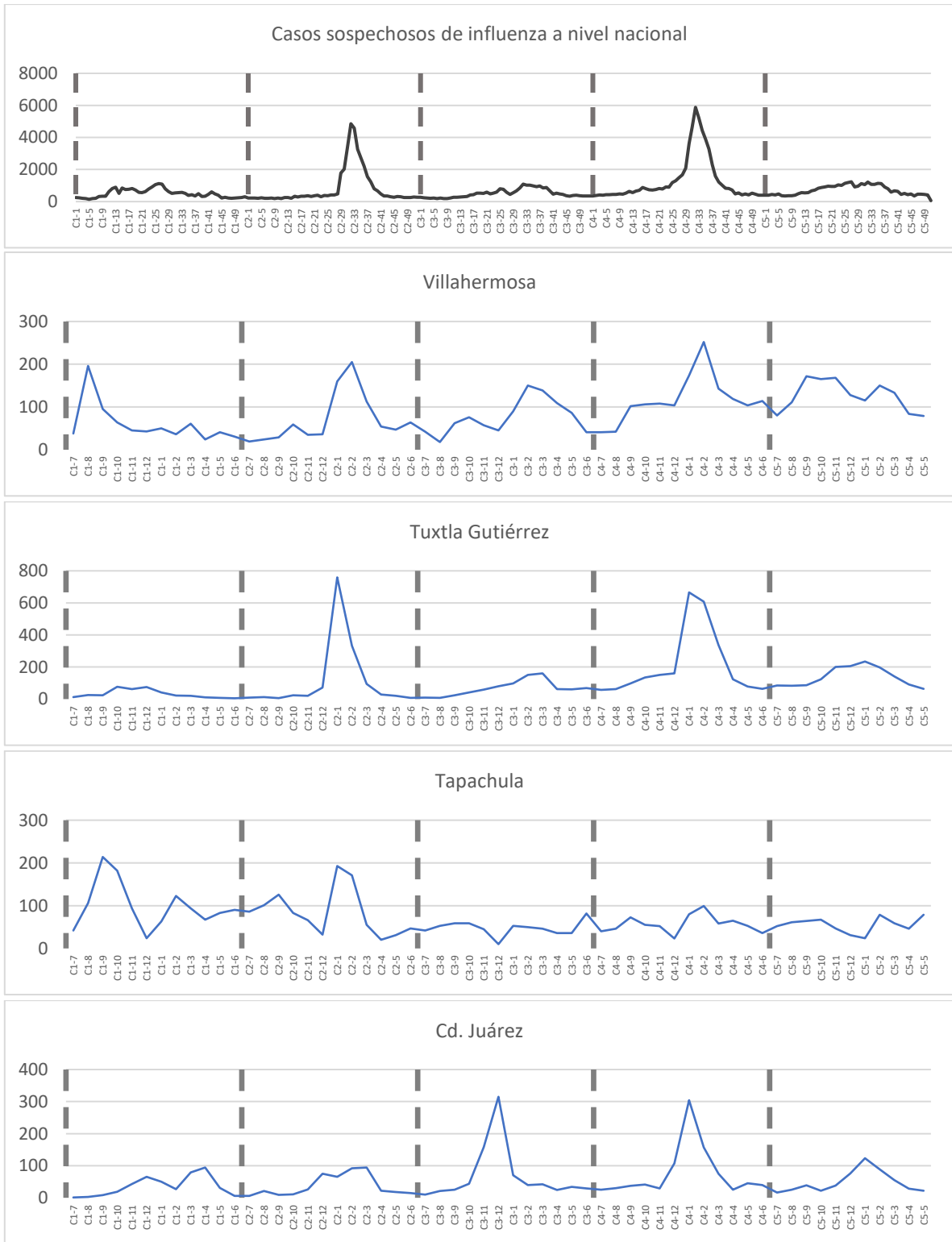


Figura 17 Comportamiento temporal de los casos en las localidades de Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez, Tapachula y Ciudad Juárez.

Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Morelos y Pachuca,.

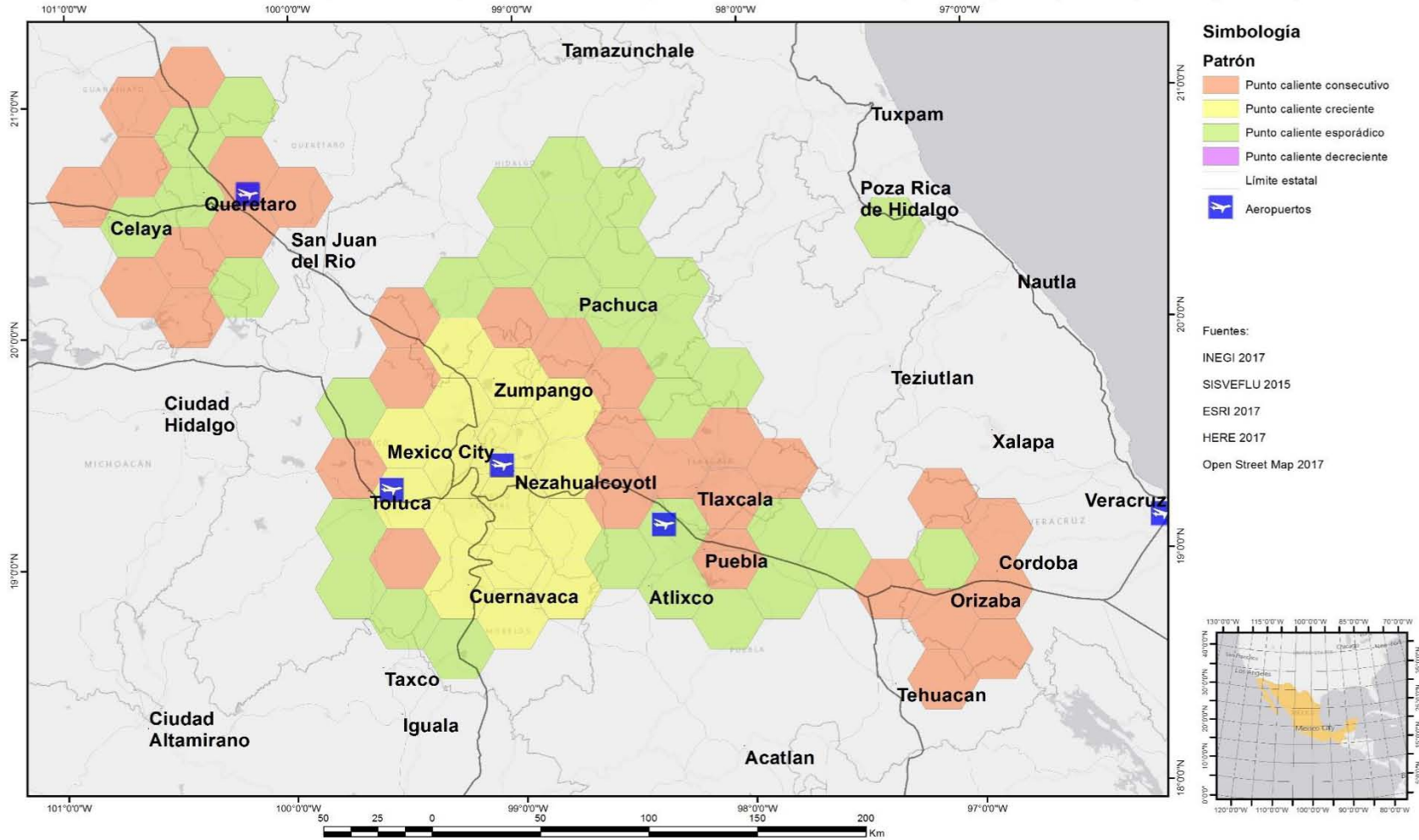


Figura 18 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Pachuca y Saltillo.

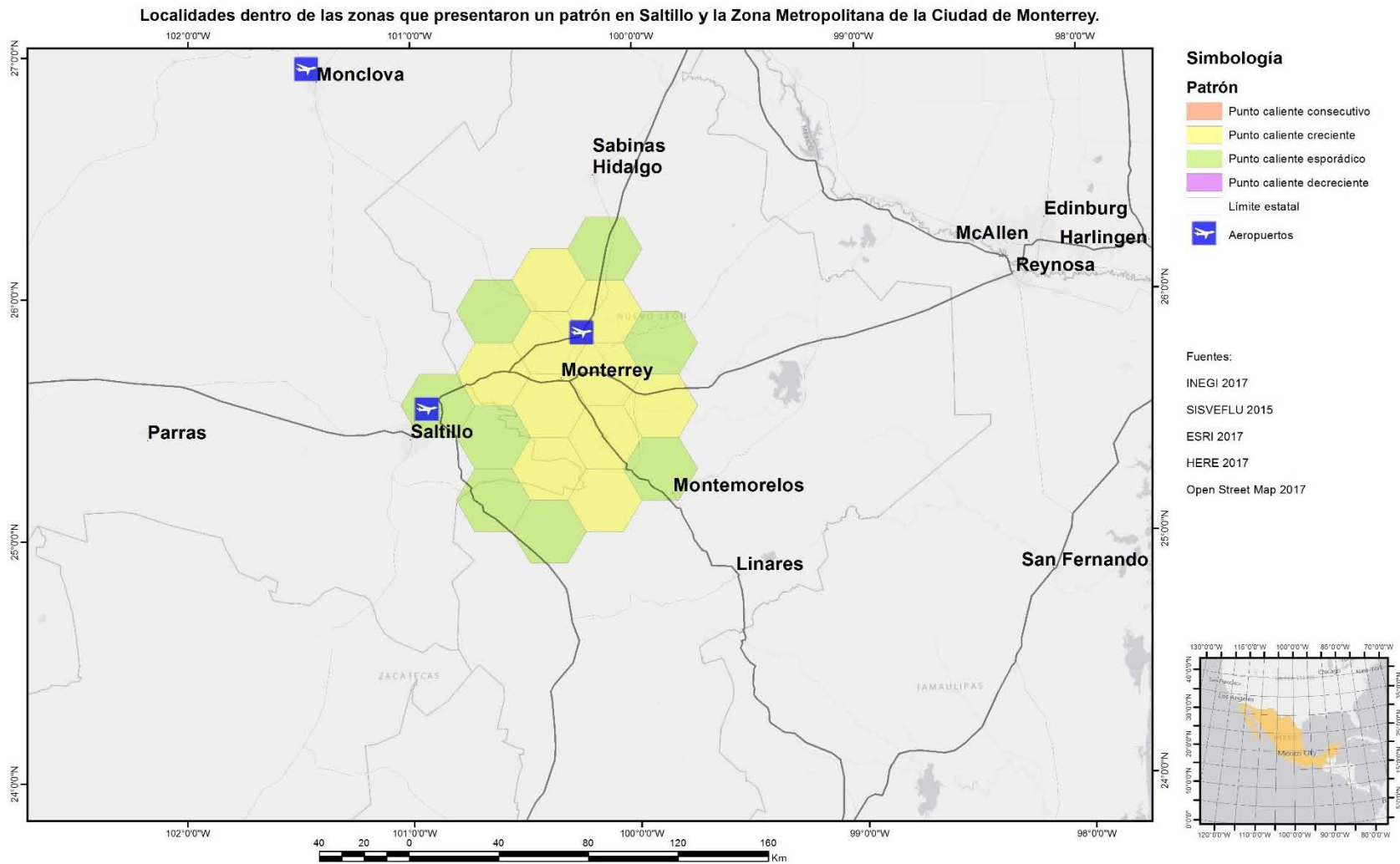


Figura 19 Localidades dentro de las zonas que presentaron un patrón en Saltillo y la Zona Metropolitana de la Ciudad de Monterrey.

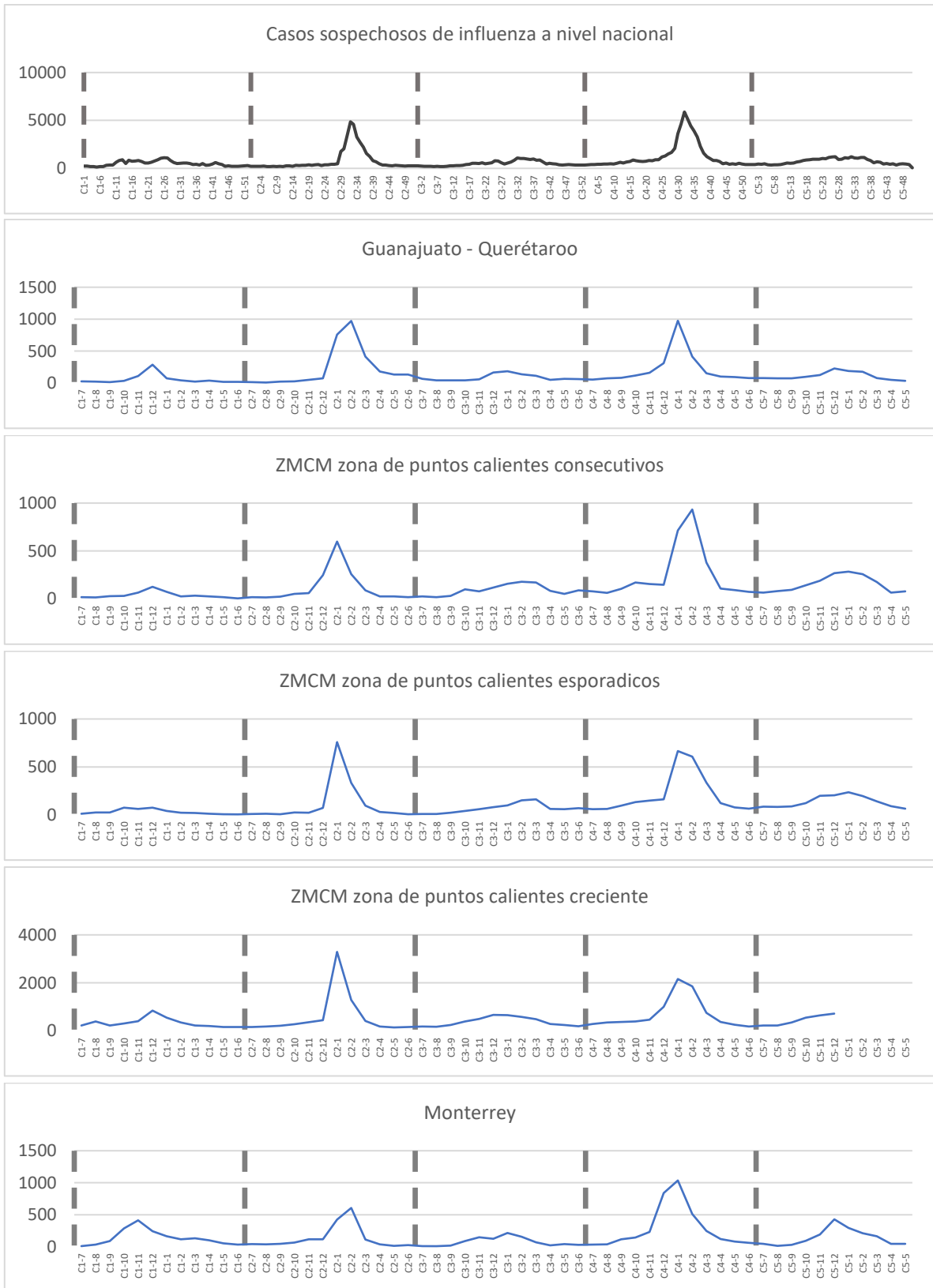


Figura 20 Comportamiento temporal de los casos en las localidades los tres patrones detectados en el centro del país, Guanajuato, Querétaro, Saltillo y Monterrey.

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo A.

El análisis detectó la existencia de una zona que presenta un punto caliente esporádico en la zona metropolitana de Monterrey (ver figura 22) y en la figura 21 se aprecia el comportamiento temporal de los casos en esa zona donde se detectan interrupciones en los casos y puntos máximos esporádicos en los ciclos 1, 4 y 5.

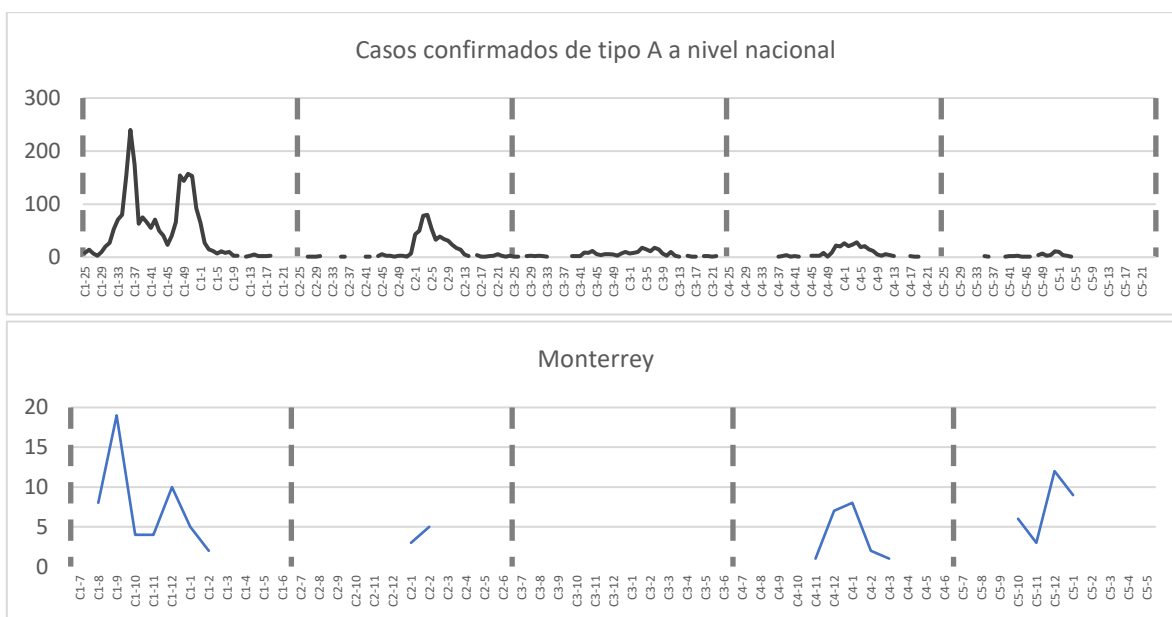


Figura 21 Comportamiento temporal de los casos en Monterrey.

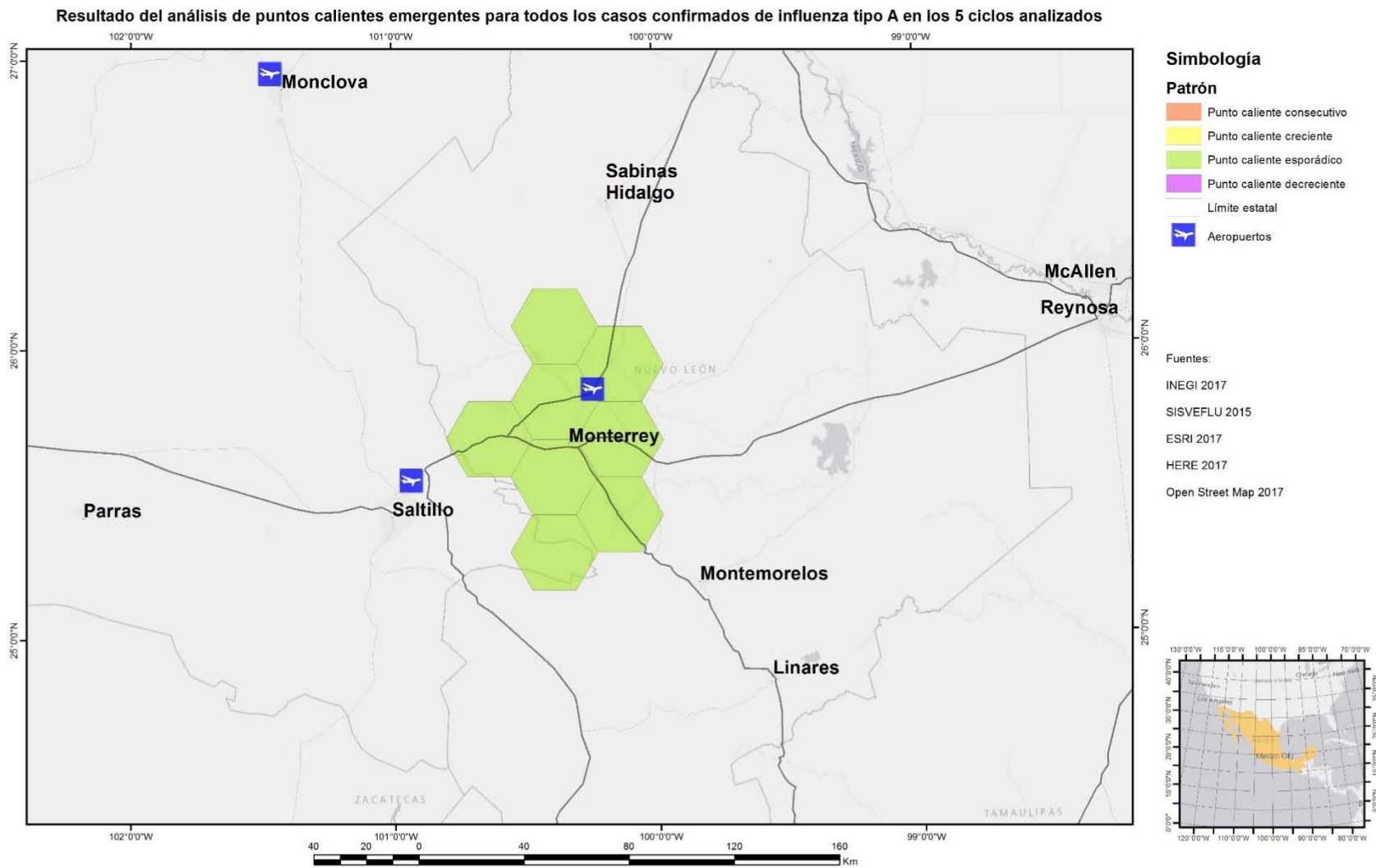


Figura 22 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo A en los 5 ciclos analizados.

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo B.

El análisis detectó la existencia de doce zonas (ver figura 24); de estas solo 8 presentan un patrón de punto caliente consecutivo y solo 2 (la Zona metropolitana de la ciudad de México, ZMCDM y la Zona Metropolitana de Monterrey) presenta un patrón de punto caliente en aumento.

La figura 25 muestra un acercamiento a los puntos calientes consecutivos detectados en las localidades próxima a Cancún, Mérida. La figura 26 muestra el acercamiento a las localidades de Colima y Acapulco. La figura 27 muestra un acercamiento a la zona de Culiacán y la figura 28 a la zona de Tuxtla Gutiérrez. En la figura 23 se aprecia el comportamiento temporal de Mérida y Cancún en el cual destaca el aumento de casos para los ciclos 4 y 5.

La figura 29 muestra la comparativa entre el comportamiento temporal nacional y el de las localidades de Acapulco, Tuxtla Gutiérrez, Colima, Sinaloa y Culiacán; cabe destacar que todas las localidades mencionadas muestran un incremento de casos para los ciclos 4 y 5. Por otra parte se aprecia que el comportamiento temporal de los casos es irregular y no se ajusta al comportamiento estacional de los casos nacionales como se puede apreciar en la gráfica de Acapulco donde el máximo se dio entre los ciclos 4 y 5.

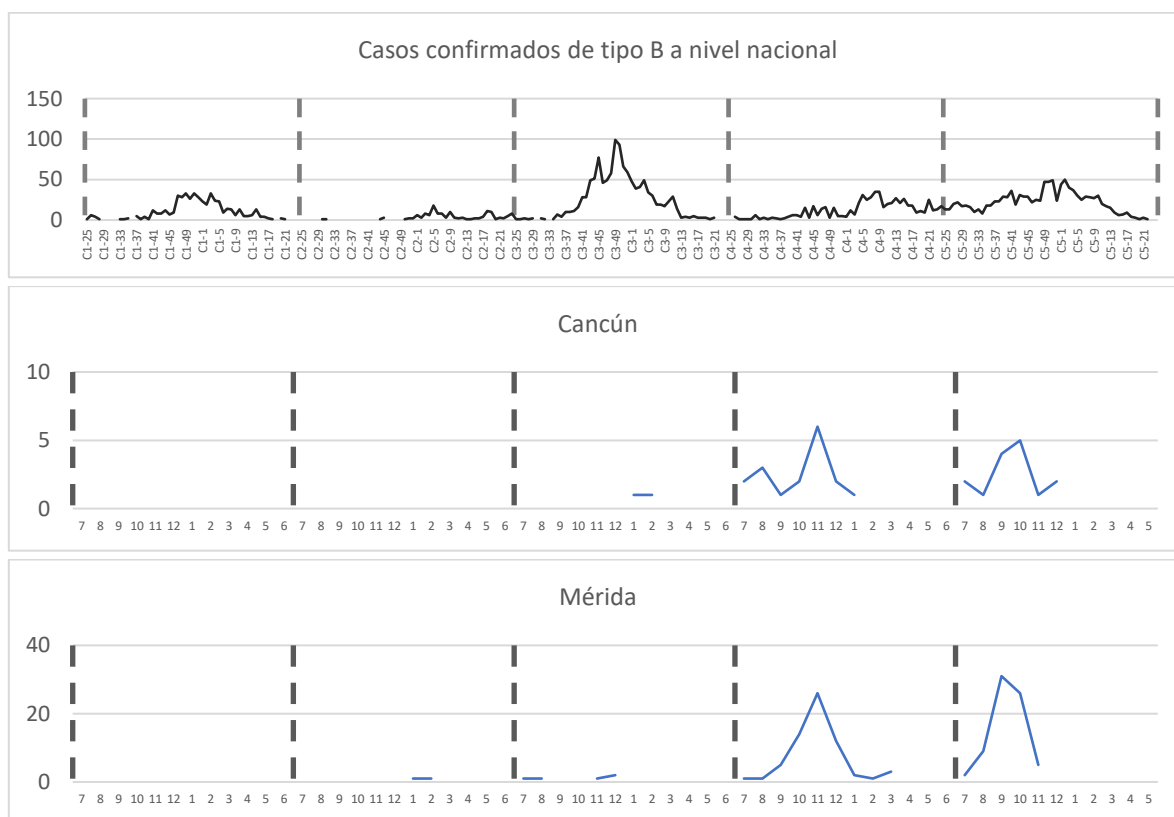


Figura 23 Comportamiento temporal de los casos en Mérida y Cancún, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados.

