



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Dirección General de Epidemiología

**ANÁLISIS ESPACIAL DE LA TRANSMISIÓN
DEL PALUDISMO EN CHIAPAS Y SU
RELACIÓN CON CARACTERÍSTICAS
EPIDEMIOLÓGICAS, DEMOGRÁFICAS Y
SOCIALES, 2016-2021**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO
ESPECIALISTA EN EPIDEMIOLOGÍA

PRESENTA:

Noé Hernández Valdivia

DIRECTORA:

Dra. Cs. Santa Elizabeth Ceballos Liceaga

ASESORAS:

Mtra. María del Pilar Ochoa Torres

Mtra. Vanessa Montserrat Dávila Conn



CIUDAD DE MÉXICO, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Gracias a mi familia, por el incondicional apoyo y el inagotable afecto.

Cada logro mío es una extensión de ustedes.

Dra. Santa, gracias por las lecciones, pero sobre todo por las oportunidades brindadas.

Pilar, esta idea la construimos juntos, por siempre mi agradecimiento y mi amistad.

Vanessa, gracias por tus consejos y correcciones, gracias por tu disciplinado ejemplo.

Contenido

Introducción	1
Planteamiento del problema.....	2
Marco teórico	4
Antecedentes históricos.....	4
El paludismo en el mundo	5
El paludismo en México	7
Etiología del paludismo	9
<i>Plasmodium</i>	9
<i>Anopheles</i>	12
Presentación clínica.....	14
Diagnóstico	14
Tratamiento	15
Epidemiología del paludismo.....	16
Situación mundial.....	16
Situación en México.....	17
Vigilancia epidemiológica.....	18
Definiciones operacionales.....	20
Zonas palúdicas de Chiapas.....	24
Panorama.....	24
Geografía.....	24
Composición étnica	24
Etnografía.....	26
Pobreza y rezago social	26
Conflictos sociales.....	27
Sistema de salud.....	28

Epidemiología espacial	29
Epidemiología espacial del paludismo.....	30
Conglomerados.....	30
Métodos para la identificación de conglomerados	31
Autocorrelación espacial	32
Justificación	36
Objetivos	37
Metodología.....	37
Diseño	37
Fuente de datos.....	37
Muestreo.....	38
Análisis.....	38
Operacionalización de las variables	41
Resultados.....	43
Elementos ecológicos de la transmisión del paludismo en el área de estudio...	43
Características de la población	46
Distribución espacial y temporal de los casos de paludismo en Chiapas	49
Análisis de Autocorrelación Espacial.....	53
Discusión.....	81
Conclusión	88
Recomendaciones	90
Consideraciones éticas.....	91
Recursos materiales, humanos y financieros	93
Bibliografía.....	94
Anexos	105

Resumen

Antecedentes: El paludismo continúa siendo un problema relevante de salud pública en el mundo. Aunque la incidencia y la mortalidad han disminuido en México, persisten áreas de transmisión las cuales no han podido abatirse, la mayoría de estas se encuentran en zonas de alta marginación y rezago social. La entidad federativa con la mayor cantidad de focos palúdicos y de casos en México es Chiapas. Es necesaria una caracterización de las variables que interactúan en el mantenimiento de la transmisión del paludismo a nivel territorial, a fin de proponer mejores intervenciones focalizadas, con el objetivo de la eliminación de la enfermedad.

Objetivo: Analizar el patrón de distribución de los casos de paludismo en Chiapas y su relación espacial con características demográficas, epidemiológicas y sociales.

Metodología: Se realizó la georreferenciación de los casos confirmados de paludismo, además de un análisis de autocorrelación espacial a nivel localidad con el índice de rezago social (IRS) y sus componentes desagregados. La autocorrelación espacial se expresó mediante el índice de Moran (IM).

Resultados: Se identificaron patrones espaciales de agrupamientos de casos, así como asociación estadística y espacial entre valores altos de casos de paludismo y valores altos del índice de rezago social (IRS) y sus componentes desagregados. Las variables más intensamente asociadas en el periodo 2016-2018 fueron el IRS (IM 0.125), el porcentaje de población analfabeta (IM 0.116) y el porcentaje de viviendas con piso de tierra (IM 0.098); mientras que para el periodo 2019-2021 fueron el porcentaje de población analfabeta (IM 0.095), el IRS (IM 0.094) y la falta de acceso a sanitario (IM 0.087). La única variable que se consideró sin asociación espacial fuera el porcentaje de población sin afiliación a servicios de salud (IM 0.005 y -0.006).

Conclusiones: En las localidades y periodo de estudio se asociaron el rezago y carencias específicas con números elevados de casos de paludismo. Específicamente, elementos como el analfabetismo y las condiciones de vivienda estuvieron más intensamente asociados que la falta de acceso a servicios de salud, lo que manifiesta el papel de las condiciones de vida como barrera para la eliminación de la enfermedad.

Palabras clave: Paludismo, Malaria, Rezago social, Análisis Espacial.

Introducción

El paludismo, o malaria, es una enfermedad transmitida por vector, es causada por parásitos del género *Plasmodium* que son transmitidos por mosquitos *Anopheles* hembra. El paludismo es hoy una enfermedad de distribución tropical y subtropical, habiendo sido eliminada de las zonas templadas en el transcurso de los últimos 100 años (1). La aparición de la enfermedad en poblaciones humanas está determinada por factores ecológicos y ambientales que permiten la proliferación del vector, como la altitud, el clima, la vegetación y los cuerpos de agua (2); así como por determinantes sociales como la educación para la salud, el nivel socioeconómico o las condiciones de las viviendas, por lo que históricamente ha estado relacionada con la pobreza, los desastres naturales y las guerras (3).

La incidencia en México ha disminuido de forma sostenida desde los 7.27 casos por 100,000 habitantes en el año 2000, hasta 0.44 casos por 100,000 durante 2015 (4). Desde ese año se ha presentado un discreto aumento en los casos, en el 2018 se identificaron 803 casos y 618 en el 2019, lo que representa una incidencia de 0.49 por 100,000 habitantes. La carga de la enfermedad en el país está dada por la circulación de *P. vivax*, el último caso autóctono de paludismo por *P. falciparum* en México ocurrió en 2009. Durante 2020 se reportaron 356 casos en México, mientras que el 2021 cerró con 242 casos, 160 en 2022 y, de manera preliminar, 44 casos en 2023 (5).

El total de localidades afectadas en el país ha disminuido un 97.6 %, de las 11,008 en 1990 a 246 localidades en 2019. A pesar de la disminución de casos, defunciones y localidades afectadas, actualmente el paludismo se mantiene en ciertas regiones del país, particularmente en el sur-sureste, y en el noroeste. La principal zona de transmisión, por número de casos y poblaciones afectadas, se encuentra actualmente en el estado de Chiapas. De acuerdo con información de la Dirección General de Epidemiología, al cierre de información de 2021 se identificaron 27 focos palúdicos activos en la entidad (5).

Aunque la vigilancia y el control del paludismo se ha abordado clásicamente mediante la conformación de focos palúdicos, esta delimitación no siempre refleja los verdaderos patrones de transmisión, particularmente conforme disminuye la incidencia y la transmisión se vuelve más heterogénea.

La relación parásito-hospedero-vector es el principio básico de la persistencia de la transmisión y la relación espacial puede ser imprecisa dado que la transmisión tiende a ocurrir en pocas casas dentro de una misma localidad. Una identificación precisa de conglomerados de casos, así como la comprensión de las relaciones estadísticas y espaciales del paludismo con los determinantes sociales en Chiapas permitirá focalizar las acciones de control y avanzar hacia la eliminación de la enfermedad en el país.

Planteamiento del problema

Según el Programa Global de Malaria de la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen por lo menos 81 países y territorios en donde el paludismo es endémico. Se estima que en 2018 hubo 228 millones de casos en el mundo, el 93 % en la Región de África. Diecinueve países de África subsahariana e India sumaron casi 85 % de la carga mundial del paludismo. A nivel mundial, la tasa de incidencia disminuyó entre 2010 y 2018, de 71 a 57 casos por cada 1,000 habitantes en riesgo (6).

En la Región de las Américas, después de una tendencia sostenida a la reducción de la incidencia, se registró desde 2015 un incremento en el número total de casos, principalmente por el aumento de casos en Venezuela, así como el incremento de la transmisión en áreas de Brasil, Colombia, Guyana, Nicaragua y Panamá, se registraron además brotes en Costa Rica, República Dominicana y Ecuador (7), aunque la carga de enfermedad de estos países es mucho mayor a la de México, el problema del paludismo debe abordarse como una amenaza que no obedece a fronteras pues al cierre del 2023 la mayoría de los casos confirmados en México correspondieron a casos importados con 299 frente a 44 autóctonos (8).

El paludismo es parte de un grupo de enfermedades que han sido históricamente desatendidas (9) y que se distribuyen principalmente en países de bajos y medianos ingresos. Estas enfermedades, como el tracoma, la filariasis y la oncocercosis, se relacionan con la pobreza a través del estigma y del impacto en la salud de los niños, en la educación y en la actividad laboral. El paludismo y otras enfermedades tropicales desatendidas perpetúan el ciclo de enfermedad y la pobreza mediante el empeoramiento de las condiciones socioeconómicas de aquellos con la enfermedad, contribuyendo a mantener la transmisión de las infecciones (10).

La mayoría de los focos palúdicos de Chiapas se encuentran en las regiones económicas Altos Tsotsil-Tseltal y Selva Lacandona. En el 2021, Chiapas concentraba el 57 % de los casos de paludismo de las cuatro entidades en el país que registraron casos, por lo que un abordaje específico exitoso en estas áreas contribuirá al avance rumbo al objetivo de la eliminación en el país. Las comunidades que integran estos focos, están conformadas casi en su totalidad por población que se reconoce como indígena, principalmente de los grupos étnicos tsotsiles y tseltales. Además, muchas localidades en Chiapas se consideran de difícil acceso físico, siendo el estado con mayor cantidad de población con grado de accesibilidad a carretera pavimentada bajo o muy bajo (11).

Las regiones de Chiapas en las que se encuentran los focos palúdicos presentan importantes retos sociales y son zonas de conflicto frecuente entre los pobladores, por diferencias religiosas y políticas. La presencia del Ejército Zapatista de Liberación Nacional y las formas de autogobierno plantean otro desafío para el acceso a estas comunidades por parte de los componentes de vigilancia epidemiológica, atención médica y control vectorial, pues muchas comunidades han conformado un sistema de salud paralelo al Sistema Nacional de Salud (12).

La persistencia de la transmisión del paludismo se ha abordado clásicamente mediante el estudio de focos, sin embargo, conforme se acerca el objetivo de la

eliminación, la transmisión se vuelve más heterogénea, con zonas de transmisión más intensa al interior de un foco palúdico. En México, entre 1999 y 2002, se logró una caracterización incluso a nivel de las casas consideradas palúdicas en la costa de Oaxaca, permitiendo una disminución histórica de la transmisión (13). A las zonas de transmisión más intensa o de elevada incidencia, se les conoce en el análisis espacial como zonas calientes o *hotspots* (14).

A medida que el país avanza hacia la eliminación, se requiere de un conocimiento más profundo a nivel territorial, que incluya no sólo la cartografía convencional, ya desarrollada por el personal del programa de control en México, sino la relación de esta con las características demográficas, epidemiológicas y sociales, por tanto, se vuelve necesario determinar: ¿Cuáles son los factores sociales asociados estadística y espacialmente con los casos de paludismo en Chiapas? Hipótesis de trabajo: Existe asociación espacial entre las variables sociodemográficas y los casos de paludismo en los focos activos de Chiapas.

Marco teórico

Antecedentes históricos

El paludismo, llamado también malaria, es una de las enfermedades más antiguas y que más profundamente ha incidido en la historia. En su punto de mayor propagación, el paludismo estuvo presente en todos los continentes del mundo, con excepción de la Antártida (15). Hoy, aunque su distribución se encuentra limitada a regiones tropicales y subtropicales, continúa representando una importante carga de enfermedad (16).

La circulación enzoótica del parásito *Plasmodium* es previa al paludismo humano (17), existe evidencia de que circuló inicialmente en primates de África, diversificando posteriormente sus hospederos a roedores, aves y reptiles (18), para eventualmente incluir también a los humanos.

El paludismo en el mundo

Hace aproximadamente 10,000 años, el paludismo comenzó a tener un impacto mayor entre los humanos, quienes probablemente se infectaron con la especie *Plasmodium falciparum*, que circulaba en gorilas (19). Durante el periodo clásico, en Grecia, alrededor del siglo 4 a.C. el término “miasma” fue acuñado por Hipócrates para describir los vapores que se creía eran causa de las enfermedades. Hipócrates relacionó el miasma de los pantanos y otros sitios que acumulaban agua, con la presencia de fiebre intermitente, la cual es característica del paludismo (20).

Aproximadamente al mismo tiempo, en China, se registró la presencia de una enfermedad febril, asociada con esplenomegalia y de ocurrencia epidémica (21). Alrededor del 186 a.C. el remedio herbal conocido como *Qing-hao*, que se trataba de la planta *Artemisia annua*, fue utilizado para tratar la fiebre intermitente (22).

El término malaria se originó del italiano medieval *mal aria*, que significa aire malo (23). Esta idea se conecta con la de los griegos y romanos que consideraban que la enfermedad era causada por los vapores que emanaban los pantanos. En el Renacimiento, el paludismo se encontraba distribuido por toda Europa, las llanuras costeras del sur de Italia fueron particularmente afectadas, así como los pantanos de las afueras de Londres (24).

El paludismo, o síntomas que pudieran hacer referencia a la enfermedad, no se menciona en registros de los pueblos originarios de América, por lo que es posible que los colonos europeos, y los esclavos que trajeron con ellos, sean el origen del paludismo en el continente americano (25). Los misioneros españoles observaron y documentaron que los indígenas utilizaban corteza del árbol de quina (*Cinchona officinalis*) para tratar la fiebre y reducir el temblor y los calosfríos que la acompañan (26).

Es durante el siglo XIX que se alcanzan los mayores avances en el tratamiento, prevención y comprensión de la fisiopatología del paludismo, pues es hasta ese periodo que se descubre el origen parasitario de la enfermedad y el papel de los

mosquitos en la transmisión. En 1820, los químicos Pierre Joseph Pelletier y Joseph Bienaimé Caventou aislaron los alcaloides cinchonina y quinina de la corteza del árbol de quina, permitiendo la utilización de dosis estandarizadas de los ingredientes activos (26).

Aunque algunos anatomistas y científicos habían observado alteraciones en muestras de sangre y de bazo de pacientes con paludismo, es hasta 1880 que Charles Louis Alphonse Laveran identifica los parásitos dentro de los glóbulos rojos además de observar que estos eran eliminados por la quinina. Laveran propone por primera vez que el paludismo es causado por un protozoo (27).

En 1897, Sir Ronald Ross, cirujano del ejército británico que se encontraba trabajando en India, fue capaz de identificar los parásitos del paludismo en un mosquito que alimentó con sangre de un paciente con la enfermedad. Continuó su investigación alimentando mosquitos con sangre de aves infectadas y llegó a aislar los parásitos de las glándulas salivales de estos mismos insectos, demostrando así que el paludismo es transmitido por mosquitos (23).

Durante el siglo XX continuó profundizándose el conocimiento de la enfermedad, particularmente respecto a los estadios del ciclo de vida del parásito. En cuanto a los tratamientos, se desarrollaron nuevos compuestos derivados de la quinina, como la cloroquina en 1946, un antipalúdico altamente efectivo contra las formas hemáticas del parásito (28), sin embargo, en la década de 1950, comenzaron a identificarse cepas resistentes a la cloroquina, que posteriormente se diseminaron y proliferaron durante la década de 1990 (29). La resistencia a la cloroquina representa hoy uno de los mayores retos en el combate global al paludismo.

Desde 1967, el gobierno de China había estado investigando y desarrollando fármacos antipalúdicos; durante los años 70, se aisló la artemisinina a partir de la planta *Artemisia annua*, la misma del remedio *Qing-hao* que se había utilizado hace cientos de años en la medicina tradicional china. La artemisinina es efectiva

en el tratamiento del paludismo por *P. falciparum* farmacorresistente (30) y se usa ampliamente en terapia de combinación.

El paludismo en México

En México, el paludismo se conoce desde tiempos de la Conquista y no existe evidencia de la circulación de *Plasmodium* entre la población prehispánica. Sin embargo, durante la Conquista se presentaron importantes brotes en Tenochtitlan, mantenidos por la naturaleza lacustre de la ciudad (31).