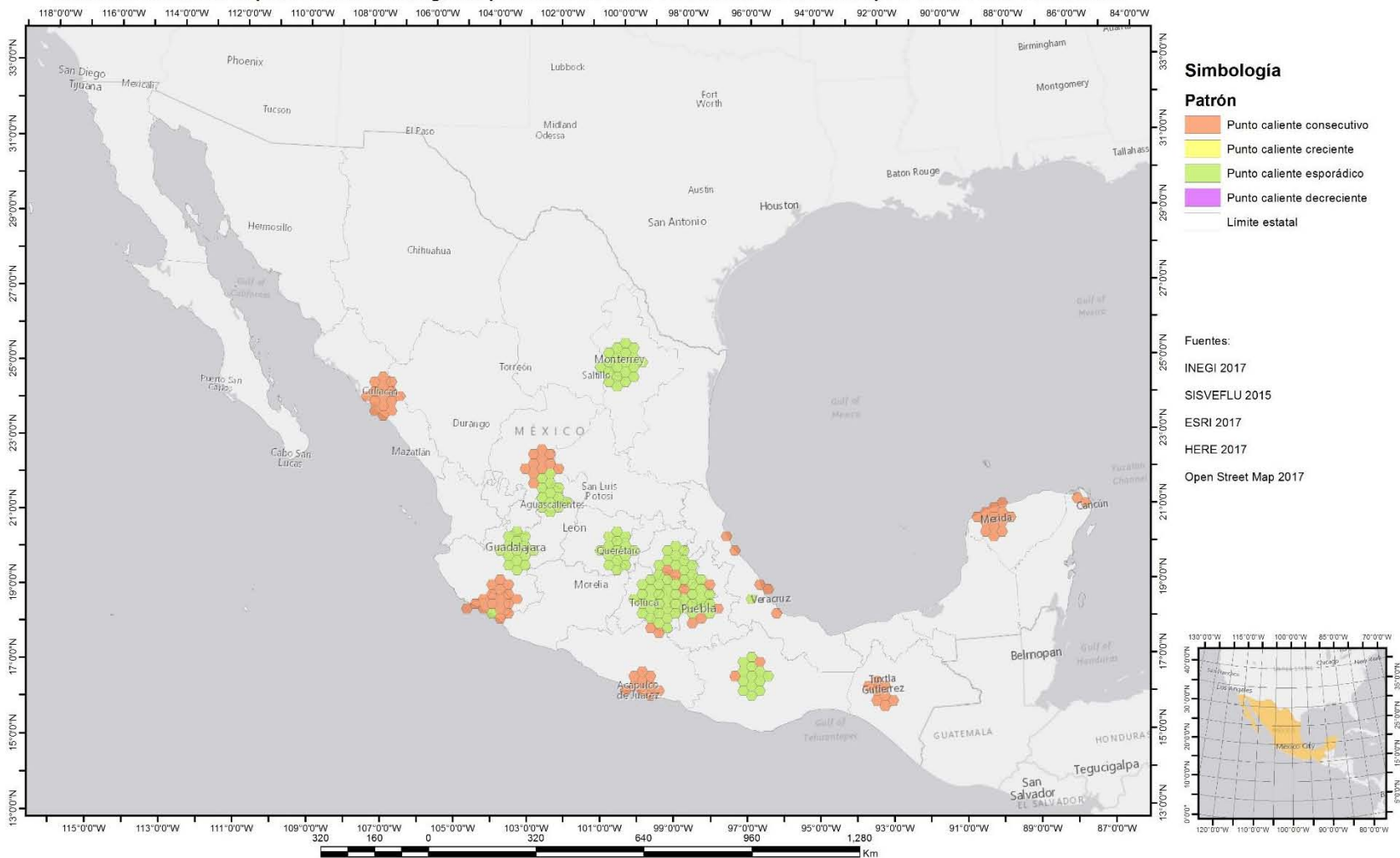


Figura 24 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados para las localidades de Mérida y Cancún.

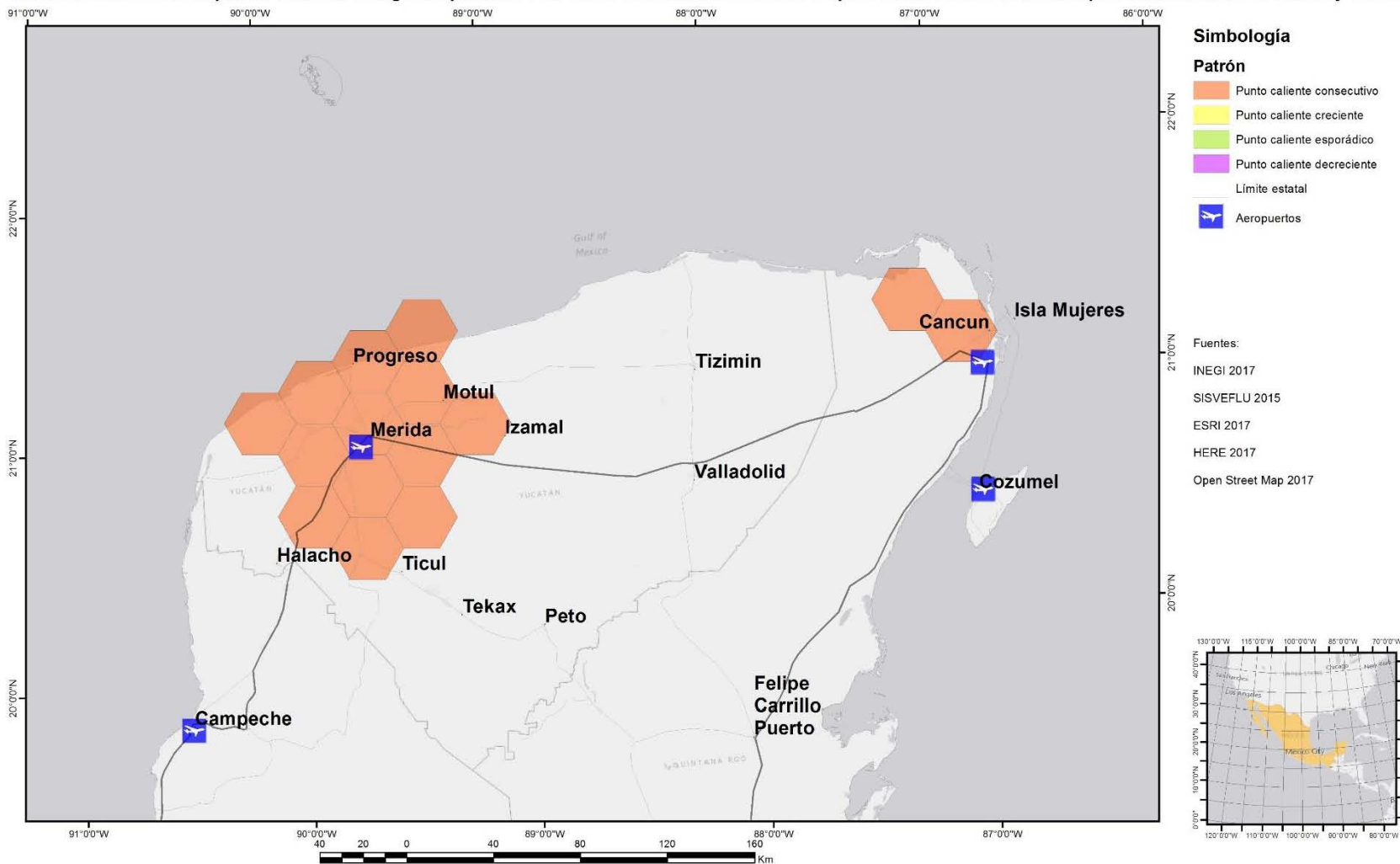


Figura 25 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades de Mérida y Cancún.

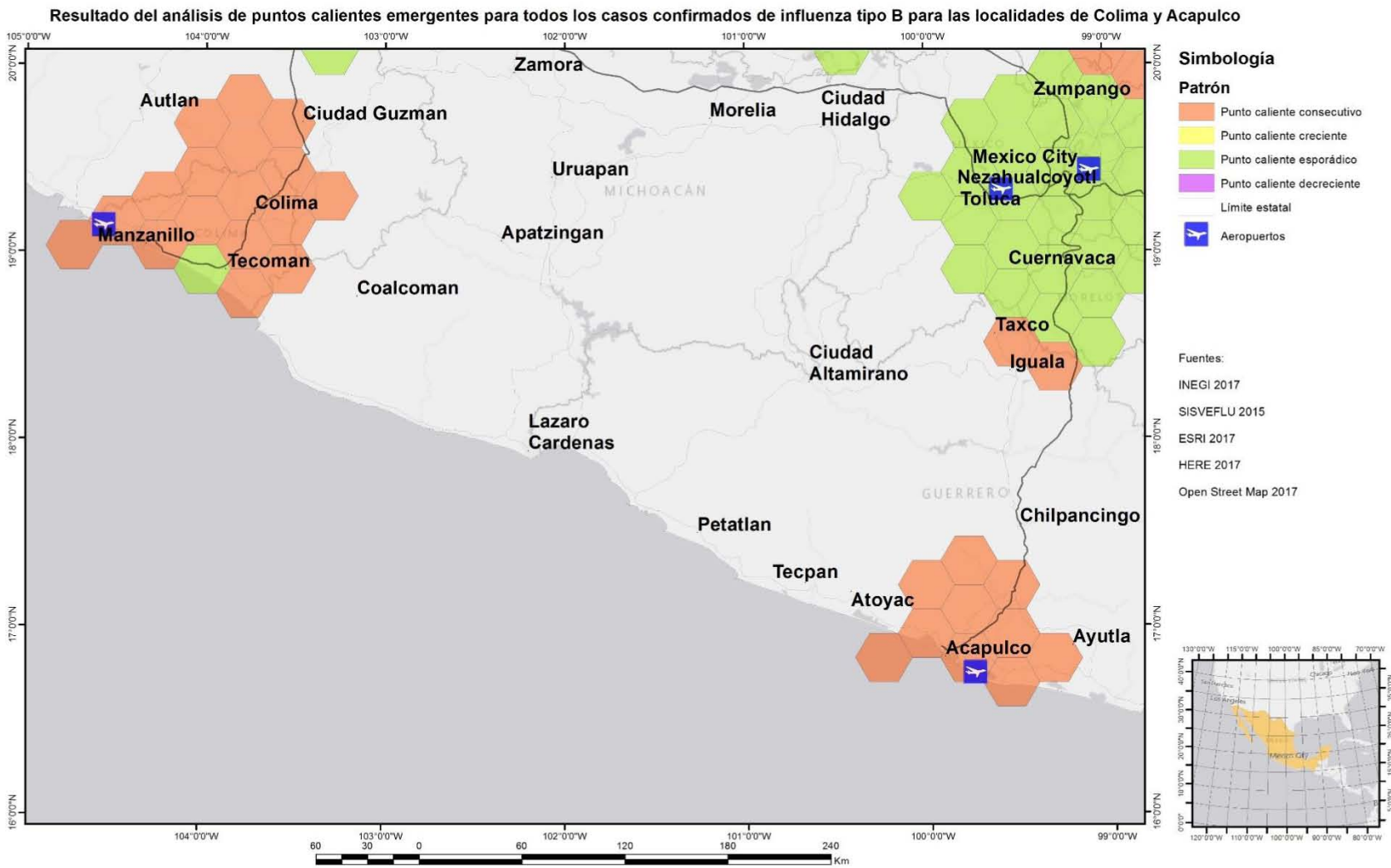


Figura 26 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades de Colima y Acapulco

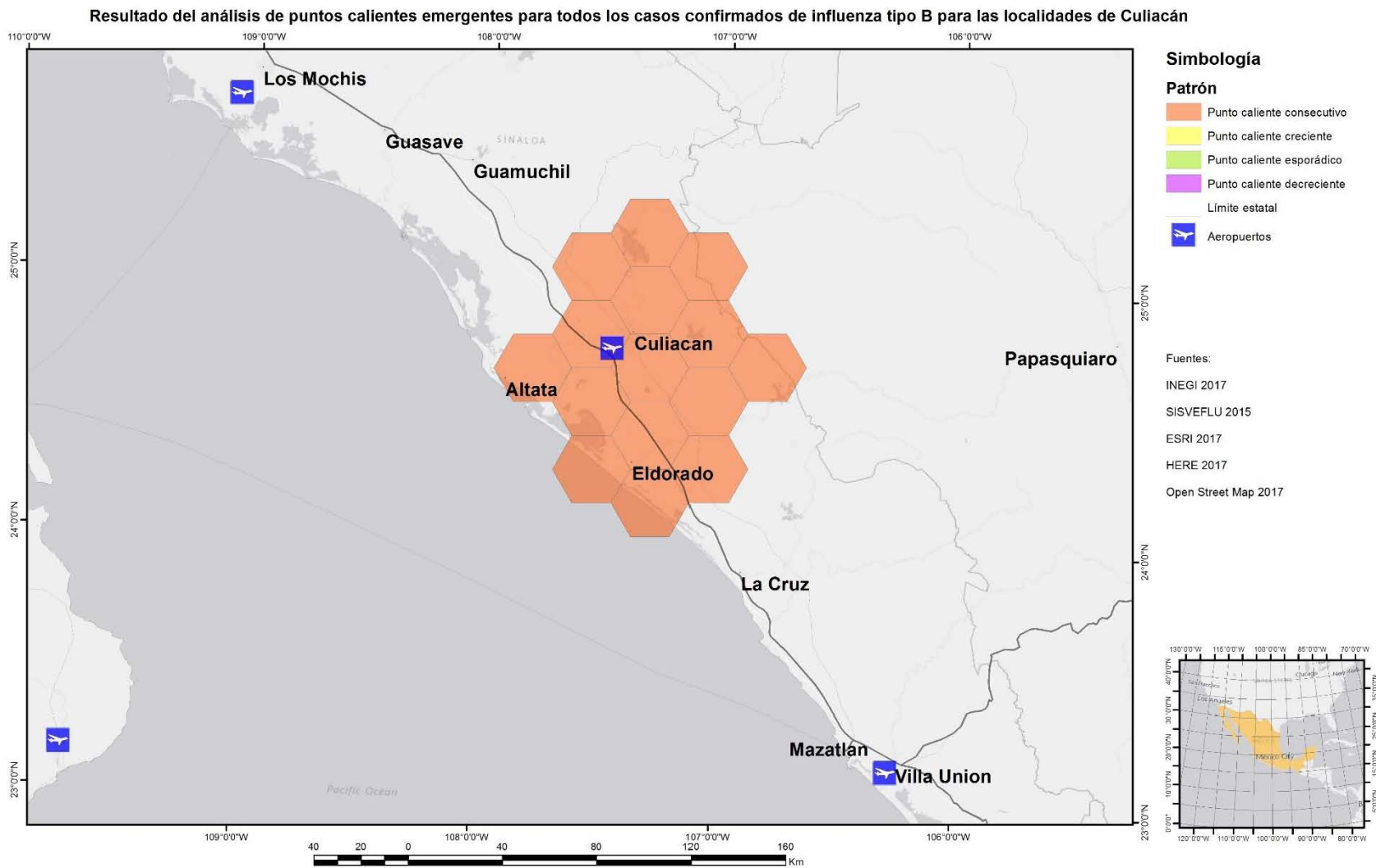


Figura 27 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades de Culiacán

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades próximas a Tuxtla Gutiérrez

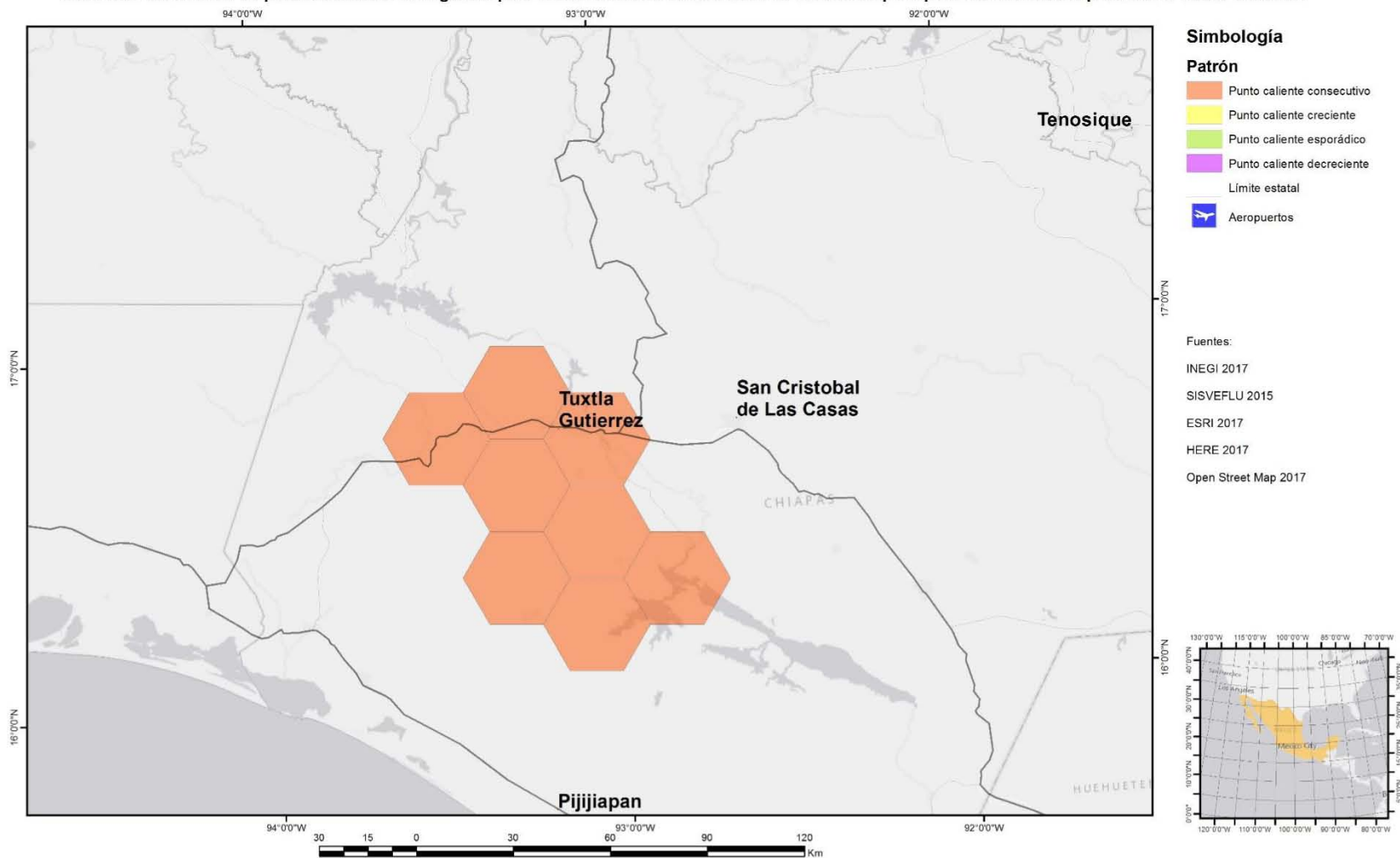


Figura 28 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B para las localidades próximas a Tuxtla Gutiérrez

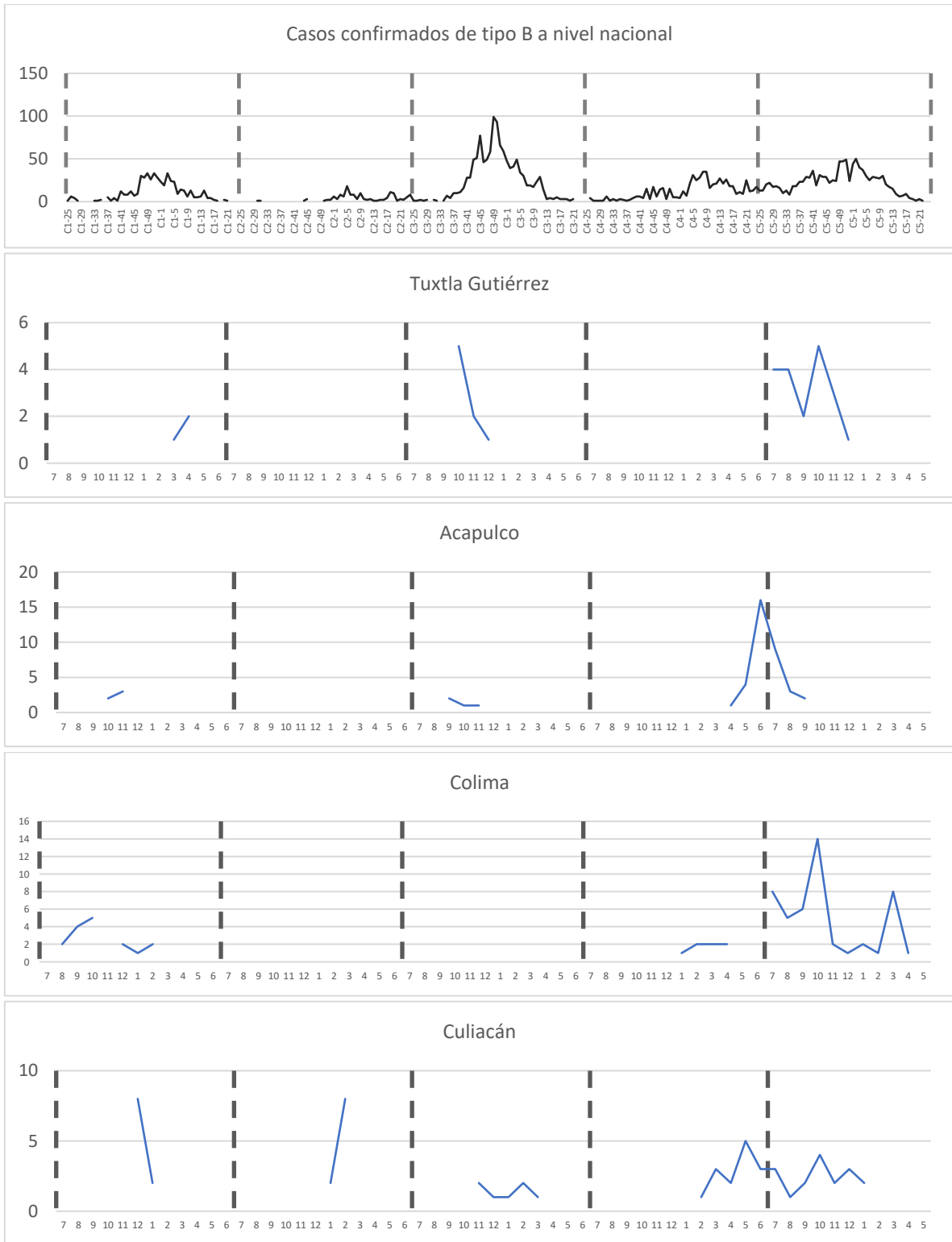


Figura 29 Comportamiento temporal de los casos en Tuxtla Gutiérrez, Acapulco, Colima y Culiacán comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.

La figura 31 muestra un acercamiento a los puntos calientes esporádicos detectados en Guadalajara, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Oaxaca. En la imagen se puede apreciar que solo Oaxaca y la ZMCM presentan un patrón mixto de puntos calientes esporádicos y puntos calientes consecutivos en las periferias de las zonas urbanas.

La figura 30 muestra la comparativa del comportamiento nacional de casos confirmados de influenza tipo B en las localidades mostradas en la figura 31. Se aprecia que el comportamiento de la ZMCM es muy parecido al comportamiento a nivel nacional y se ajusta a la descripción de los puntos calientes esporádicos; de igual forma se aprecia este comportamiento en las otras localidades, pero la secuencia temporal de casos no es parecida a la nacional.

La figura 32 muestra un acercamiento a las localidades de Monterrey – Saltillo y Aguascalientes – Zacatecas; en estas últimas se aprecia un patrón espacial mixto de puntos calientes consecutivos en la zona de Zacatecas y puntos calientes esporádicos en la zona de Aguascalientes.

En la figura 33 muestra el comportamiento temporal de las localidades mencionadas en la figura 33 comparándolos con el comportamiento nacional. La zona de Zacatecas coincide con la descripción de un punto caliente consecutivo en el ciclo 5 y las otras localidades coinciden con el comportamiento de punto caliente esporádico para los ciclos 1, 3 y 5 para Monterrey; para Aguascalientes los puntos calientes esporádicos se presentaron en los ciclos 3 y 5.

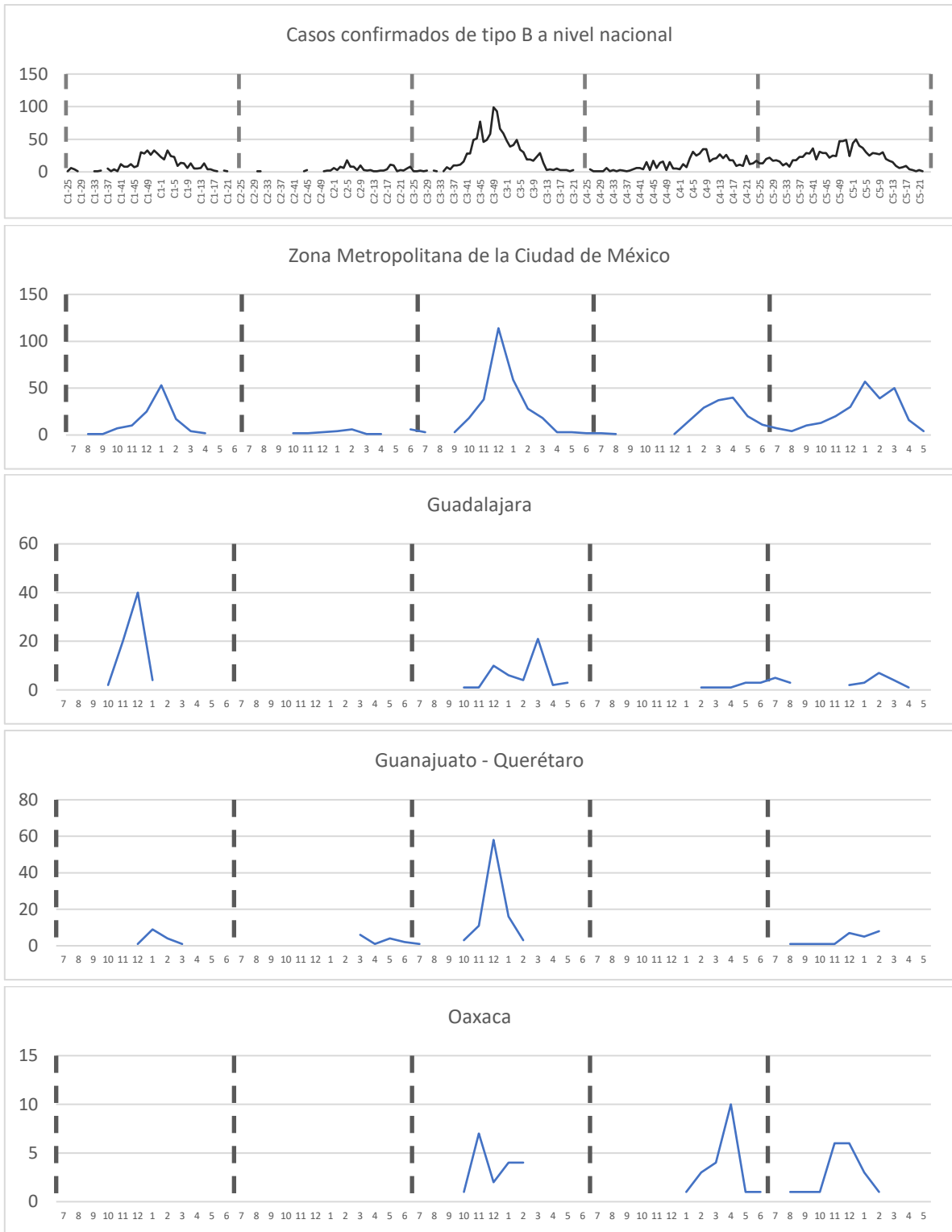


Figura 30 Comportamiento temporal de los casos en ZMCM, Gdl., Gto, Qro., y Oax, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados para la ZMCM, Querétaro, Guadalajara, Oaxaca, Pachuca, Cuernavaca, Toluca, Puebla y Tlaxcala.