Fray Bernardino de Sahagún, en la Historia General de las Cosas de Nueva España, menciona la existencia de mosquitos, llamados *moiotl*, los cuales describe como pardos y “que pican como los de Castilla”. Sahagún refiere además que existían “calenturas tercianas o cuartanas” lo que sugiere la presentación clínica típica del paludismo (31). Durante la Colonia siguieron presentándose brotes y epidemias, y es hasta la época independiente que se comienza a abordar el problema, particularmente en la Ciudad de México, mediante la finalización del proceso de desecación del lago de Texcoco (31,32).

Es hasta principios del S. XX que se tuvo un conocimiento más aproximado de la magnitud del padecimiento en el país, debido principalmente al mejoramiento de las estadísticas vitales. Entre 1922 y 1930, el paludismo ocupó el segundo lugar en número de defunciones, con 21,599, sólo después de las diarreas. Desde 1931, el paludismo registró un descenso en sus estadísticas de mortalidad, pero continuó ocupando el tercer lugar dentro de las diferentes tasas de mortalidad específica hasta el año 1955. Es gracias a estos datos que el problema se vuelve evidente en su trascendencia, por lo que comienza un abordaje mucho más serio. A inicios del siglo, el Dr. Eduardo Liceaga integra los primeros servicios antilarvarios, en el Puerto de Veracruz, que junto con Mérida eran el principal foco de fiebre amarilla, por lo que se buscó atacar de manera conjunta ambas enfermedades, así, en conjunto con el Ejército, se desaguaron zonas pantanosas de Minatitlán, Pánuco y Coatzacoalcos, agregándose poco a poco los trabajos antilarvarios y el manejo terapéutico (31).

Es hasta 1935 que las autoridades sanitarias más altas fijan su atención directamente en el paludismo, creando la “Campaña contra el Paludismo, Oncocercosis y otras Parasitosis”, en 1936 esta campaña es declarada de interés público, incluyéndose un reglamento de “Lucha Antipalúdica” en el Código Sanitario vigente. En 1945 comenzó a utilizarse en el país la aplicación de dicloro difenil tricloroetano (DDT) en el interior de las casas, en paredes y techos, lo que disminuyó la densidad de mosquitos adultos, reflejándose en una disminución de la mortalidad y la morbilidad en las localidades trabajadas. Entre 1949 y 1953 la mortalidad anual registrada fue de 23,859 defunciones con una tasa de 90.8 por 100,000 habitantes. En 1955, luego de que durante la XIV Conferencia Sanitaria Panamericana se tomara la decisión de apoyar la idea de la eliminación del paludismo del continente americano, el Gobierno de México declaró “de necesidad pública y beneficio social, la Campaña Nacional para la Erradicación del Paludismo (CNEP), creando la Comisión Nacional para tal fin” (31).

La estrategia de erradicación de la OMS llegó a su fin en 1969, principalmente debido a una falta de financiamiento, un incremento en la resistencia al DDT y a la cloroquina, y por la falta de progreso, a pesar de lograrse la eliminación en muchos países (33). De igual manera, en el mundo, iba aumentando el rechazo al uso de DDT ante la evidencia de su acumulación en las cadenas tróficas (34). Es en este contexto que en 1981 concluye la CNEP, dando paso al llamado Programa de Control, de 1982 a 1989, en el marco de la descentralización del sistema de salud en México, y en 1990 se implementa el Plan de Acciones Intensivas y Simultáneas (PAIS). Si el objetivo de la CNEP había sido la interrupción de la cadena de transmisión, el PAIS se concentró en la eliminación del parásito, tanto en las personas como en los mosquitos, virando fuertemente a un abordaje mucho más enfocado en el vector (35). En 1999 se da paso a la Estrategia de Control Focalizado, que buscaba la reducción de la incidencia en localidades con persistencia de la transmisión. La reestructuración del abordaje integró la epidemiología con las ciencias sociales, la entomología, la antropología, la administración, los servicios de salud, el laboratorio y otros campos afines, para realizar: 1) la estratificación epidemiológica integral; 2) la eliminación de parásitos

persistentes en la población; 3) el control larvario ecológico con participación comunitaria, con énfasis en áreas de *An. pseudopunctipennis*, y 4) el control químico de anofelinos adultos con técnicas de bajo costo y menor impacto al ecosistema (36). De manera relevante, durante el 2002, se establece la iniciativa de certificación de áreas libres de paludismo, con el objetivo de incentivar a los programas estatales en su participación. Nuevamente se vuelve a considerar la integración de la comunidad mediante la estrategia de Control sin Empleo de Insecticidas que se implementó entre 2004 y 2015. En 2016, como producto de los esfuerzos previos y las décadas de combate al paludismo, da inicio la Certificación de Áreas Libres de Paludismo (37).

Las acciones de vigilancia, prevención y control implementadas, permitieron el control del paludismo en el país a partir de 1989, cuando se registraron 101,241 casos. A partir de entonces se presentó una tendencia descendente con 7,259 casos en el 2000, hasta llegar a 551 en el 2016. Sin embargo, para el año 2017 y 2019 se registró un incremento de casos, con 736 y 803, respectivamente, volviendo a disminuir en 2019, con un total de 618 casos. (4)

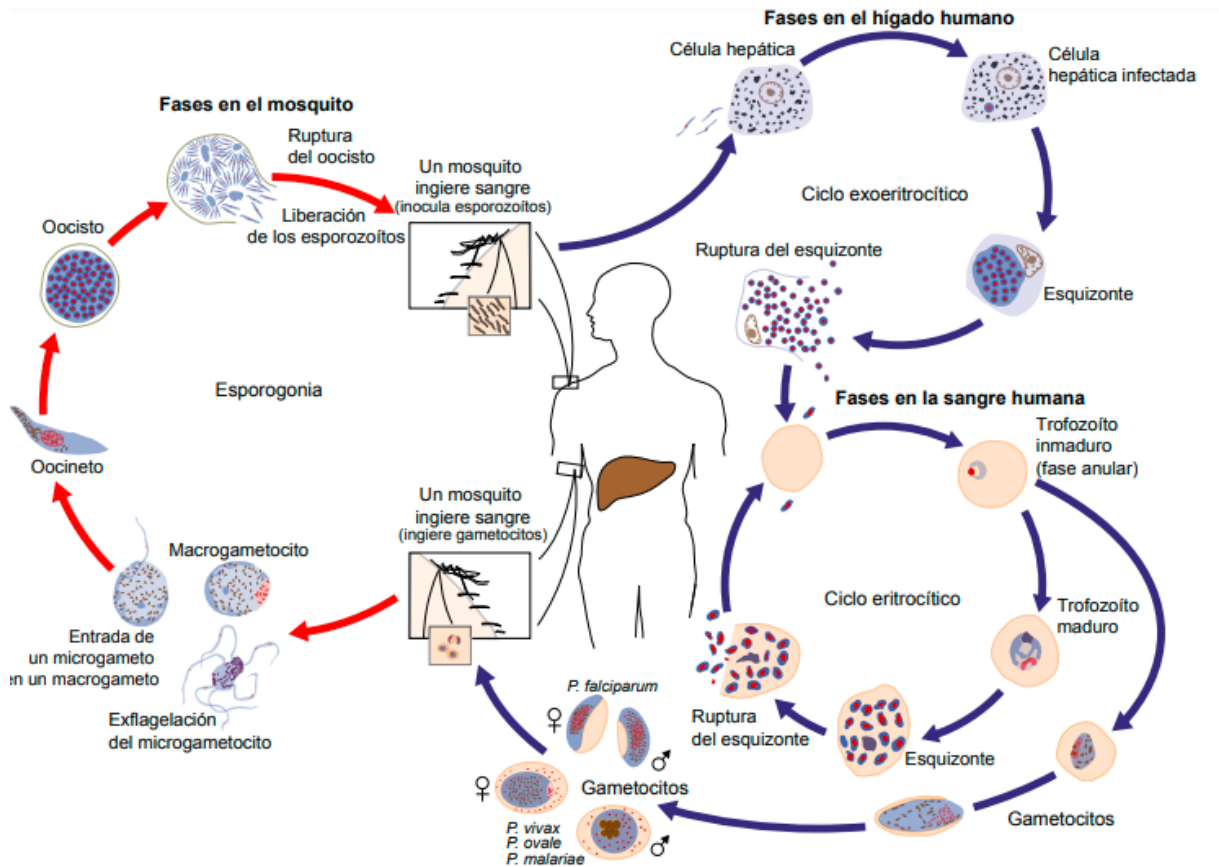
A partir del 2020, el componente nacional de eliminación del paludismo trabaja dentro del Marco para la Eliminación de la Malaria, de la Organización Mundial de la Salud, con el objetivo de finalmente lograr la eliminación del paludismo autóctono en todo el territorio nacional (38).

Etiología del paludismo

Plasmodium

Plasmodium es un género de protistas de la familia Plasmodiidae del que se conocen más de 150 especies (39). *Plasmodium* requiere siempre de dos hospederos para su ciclo vital (Figura 1): un mosquito, que actúa como vector, y un hospedero vertebrado: aves, reptiles o mamíferos (40).

Figura 1. Ciclo de transmisión del paludismo.



Tomado de Marco para la eliminación de la malaria. Organización Mundial de la Salud/ Organización Panamericana de la Salud. 2017

Cuatro especies de *Plasmodium* se consideran verdaderos parásitos humanos: *Plasmodium vivax*, *P. falciparum*, *P. malariae* y *P. ovale* (39). *P. falciparum* es la especie más letal, causando miles de defunciones al año (16). Además de estas especies que usan casi exclusivamente al humano como hospedero, otras especies de *Plasmodium* son capaces de causar enfermedad en humanos; por ejemplo, cada vez con mayor frecuencia se reportan casos de paludismo por *P. knowlesi*, un parásito que normalmente circula entre monos (41). Dado que aún no se ha comprobado la transmisión a partir de un caso humano infectado con *P. knowlesi*, esta enfermedad sigue considerándose zoonótica (39).

Plasmodium spp. se reproduce sexualmente en el interior de la hembra del mosquito *Anopheles*, y asexualmente en el hospedero vertebrado (40). Durante la picadura, el parásito existente en la saliva del mosquito pasa al hospedero en

su forma de esporozoito, la única forma infectante para el hospedero. Los esporozoitos circulan por el torrente sanguíneo hasta llegar al hígado, en donde se multiplican en los hepatocitos para formar esquizontes. El esquizonte maduro se rompe y emergen merozoitos, forma en la que puede introducirse en los eritrocitos. En el eritrocito, los merozoitos se convierten en trofozoítos, multiplicándose por esquizogénesis formando un esquizonte hemático que liberará nuevos merozoitos. La mayoría de los merozoitos continúan este ciclo infectando nuevos eritrocitos, mientras que algunos se convierten en gametocitos, la forma infectante para los vectores (2,40).

Cuando el mosquito se alimenta de un hospedero infectado con *Plasmodium* adquiere gametocitos masculinos y femeninos, en el mosquito los gametocitos se diferencian en gametos que al fusionarse producen cigotos. Los cigotos se convierten en oocinetos que invaden la pared intestinal del mosquito donde se desarrollan en ooquistes. Los ooquistes liberarán esporozoitos que migran a las glándulas salivales del mosquito para continuar el ciclo (40).

En México, existía amplia circulación de *P. vivax*, en menor medida *P. falciparum* y muy baja de *P. malariae*. Actualmente, estas dos últimas especies han sido eliminadas. En relación al paludismo por *P. falciparum*, Chiapas y Tabasco presentaron casos hasta el 2006, el último caso autóctono de México por esta especie se registró en Sonora en 2009 (4). Todos los casos autóctonos de México desde entonces son causados por *P. vivax*.

Tanto *P. vivax* como *P. ovale* tienen la capacidad de producir recaídas de la enfermedad, debido a una particularidad en su ciclo de vida en el hospedero. Durante la etapa de infección en el hígado, los parásitos pueden entrar en una fase especial llamada hipnozoíto, la cual tiene la capacidad de mantenerse latente al interior de los hepatocitos hasta por tres años para posteriormente emerger y causar un cuadro clínico (4). Mientras el parásito se encuentra en fase de hipnozoíto no generará enfermedad clínica, ni será capaz de identificarse mediante prueba gota gruesa, la prueba diagnóstica de elección, además de que no será susceptible a la mayoría de antipalúdicos (40).

Si bien, *P. falciparum* no genera hipnozoítos y, por tanto, no produce recaídas, se trata de una especie de relevancia porque condiciona los cuadros más graves, causando una alta morbilidad y mortalidad. Los merozoítos de *P. falciparum* tienen la capacidad de invadir los eritrocitos sin los intervalos coordinados que se observan en otras especies de *plasmodium*, los eritrocitos infectados sufren cambios en su superficie que los hacen más propensos a adherirse a las paredes vasculares causando falla multiorgánica (42).

Anopheles

Anopheles es un género de mosquitos, de la familia Culicidae, distribuida en prácticamente todo el mundo, con especial diversidad en las zonas templadas, tropicales y subtropicales. De las 465 especies que se conocen, alrededor de 70 tienen la capacidad de actuar como vectores del *Plasmodium*, pero son al menos 41 especies las que de manera habitual actúan en la transmisión del parásito (30, 31).

Como todos los mosquitos, los anofelinos atraviesan cuatro etapas en su ciclo de vida: huevo, larva, pupa y adulto, donde las primeras tres etapas son acuáticas y, en conjunto, duran entre 5 y 14 días, dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales (2).

A diferencia de las enfermedades virales transmitidas por mosquitos, en el paludismo no existe transmisión transovárica, por lo que los mosquitos adultos deben infectarse forzosamente de un hospedero con *Plasmodium* para actuar como vectores.

Las hembras de *Anopheles* pueden ovopositar entre 50 y 200 huevos por puesta, y les toma alrededor de tres días eclosionar, aunque pueden tomar más tiempo, hasta tres semanas, en climas más fríos. Los anofelinos suelen ovopositar en una amplia variedad de criaderos, dependiendo de la especie, pero la mayoría prefiere hacerlo en criaderos naturales con agua no contaminada, en pantanos y

estanques. Algunas especies tienen predilección por los hábitats con vegetación, como los sembradíos de arroz (2).

Al eclosionar el huevo, emerge la larva, que se diferencia de las de otros géneros de mosquitos por no tener sifón respiratorio, lo que permite identificarlas dado que se encuentran de manera totalmente paralelas a la superficie del agua. Las larvas pasan de 5 a 10 días en esta fase, principalmente alimentándose, para posteriormente pasar a fase de pupa, un organismo en forma de coma, con la cabeza y el tórax unidos en un cefalotórax. La fase de pupa no se alimenta y después de dos a tres días en climas templados emerge el mosquito adulto (2).

Los anofelinos machos viven alrededor de una semana, y se alimentan de néctares y otras fuentes de azúcar, las hembras viven entre 10 y 30 días y también se alimentan de azúcares, pero requieren consumir sangre para el desarrollo de los huevos. Después de alimentarse de sangre, las hembras reposarán mientras se desarrollan los huevos, lo que toma entre dos y tres días en condiciones tropicales (2).

Existe evidencia de que una hembra infectada con parásitos *Plasmodium* se sentirá más atraída por el aliento y el olor de los humanos que una hembra no infectada, lo que podría significar que el parásito incrementa la capacidad del mosquito de identificar humanos para alimentarse (45).

Como en el resto de enfermedades transmitidas por mosquitos, la biología del insecto tiene repercusiones importantes para su control. Distintas medidas son efectivas sólo para uno de sus estadios de desarrollo, por lo que acciones de control de mosquitos adultos pueden no tener ningún efecto en las poblaciones de larvas, y viceversa (46).

En México, las principales especies de importancia son *An. pseudopunctipennis*, *An. albimanus*, *An. vestitipennis*, *An. darlingi* y *An. punctimacula* (47). En Chiapas, en particular, es donde se encuentra la mayor biodiversidad de anofelinos, particularmente en las regiones de Costa y Selva Lacandona, con 11 distintas especies (48,49).

Presentación clínica

Las manifestaciones clínicas del paludismo varían según la especie de *Plasmodium* que lo está causando, la inmunidad del hospedero y su edad (50). En términos generales, la infección cursa de manera asintomática por entre 12 y 35 días, hasta que comience el ciclo eritrocitario (51). El periodo de incubación puede ser modificado por el desarrollo de un grado de inmunidad a partir de infecciones previas, o por una profilaxis inadecuada. La liberación de merozoítos por ruptura de los eritrocitos es lo que provoca la fiebre y las demás manifestaciones del paludismo (52).