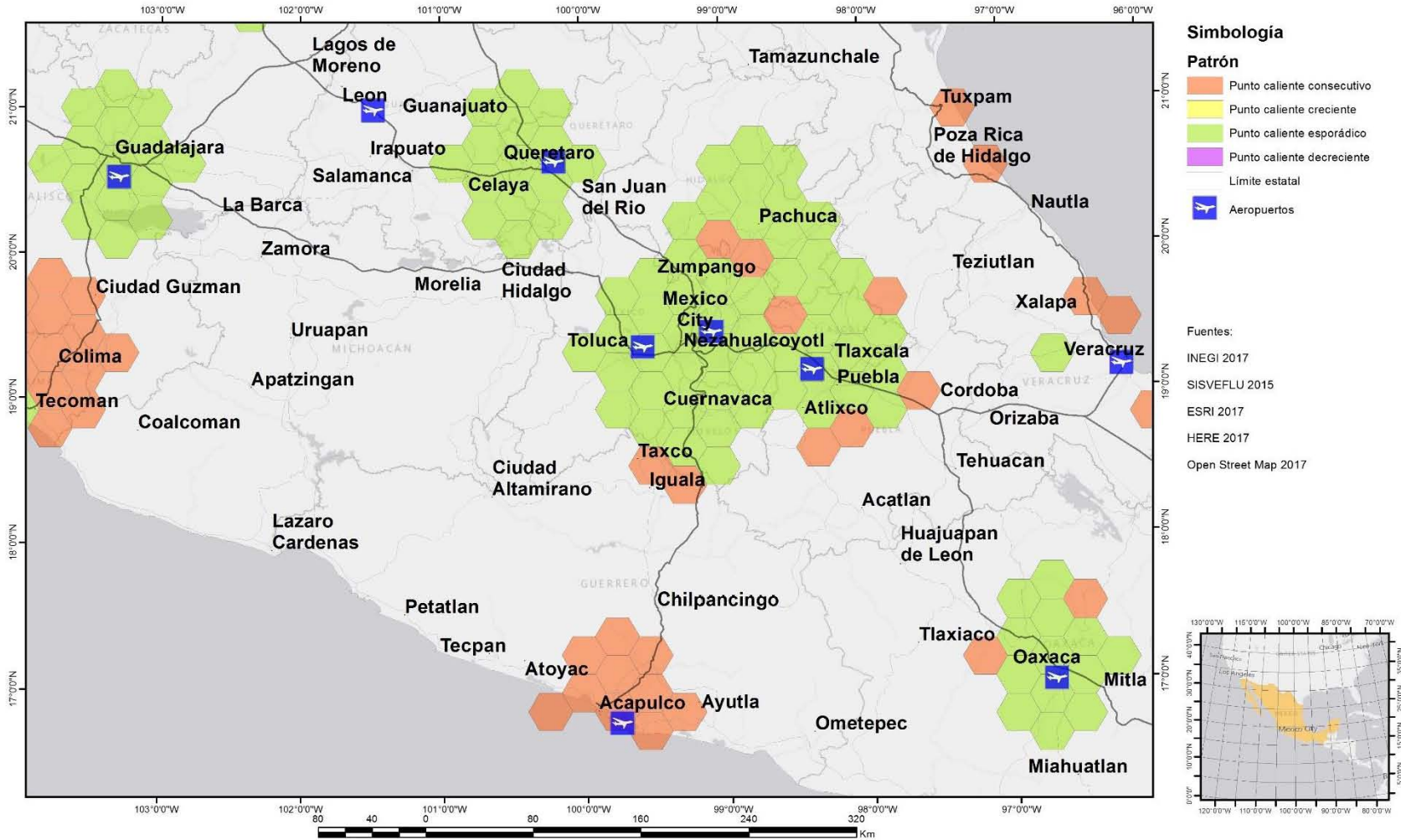


Figura 31 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados para la ZMCM, Querétaro, Guadalajara, Oaxaca, Pachuca, Cuernavaca, Toluca, Puebla y Tlaxcala.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados para Zacatecas, Aguascalientes y Monterrey.

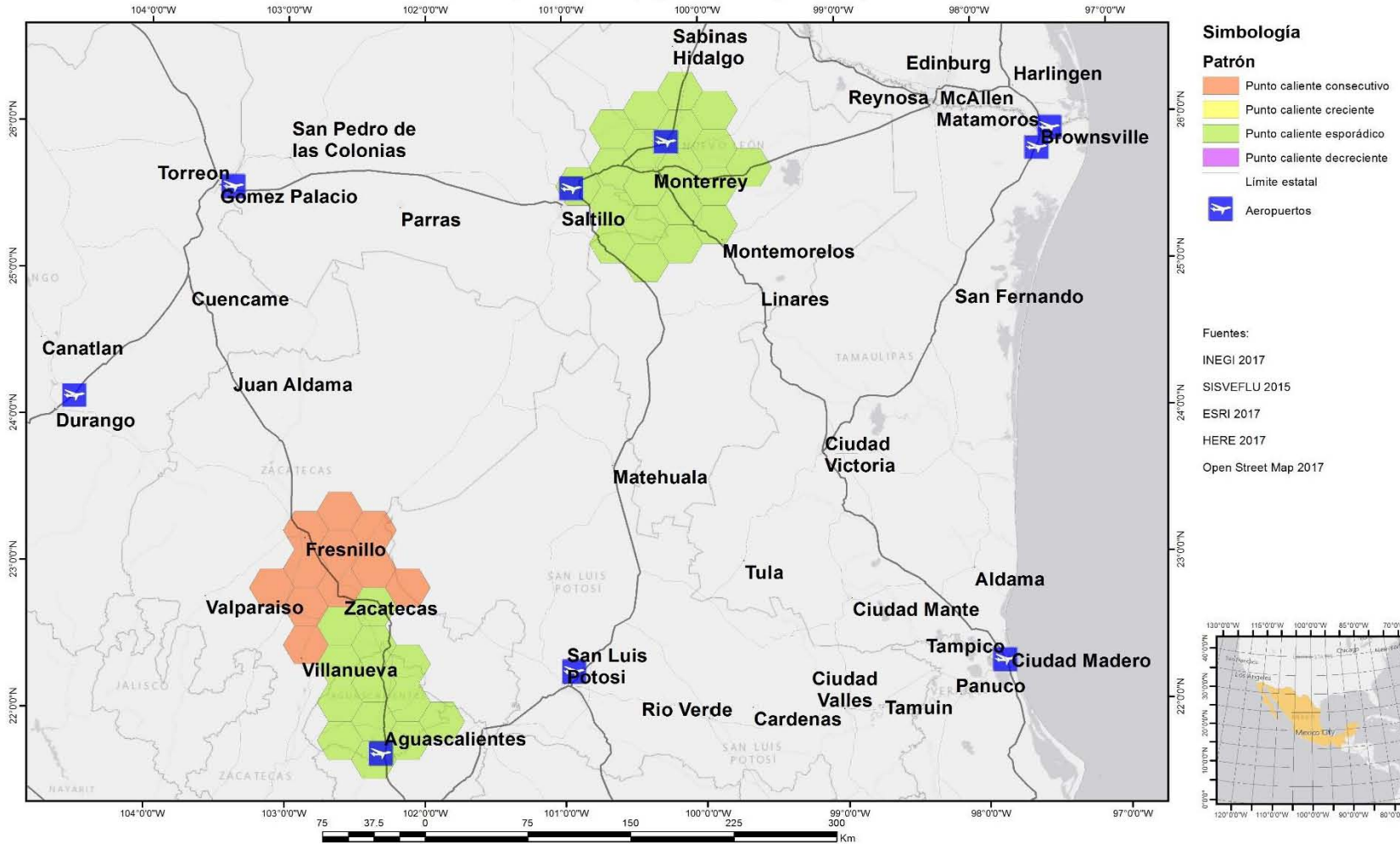


Figura 32 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo B en los 5 ciclos analizados para Zacatecas, Aguascalientes y Monterrey.

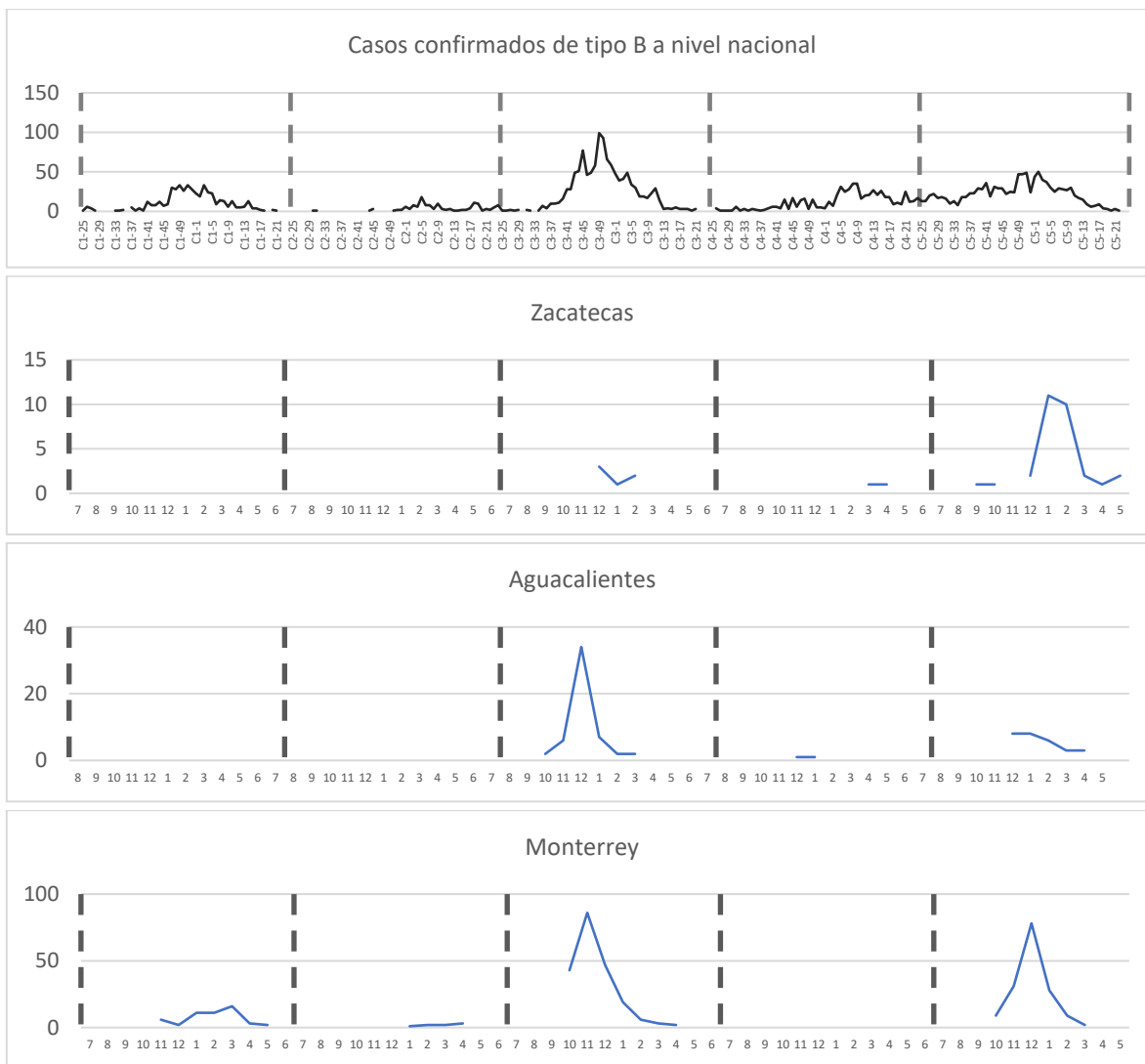


Figura 33 Comportamiento temporal de los casos en Zacatecas, Aguascalientes y Monterrey, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmado de influenza tipo B.

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo A H3N2.

El análisis detectó la existencia de 11 zonas (ver figura 34) y solo dos tipos de patrones (puntos caliente consecutivo y esporádico) y la mayoría de las localidades detectadas se encuentran en la zona central del país.

En la figura 35 se pueden apreciar 7 zonas que presentan algún tipo de patrón espacial. Poza rica, ZMCM, Guanajuato, Aguascalientes, Guadalajara y Manzanillo presentan puntos calientes esporádicos; Zacatecas, SLP, Puebla, Tlaxcala y parte de colima presentan puntos calientes consecutivos.

La figura 36 muestra una comparativa entre los casos a nivel nacional y la zona de Aguascalientes, Zacatecas y San Luis Potosí. En la imagen se aprecia un incremento de casos en el último ciclo analizado, mismo que coincide con el comportamiento nacional.

La figura 37 muestra una comparativa entre el comportamiento temporal nacional para los casos confirmados de H3N2 y el parte del estado de colima, el puerto de Manzanillo y en Guadalajara. En la imagen se puede apreciar el comportamiento del punto caliente esporádico de Guadalajara.

La figura 38 muestra una comparativa entre el comportamiento a nivel nacional y la ZMCM, Gto. - Qro., Tlax. – Pue. y Ver. En la imagen se aprecia que la tendencia de la ZMC es muy parecida a la tendencia nacional. En Veracruz destaca que el pico de casos se registró en el primer ciclo; en Tlaxcala y Puebla el pico de casos se presentó en el cuarto ciclo; en Guanajuato y Querétaro se presentaron en el ciclo 3 y 5.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en los 5 ciclos analizados.

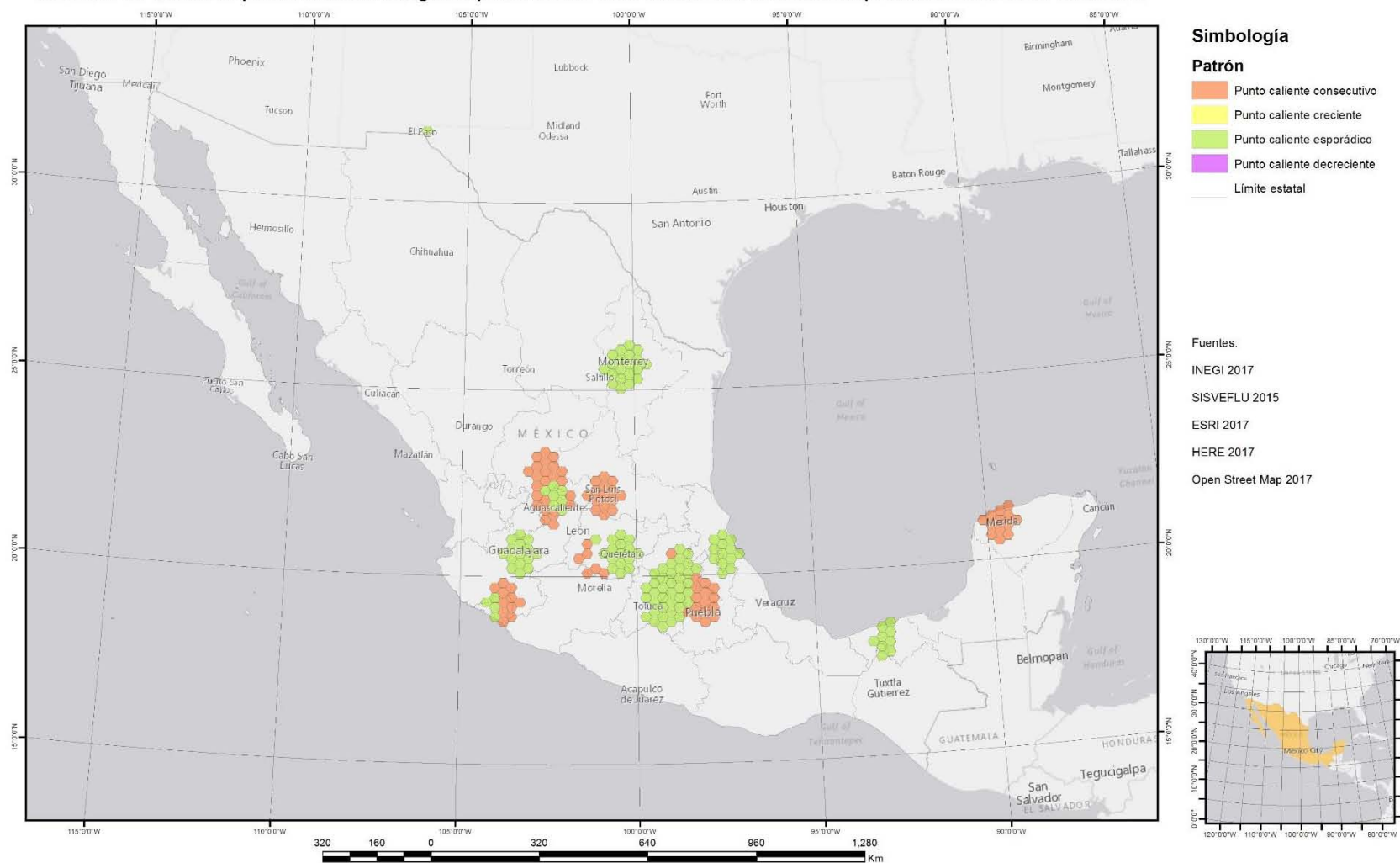


Figura 34 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en los 5 ciclos analizados.

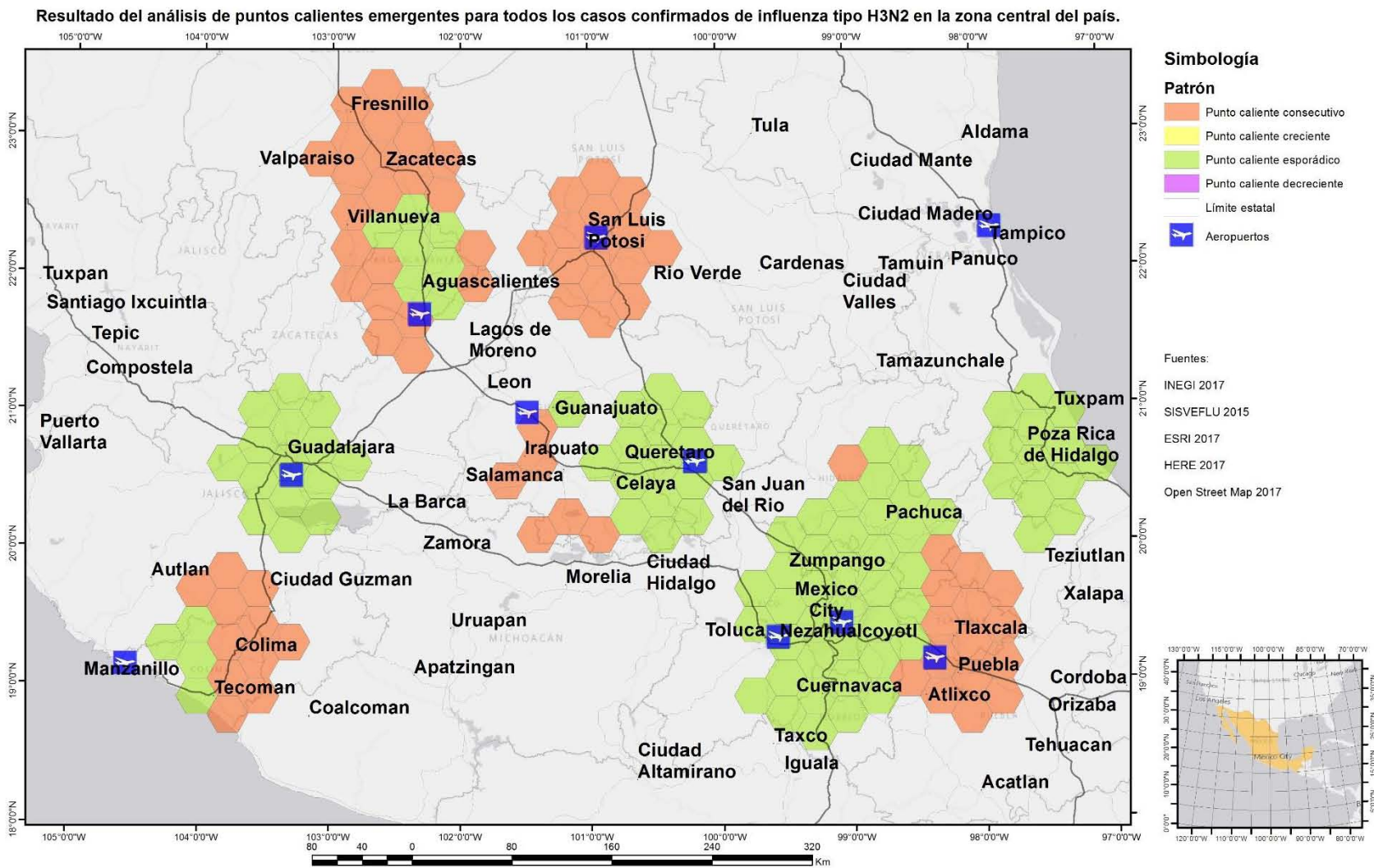


Figura 35 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en la zona central del país.

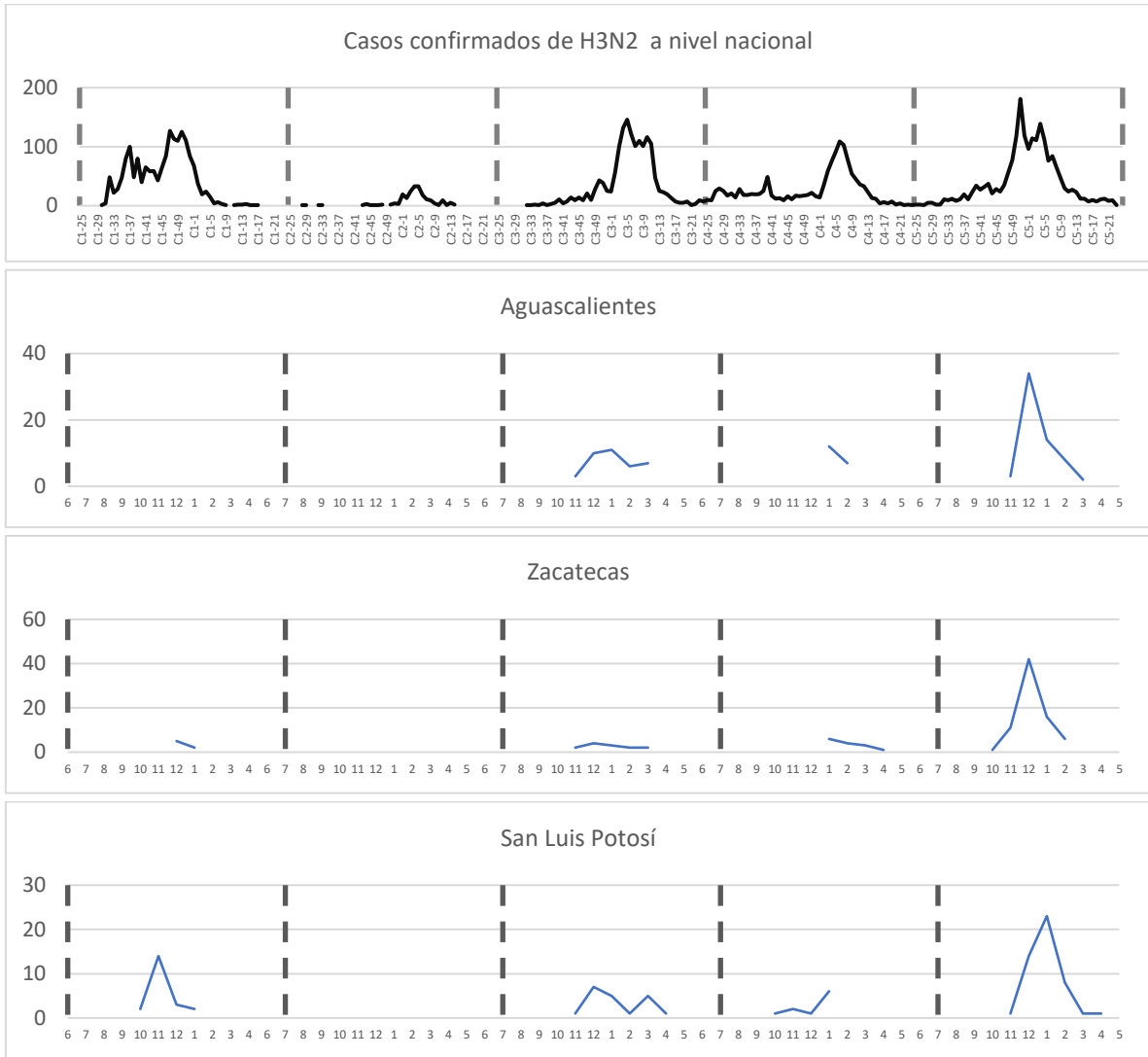


Figura 36 Comportamiento temporal de los casos en Zacatecas, Aguascalientes y SLP, comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.

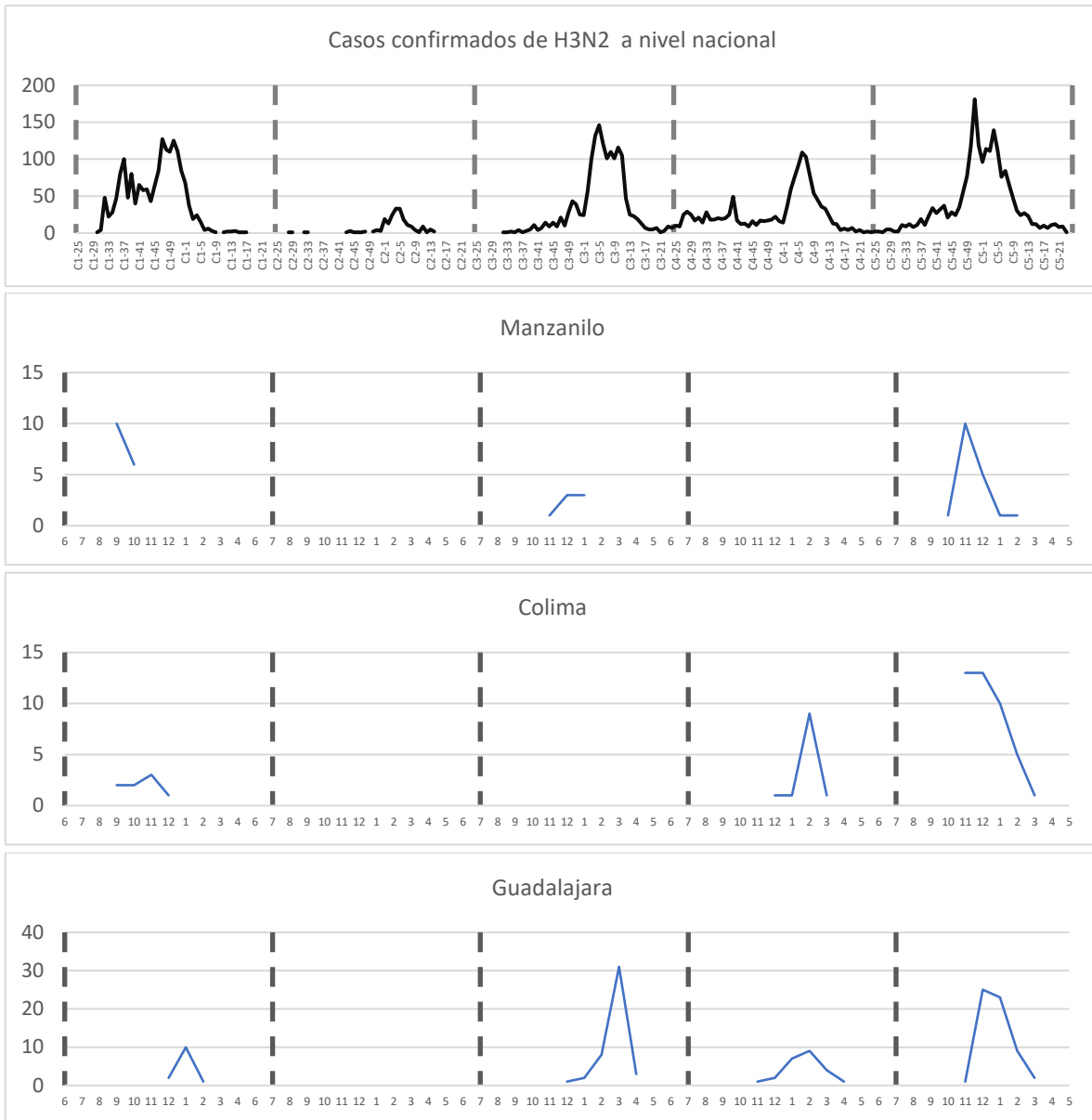


Figura 37 Comportamiento temporal de los casos en Manzanillo, Colima y Guadalajara comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.