El paludismo por *P. vivax*, la especie que circula en México, no suele presentar un curso grave, en la mayoría de los casos el paciente cursa con náusea, vómito, fiebre y mialgia. Sin tratamiento, la enfermedad puede complicarse con anemia, coagulación intravascular diseminada, trombocitopenia y lesión pulmonar aguda. Se han descrito también casos con inestabilidad hemodinámica, falla hepática, falla renal y estado de coma. La ruptura o el infarto esplénico son infrecuentes en la infección por *P. vivax* (50).

El principal desafío que la infección por *P. vivax* plantea, son las recaídas por activación de los hipnozoítos. Estas fases latentes del parásito pueden activarse semanas, meses o incluso años después de la infección inicial. Las cepas más prevalentes de *P. vivax* causan recaídas a las tres semanas del primer paroxismo y posteriormente en intervalos de seis a ocho semanas (50).

Diagnóstico

El paludismo debe sospecharse en el contexto de una enfermedad febril después de una exposición a una zona con transmisión de paludismo (53,54). El diagnóstico puede realizarse mediante un frotis de sangre, la llamada prueba de gota gruesa; o por una prueba rápida de diagnóstico (50).

La visualización microscópica del frotis de sangre teñido con Giemsa es el método más común de diagnóstico. Esta técnica permite además la

identificación de la especie, la cuantificación de la parasitemia y la identificación del estadio en el que se encuentran los parásitos. Cuando se realiza por un microscopista experto, la prueba de gota gruesa tiene un límite de detección de alrededor de 25 parásitos por microlitro (50).

Las pruebas rápidas son sencillas de usar y de interpretar, dado que no necesitan personal especializado en técnicas de laboratorio, sin embargo, las pruebas rápidas tienen un límite inferior de detección de entre 100 y 200 parásitos por microlitro, y no permiten la determinación de parasitemia ni la identificación del estadio del ciclo de vida en el que se encuentra el parásito (55). Actualmente no existen pruebas rápidas específicas para la identificación de *P. malariae*, *P. ovale* ni *P. knowlesi* (56), y existen mutaciones en algunas cepas de *P. falciparum* que generan falsos negativos (57).

En México, la detección microscópica del *Plasmodium spp.* en la gota gruesa y extendido fino de sangre periférica teñida con Giemsa, se considera la prueba de elección, de acuerdo con los lineamientos del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos, el laboratorio nacional de referencia (58).

Tratamiento

El tratamiento del paludismo por una especie distinta a *falciparum* consiste en tratar las formas eritrocitarias. Además, en la infección por *P. vivax* y *P. ovale*, es necesario utilizar un antipalúdico con efecto sobre los hipnozoítos, con el fin de evitar las recaídas. El tratamiento de *P. falciparum* se basa en la terapia combinada con artemisinina (ACT, Artemisinin-based combination therapy) (59).

En el caso de la infección por *P. vivax*, sensible a la cloroquina, como es el caso del que circula en México, se recomienda utilizar este medicamento en combinación con otro antipalúdico para eliminar los hipnozoítos, como la primaquina. Esto se conoce como “cura radical”. Además del tratamiento con cloroquina, la OMS recomienda también el tratamiento con ACT para el paludismo por especies no-

falciparum agregando la primaquina, que también tiene efecto sobre los gametocitos de *falciparum* (60), principalmente para evitar las recaídas en *P. vivax* y *ovale* (59).

En México, el tratamiento está en concordancia con las recomendaciones de la OMS, particularmente el esquema de cura radical, el cual es administrado en la mayoría de los casos por personal de prevención y control, conforme a el programa del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE). La cloroquina es un medicamento de venta libre en el país, con disponibilidad variable en distintas regiones, y se auto administra frecuentemente en zonas con transmisión de paludismo ante la presencia de cuadros febriles.

Epidemiología del paludismo

Situación mundial

De acuerdo con la OMS, se estima que en 2020 se produjeron 14 millones de casos de paludismo y 47,000 defunciones más que en 2019, principalmente debido a las afectaciones a los servicios de salud durante la pandemia de COVID-19. A nivel mundial, hubo 241 millones de casos de paludismo estimados en 2020, en 85 países endémicos, la mayor parte del aumento provino de países de la región de África.

El 96 % de los casos de paludismo a nivel mundial se concentra en 29 países, de los cuales seis de la Región de África (Nigeria, República Democrática del Congo, Uganda, Mozambique, Angola y Burkina Faso) representan alrededor del 55 % de todos los casos a nivel mundial. Por otro lado, en la Región de Asia Sudoriental representa 2 % de la carga de casos a nivel mundial, sin embargo, un sólo país, la India, concentra 83% de los casos de esta región.

En la Región de las Américas, los casos se han reducido un 58 % entre el 2000 y el 2020, sin embargo, el progreso en la región se ha visto afectado en los últimos años por un importante aumento de la incidencia en Venezuela, que llegó a más

de 467,000 casos en 2019 y a 232,000 en 2020. Haití, Honduras, Nicaragua, Panamá y Bolivia presentaron los mayores aumentos en 2020 en comparación con 2019.

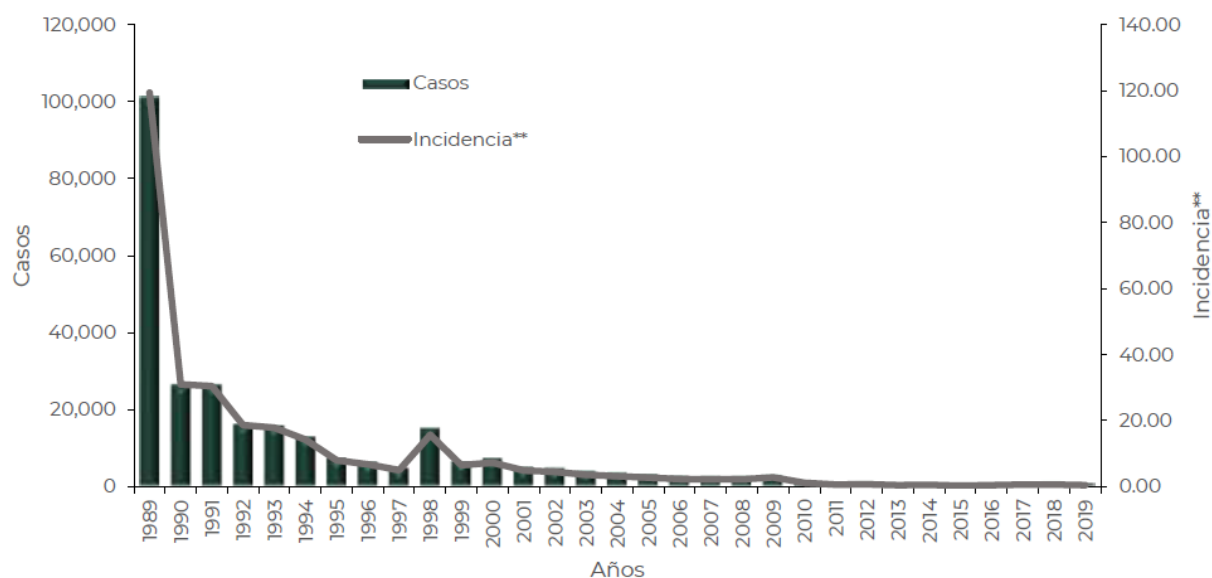
Respecto a las defunciones por paludismo a nivel global, luego de una disminución mantenida desde el año 2000, se presentó un incremento en el 2020 del 12 % en comparación con el 2019, hasta un estimado de 627,000 defunciones. La OMS estima que hasta 47,000 de las defunciones adicionales se debieron a afectaciones en los servicios esenciales de paludismo durante la pandemia de COVID-19.

Aproximadamente 96 % de las defunciones por paludismo a nivel mundial se produjeron en 29 países. Nigeria concentra 27 % de las defunciones en el mundo. En la Región de África, las defunciones se habían reducido un 36 % entre el 2000 y el 2019, antes de aumentar en 2020, con 602,000 defunciones (61). En la Región de las Américas, entre el 2000 y el 2020, las defunciones por paludismo se redujeron en 58 % e incidencia en un 67 %. La mayoría de las defunciones en esta región ocurrieron en adultos (61).

Situación en México

En México, luego de los esfuerzos de combate a la enfermedad durante décadas, el paludismo ha disminuido su incidencia (Gráfico 2), y actualmente los casos se encuentran localizados únicamente en determinados estados del norte y el suroeste del país.

Figura 2. Casos e incidencia de paludismo por *P. vivax*, México, 1989-2019.