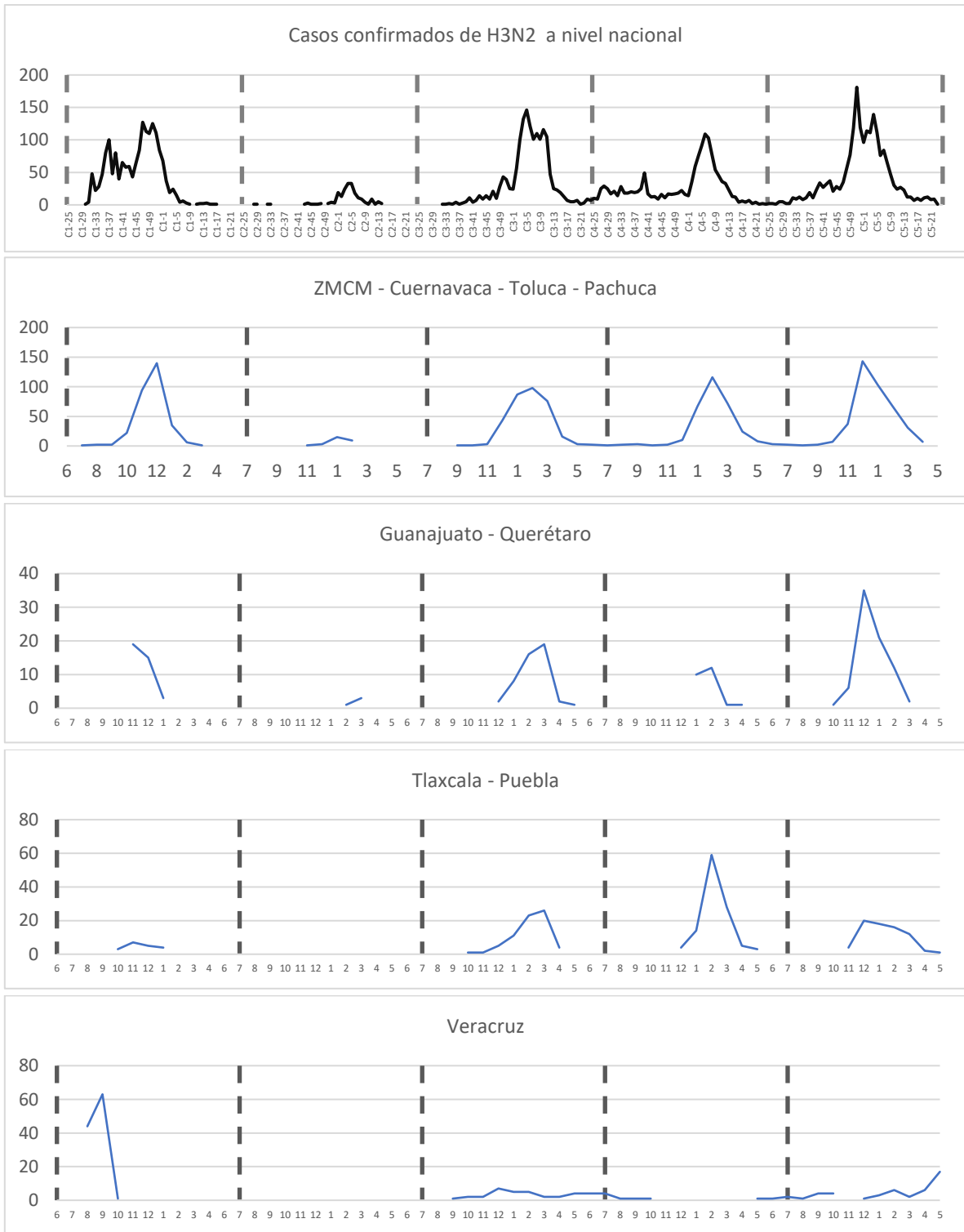


Figura 38 Comportamiento temporal de los casos en Manzanillo, Colima y Guadalajara comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.

La figura 40 es un acercamiento a las localidades que presentaron un patrón en las ciudades de Mérida y Villahermosa; la primera con un patrón de punto caliente consecutivo y la segunda con un patrón de punto caliente esporádico. En la figura 39 destaca el comportamiento del máximo de casos detectado en Mérida el cual se dio entre el ciclo 3 y 4.

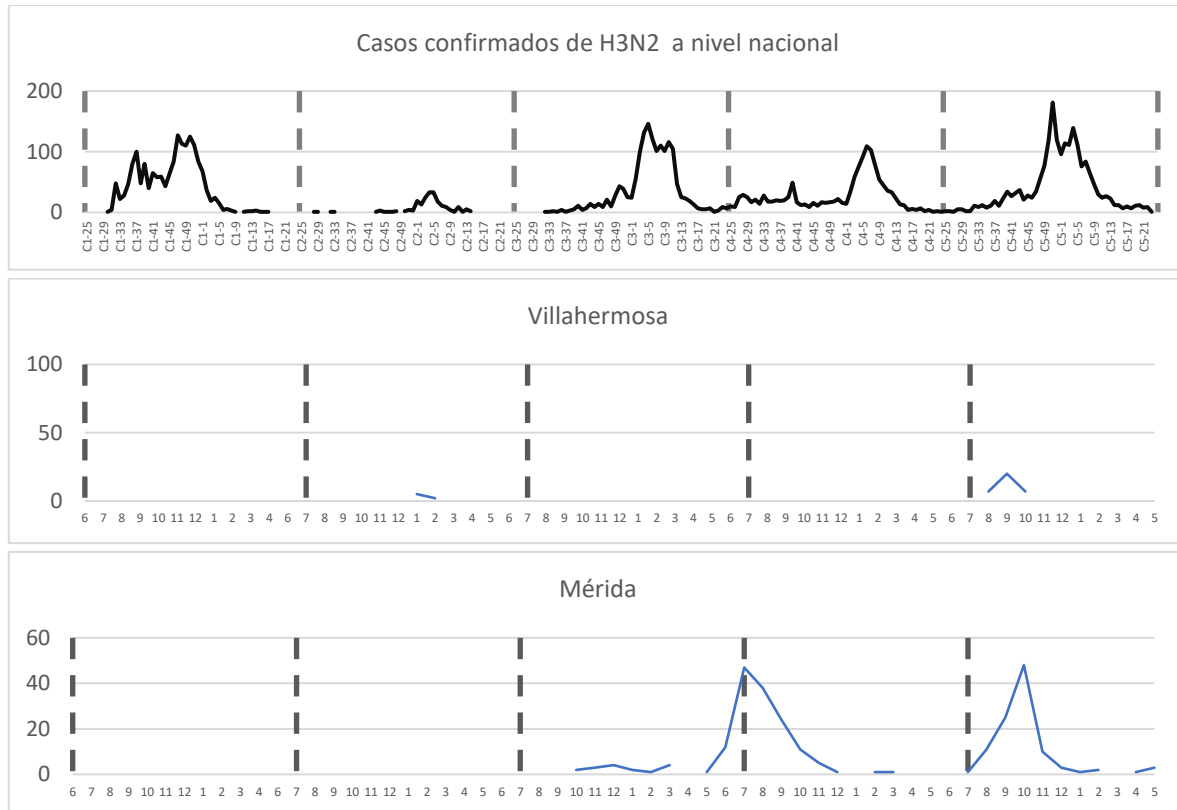


Figura 39 Comportamiento temporal de los casos en Mérida y Villahermosa comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.

La figura 41 muestra un acercamiento a los puntos calientes detectados en Monterrey y a figura 42 a Ciudad Juárez. En ambos casos el patrón que se detectó es de puntos calientes esporádicos. La figura 43 muestra la comparativa temporal a nivel nacional entre las localidades mencionadas anteriormente en la cual se destaca el incremento de casos en los ciclos 1, 3 y 5.

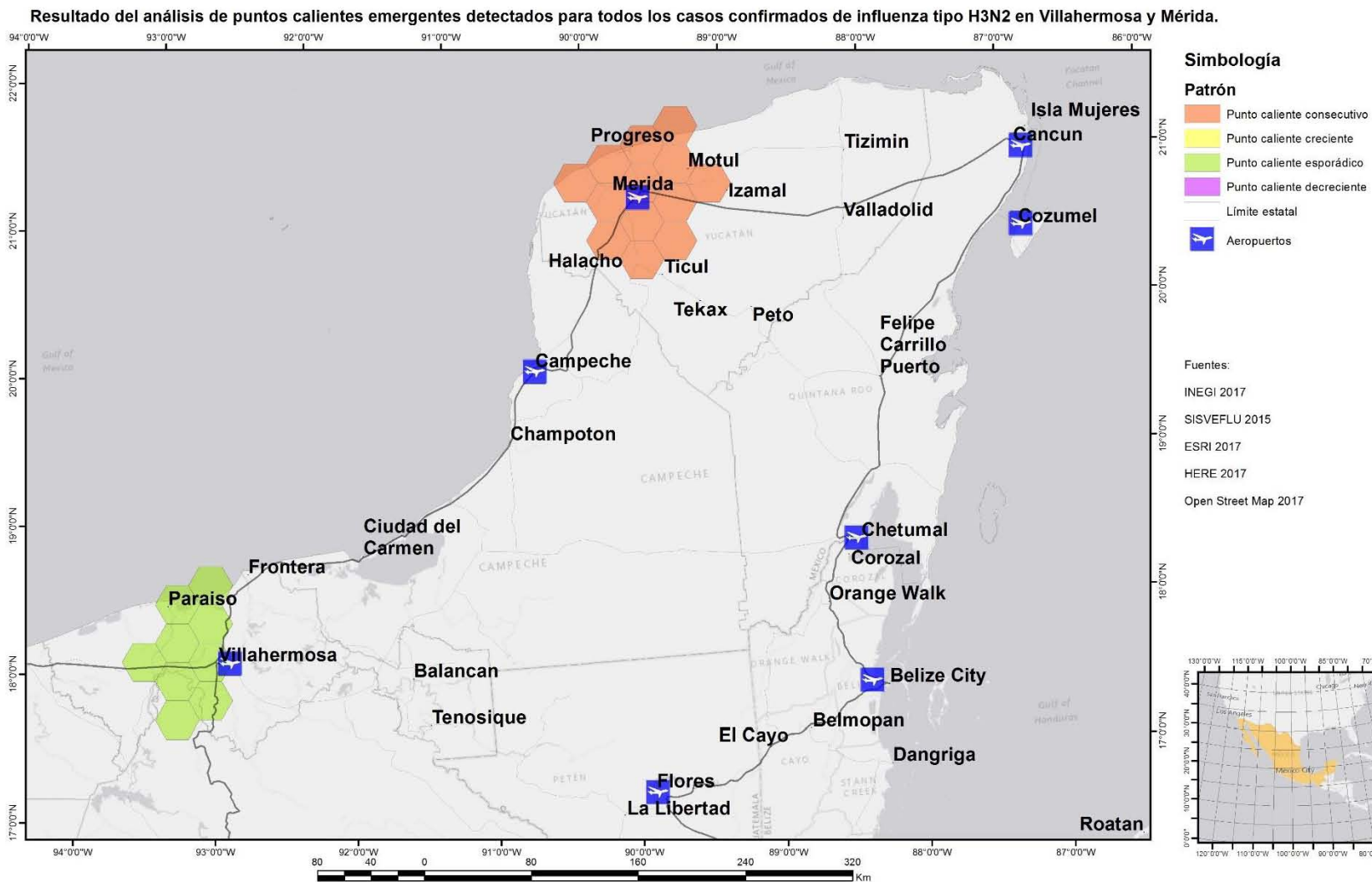


Figura 40 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes detectados para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en Villahermosa y Mérida.

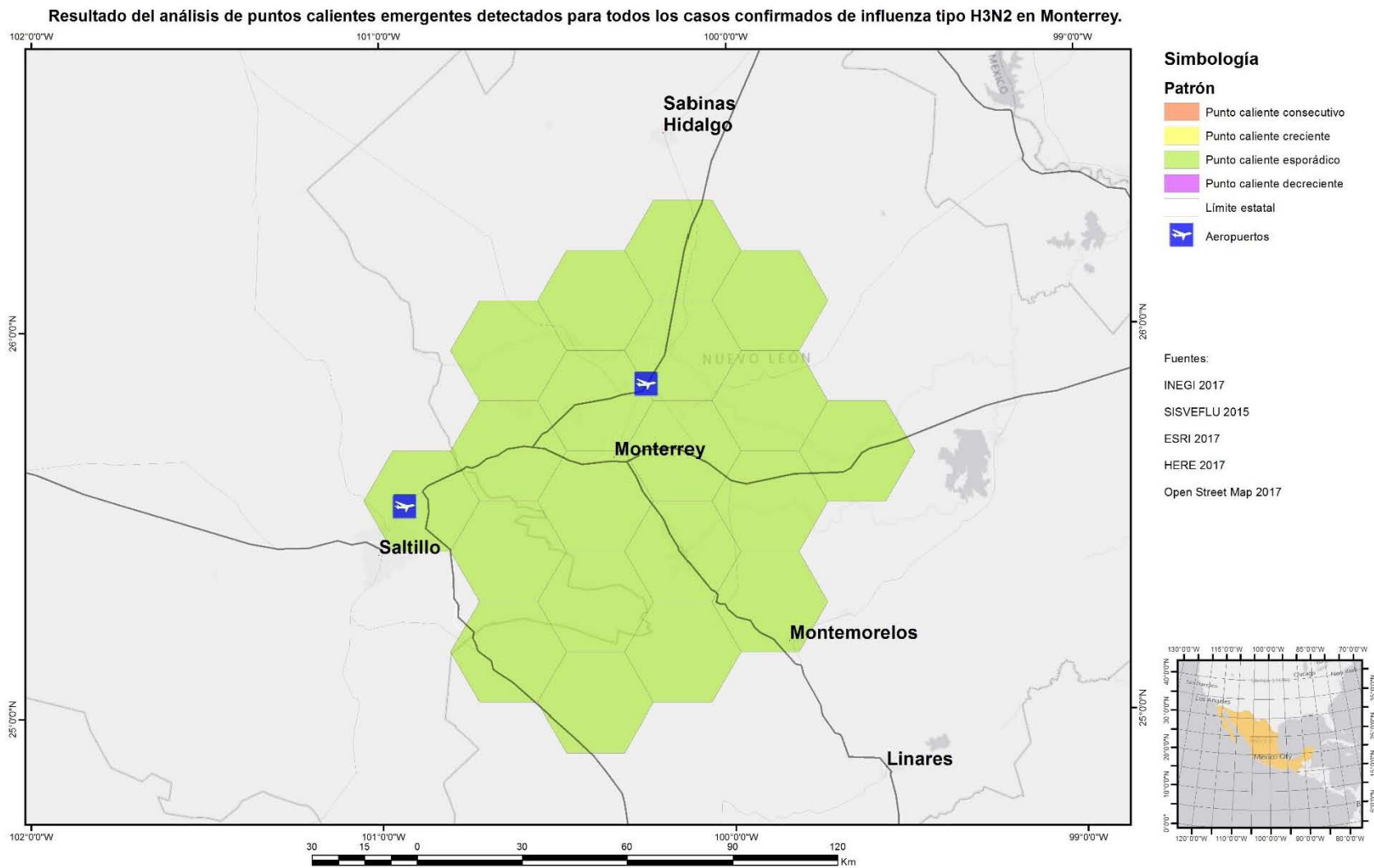


Figura 41 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes detectados para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en Monterrey.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes detectados para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en Ciudad Juárez.

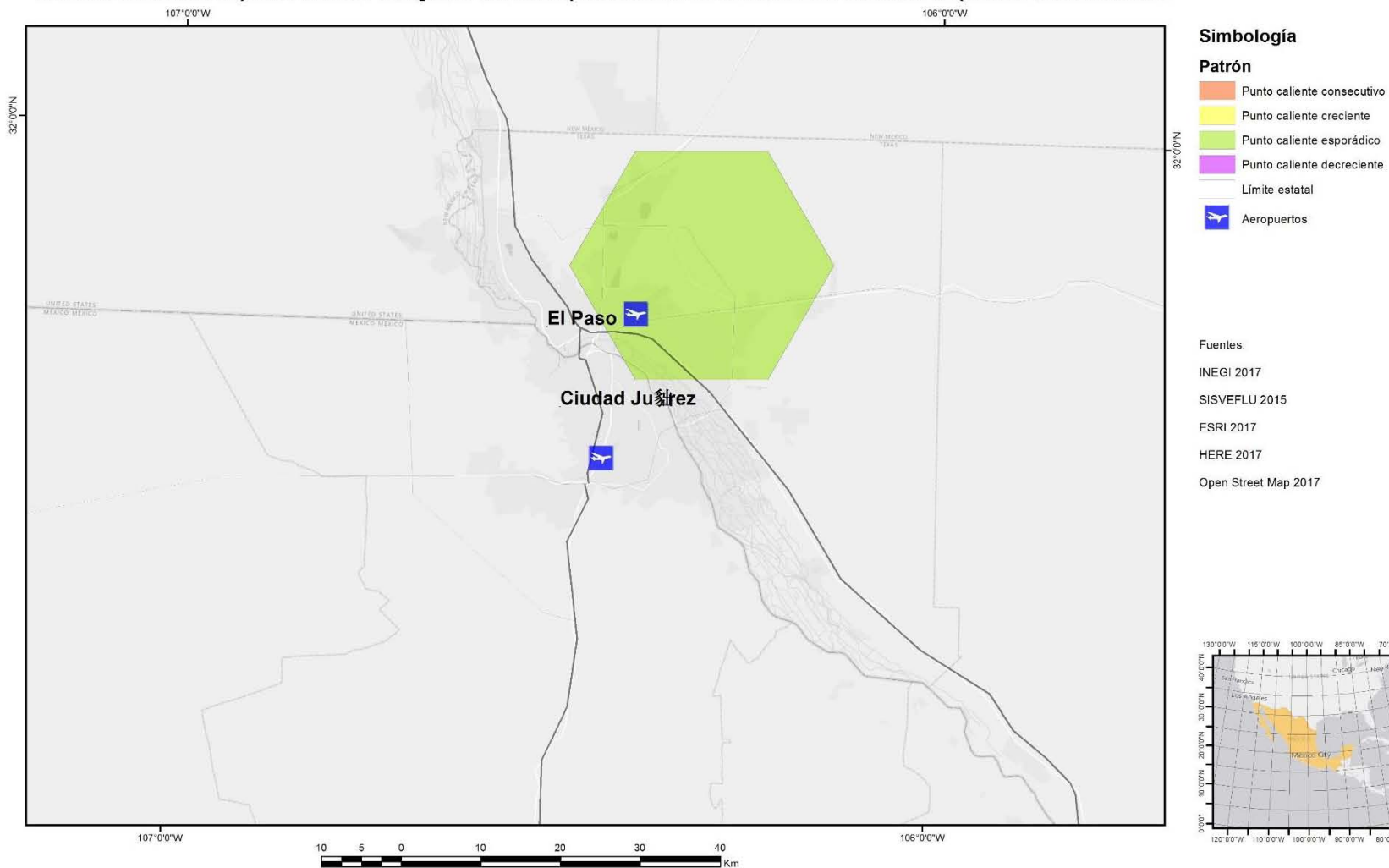


Figura 42 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes detectados para todos los casos confirmados de influenza tipo H3N2 en Monterrey y Ciudad Juárez

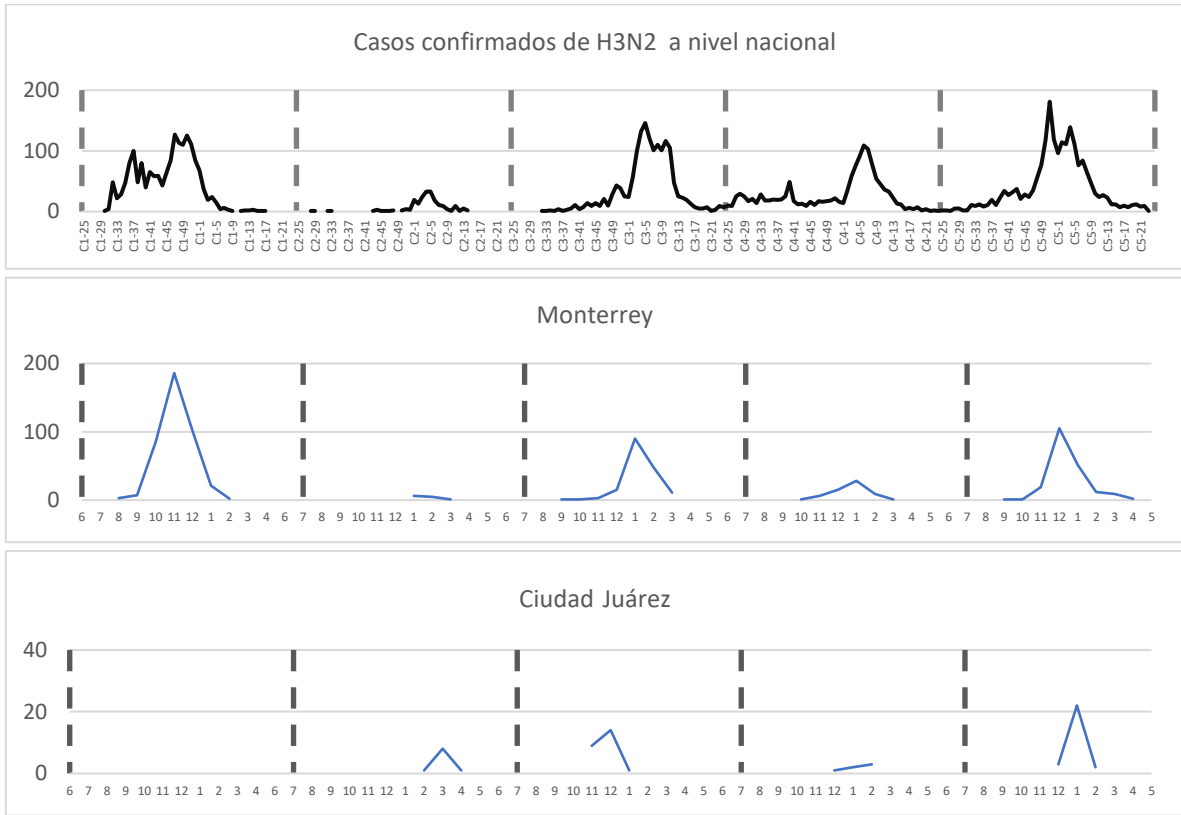


Figura 43 Comportamiento temporal de los casos en Monterrey y Ciudad Juárez comparándolos con el comportamiento temporal nacional de casos confirmados de influenza tipo H3N2.

Resultados para los datos analizados por tasas.

El cubo de espacio-tiempo plantilla se elaboró con todos los casos sospechosos y contiene 8,784 localizaciones en 60 períodos de tiempo. Cada ubicación tiene un tamaño de 28.68 km de alto, un ancho de 33.12 km, lados de 16.56 km y un área que abarca 71.25 km². Cada uno de los intervalos de períodos de tiempo tiene una duración de 1 mes, por lo que el período de tiempo total que abarca el cubo de espacio-tiempo es de 60 meses.

El cuadro 7 muestra los resultados obtenidos en la elaboración de los cubos.

Tipo	Casos	Hexágonos	% del cubo	No. de bins	Bins con datos	% de bins con datos	Tendencia	Valor Z	Valor p
Todos	190,615	1760	20.04	105,600	23,117	21.89	Creciente	2.8764	0.0040
A	3,308	370	4.21	22,200	1,054	4.75	Decrece	-4.126	0.0000
B	3,449	408	4.64	24,480	1,534	6.27	Creciente	3.5972	0.0003
H1N1 pmd	13,468	749	8.53	44,940	2,114	4.7	Sin Significancia	0.3523	0.7246
AH3N2	6,651	598	6.81	35,880	2,293	6.39	Creciente	2.5197	0.0117
No subtipificado	864	231	2.63	13,860	419	3.02	Sin Significancia	-1.382	0.1669

Cuadro 7 Resultado de los cubos espacio temporales en el uso de tasas

A continuación, se muestran los datos obtenidos del *análisis de puntos calientes emergentes* para los tipos de influenza que presentaron una tendencia significativa (creciente o decreciente).

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza.

La figura 44 muestra el resultado del análisis de puntos emergentes calientes para las tasas de casos sospechosos de influenza en los cinco ciclos. La imagen muestra la existencia de ocho tipos de patrones, cuatro de puntos caliente y cuatro de puntos fríos. El patrón dominante es el de puntos calientes crecientes, el cual se extiende por varios estados del sur y centro del país. Adicionalmente se detectaron puntos calientes persistentes en Monterrey, Oaxaca, Tuxtla Gutiérrez y Tapachula; de igual forma se detectó un punto caliente consecutivo en Tijuana y Cancún.

La figura 45 muestra el comportamiento de las zonas en las que se detectó algún tipo de punto caliente emergente (creciente, persistente, consecutivo y decreciente); de igual forma se aprecia que las tasas de casos para todas las zonas con el mismo patrón fluctuaron entre el 0% y el 0.04%.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.

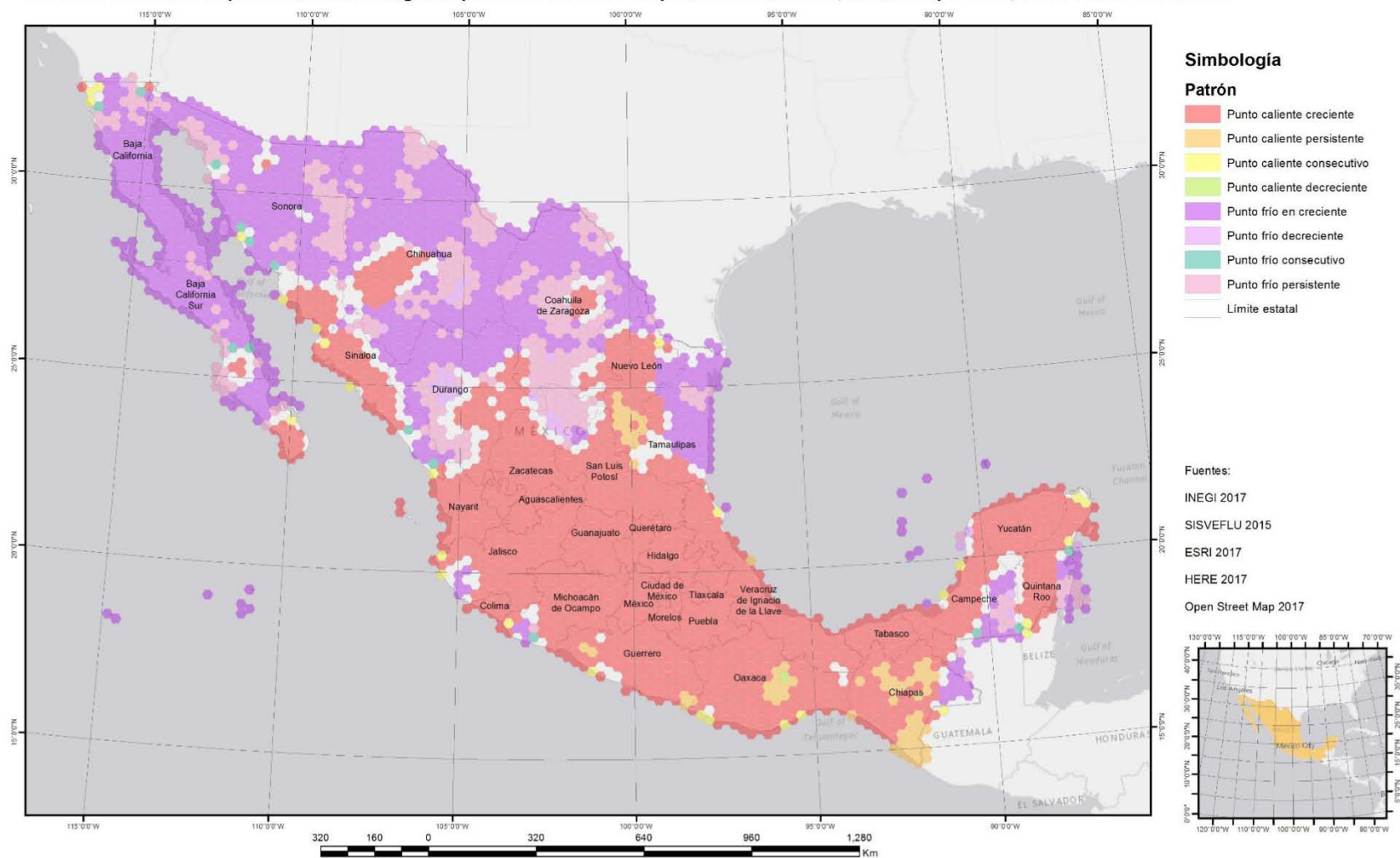


Figura 44 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.

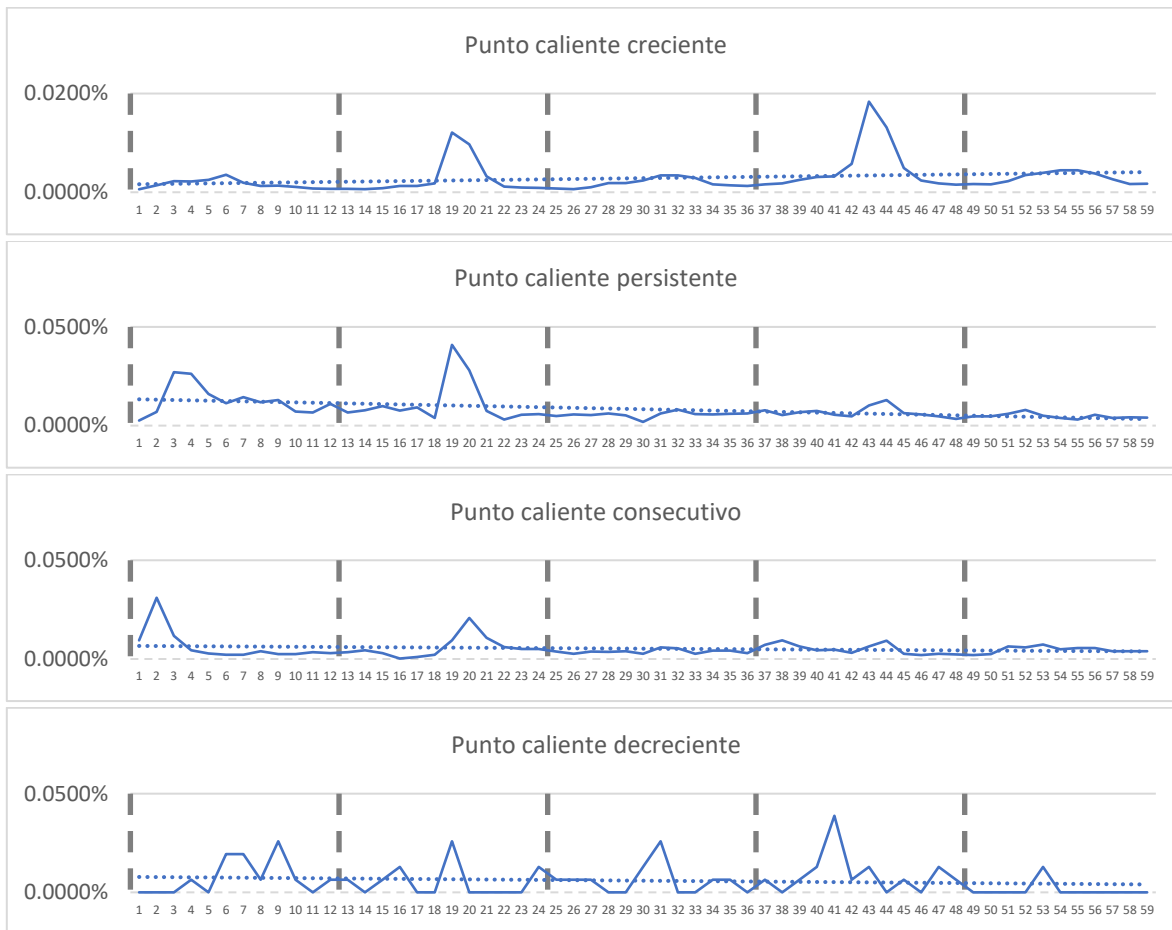


Figura 45 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos en las zonas con patrones de punto caliente creciente, persistente, consecutivo y decreciente.

La figura 46 muestra el comportamiento de las zonas en las que se detectó algún tipo de punto frío emergente (creciente, persistente, consecutivo y decreciente); de igual forma se aprecia que las tasas de casos para todas las zonas con el mismo patrón fluctuaron entre el 0% y el 0.02%.

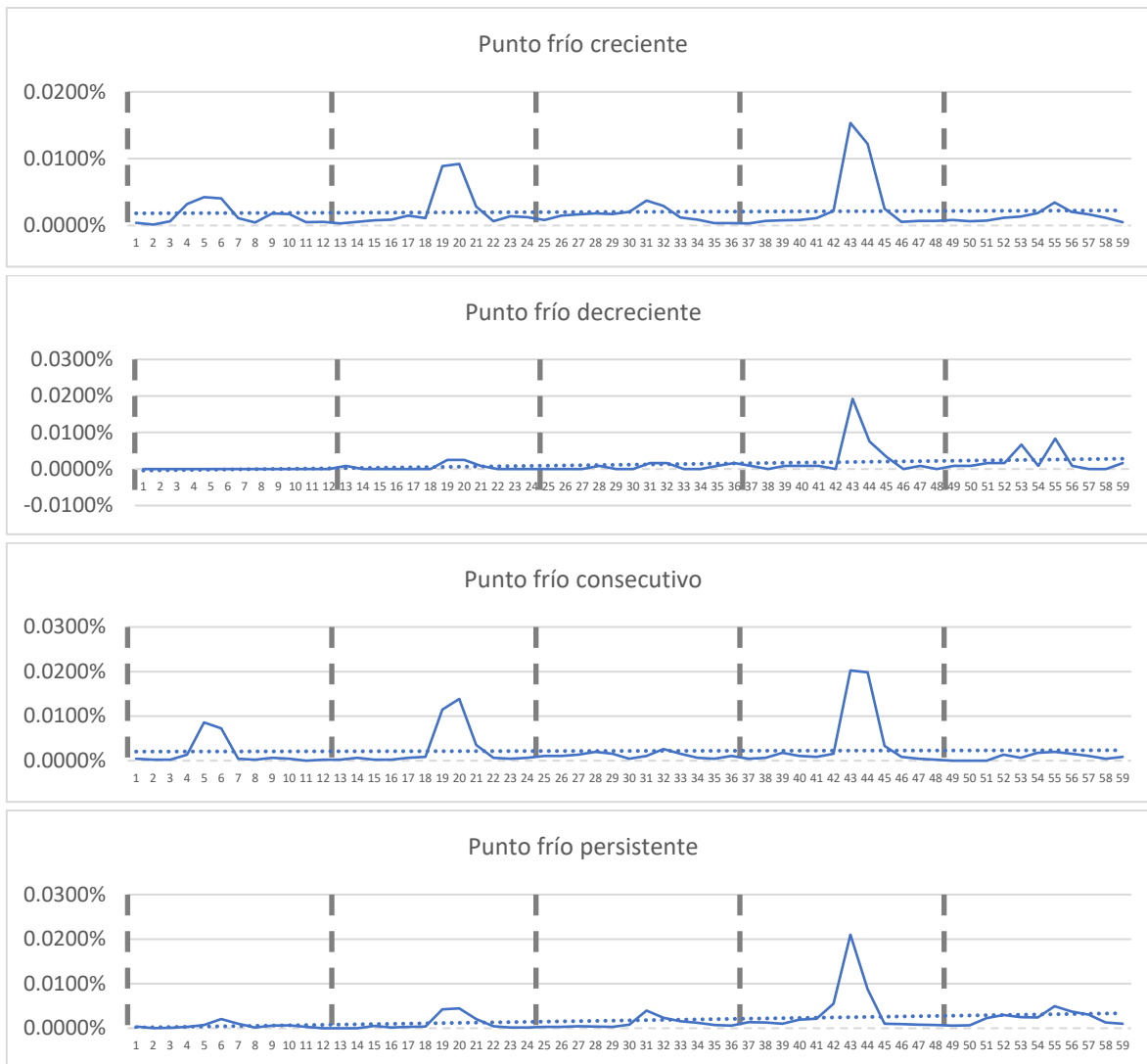


Figura 46 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos en las zonas con patrones de punto frío creciente, persistente, consecutivo y decreciente.

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo A.

La figura 47 muestra la distribución de 6 patrones detectados de los cuales destacan los puntos fríos crecientes que se extienden en los estados al norte del país, así como en la zona sur de la península de Yucatán y en la costa de Guerrero. En la zona norte del país llama la atención la presencia de un punto caliente persistente en la ciudad de Tijuana el cual está rodeado de puntos fríos crecientes; esta situación es similar a la que se presenta en la ciudad de los Mochis. Por otra parte, Monterrey presenta un patrón de punto caliente consecutivo, el cual está rodeado de puntos fríos crecientes. En la misma figura también se aprecia que en el centro del país dominan patrones de puntos calientes crecientes y consecutivos.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo A, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.

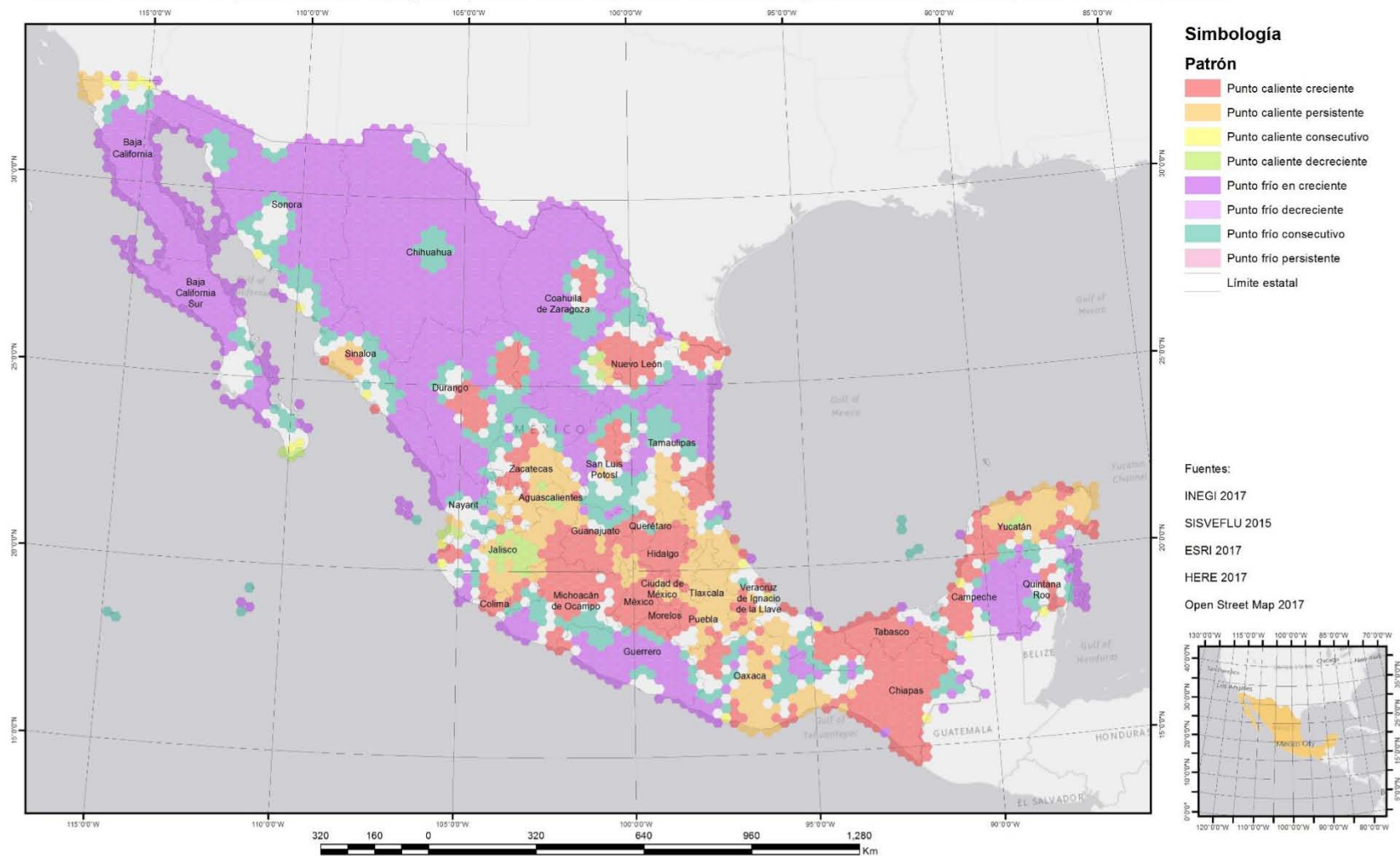


Figura 47 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo A, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.

La figura 46 muestra el comportamiento temporal de la tasa de casos de los patrones espaciales detectados; en el análisis destaca que no se encontraron casos en la zona de puntos fríos creciente. La mayor actividad de influenza a se detectó en ciclo 1 y en el mismo periodo se presentó un comportamiento anticipado e irregular en 4 de las cinco zonas.

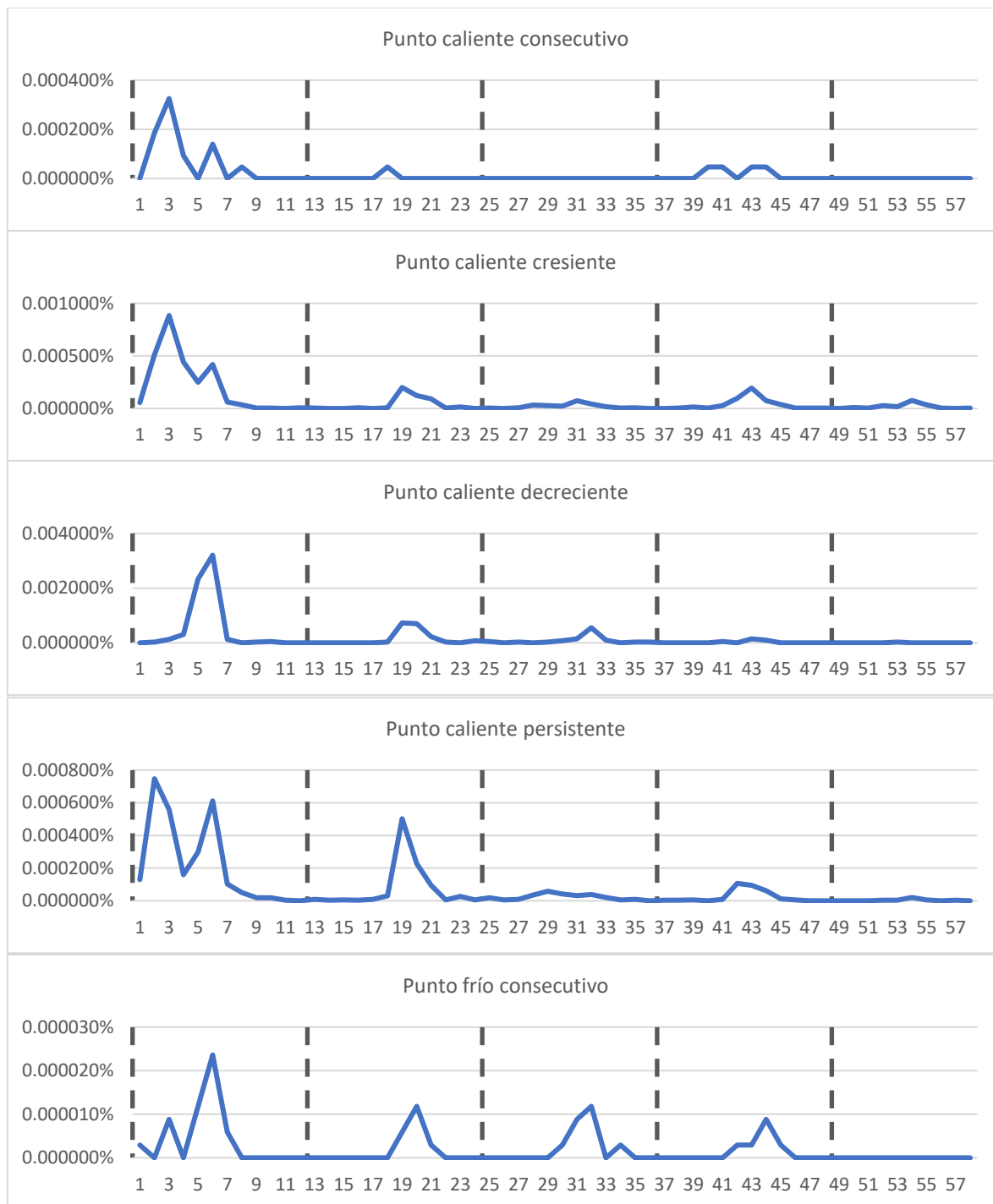


Figura 48 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos confirmados de influenza tipo A en las zonas con patrones de punto caliente consecutivo, creciente, decreciente, persistente y punto frío consecutivo.

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo B.

La figura 50 muestra el resultado del análisis de puntos emerentes para la tasas de casos confrimados de influenza tipo B. En la figura se destaca el dominio del patrón de punto caliente creciente que se extiende por varios estados del centro y sur del país.

La figura 49 muestra el comportamiento temporal de la tasa de casos de los patrones espaciales detectados. Destaca el comportamiento irregular para los ciclos 4 y 5 en los patrones de unto caliente consecutivo, caliente creciente y punto frío consecutivo. Cabe mencionar que no se encontraron casos en las zonas de puntos calientes y fríos persistentes.

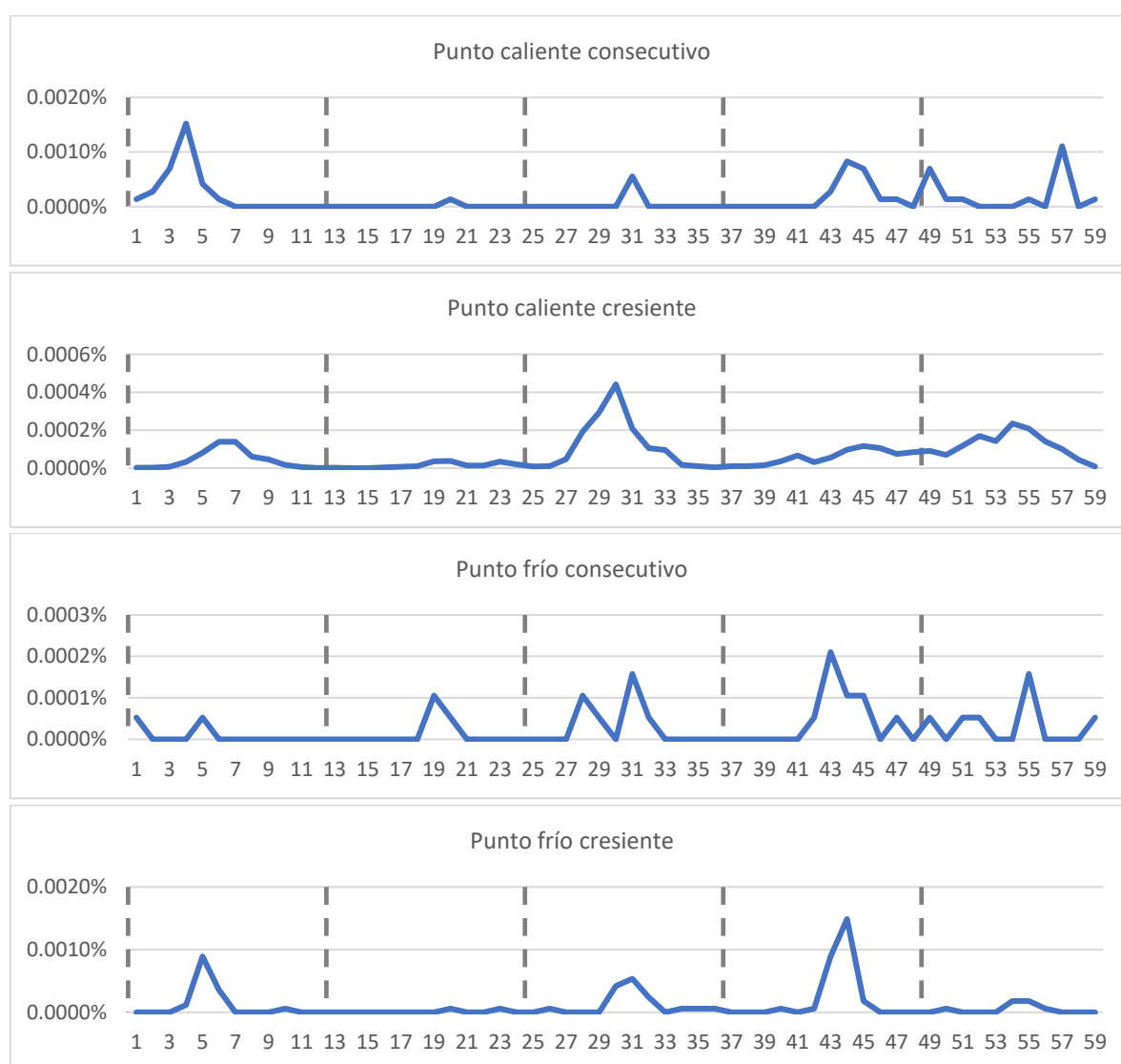


Figura 49 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos confirmados de influenza tipo B en las zonas con patrones de punto calientes y fríos consecutivo y creciente.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo B, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.



Figura 50 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo B, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.

Resultados del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo AH3N2.

La figura 52 muestra el resultado del análisis de puntos emergentes para la tasas de casos confirmados de influenza tipo AH3N2. En la figura se destaca el dominio del patrón de punto caliente creciente que se extiende por varios estados del país.

La figura 51 muestra el comportamiento temporal de la tasa de casos de los patrones espaciales detectados. Destaca las tasas presentadas en los ciclos 4 y 5 en los cuales se ha observa un pico de casos.

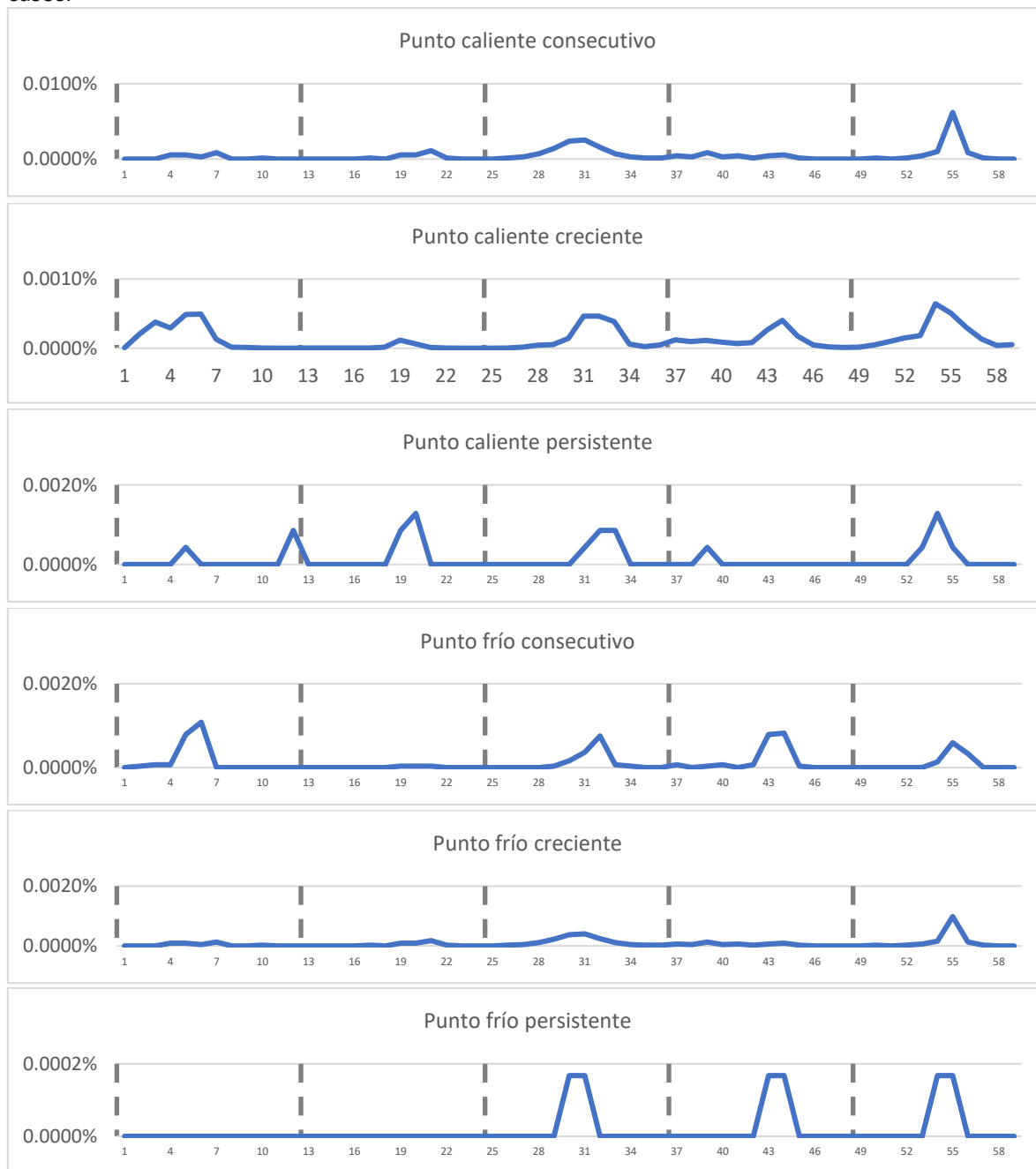


Figura 51 Comportamiento temporal, durante los cinco ciclos analizados, de la tasa de casos confirmados de influenza tipo AH3N2 en las zonas con patrones de punto calientes y fríos consecutivo, creciente y persistente.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo AH3N2, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.