Tomado de Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de las enfermedades transmitidas por vector. Secretaría de Salud. 2021

** Incidencia por cada 100,000 habitantes

En 2019, se notificaron 618 casos, de los cuales 66 % corresponden a Chiapas, seguido de Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Quintana Roo, Campeche y Nayarit; reportándose casos en todos los grupos de edad, pero con una mayor afectación en el grupo de cinco a nueve años y de 10 a 14 años, con tasas de 1.02 y 0.70 por 100,000 habitantes, respectivamente (4). Durante el 2021 se notificaron 132 casos en Chiapas (5).

Vigilancia epidemiológica

El objetivo del sistema de vigilancia de paludismo es detectar todas las infecciones por paludismo, sintomáticas o asintomáticas, y asegurar la cura radical oportunamente para evitar la generación de casos secundarios, lo cual puede realizarse en dos fases:

1. Identificar todas las áreas o focos con transmisión local del paludismo; los focos son usualmente identificados primariamente de los reportes de casos confirmados. Cada caso de paludismo debe entonces ser investigado para determinar si es un caso importado o adquirido localmente.

2. Si es detectado un foco de transmisión local, deben ser documentadas las características de la transmisión mediante la conducción de la investigación del foco que dirija las acciones intensificadas de vigilancia, prevención y control (4).

La vigilancia en fase de eliminación debe realizarse con estándares de calidad particularmente elevados, que incluyan:

- La delimitación de la totalidad de áreas palúdicas y la identificación de la totalidad de los focos de transmisión.
- La detección y notificación oportuna de todos los casos y su investigación epidemiológica.
- Confirmación oportuna por laboratorio de todos los casos bajo los estándares establecidos por el órgano normativo.
- Gestión de calidad en el diagnóstico por laboratorio.
- La creación de una base de datos y el uso de sistemas de información geográfica que incluya información de los casos, intervenciones, especies del parásito y distribución del vector (4).

La detección de los casos puede provenir de las unidades médicas públicas o privadas, de la Red de Notificantes Voluntarios o del personal del Programa de Paludismo. A todo caso que cumpla con definición operacional de caso probable se le toma una muestra sanguínea de gota gruesa (4).

Los focos de transmisión se identifican a partir de datos reportados por las unidades médicas del sector público y privado, así como por notificantes voluntarios, como lo estipula la normativa nacional para la vigilancia epidemiológica (62), sin embargo, en zonas donde la población tiene un acceso limitado a las unidades, se aplica la búsqueda intencionada de casos en la comunidad, por lo que el sistema de vigilancia epidemiológica del paludismo tiene componentes tanto de vigilancia pasiva, como de vigilancia activa (4).

La vigilancia pasiva comprende la detección de casos de paludismo entre los pacientes que, por iniciativa propia, demandan atención médica en el sistema de salud nacional. La vigilancia activa es una estrategia que incluye la detección de casos por los trabajadores del programa de paludismo en la comunidad y en grupos de alto riesgo. La detección activa de casos se utiliza principalmente como una forma de llenar vacíos en el sistema de detección pasiva de casos y detectar infecciones de paludismo lo antes posible, en poblaciones que pueden tener un alto riesgo de infección, como los contactos febriles de casos recientes; o inmunidad preexistente que los protegería de cuadros clínicos floridos, como migrantes de países altamente endémicos. La investigación activa es empleada siempre en la investigación de casos y focos, y es particularmente útil para los grupos que pueden ser desatendidos por los servicios de salud existentes (4).

Definiciones operacionales

En México, los casos de paludismo se clasifican de la siguiente manera (4):

Caso probable

Toda persona que resida o provenga de área con antecedente de transmisión de paludismo (en los últimos tres años), y que en el último mes presente o haya presentado fiebre más cefalea, diaforesis y calosfríos.

Caso confirmado

Toda persona en quien se compruebe, mediante métodos parasitológicos o moleculares reconocidos por el InDRE, la presencia de *Plasmodium spp.* en sangre.

Caso descartado

Todo caso probable en quien no se detecta la presencia de *Plasmodium spp.* en sangre, con técnicas de laboratorio reconocidas por el InDRE.

A su vez, los casos confirmados se clasifican en:

Caso autóctono

Todo caso confirmado infectado localmente sin evidencia de importación y sin vínculo directo con la transmisión de un caso importado.

Caso foráneo

Todo caso confirmado detectado por una entidad federativa en la que no existe transmisión activa de paludismo y que, mediante la investigación epidemiológica, se demuestre que la infección se adquirió en otra entidad de la República Mexicana, donde aún persisten focos de transmisión activos.

Caso importado

Caso confirmado en el cual se demuestra por evidencias epidemiológicas y parasitológicas que la infección se adquirió fuera del país.

Cada uno de estos casos, a su vez puede subclasificarse en:

Caso índice

Caso cuyas características epidemiológicas desencadenan una detección activa de otros casos. El término "caso índice" también se utiliza para designar el caso que originó la infección de uno o varios casos introducidos.

Caso inducido

Caso confirmado en el que el origen se atribuye a una transfusión de sangre u otra forma de inoculación parenteral del parásito, pero no a la transmisión por un mosquito.

Caso introducido

Caso confirmado infectado localmente, con evidencia epidemiológica que lo vincula directamente a un caso importado (transmisión local de primera generación y segunda generación).

Recaída

Reanudación de la manifestación de una infección por *P. vivax* o *P. ovale*, surgida después de una latencia temporal de la activación de los hipnozoítos, en un periodo de dos meses hasta tres años. Es decir, se trata de un caso confirmado de paludismo por la activación de hipnozoítos contraídos previamente.

Recrudescencia

Reaparición de parasitemia de formas asexuadas después de un tratamiento antipalúdico, debido a la eliminación incompleta de formas eritrocíticas asexuadas con el mismo o las mismas especies que causaron la enfermedad original.

Las intervenciones durante los programas de pre-eliminación y eliminación están basadas en el concepto de foco de paludismo, asumiendo que la transmisión está focalizada y no homogéneamente diseminada a través del país.

Foco palúdico

Área definida y circunscrita situada en una zona actual o anteriormente palúdica, y que presenta los factores epidemiológicos y ecológicos necesarios para la transmisión del paludismo. El foco no es necesariamente una localidad, debe ser un lugar específico que cumple con los elementos necesarios para que se dé la transmisión, puede abarcar una localidad, un fragmento de esta, o más de una localidad, incluso una casa con una sola familia puede constituir un foco, siempre que sea separada de las localidades vecinas por distancia o barreras físicas (4).

De acuerdo con el Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Vector, de la Dirección General de Epidemiología, en México los focos palúdicos se clasifican en:

Tabla 1. Clasificación de los focos palúdicos.

Tipo de foco	Definición	Criterios operativos
Activo	Con transmisión en curso	Detección de casos adquiridos localmente en los últimos 12 meses
Residual	Transmisión interrumpida recientemente (de uno a tres años)	El último caso adquirido localmente se detectó en el año previo o hasta tres años atrás
Eliminado	Sin transmisión local por más de tres años	No ha existido ningún caso adquirido localmente por más de tres años, sólo casos importados, recrudescencias, recaídas o casos inducidos.

Eliminación del paludismo

La OMS define los niveles de control de paludismo como:

- Control: Reducción de la carga de enfermedad a un nivel en el que ya no represente un problema de salud pública.
- Eliminación: Interrupción en todo el país de la transmisión local. Para que un país obtenga la certificación de la eliminación del paludismo es necesario que se interrumpa la transmisión local por todos los parásitos del paludismo humano.
- Erradicación: Reducción permanente a cero casos de la incidencia del paludismo a nivel mundial por todas las especies de parásitos.

El propósito de la fase de eliminación es detener la transmisión local del paludismo, en contraste con la fase de control cuyo objetivo es reducir el número de casos a niveles bajos, pero no necesariamente interrumpir la transmisión.

Zonas palúdicas de Chiapas

Panorama

El estado de Chiapas se divide en 15 regiones económicas. Hasta el cierre del 2021, los focos palúdicos de la entidad se concentraban en las regiones económicas de Altos Tsotsil-Tseltal y Selva Lacandona, principalmente en los municipios de Ocosingo, Pantelhó, Chalchihuitán, Chenalhó y San Juan Cancuc (5).

Los Altos de Chiapas incluye 17 municipios: Aldama, Amatenango del Valle, Chalchihuitán, Chamula, Chanal, Chenalhó, Huixtán, San Andrés Larráinzar, Mitontic, Oxchuc, Pantelhó, San Cristóbal de las Casas, San Juan Cancuc, Santiago el Pinar, Tenejapa, Teopisca y Zinacantán.