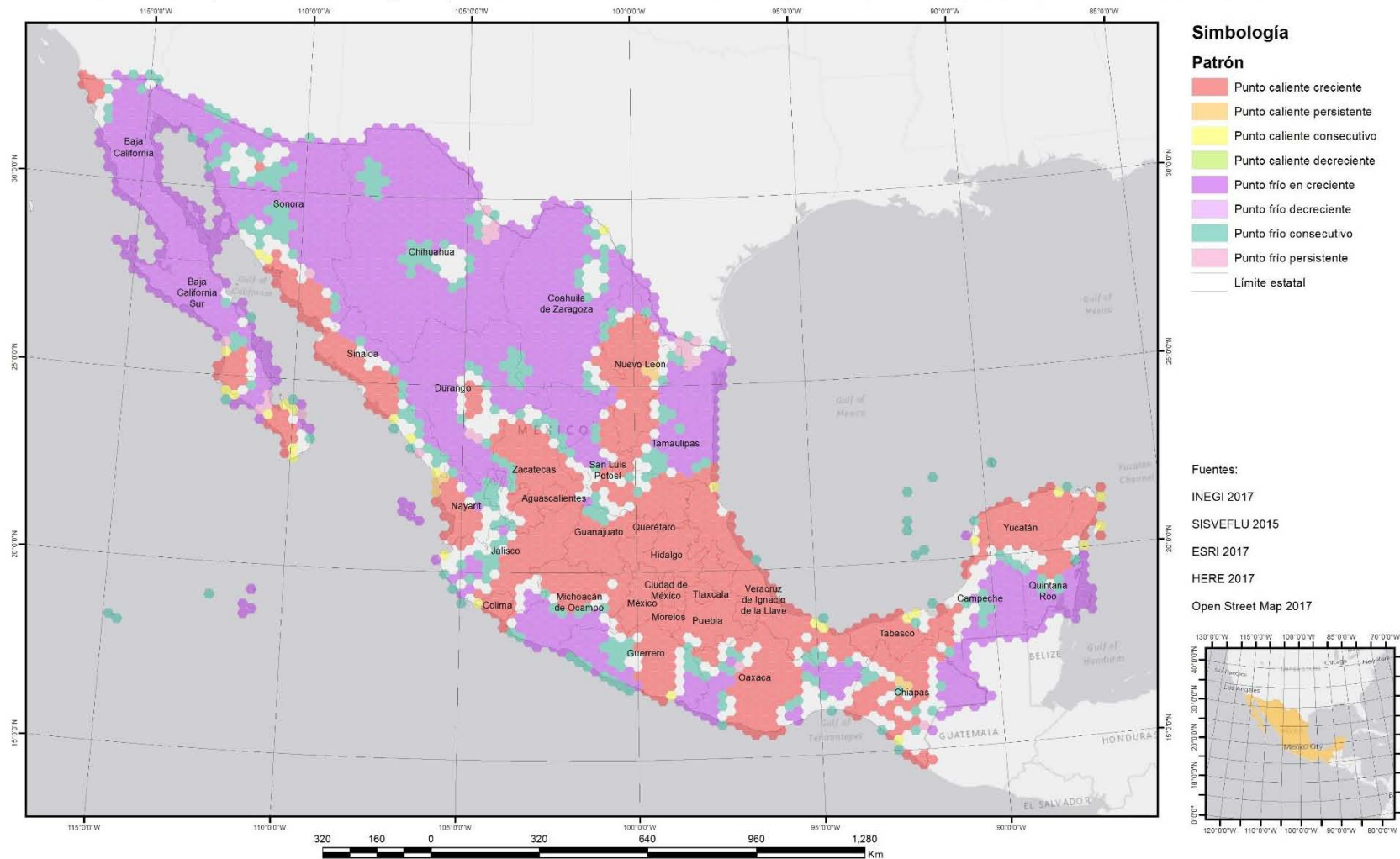


Figura 52 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para los casos confirmados de influenza tipo AH3N2, analizados por tasas, en los 5 ciclos estudiados.

DISCUSIÓN

Esta sección se aborda una discusión en tres partes; la primera aborda la diferencia entre un estudio epidemiológico y esta investigación; la segunda aborda las diferencias entre el uso de casos o tasas en la metodología utilizada y se hace una comparación de los resultados obtenidos en ambos casos; la tercera aborda los diferentes patrones que pueden surgir al cambiar el área de agregación y la distancia de búsqueda.

Diferencias entre los estudios epidemiológicos y los estudios de geografía de la salud.

Se conoce como epidemiología al estudio de la distribución de enfermedades en la población, así como los factores que influyen o determinan esta distribución (Gordis, 2014); la Organización Panamericana de la Salud reconoce tres factores como los fundamentales en la transmisión de las enfermedades: *huésped* (individuo que porta la enfermedad), *agente causal* (la causal de la enfermedad, por ejemplo, un virus, una bacteria, un hongo, un parásito, etc.) y *medio ambiente* (el ambiente en el que se propaga, como el aire o el agua contaminada).

Para estudiar a la población la epidemiología desarrollo los diseños epidemiológicos y según sus características pueden ser de 5 tipos (ensayo aleatorizado, pseudo-experimentales, cohorte, casos y controles, estudio de encuesta, ecológico o de conglomerado)⁵⁰ (Hernández, et al. 2000) y generalmente se enfocan en detectar razones de riesgo a partir de una o más variables.

Esta investigación puede ser confundida con un estudio ecológico al estudiar varios grupos de población en el tiempo y en él espacio; no obstante, esta investigación no pretende sugerir hipótesis de causalidad si no detectar las tendencias espacio temporales del comportamiento de la región. En términos simples se está buscando responder a las preguntas ¿En qué localidades se presenta la influenza?, ¿Qué tipo de influenza es?, ¿Los casos están en aumento o en disminución?, y no a preguntas como ¿Qué causa el aumento (o disminución) de casos en una región específica?

Por otra parte, es importante mencionar la existencia de la epidemiología espacial, si bien existe discrepancia sobre sus orígenes y autores como Ostfield (*et al.*, 2005) y Brooker (2007) mencionan que sus inicios datan de la década de 1930 con los estudios de parasitólogo ruso Evgenii Nikanorovich Pavlovsky⁵¹, mismo que fue el primero en utilizar el término *epidemiología del paisaje* y que después se transformó en epidemiologías espacial. Dicho término se utilizaba para tratar de explicar la heterogeneidad espacial de las enfermedades infecciosas.

⁵⁰ Para mayor detalle de los mismos ver el glosario

⁵¹ Existen discrepancias en la manera de escribir al autor, también puede encontrar su nombre como *Yevgeny Nikanorovich Pavlovsky* o *Evgeny Nikanorovich Pavlovsky*, no obstante, todos los documentos a pesar de tener diferencias en la escritura del nombre hacen referencia al mismo científico y al mismo estudio.

Según Ostfiel et al.(2005), las tareas de la epidemiología espacial pueden resumirse en las siguientes áreas:

- *Zonas de susceptibilidad o riesgo.* Algunos estudios se enfocan en la detección de zonas susceptibles, es decir, zonas que son propensas a desarrollar la enfermedad, ya sea por la existencia de asentamientos donde hay gran cantidad de personas susceptibles o por la presencia de condiciones ambientales ideales para la transmisión de la enfermedad.
- *Clústeres espaciales.* Su objeto de estudio se centra en la detección de zonas donde se concentran un mayor número de casos de la enfermedad.
- *Dispersión de enfermedades en el espacio y el tiempo.* Este es tipo de estudios detectan la distribución espacio temporal de una enfermedad en un periodo de tiempo definido.

Generalmente los estudios de epidemiología espacial se centran en la búsqueda de factores ambientales para entender la distribución de vectores (como es caso del dengue y la malaria), si bien este estudio y las tareas epidemiología espacial pueden sonar parecidos, distan mucho en metodologías y variables utilizadas; además de tener propósitos distintos.

Hasta este punto se ha explicado porque no es un estudio epidemiológico y en los siguientes párrafos se destacará porque si es un estudio propio de la geografía de la salud comenzando con un breve resumen de sus orígenes.

La geografía siempre ha estado asociada a la salud, se tiene conocimiento de la existencia de documentos que asociaban al medio ambiente con las condiciones de salud desde la antigua Grecia, como es el caso del documento de Hipócrates llamado *Aires, Aguas y Lugares*; es hasta el siglo XVII cuando Thomas Sydenham y Giovanni Lancinsi retoman el legado de los griegos para elaborar la Teoría miasmática (Rey Martínez et al., 2006).

En el año 1832⁵² El geógrafo Charles Picquet realiza un mapa sobre el avance de la morbilidad de cólera en París y sus municipios rurales (Commission nommée par MM. les préfets de la Seine et de Police, 1832), posteriormente en 1843, se hace alusión por primera vez al término de Geografía Medica en Francia (Ramírez, 2005).

En 1854 se da a conocer el mapa de cólera de John Snow, el más reconocido y citado en la epidemiología y la geografía (en temas asociados a salud), en el cual se muestran los casos de cólera asociados a la proximidad de un pozo de agua en Londres (Paneth, 2004)

El termino geografía médica se formalizó hasta 1933 por Maximillien Sorre en el artículo *Complexes pathogènes et Géographie Médicale* en el cual se explica la presencia de enfermedades y su asociación con las condiciones ambientales del territorio (Sorre, 1933).

⁵²Algunos autores argumentan que el año es en 1933 pero el primer documento (del que se tenga registro hasta el momento) en el que aparece un mapa de Sorre en el año 1932 *Rapport sur la marche et les effects su choléra-Morbus dan Paris et les comunes rurales.*

En el *Congreso Mundial de Geografía en Lisboa* en 1949 se reconoce a la geografía médica y en 1968 a la *Comisión de Geografía Médica* en la *Unión Geográfica Internacional*, de la que posteriormente derivaron numerosos estudios de carácter cuantitativo sobre el equipamiento, distribución y accesibilidad a los servicios de salud (Ramírez, 2005).

La existencia de la corriente tradicional en de la geografía médica (localización de enfermedades y medio ambiente) y la corriente que estudiaba la geografía de los servicios de salud, trae como consecuencia el cambio de la denominación de *Geografía Médica*⁵³ a *Geografía de la Salud* en 1976.

Para el año 1983, Dobson propone el surgimiento de una nueva especialidad, la *Geografía Automatizada* (como se cita en Ramírez, 2005) y con ello comienza una nueva forma de tratar los datos con ayuda de los sistemas de información geográfica y la precepción remota.

Durante las siguientes décadas comenzará una especialización en el análisis de los patrones espaciales de difusión, como se puede apreciar en los compendios históricos sobre el tema de Clive E. Sabel⁵⁴, en las cuales destacan el trabajo de Cromley e.K y McLafferty de 2002.

A partir del año 2000 comenzaron a surgir nuevas bases de datos las cuales contaron con información más detalladas; gracias a esto algunos geógrafos han realizado estudios para detectar patrones espaciales de transmisión y/o de variaciones genéticas para el caso específico de influenza⁵⁵.

Como se puede apreciar en la figura 53 existe una larga tradición en la geografía y en el estudio de las enfermedades y la búsqueda de los patrones espaciales, pero después de tantos siglos de desarrollo de esta disciplina surge una pregunta ¿En que se ocupa actualmente la geografía de la salud?

⁵³ El termino *Geografía Médica* aun es utilizado por varios autores.

⁵⁴ En el capítulo siete *Infection Disease Diffusion* del libro *A Companion to Healty and Medical Geography* (Brown, Sabel, Et al., 2010)

⁵⁵ Como lo muestra el *Yiqing Shang* en su tesis *Spatial and temporal patterns of genetic variation of H1N1 influenza viruses in China in the 2009 pandemic* (Shang, 2014)

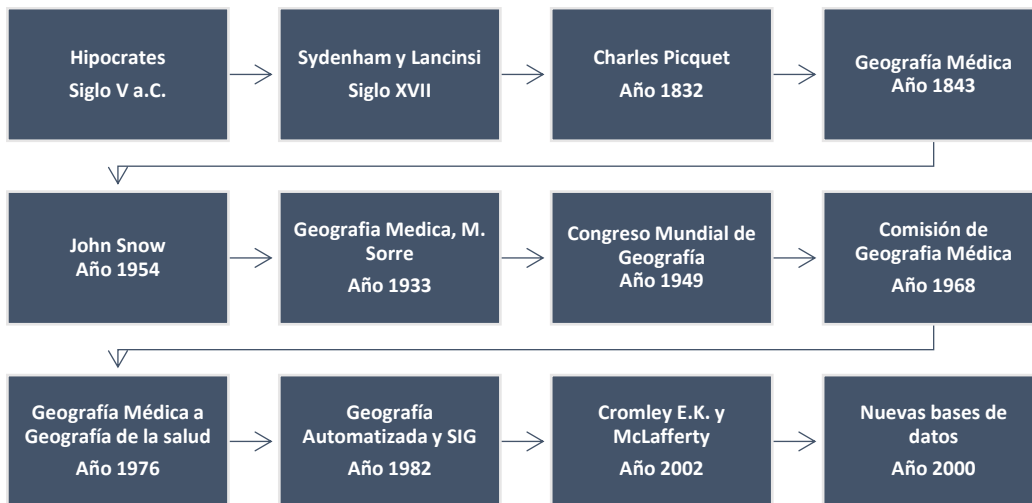


Figura 53 Seguimiento histórico de la geografía en la salud.

Las investigaciones que actualmente realiza la geografía de la salud se pueden clasificar en siete tipos (Ramírez, 2005) las cuales se explican a continuación:

- a) *Cartografía médica*: Muestra la representación de la salud o la enfermedad en mapas y su propósito generalmente consiste en la elaboración de Atlas de la salud.
- b) *Ecología médica*: Explica la relación entre cinco factores patológicos (causativos, transmisores de agentes causativos, receptores intermedios, reservas y el ser humano) y tres geográficos (medio ambiente físico inorgánico, medio ambiente sociocultural y medio ambiente biológico); su propósito es distinguir áreas homogéneas que presentan problemas comunes.
- c) *Epidemiología del paisaje*: Propone detectar zonas de riesgo de enfermedades al analizar el ciclo de transmisión de la enfermedad y las condiciones que favorecen su desarrollo y transmisión; sus aportes generalmente se traducen en cartografías de riesgo y políticas públicas.
- d) *Estudios de difusión*: Estudian o modelan la difusión espacial y temporal de las enfermedades o de algún fenómeno médico, su propósito es comprender como se propaga una enfermedad en el territorio para realizar pronósticos que ayuden a mitigar el impacto de las enfermedades.
- e) *Estudios de distribución de servicios*: Su propósito es identificar zonas con desigualdad en acceso a los servicios de salud.
- f) *Estudios de simulación y modelado*: Consisten en detectar las zonas ideales para la localización de servicios de salud.

- g) *Estudios de utilización*: Su trabajo consiste en explicar la solicitud de la población de determinado tipo de servicios médicos y también explicar porque en algunas regiones no se utilizan los servicios médicos.

Una vez aclarado estos orígenes de la geografía de la salud y sus tareas actuales, solo queda aclarar que este estudio se puede catalogar como un estudio de difusión; ya que buscar conocer el comportamiento espacial y temporal de los casos sospechosos y confirmados de influenza para brindar esta información a los tomadores de decisiones, mismos que definirán su utilidad en las tareas de monitoreo, distribución de recursos y diseño de políticas públicas.

Diferencias entre los resultados obtenidos por tasas brutas y por casos.

El uso de tasas en el estudio de la incidencia de enfermedades se utiliza para saber o estimar el porcentaje de la población afectado, para comparar localidades y para detectar localidades que presentan una concentración porcentual alta de casos. Por otra parte, el uso de casos tiende a utilizarse para detectar la zona con mayor densidad de los mismos y para localizar zonas de mayor demanda de medicamentos y servicios medios.

El cuadro 8 muestra una comparativa de los resultados de los cubos utilizando casos y tazas, en la misma se aprecia que en ambos casos la tendencia fue la misma.

Análisis	Casos			Tasas		
	Tendencia	Valor Z	Valor p	Tendencia	Valor Z	Valor p
<i>Todos</i>	Creciente	2.8764	0.0040	Creciente	2.8764	0.0040
<i>A</i>	Decrece	-4.126	0.0000	Decrece	-4.126	0.0000
<i>B</i>	Creciente	3.5972	0.0003	Creciente	3.5972	0.0003
<i>H1N1 pmd</i>	Sin Significancia	0.3523	0.7246	Sin Significancia	0.3523	0.7246
<i>AH3N2</i>	Creciente	2.5197	0.0117	Creciente	2.5197	0.0117
<i>No subtipificado</i>	Sin Significancia	-1.382	0.1669	Sin Significancia	-1.382	0.1669

Cuadro 8 Resultado de los cubos espacio temporales en casos y tasas

La figura 54 muestra la comparativa entre los patrones detectados para todos los casos sospechosos de influenza la primera imagen de la figura utiliza casos y la segunda tasa. En la misma figura se puede apreciar que algunas zonas se repiten en ambas imágenes, como es el caso de Monterrey, Cancún, Tuxtla Gutiérrez y Tapachula.

Los patrones presentados en las ciudades antes mencionadas pertenecen a patrones de *punto caliente*, pero no son del mismo tipo. Si tomamos el ejemplo de la ciudad de Monterrey (ver figura 52) podemos apreciar que el punto caliente que se presentó cuando se utilizó casos fue de *punto caliente creciente* y para el caso de tasas fue de *punto caliente persistente*. La diferencia entre

ambos radica en que en el caso de las tasas la base poblacional suaviza le quita la tendencia, dando como resultado que la región siempre presenta tasas altas y no parece disminuir o aumentar durante el periodo de estudio.

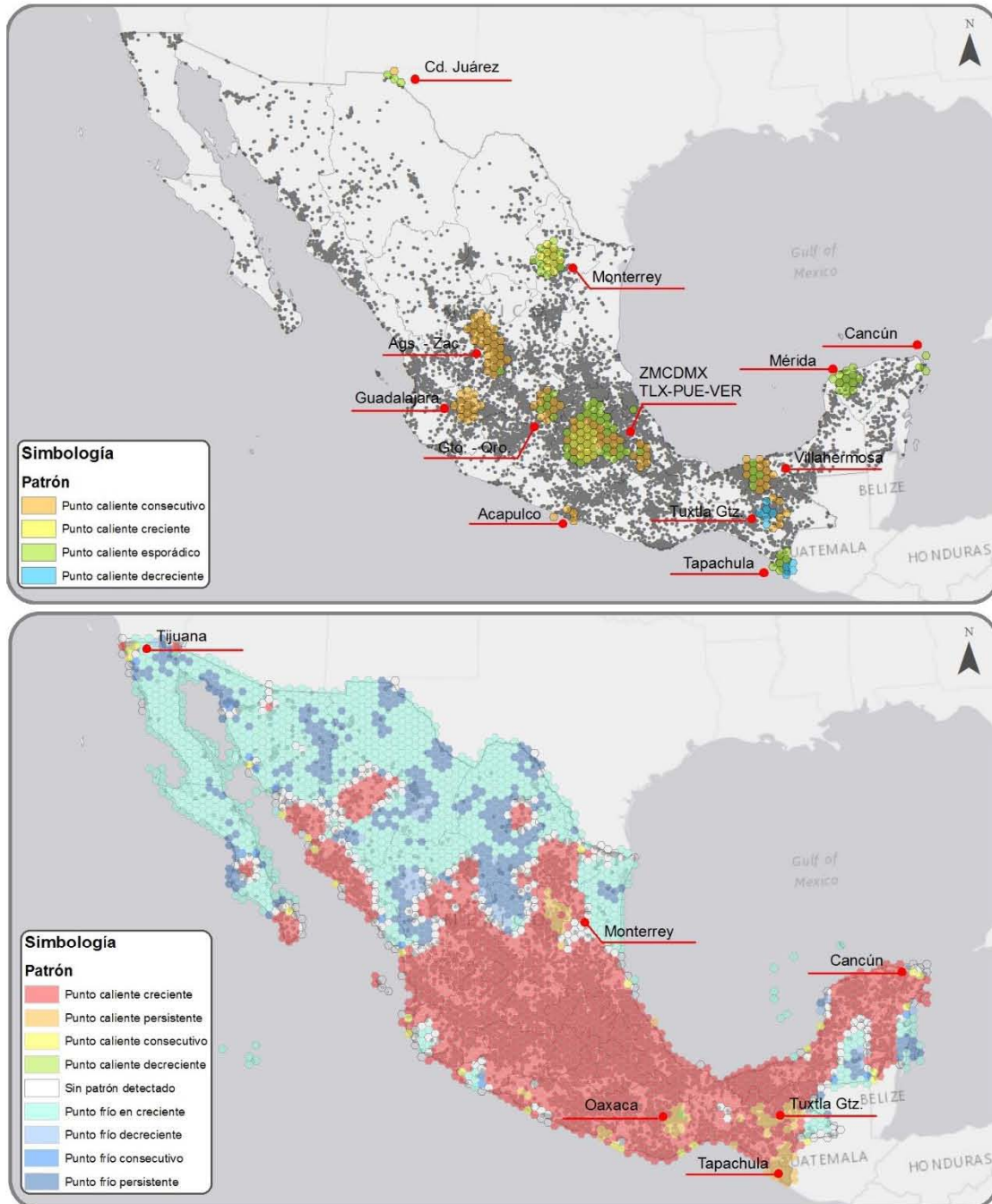


Figura 54 Comparativa de patrones detectados al utilizar casos (imagen superior) y tasas (imagen inferior) en el análisis hecho para todos los casos sospechosos de influenza.

La figura 55 también muestra que, al utilizar tasas, el patrón de punto caliente creciente abarca todo el país, debido a que las tasas homogenizan la distribución de los valores en función a la distribución espacial de la población. Por otra parte, el uso de tasas dificulta la localización de zonas específicas, pero a su vez confirma las ciudades donde la tasa de casos lleva una tendencia alta continua.

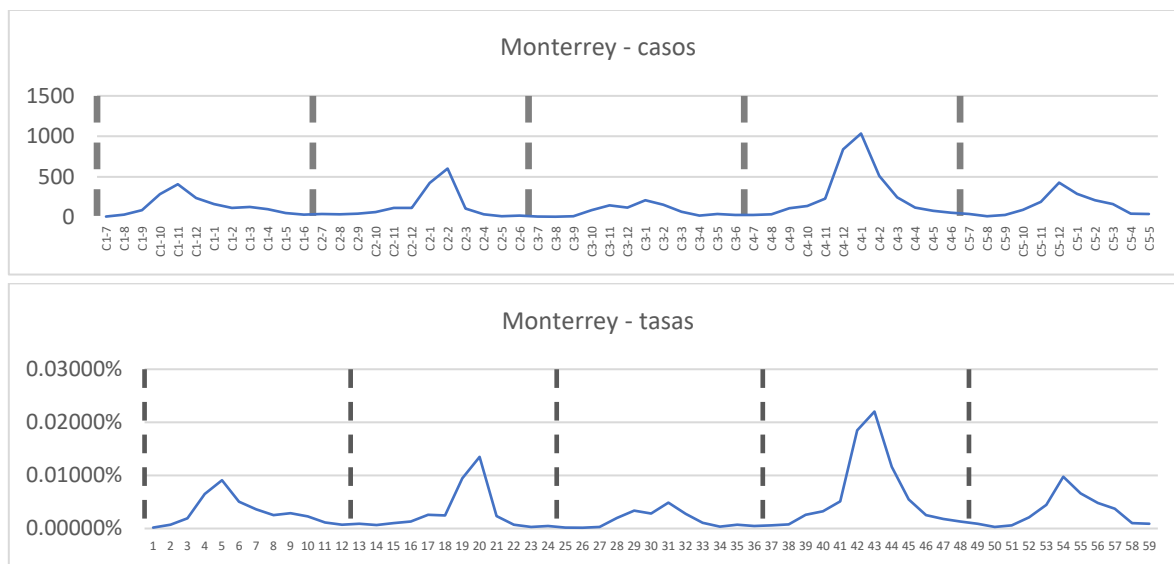


Figura 55 Comparativa del comportamiento temporal de los casos y las tasas detectadas en Monterrey, en el análisis hecho para todos los casos sospechosos de influenza.

Quando se usan casos en el análisis, aparecen las zonas que concentran mayor número de casos, mismas que pueden coincidir en algunos casos con las zonas que concentran mayor población; cabe agregar que también presentan una menor diversidad de patrones (en este caso de estudio), pero a diferencia del uso de tasas, la detección de zonas es más específica.

La pregunta central con la que se pretende cerrar esta discusión es ¿Cuándo se recomienda usar casos y cuando se recomienda usar tasas? Si se quiere detectar poblaciones más susceptibles a un tipo de enfermedad se recomienda el uso de tasas; de igual manera si se desea obtener las zonas que presentan de manera constante la enfermedad; pero, si el propósito es un plan de distribución de recursos o monitoreo de la presencia de la enfermedad se recomienda utilizar casos. Por lo tanto, el uso de casos o tasas está en función al objetivo que se desea detectar.

Diferencias de patrones que pueden surgir al cambiar el área de agregación y la distancia de búsqueda.

Quizá una de las dudas más esperadas es la manera en que la agrupación temporal y espacial podría afectar este análisis. En un ejercicio previo, se realizó el mismo análisis con un área de agrupación de 5 km con una agrupación temporal mensual y un área de búsqueda (para el análisis de puntos calientes emergentes) de 28 km.

El resultado mostró patrones espacio temporales similares de menor tamaño que facilitan la identificación específica de localidades; en otras zonas con patrones mixtos (en áreas de agrupación espacial grandes) se homogeniza el patrón como se parecía en la zona de Tuxtla-Gutiérrez – San Cristóbal de las Casas como lo muestran las figura 56 y 57.

Cuando se utiliza una escala menor disminuye en la mayoría de los casos el valor Z (ver cuadro 9) y también disminuye la presencia de bins fuera de la zona de estudio.

<i>Tipo</i>	<i>Agrupación espacial de 5 km</i>			<i>Agrupacion espacial de 28.6 km</i>		
	<i>Tendencia</i>	<i>Valor Z</i>	<i>Valor p</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Valor Z</i>	<i>Valor p</i>
<i>Todos</i>	Creciente	2.8905	0.0038	Creciente	3.2081	0.0013
<i>A</i>	Decreciente	-3.8425	0.0001	Decrece	-3.3202	0.0009
<i>B</i>	Creciente	3.6641	0.0002	Creciente	3.8356	0.0001
<i>H1N1 pmd</i>	Sin Significancia	-0.2377	0.8121	Sin Significancia	0.0064	0.9949
<i>A H3N2</i>	Creciente	2.5055	0.0122	Creciente	2.7378	0.0062
<i>No subtipificado</i>	Sin Significancia	-1.4759	0.1400	Sin Significancia	-1.047	0.2951

Cuadro 9 Comparativa de resultados en la elaboración del cubo con distintas áreas de agrupación

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza, en los 5 ciclos estudiados con un área de agrupación de 5 km y un área de búsqueda de 28 km.

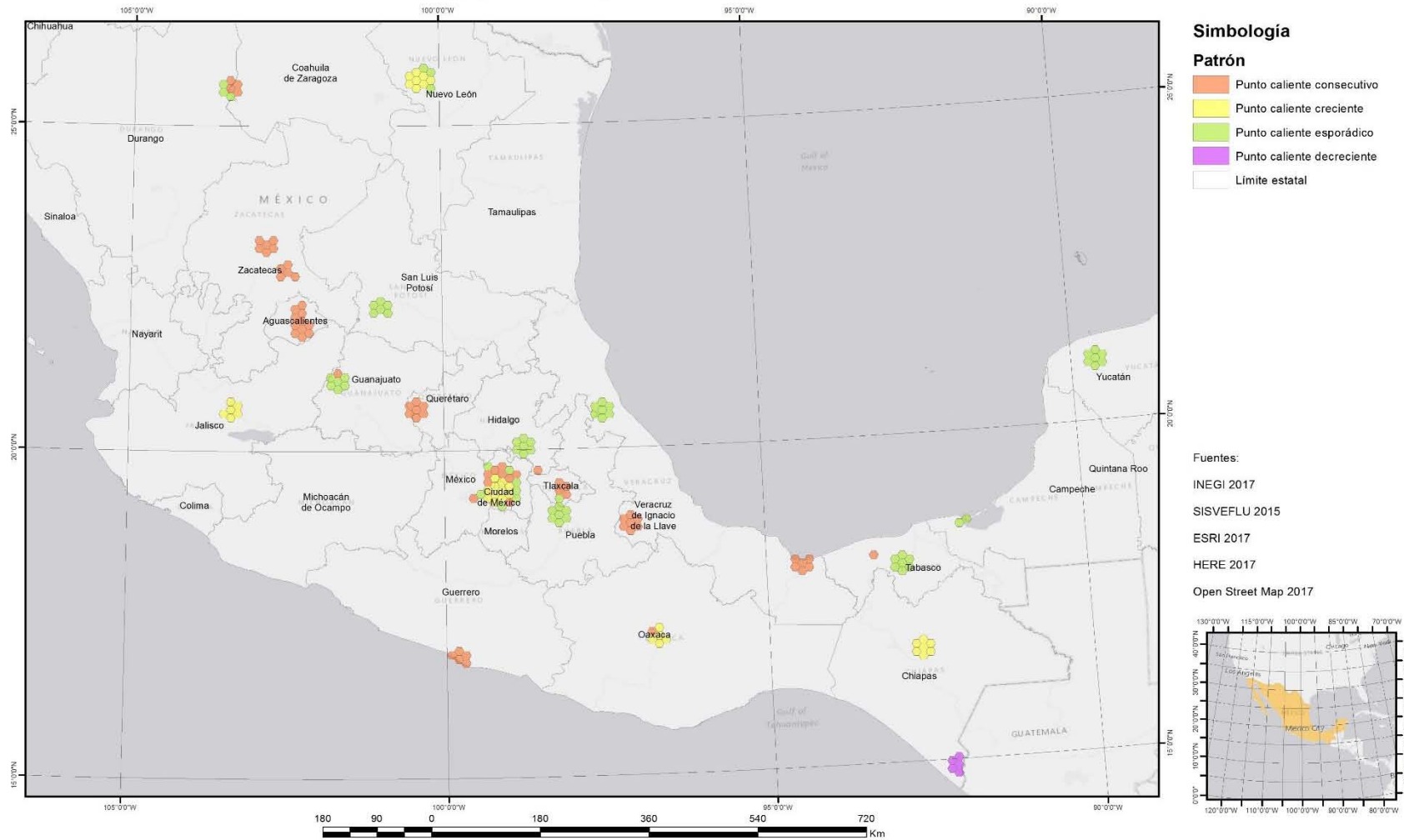


Figura 56 Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza, en los 5 ciclos estudiados con un área de agrupación de 5 km y un área de búsqueda de 28 km.

Resultado del análisis de puntos calientes emergentes para todos los casos sospechosos de influenza en los 5 ciclos analizados.

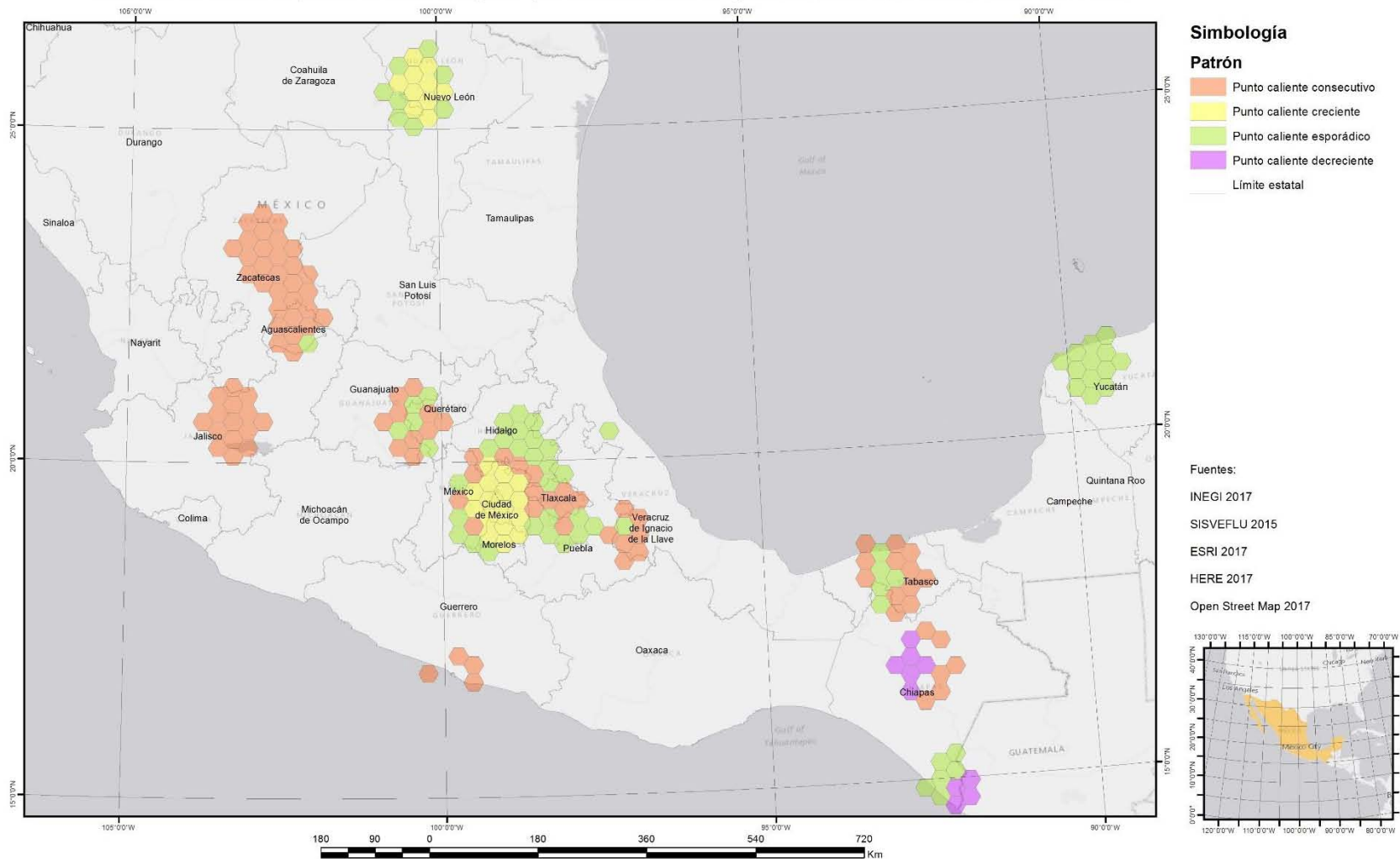


Figura 57 Resultados del análisis de puntos caliente emergentes para todos los casos sospechosos, centro y sur del país.

CONCLUSIONES

La investigación detecto la existencia de patrones espacio-temporales con significancia estadística para los siguientes casos:

Para todos los tipos de influenza se detectó una tendencia creciente (en casos y tasas) a nivel nacional y destacan las localidades de Monterrey, Tuxtla Gutiérrez, Tapachula y Cancún las cuales se presentaron en ambos análisis. Por otra parte, en el análisis que utilizó tasas destacan solo dos localidades más: Oaxaca y Tijuana; en el análisis que utilizó casos se detectaron un mayor número de casos con dinámicas.

Para los casos confirmados de influenza A se detectó una tendencia decreciente (en casos y tasas) a nivel nacional y destaca la localidad de Monterrey la cual se presentó en ambos análisis; en el que se utilizaron tasas se presentó como un punto caliente creciente y en el que utilizó casos se presentó como un punto caliente esporádico. Por otra parte, en el análisis que utilizó tasas destacan otras zonas que se mencionan en el apartado 3.1.2.

Para los casos confirmados de influenza B se detectó una tendencia creciente (en casos y tasas) a nivel nacional y destacan las localidades de Culiacán, Monterrey, Tuxtla Gutiérrez, Tapachula, Mérida y Cancún las cuales se presentaron en ambos análisis. Por otra parte, en el análisis que utilizó tasas destaca el patrón de punto caliente creciente que se extiende por gran parte del centro y sur del país lo cual dificulta la detección de zonas específicas. El análisis que utilizó casos detectó un comportamiento de punto caliente esporádico en la zona central del país donde destacan ciudades como Monterrey, Aguascalientes, León, Querétaro, Toluca, la ZMCM, Tlaxcala, y Puebla; también se detectaron patrones de punto caliente consecutivo en Culiacán, Colima, Zacatecas, Acapulco, Tuxtla Gutiérrez, Mérida y Cancún; adicionalmente llama la atención que las localidades centrales y más pobladas del país, presentan un patrón esporádico, y las localidades costeras principalmente (salvo por Tuxtla Gutiérrez), presentan un patrón de punto caliente consecutivo.

Para los casos confirmados de influenza AH3N2 se detectó una tendencia creciente (en casos y tasas) a nivel nacional. Por otra parte, en el análisis que utilizó tasas destaca el patrón de punto caliente creciente que se extiende por gran parte del centro y sur del país lo cual dificulta la detección de zonas específicas, salvo por la ciudad de Tijuana que presentó un punto caliente creciente rodeada de zonas de puntos fríos. El análisis que utilizó casos detectó un comportamiento de punto caliente esporádico en ciudades como Villahermosa, Tuxpan, Poza Rica, Monterrey, Morelos, Toluca, ZMCM, Guadalajara, Colima y Aguascalientes; en el mismo análisis se detectó un patrón de punto caliente consecutivo en Zacatecas, San Luís Potosí, Mérida, Tlaxcala, Puebla y parte del estado de Colima. Cabe destacar la presencia de patrones mixtos en el estado de Colima, Zacatecas-Aguascalientes y ZMCM- Morelos-Puebla-Tlaxcala.

Otro punto interesante que se detectó en este análisis, fue el estudio de casos no subtipificados; si bien en la elaboración del cubo espacio temporal la prueba estadística de Mann Kendall indicó que carece de significancia estadística, por lo tanto, no muestra una tendencia clara (aumento o disminución de caos); al elaborar el análisis de puntos calientes emergentes se detectó una zona de actividad en la región del Bajío, entre Querétaro y Guanajuato.

La diferencia entre las dos formas de procesar los datos muestra que cada una responde a preguntas específicas; si se desean identificar zonas con un comportamiento de casos inusualmente alto en función de la población susceptible, se recomienda usar tasas para poder comparar comportamientos entre localidades; mismas que pudieran dar un indicio de una población más susceptible a la influenza. En este caso específico de comparación de localidades se recomienda utilizar tasas, no obstante, es importante aclarar que en zonas densamente pobladas el uso de tasas tiende a formar amplias zonas de patrones y dificulta la identificación de localidades específicas; de igual forma la existencia de casos en localidades poco pobladas genera un pico que no necesariamente puede ser un comportamiento inusual, dado que al ser comunidades pequeñas donde los individuos tienen mayor contacto entre sí cuentan con mayor probabilidad de contagio.

Cuando se procesan los datos por casos únicos se detectan las zonas que concentran un mayor número de casos y estos pueden o no coincidir con localidades densamente pobladas. El uso de tasas es recomendable cuando se desea detectar localidades muy específicas para incrementar el monitoreo o aumentar los recursos del sistema de salud para enfrentar los brotes de influenza.

La experiencia adquirida durante de esta investigación indica que se debe de tener sumo cuidado al utilizar estas metodologías, en concreto al agrupar espacial y temporalmente los datos al elaborar el cubo y se debe evitar la existencia de bins vacíos, debido a que estos afectan el análisis de Mann Kendall y una agrupación inapropiada podrían ocultar la existencia de una tendencia. De igual forma se debe cuidar en el análisis de puntos calientes emergentes, el área de búsqueda y los pasos temporales que se incluyen.

Por otra parte, es necesario recalcar que los datos que colecta el SISVEFLU no necesariamente son todos los que ocurren en el país, dado que el sistema es solo de monitoreo; no obstante, podemos afirmar con certeza, que los casos que se mencionan son los que están impactando al sistema de salud. Bajo estas circunstancias, los casos recolectados en dicha base, reflejan la realidad que se vive el sistema de salud mexicano en cada ciclo de influenza.

El avance de las nuevas tecnologías, así como el monitoreo después del evento de influenza de H1N1 en México dio como resultado una base de datos como ninguna otra en el mundo, el SISVEFLU. Esta base fue fundamental en esta investigación, si bien liberar la base de datos del veto que tenían representó un gran esfuerzo en esta investigación ya que numerosos investigadores entre otros profesionales ya habían intentado liberar sin éxito.

Gracias a bases como el SISVEFLU que integran información temporal en una escala y detalle nunca antes visto se pueden realizar una nueva serie de análisis que integran el tiempo como una variable para entender la complejidad de los patrones de incidencia de enfermedades como la influenza y al mismo tiempo ayudar a mejorar las políticas públicas y las estrategias para enfrentar y prevenir enfermedades.

Por último, es importante dejar claro que este estudio es de carácter retrospectivo y los resultados obtenidos pueden usarse para orientar a los tomadores de decisiones, para llevar a cabo medidas de prevención. Si bien la mayoría de las enfermedades no pueden ser contendidas, si se puede tomar medidas para incrementar la vigilancia en determinadas zonas y mejorar la infraestructura de salud en aquellas que más lo demandan durante este tipo de eventos epidemiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayora-talavera, G. (1999). "Influenza: Historia de una enfermedad," *Biomed*, 10(490), 57–61.
- Bonabeau, E., & Flahault, A. (1998). "The Geographic Spread of Influenza The geographic spread of influenza", *The Royal Society*, 2421 – 2425.
- Bortman, M. (1999). "Elaboración de corredores o canales endémicos mediante planillas de cálculo", *Revista Panamericana de Salud Pública*, 5(1), 1–8.
- Brooker, S. (2007). "Spatial epidemiology of human schistosomiasis in Africa: risk models, transmission dynamics and control". *The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 101-1-8.
- Brown, T.; McLaffert, S.; Moon G. (2009). "A Companion to Health and Medical Geography" (1ra ed.), United Kingdom: *Wiley-Blackwell*, pp 640.
- CDC. (2015). "Instrucciones para médicos sobre el uso de RT-PCR y otros ensayos moleculares para el diagnóstico de infección por el virus de la influenza", en: <http://espanol.cdc.gov/enes/flu/professionals/diagnosis/molecular-assays.htm>, 1–12
- Cervantes, G. N. (2014). "Influenza. Documento técnico", *Secretaría de Salud, Dirección General de Epidemiología*. en <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/lineamientos/influenza/documento%7B%7Dtecnico%7B%7Dinfluenza.pdf>
- Commission nommée par MM. les préfets de la Seine et de Police. (1832). "*Rapport sur la marche et les effets du choléra-morbus dans Paris et les communes rurales du département de la Seine.*"
- Cromley EK, McLafferty SL. (2002). "GIS and Public Health", Estados Unidos de América, *Guilford Press*, 339 pp.
- Desktop.arcgis.com. (2017). "Análisis de punto caliente (Gi* de Getis-Ord)—Ayuda"[online] en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/hot-spot-analysis.htm> [Acceso 2 Ene. 2017].
- Gatrell, A. C., Bailey, T. C., Diggle, P. J., & Rowlingson, B. S. (1996). "Point Spatial application pattern analysis geographical epidemiology", *Transactions of the Institute of British Geographers*, 21(1), 256–274.
- Ginsberg, J., Mohebbi, M. H., Patel, R. S., Brammer, L., Smolinski, M. S., & Brilliant, L. (2009). "Detecting influenza epidemics using search engine query data", *Nature*, 457(7232), 1012–1014.
- Gordis, L. (2014). "Epidemiology" (5ta ed.). Estados Unidos de América, *Elsevier Saunders*, pp 416
- Espanol.cdc.gov. (2017). "Tipos de virus de la influenza | Influenza estacional", *CDC*, [online] en: <https://espanol.cdc.gov/enes/flu/about/viruses/types.htm?mobile=nocontent> [Acceso 17 Jul. 2017].

- ESRI (2016). "Performing Analysis: Spatial Data Mining II: A Deep Dive Into Space-Time Analysis" [video] en: <https://www.youtube.com/watch?v=d170TZgduy0&t=4397s> [Acceso 18 Jul. 2017].
- Hernández, M., Garrido, F., & López, S. (2000). "Diseño de estudios epidemiológicos", *Salud pública Méx*, vol 42(2).
- Hirve, S., Newman, L. P., Paget, J., & Azziz-baumgartner, E. (2016). "Influenza Seasonality in the Tropics and Subtropics – When to Vaccinate?", *Plos one* 1–12.
- IMSS. (2009). "Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Influenza A H1N1 [Nueva Influenza A (H1N1)] Guía de Práctica Clínica", *IMSS* 1–22.
- Martí, R.; García, N.; Zapata, R.; Lamy P. (2010). "Evaluación preliminar del impacto en México de la influenza H1N1", México, CEPAL pp. 62.
- NOM-017-SSA2-2012. (2013). Secretaria de Salud, *Diario Oficial de La Federación*, 28.
- Ostfeld, R. S., Glass, G. E., & Keeling, F. (2005). "Spatial epidemiology : an emerging (or re-emerging) discipline", *Elsevier*, 20(6).
- Paneth, N. (2004). "Assessing the contributions of John Snow to epidemiology: 150 years after removal of the broad street pump handle", *Epidemiology*, 15(5), 514–516.
- Pastor-Satorras, R., Castellano, C., Van Mieghem, P., & Vespignani, A. (2015). "Epidemic processes in complex networks", *Reviews of Modern Physics*, 87(3), 1–62.
- Patterson, K. D., & Pyle, G. F. (1991). "The geography and mortality of the 1918 influenza pandemic" *Bull Hist Med.*, 65: 4-21.
- Qi, F., & Du, F. (2013). "Tracking and visualization of space-time activities for a micro-scale flu transmission study", *International Journal of Health Geographics*. 1–16.
- Ramírez, M. L. (2005). "La moderna geografía de la salud y las tecnologías de la información geográfica", *Revista Investigaciones Y Ensayos Geográficos*, Núm. 4, 53–64.
- Reboratti, C. E. (2001). "Una cuestión de escala: sociedad, ambiente, tiempo y territorio", *Sociologías*, (5), 80–93.
- Reuelta, A., & Barrera, G. (2014). "Vigilancia epidemiológica de influenza", *Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Influenza en México SARINET*. en: <http://www.sarinet.org/sites/default/files/media/Meetings%20%26%20Minutes/14. irag panama mayo 2014 final dr revuelta.pdf>
- Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E., Ceña Callejo, R., Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E., Ceña Callejo, R., ... Ceña Callejo, R. (2006). "Edificios saludables para trabajadores sanos, calidad de ambientes interiores", España, Junta de Castilla y León. Pp 229.
- Secretaría de Salud. (2014). "Lineamientos para la Vigilancia Epidemiológica de Influenza", *Secretaría de Salud* pp 152.

- Shang, Y. (2014). "Spatial and temporal patterns of genetic variation of H1N1 influenza viruses in China in the 2009 pandemic", Estados Unidos de América; *University of Iowa*, pp 65.
- Sorre, M. (1933). "Complexes pathogènes et géographie médicale", *Annales de Géographie*, 235 1–18.
- Pro.arcgis.com. (2017). "¿Qué son los datos netCDF?—ArcGIS Pro | ArcGIS for Desktop.", ESRI, [online] en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/data/multidimensional/what-is-netcdf-data.htm> [Acceso 2 Ene. 2017].
- Pro.arcgis.com. (2017). "Cómo funciona el análisis de valores atípicos locales—ArcGIS Help | ArcGIS for Desktop." [online] Available at: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmorelocaloutlier.htm> [Acceso 2 Ene. 2017].
- Pro.arcgis.com. (2017). "Cómo funciona la herramienta Análisis de puntos calientes emergentes—ArcGIS Help | ArcGIS for Desktop." [online] en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmoreemerging.htm> [Acceso 2 Ene. 2017].
- Hägerstrand T. (1991), "¿Qué hay acerca de las personas en la ciencia regional?", Serie geográfica. Geografías personales. España, *Universidad de Alcalá*. Pp 93 – 109
- Vargas-Prada, L. (2010). "Plan Nacional de Preparación y respuesta ante la intensificación de la Influenza Estacional o ante una Pandemia de Influenza. México", México, *Dirección General de epidemiología, Organización Panamericana de la Salud*, pp. 53.
- Wang, J., Xiong, J., Yang, K., Peng, S., & Xu, Q. (2010). "Use of GIS and agent-based modeling to simulate the spread of influenza". *18th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics 2010*,

GLOSARIO

No se detectó ningún patrón. No se incluye en ninguno de los patrones de puntos calientes o fríos definidos abajo (Pro.arcgis.com, 2017).

Nuevo punto caliente. Una ubicación que es un punto caliente significativo desde el punto de vista estadístico para el período de tiempo final y que nunca antes lo fue (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto caliente consecutivo. Una ubicación con una única ejecución sin interrupción de bins de puntos calientes significativos desde el punto de vista estadístico en los intervalos de períodos de tiempo finales. La ubicación nunca fue un punto caliente significativo desde el punto de vista estadístico antes de la última ejecución de puntos calientes y menos del 90% de los bins son puntos calientes significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto caliente creciente. Una ubicación que ha sido un punto caliente significativo desde el punto de vista estadístico para el 90% de los intervalos de períodos de tiempo, incluido el final. Además, la intensidad del clustering de los recuentos altos en cada período de tiempo está en aumento y este aumento es significativo desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto caliente persistente. Una ubicación que ha sido un punto caliente significativo desde el punto de vista estadístico para el 90% de los intervalos de períodos de tiempo, sin ninguna tendencia discernible que indique aumento o disminución en la intensidad del clustering en el tiempo (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto caliente decreciente. Una ubicación que ha sido un punto caliente significativo desde el punto de vista estadístico para el 90% de los intervalos de períodos de tiempo, incluido el final. Además, la intensidad del clustering en cada período de tiempo está disminuyendo y esta disminución es significativa desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto caliente esporádico. Una ubicación que vuelve a ser y vuelve a dejar de ser un punto caliente. Menos del 90% de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos calientes significativos desde el punto de vista estadístico y ninguno de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos fríos significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto caliente oscilante. Un punto caliente significativo desde el punto de vista estadístico para el intervalo del período de tiempo final que tiene un historial de haber sido también un punto frío significativo desde el punto de vista estadístico durante un período de tiempo anterior. Menos del 90% de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos calientes significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto caliente histórico. El período de tiempo más reciente no es caliente, pero al menos el 90% de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos calientes significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Nuevo punto frío. Una ubicación que es un punto frío significativo desde el punto de vista estadístico para el período de tiempo final y que nunca antes lo fue (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto frío consecutivo. Una ubicación con una única ejecución sin interrupción de bins de puntos fríos significativos desde el punto de vista estadístico en los intervalos de períodos de tiempo finales. La ubicación nunca fue un punto frío significativo desde el punto de vista estadístico antes de la última ejecución de puntos fríos y menos del 90% de los bins son puntos fríos significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto frío creciente. Una ubicación que ha sido un punto frío significativo desde el punto de vista estadístico para el 90% de los intervalos de períodos de tiempo, incluido el final. Además, la intensidad del clustering de los recuentos bajos en cada período de tiempo está en aumento y este aumento es significativo desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto frío persistente. Una ubicación que ha sido un punto frío significativo desde el punto de vista estadístico para el 90% de los intervalos de períodos de tiempo, sin ninguna tendencia discernible que indique aumento o disminución en la intensidad del clustering de los recuentos en el tiempo (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto frío decreciente. Una ubicación que ha sido un punto frío significativo desde el punto de vista estadístico para el 90% de los intervalos de períodos de tiempo, incluido el final. Además, la intensidad del clustering de los recuentos bajos en cada período de tiempo está disminuyendo y esta disminución es significativa desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto frío esporádico. Una ubicación que vuelve a ser y vuelve a dejar de ser un punto frío. Menos del 90% de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos fríos significativos desde el punto de vista estadístico y ninguno de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos calientes significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto frío oscilante. Un punto frío significativo desde el punto de vista estadístico para el intervalo del período de tiempo final que tiene un historial de haber sido también un punto caliente significativo desde el punto de vista estadístico durante un período de tiempo anterior. Menos del 90% de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos fríos significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Punto frío histórico. El período de tiempo más reciente no es frío, pero al menos el 90% de los intervalos de períodos de tiempo han sido puntos fríos significativos desde el punto de vista estadístico (Pro.arcgis.com, 2017).

Ensayo aleatorizado: Su principal característica consiste en que el investigador tiene control sobre la asignación de la exposición y es de carácter aleatorio.

Pseudo-experimentales: Es similar a los ensayos, pero el investigador define que individuos estarán expuestos y cuáles no.

Cohorte: Los individuos se seleccionan en función a la presencia o ausencia de la exposición para formar un grupo de expuestos y de no expuestos.

Casos y controles: Los individuos se selección a partir de presentar o no presentar el evento (quien tiene el evento es caso y quien no es control).

Estudios de encuesta: No existe un criterio de selección de los individuos, pueden o no estar expuestos.

Ecológico o de conglomerado: Se caracteriza por ser el único estudio cuya unidad de análisis son grupos o poblaciones.

Endemia. Se denomina endemia cuando una enfermedad presenta casos en una zona específica.

Epidemia. Las epidemias se definen cuando se detecta un incremento de casos de una enfermedad por encima del número de casos esperados.

Pandemia. Se conoce como pandemia cuando una enfermedad presenta un incremento acelerado de casos en varios continentes.

Incidencia. Se define incidencia como el número de nuevos casos de una enfermedad que se presentan en un momento determinado.

Tasa de incidencia. La tasa de incidencia consiste en la proporción de nuevos casos de una enfermedad en un periodo determinado, entre todas las personas que estaban en riesgo de desarrollar esa enfermedad en el mismo periodo de tiempo; este número se multiplica por el factor de población que mejor se explique el fenómeno (generalmente es por 1000 pero este factor puede variar desde 10, 100, 1000 o 1 millón). El resultado de esta operación se debe definir como el número de casos por cada X (el valor del factor) personas.

Incidencia acumulada. Son los casos que se presentaron durante todo el periodo en el que la población estaba en riesgo.

Tasa de ataque. Número de personas que presentan una enfermedad entre el número de personas que estuvieron expuesta a la misma enfermedad en un periodo de tiempo y en condiciones específicas, generalmente se presenta en casos por cada 100 personas.

R0 o Ritmo reproductivo básico. Es el número de personas que puede infectar un individuo enfermo.

Prevalencia. El número de personas que presentan la enfermedad en un momento específico.

Inmunidad. Si una persona o un grupo de personas no son susceptibles a desarrollar una enfermedad debido a que no son susceptibles a esta, o se encuentran vacunados, o si ya padecieron la enfermedad y desarrollaron anticuerpos, se dice que son inmunes.

Portadores asintomáticos. Son personas que portan un agente patógeno y que pueden transmitirla a otros, pero no presentan síntomas.

Enfermedad tipo influenza (ETI). Persona de cualquier edad que presente fiebre mayor o igual a 38 °C, tos y cefalea, acompañadas de uno o más de los siguientes signos o síntomas: rinorrea, coriza, artralgias, mialgias, postración, odinofagia, dolor torácico, dolor abdominal, congestión nasal. En menores de cinco años de edad se considera como un signo cardinal la irritabilidad, en sustitución de la cefalea. En mayores de 65 años no se requerirá la fiebre como síntoma cardinal (Secretaría de Salud, 2014).

Infección respiratoria aguda grave (IRAG). Persona de cualquier edad que presente dificultad al respirar, acompañada de fiebre mayor o igual a 38 °C y tos, con uno o más de los siguientes síntomas: ataque al estado general, dolor torácico y polipnea, o Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda (SIRA) (Secretaría de Salud, 2014).

Defunción por neumonía grave con sospecha de influenza. Toda defunción por infección respiratoria aguda grave según se define en el párrafo anterior (Secretaría de Salud, 2014).

Caso sospechoso de influenza. Se considera caso sospechoso de influenza a todo aquel individuo que cumpla los criterios de ETI o IRAG, o a cualquiera cuya muerte se asocie con ETI o IRAG (Secretaría de Salud, 2014).

Caso confirmado de influenza. Se considera caso confirmado de influenza a todo sujeto de quien se tenga una muestra con resultado de laboratorio positivo para ese virus. El resultado deberá obtenerse mediante RT-PCR punto final o RT-PCR en tiempo real (Secretaría de Salud, 2014).