Geografía

La región de Los Altos de Chiapas se ubica en la cadena montañosa central que se eleva hacia el sureste desde el valle del río Grijalva. Ésta es básicamente una elevación de piedra caliza atravesada por formaciones volcánicas extintas, como los cerros Huitepec y Tzontehuitz (63).

El clima de la región alteña se divide en dos épocas: la de secas, que inicia en noviembre para concluir en mayo, y la de lluvias, que comienza a fines de mayo o principios de junio hasta fines de octubre. La temperatura media anual es de 20°C para las tierras templadas con una altura entre los 800 y 1,550 msnm. Las tierras frías, ubicadas por encima de los 1,500 msnm, cuentan con una temperatura media anual que va de 12 a 15°C, con una precipitación de alrededor de 1,250 mm anuales. La mayor parte del territorio tiene un clima templado húmedo (64).

Composición étnica

Los tsotsiles y los tseltales son dos grupos mayenses emparentados entre sí que, junto con los tojolabales, habitan la región de Los Altos de Chiapas y algunos municipios del área colindante. El territorio tradicional tsotsil se encuentra al noroeste y suroeste de la ciudad de San Cristóbal de las Casas. El tsotsil se habla

en las comunidades de El Bosque, Chalchihuitán, Chamula, Chenalhó, Huixtán, Mitontic, Zinacantán, Larráinzar, Pantelhó, Huitiupán, Simojovel de Allende, Totolapa, Jitotol, Pueblo Nuevo Solistahuacán, Bochil, Ixhuatán, Soyaló, Venustiano Carranza, Ixtapa, Teopisca y San Cristóbal de Las Casas (64).

El tradicional territorio tseltal se encuentra al noreste y sureste de la ciudad de San Cristóbal de las Casas y abarca los municipios de San Juan Cancuc, Chanal, Oxchuc, Tenejapa y Altamirano; hacia el norte: Sitalá, Socoltenango, Yajalón, Chilón, Ocosingo, Amatenango del Valle y Aguacatenango hacia el sur.

A partir de la década de los años cincuenta, tseltales y tsotsiles de Los Altos empezaron a colonizar la Selva Lacandona en busca de tierra, por lo que su territorio se ha expandido notablemente. Si bien, en la Selva Lacandona habitan otros grupos indígenas, los lacandones, las zonas con transmisión de paludismo que se encuentran dentro de la Región Selva Lacandona corresponden a territorio donde habitan los tsotsiles, tseltales, choles, tojolobales y zoques.

En la región central de Los Altos, la población indígena alcanza entre el 70 y 100 % en la composición étnica municipal. La población mestiza de la región, llamados caxlanes por los indígenas, se concentra sobre todo en la ciudad de San Cristóbal de las Casas y en algunas cabeceras municipales de otras poblaciones como Teopisca, Altamirano y Ocosingo.

En las tierras altas, los tsotsiles y los tseltales se establecen en caseríos dispersos dentro de un municipio cuya cabecera municipal es un centro administrativo y ceremonial. En éste se encuentra el cabildo, la iglesia y las casas habitadas por los funcionarios de la jerarquía político-religiosa. Como excepción, Amatenango del Valle y Aguacatenango, pueblos tseltales, tienen un patrón de asentamiento compacto. El tradicional territorio tsotsil colinda al oriente con los tseltales, al norte con los choles y los zoques y con estos últimos al oeste; en cambio, los tseltales limitan al este con los tsotsiles, al noroeste con los choles y al sureste con los tojolobales (64).

Etnografía

Entre los tsotsiles y tseltales la enfermedad se considera un castigo por la trasgresión de las pautas sociales tradicionales. Existen enfermedades naturales y sobrenaturales, las primeras son aquellas que no causan un gran sufrimiento o incapacidad, mientras que las sobrenaturales son más graves y son consideradas castigos aplicados por los dueños del cielo, de la tierra, de los lugares sagrados y por los santos católicos (64).

Hay tres tipos de especialistas entre los tsotsiles: el *ts'ak bak* que cura la carne y el hueso; el *'ilo'* que se ocupa del tratamiento de la carne y el hueso mediante la curación del espíritu, se enfrenta a enfermedades sobrenaturales, enfermedades del espíritu y hechicería, y diagnostica la enfermedad tomando el pulso del paciente; y el *me'santo*, que practica rituales de la antigua religión maya (64).

En las comunidades el maíz absorbe prácticamente todo el trabajo, los campos se cultivan mediante la técnica de la tumba, roza y quema, y éstos se preparan para la siembra a fines de invierno y durante la primavera. La siembra se efectúa antes o a principios de las lluvias de mayo, y el maíz se cosecha en el otoño o a principios del invierno. Debido a la escasez de tierras cultivables, los indígenas de Los Altos emigran temporalmente para alquilarse como peones en las fincas cafetaleras del Soconusco o en las fincas ganaderas (64). Este movimiento puede ocasionar también la diseminación del parásito causante del paludismo desde las zonas con circulación en Los Altos a otras donde existe el vector. Además, en los cafetales trabajan también inmigrantes provenientes de Sudamérica, que pueden estar infectados de *Plasmodium*, incluyendo otras especies distintas a *P. vivax*, que circulan en otros países.

Pobreza y rezago social

Históricamente, la pobreza en México se ha concentrado en algunas entidades, sobre todo en las que conforman la región Sur-Sureste del país. En particular, el estado de Chiapas registra elevados índices de pobreza y marginación, así como de analfabetismo y desnutrición infantil, muy por encima del promedio nacional

(65). De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en el 2020, 75.5 % de la población del estado vive en pobreza y el 29 % en pobreza extrema. El 32.5 % de la población presenta rezago educativo, 37.1 % de la población tiene acceso a los servicios de salud y sólo 24.5 % tiene acceso a alimentación nutritiva y de calidad (66).

Conflictos sociales

La región de Los Altos ha sido históricamente una de frecuente conflicto, desde los años de la Conquista han existido frecuentes levantamientos indígenas, principalmente por parte del grupo étnico de los chamulas y posteriormente de los tsotsiles (67).

Durante la década de 1980 comenzó a gestarse un movimiento en Los Altos de Chiapas, con la influencia de las Fuerzas de Liberación Nacional, una organización socialista clandestina; así como de catequistas radicales de la diócesis de San Cristóbal, organizando a los indígenas y formando una estructura guerrillera, el Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN) (68).

El primero de enero de 1994, el EZLN tomó las cabeceras municipales de San Cristóbal de las Casas, Altamirano, Las Margaritas, Ocosingo y Chanal. Después de días de combate contra el ejército, el gobierno federal ordenó el cese al fuego y comenzaron los primeros intentos de diálogo, las negociaciones y diálogos culminaron en 1996 con la firma de los Acuerdos de San Andrés.

Luego del levantamiento armado, los zapatistas propusieron formas de organización en la región de Los Altos, inicialmente los llamados Aguascalientes, espacios de encuentro político y cultural. También se conformaron pequeños territorios bajo control de las bases de apoyo zapatista a los que se les denominó Municipios Autónomos Rebeldes Zapatistas (MAREZ).

En 2003, en el Aguascalientes de Oventic, se acordaron nuevas formas de organización, los Caracoles y las Juntas de Buen Gobierno. Los Caracoles

reemplazaron a los antiguos Aguascalientes, con una conformación de entre cuatro y ocho MAREZ, consolidando así el autogobierno en Los Altos de Chiapas. Actualmente, el territorio zapatista está dividido en cinco regiones, cada una con un centro de gobierno autónomo, el Caracol. A su vez, los Caracoles son sedes de las Juntas de Buen Gobierno.

Sistema de salud

La infraestructura pública de salud en Chiapas está integrada por 1,902 establecimientos de salud que otorgan consulta externa y 153 establecimientos de hospitalización (69). Si bien, existe presencia del Sistema Nacional de Salud en los territorios tsotsiles y tseltales, con una especial penetración comunitaria por parte del antiguo programa IMSS-COPLAMAR, las condiciones de autogobierno han fomentado un sistema de salud paralelo, con gran apoyo de Universidades, Organizaciones No Gubernamentales y agencias humanitarias, pero organizado totalmente por las formas de autogobierno indígenas-zapatistas.

Cuando en 1994 el EZLN se levanta en armas, ya contaba entre sus bases con promotores de salud, quienes se hacen responsables de la atención asistencial de la población dado que a partir de ese momento deja de ser tolerada la presencia de cualquier elemento del Estado mexicano, incluyendo la Secretaría de Salud (12).