Caso de influenza confirmado por asociación epidemiológica. Aquel que cumpla con la definición operacional de caso sospechoso de influenza, y que haya estado en contacto con un caso confirmado (por laboratorio o asociación epidemiológica) en un periodo de hasta 7 días, posterior al inicio de los síntomas del caso confirmado (Secretaría de Salud, 2014).

Caso descartado de influenza. Se considera caso descartado de influenza al individuo que tenga resultado negativo a ese virus en las pruebas RT-PCR en tiempo real o punto final (Secretaría de Salud, 2014).

Prueba RT-PCR. La reacción en cadena de la polimerasa acoplada a transcripción reversa (RT-PCR) y otros ensayos moleculares permiten identificar la presencia de ARN de influenza viral en muestras del sistema respiratorio (CDC, 2015).

RT-PCR en tiempo real y cultivo. Se consideran pruebas con alta sensibilidad y especificidad para identificación del nuevo virus de influenza A (H1N1) (IMSS, 2009).

ANEXO 1. Análisis general de la base de datos SISVELFU

En este apartado aborda un análisis general de la base de datos y responder a las preguntas ¿Cuál ha sido el comportamiento de los ciclos de influenza en el periodo de estudio?, ¿Cuántos casos sospechosos se analizan?, ¿Cuál es el resultado de los casos sospechosos que se analizan?, ¿Cuál es la evolución medica de los casos sospechosos?, ¿Cuántos de los casos sospechosos cuentan con algún tipo de vacuna contra la influenza? y ¿Qué medicamento que se utiliza para tratar los casos sospechosos y los casos confirmados de influenza?.

La figura 58 muestra el comportamiento de los ciclos de influenza dentro del periodo de estudio y en ella se puede apreciar que existen dos ciclos de influenza que sobresalen, el ciclo 2 (2011-2012) y el ciclo 4 (2013-2014); de igual manera se puede apreciar que estos dos ciclos presentaron un incremento importante entre la semana 49 y hasta la semana 4.

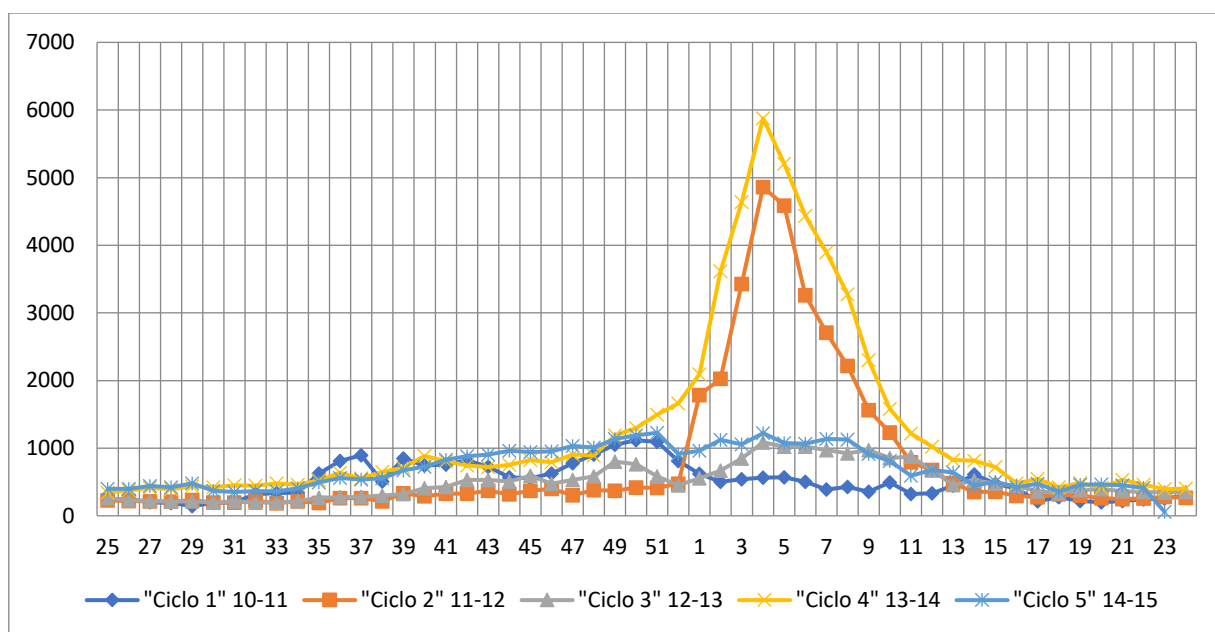


Figura 58 Casos sospechosos de influenza de cinco ciclos de influenza

Fuente: Base de datos SISVEFLU

Elaboración propia

La figura 59 muestra el porcentaje de los casos sospechosos que fueron analizados, así como las muestras fallidas⁵⁶ y los casos a los que no se les realizó una prueba (no analizados), de igual manera se puede apreciar que el SISVEFLU, tomó muestras entre el 50% y el 57% de los casos sospechosos durante los cinco ciclos que se investigaron.

⁵⁶ Casos sospechosos a los que se les tomo una muestra de sangre para corroborar la existencia del virus, pero la muestra no cumplió con las características necesarias para realizar las pruebas de laboratorio.

En este punto es importante volver a reiterar⁵⁷ que los datos del SISVEFLU no representan un censo, ni una encuesta, son datos de un sistema de monitoreo; razón por la cual, solo se detectan los casos que acuden a un servicio médico y se desconoce el número real de enfermos. Por lo tanto, el análisis, así como las conclusiones e interpretaciones derivadas del mismo, están limitados a esa parte monitoreada del fenómeno y debe evitarse hacer inferencias generalizadas del mismo.

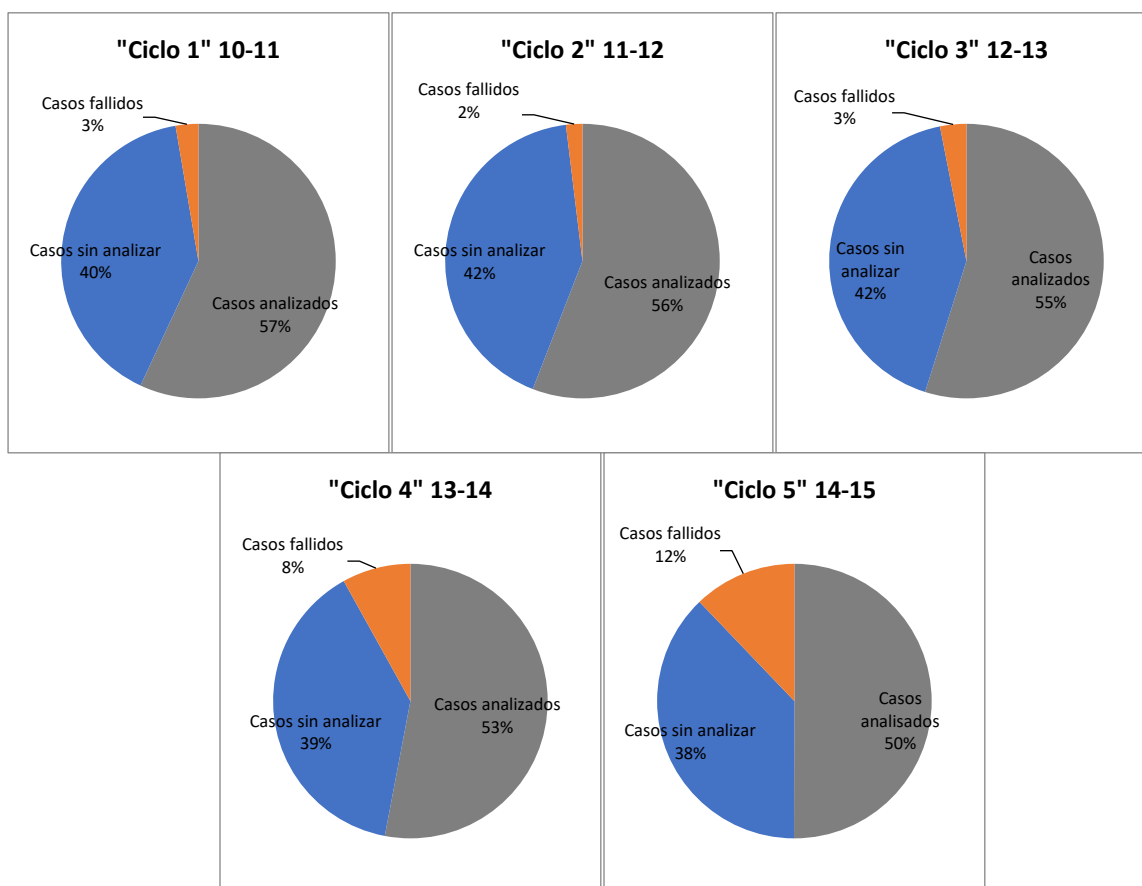


Figura 59 Porcentaje de casos sospechosos de influenza analizados por ciclos
Fuente: Base de datos SISVEFLU
Elaboración propia

La figura 60 muestra el resultado de los análisis que se realizaron a las muestras de los casos sospechosos en las cuales se confirmó o negó la existencia del virus. El propósito de esta figura es mostrar que cada año el tipo de virus de influenza que domina en el SISVEFLU es distinto; de igual forma se aprecia que el tipo de influenza que ha dominado mayor porcentaje de dichos casos ha sido el H1N1 en el ciclo 2 y 4; por último, también se aprecia que gran parte de los casos que se analizan dan un resultado negativo a los tipos de influenza conocidos.

⁵⁷ Las características del SISVEFLU ya fueron mencionadas en los capítulos anteriores.

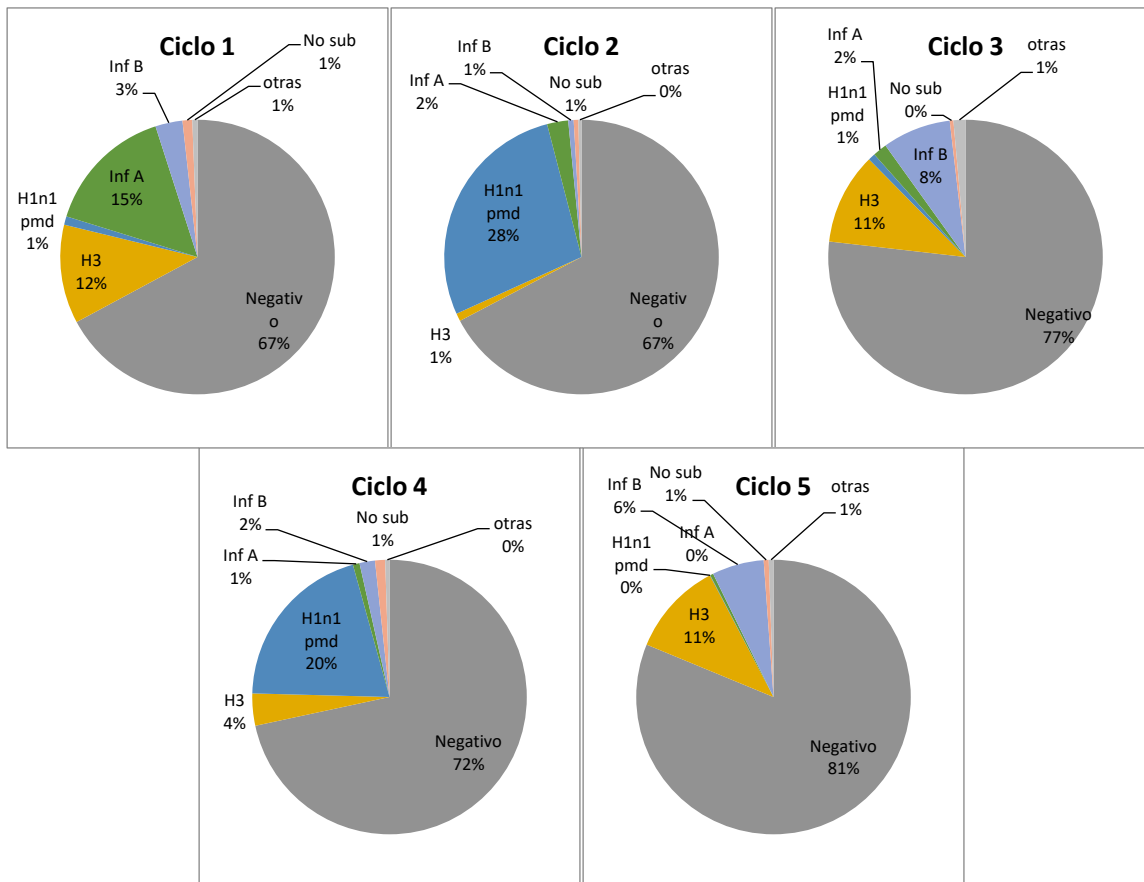


Figura 60 Resultados por porcentaje de las pruebas analizadas por ciclo dentro del periodo de estudio
Fuente: Base de datos SISVEFLU
 Elaboración propia

La figura 61 muestra la evolución de los casos por porcentaje por cada ciclo y en ella se puede apreciar que la mayoría de los casos mejoran y que entre 3% y 5% derivan en muertes durante cada ciclo, además entre el 6% y el 8% son casos graves.

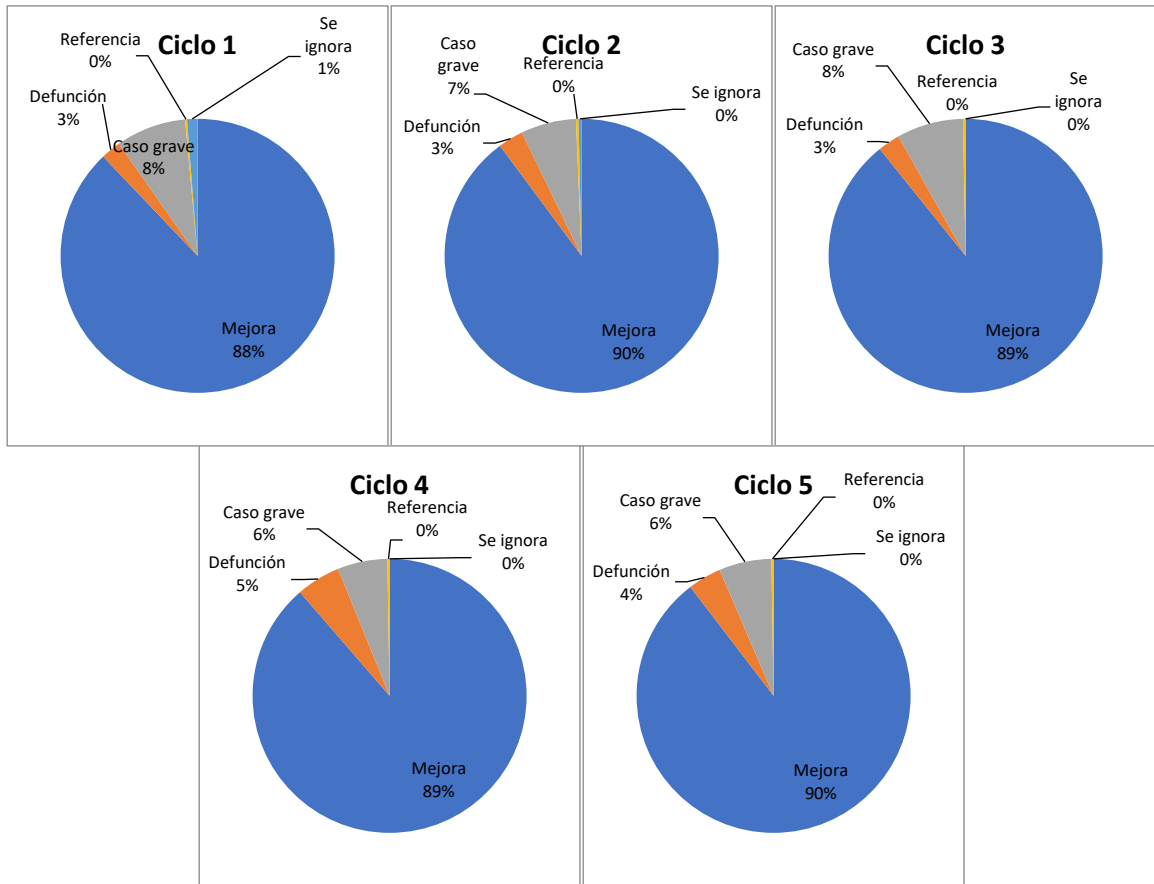


Figura 61 Evolución de casos por porcentaje en cada ciclo dentro del periodo de estudio.

Fuente: Base de datos SISVEFLU

Elaboración propia

La figura 62 muestra la situación de vacunación de los casos sospechosos de influenza y se aprecia que al menos 70% de los casos sospechosos registrados en el SISVEFLU no han recibido ninguna vacuna y al menos el 8% cuentan con las dos vacunas (para la h1n1 pmd y para la influenza estacional).

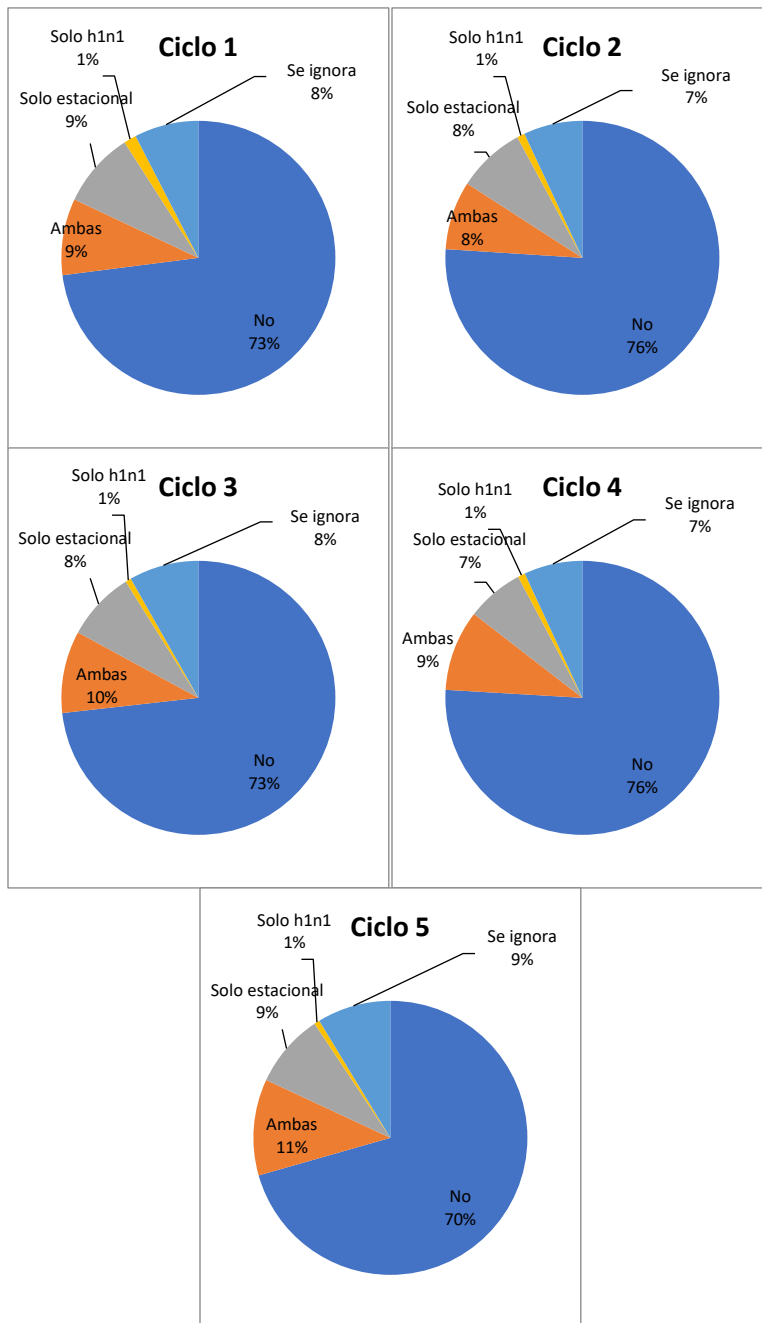


Figura 14
Fuente: Base de datos SISVEFLU
 Elaboración propia

Figura 62 Situación de vacunación de los casos por porcentaje en cada ciclo dentro del periodo de estudio.
Fuente: Base de datos SISVEFLU
 Elaboración propia

En la figura 63 se muestra el medicamento con el que se tratan los casos sospechosos por porcentaje para cada ciclo y se destaca que el medicamento más utilizado en los últimos ciclos es el Oseltamivir.

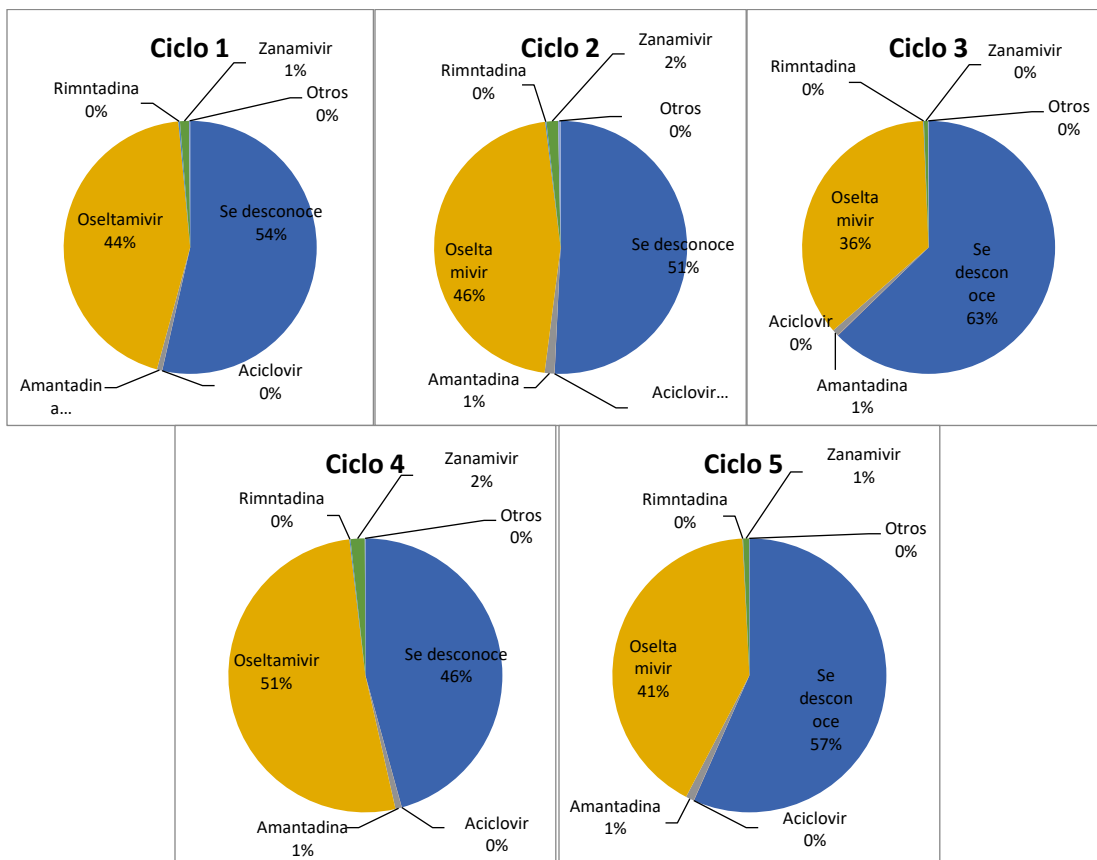


Figura 63 Tratamiento que se da a los casos por porcentaje en cada ciclo dentro del periodo de estudio.

Fuente: Base de datos SISVEFLU

Elaboración propia

Los datos anteriormente expuestos tienen como propósito mostrar información general y algunos detalles importantes de la base de datos, así como las limitaciones de la misma.

ANEXO 2 Campos de la base de datos SISVEFLU

A continuación, se explica los campos que tiene la base de datos del SISVEFLU y el significado de cada campo.

Nombre	Significado	Nombre	Significado
ORIGEN	Origen del reporte.	DISNEA	Dificultad para respirar.
SECTOR	Que dependencia de salud reporta el caso.	IRRITABI	Irritabilidad.
CVEENTUNI	Clave de entidad.	DIARREA	Diarrea.
ENTIDAD	Nombre de la entidad.	DOTORACI	Dolor torácico.
DELEGA	Delegación.	CALOFRIOS	Calosfríos.
UNIDAD	Nombre de la unidad médica que reporta el caso.	CEFALEA	Dolores de cabeza.
FECHREG	Fecha en que se registró el caso.	MIALGIAS	Dolores musculares.
CLUES	Clave única de establecimiento de salud.	ARTRAL	Dolor en articulaciones.
FOLIO SINAVE	Folio del caso.	ATAEDOGE	Ataque al estado en general.
SEXO	Sexo del paciente.	RINORREA	Fluido nasal.
ENTNACI	Entidad de nacimiento del paciente.	POLIPNEA	Aumento en la frecuencia de respiraciones.
ENTRESI	Entidad de residencia del paciente.	VOMITO	Vomito.
CVENTINE	Clave de la entidad de residencia.	DOLABDO	Dolor Abdominal.
MPIORES	Nombre del municipio de residencia.	CONJUN	Conjuntivitis

Nombre	Significado	Nombre	Significado
CVEMUNI	Clave del municipio de residencia.	CIANOSIS	Coloración azul en piel o zonas de mucosas
LOCRESI	Localidad de residencia.	INISUBIS	Inicio súbito de síntomas
CVELOCAL	Clave de la localidad de residencia.	DIABETES	Diabetes
LATLOCA	Longitud de residencia	EPOC	EPOC
LONGLOCA	Latitud de residencia.	ASMA	Asma
TIPACIEN	Tipo de paciente.	INMUSUPR	Inmunosuprimido.
EVOLUCI	Evolución del paciente.	HIPERTEN	Hipertensión.
FECDEF	Fecha de defunción.	VIH/SIDA	VIH/Sida.
SEMDEF	Semana de defunción.	OTRACON	Otra condición
DEFPORINF	Defunción por influenza.	ENFCARDI	Enfermedad Cardíaca.
DEFVERIFI	Defunción verificada.	OBESIDAD	Obesidad.
INTUBADO	Paciente intubado.	INSRENCR	Insuficiencia renal crónica.
DIAGNOSTIC	Paciente diagnosticado.	TABAQUIS	Tabaquismo.
FECNACI	Fecha de nacimiento.	RECTRATA	Reacción al tratamiento.
EDAD	Edad del paciente.	TXCROBIA	Tratamiento con antimicrobianos.
NACIONA	Nacionalidad del paciente.	TXANTIVI	Tratamiento con Antivirales.
ESTAEMBA	Presenta embarazo la paciente.	ANTIVIRA	Antiviral utilizado.
MESESEMB	Meses de embarazo.	CONOCASO	Contacto con caso conocido.
ESINDIGE	Es indígena.	CONTAVES	Contacto con aves.
HABLEIND	Habla lengua indígena.	CONCERDO	Contacto con cerdos.
OCUPACIO	Ocupación.	CONANIMA	Contacto con animales.

Nombre	Significado	Nombre	Significado
SERINGRE	Servicio por el que ingreso el paciente.	VACUNADO	Vacunado.
FECINGRE	Fecha de ingreso a la unidad medica	FECVAEST	Fecha estimada de vacunación estacional.
FECINISI	Fecha de inicio de síntomas.	FECVAPAN	Fecha de vacunación para H1N1
DIAGPROB	Diagnostico probable	TOMMUE	Se tomó muestra
FIEBRE	Fiebre	LABORA	Laboratorio que analizó la muestra
TOS	Tos	FOLLABOR	Folio del laboratorio
ODINOGIA	Dolor de garganta, dificultad para tragar	RESDEFIN	Resultado definitivo de la muestra de laboratorio