En diversas declaraciones zapatistas se ha ido construyendo la idea de salud y de la política sanitaria a seguir en los territorios autónomos, para los zapatistas la salud se constituye como un “derecho de todas y todos” concebido “como el bienestar del pueblo y el individuo, que contenga la capacidad y motivación para todo tipo de actividad, sea social o política” (12).

El Sistema de Salud Autónomo Zapatista se encuentra inmerso en la estructura política del movimiento, se basa en pequeñas redes de salud constituidas por Casas de Salud Comunitarias, construidas por las mismas comunidades y atendidas por personal de las localidades, como promotores de salud,

vacunadores y promotoras de salud reproductiva. Les siguen las Clínicas Regionales Autónomas, apoyadas por personal médico, en algunos casos apoyados por médicos de Universidades, o bien, contratados, y cuya función es resolver lo posible o derivar a un segundo nivel, en cuyo caso, se recurre al Sistema Nacional de Salud (12).

Las actividades que se realizan se orientan tanto a lo asistencial como a lo preventivo. En general se trata de consulta externa a pacientes, derivando algunos de estos a programas más específicos, como el caso de salud reproductiva, salud dental, control de peso y talla a menores de 5 años, control prenatal, hipertensión y diabetes. En los últimos años se ha venido dando un proceso de acercamiento y acompañamiento con las parteras, quienes finalmente son las responsables del 90 % de la atención de los partos en la gran mayoría de comunidades rurales. De acuerdo con un informe comisionado por la OMS, se tenía registro de cerca de 200 Casas de Salud Comunitarias, 25 Clínicas Regionales Autónomas y una Clínica Central (12).

Epidemiología espacial

La epidemiología espacial se define como la descripción y el análisis de las variaciones geográficas de una enfermedad, u otro evento de salud, respecto a factores demográficos, ambientales, conductuales, socioeconómicos, genéticos o infecciosos (70).

La epidemiología espacial se remonta a los mapas de enfermedades en el siglo XIX, como los que John Snow realizó durante sus investigaciones de las epidemias de cólera en Londres (71). Posteriormente los análisis fueron aumentando en complejidad y utilidad, con herramientas como los sistemas de información geográficos (SIG), los sistemas de posicionamiento global (global positioning systems, GPS), entre otros, los cuales han permitido análisis más sofisticados en una gran variedad de fenómenos de salud, como el mapeo de enfermedades o de coberturas de vacunación (70).

Epidemiología espacial del paludismo

Debido a su estrecha relación con elementos ambientales y geográficos, el análisis epidemiológico espacial se ha usado extensamente para el estudio de las enfermedades transmitidas por vector (3,43,72). El componente espacial del paludismo, es decir, la localización de los casos en relación con elementos específicos del ambiente y su relevancia para la transmisión de la enfermedad se ha reconocido ampliamente (73,74).

El paludismo tiene una asociación intensa con la localización, la enfermedad se encuentra concentrada alrededor de los criaderos de mosquitos y sólo puede ser transmitida hasta distancias determinadas; dependiendo la especie y si se ha alimentado, su rango de vuelo puede ser de entre tres y nueve kilómetros (75). En segundo lugar, existe una marcada agrupación de personas infectadas en sitios particulares, por lo general en los hogares. En localidades de baja endemicidad, el nivel de riesgo de paludismo o la incidencia de casos puede variar ampliamente entre los hogares porque las características específicas de las casas y su ubicación afecta el contacto entre humanos y vectores (76).

Un conocimiento preciso de la distribución del paludismo en el espacio permite focalizar las intervenciones en las zonas con mayor transmisión, esta focalización sólo es posible si se identifican de manera precisa los conglomerados de casos con las herramientas diagnósticas disponibles actualmente (72).

Conglomerados

Un concepto esencial dentro de la epidemiología espacial es el de *cluster*, que puede traducirse como grupo o conglomerado, y se trata de una concentración de eventos de salud en el espacio y el tiempo. Ya sea que el análisis de conglomerados resulte confirmatorio, verificando que existe un conglomerado percibido; o bien, exploratorio, en cuyo caso se utiliza para buscar patrones (77,78).

Un conglomerado de determinada enfermedad dentro de ciudades o comunidades refleja factores localizados, como fuentes puntuales de contaminación ambiental. Por el contrario, tasas elevadas de enfermedad para estados o regiones completas se asocian con factores regionales como el clima, la cultura, la política y la legislación (78).

Uno de los principales problemas al analizar conglomerados es que las áreas pueden diferir en el tamaño de la población en riesgo, por lo que las tasas calculadas para estas áreas tendrán diferentes grados de variabilidad. Para áreas con una población en riesgo pequeña una diferencia de uno o dos casos reflejará una variación mucho más importante en la incidencia. A esto se le conoce como el problema de los números pequeños (78).

El término *hotspot* se encuentra traducido en la literatura de epidemiología de enfermedades infecciosas como “punto caliente” o “zona caliente” y hace referencia a conglomerados espaciales de valores altos del fenómeno en estudio. Los *hotspots* se han descrito como áreas de elevada incidencia o de elevada prevalencia, zonas con más alta transmisión o de alto riesgo para adquirir determinada enfermedad. El uso más frecuente en epidemiología es el de áreas con una elevada carga de enfermedad o con una eficiencia aumentada de transmisión. En contraposición, un conglomerado de valores bajos se conoce como *coldspot* (78).

Métodos para la identificación de conglomerados

Los métodos para la detección de conglomerados pueden dividirse en tres grupos: los métodos globales, aquellos que buscan aglomeraciones en toda el área de estudio; los métodos locales, aquellos que buscan conglomerados localizados; y los métodos focalizados, aquellos que evalúan los conglomerados alrededor de una fuente puntual (78).

Desde la perspectiva de los SIG, existen métodos basados en campos, que escanean una región buscando identificar un campo de datos que evidencien

aglomeración. Los métodos basados en objetos buscan conglomerados agrupando casos de enfermedad cercanos y luego evaluando si los casos agrupados representan un conglomerado espacial estadísticamente significativo (78).

La identificación de conglomerados depende de pesos espaciales que describen la proximidad de las áreas vecinas o de los eventos de salud. Un peso espacial es un valor numérico que conforme es mayor indica una proximidad geográfica también mayor (78).

Al usar datos relacionados con salud, los pesos espaciales suelen definirse por contigüidad, también llamada adyacencia, esto es, si las áreas comparten o no un límite. Si las áreas i y j limitan entre sí se les consideran contiguas y se les asigna un peso espacial igual a uno ($w_{ij} = 1$). A las áreas que no son contiguas se les asigna un peso espacial de cero (78).

La contigüidad se puede observar directamente en áreas que se representan como polígonos; en el caso de los puntos, se pueden realizar polígonos de Voronoi a partir de los puntos para determinar los límites que demarcan el área que está más cerca de un punto particular que a cualquier otro punto (78).

Autocorrelación espacial

La autocorrelación espacial se refiere a un análisis que mide la variabilidad de un fenómeno en el espacio, con el fin de comprobar la presencia de patrones espaciales, específicamente la dependencia espacial entre áreas vecinas (77).

La autocorrelación espacial refleja el grado en que los objetos o actividades en una unidad geográfica son similares a otros objetos o actividades en unidades geográficas próximas (79), es decir, una comprobación de la llamada primera ley de la geografía de Tobler que indica que “todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes” (80).

Getis, menciona que la autocorrelación puede verse como un caso especial de correlación, mientras que las estadísticas de correlación se aplican para mostrar las relaciones entre variables, las estadísticas de autocorrelación muestran la correlación dentro de las variables a través del espacio (77).

A partir de estos conceptos se deriva el de dependencia espacial que implica que el valor de la variable dependiente en una unidad espacial es parcialmente función del valor de la misma variable en unidades vecinas.

Diferentes índices se han desarrollado para medir la autocorrelación espacial, siendo uno de los más importantes el índice de Moran, desarrollado en 1950 por Alfred Pierce Moran. Es análogo al coeficiente de correlación entre dos variables, de hecho, la I de Moran es esencialmente el coeficiente de correlación de Pearson con una matriz de pesos. El resultado va de -1 a 1, en donde un valor menor a 0 indica una autocorrelación negativa, mientras que cuanto más se acerque el valor a 1, más alta es la asociación. La fórmula de la I de Moran es:

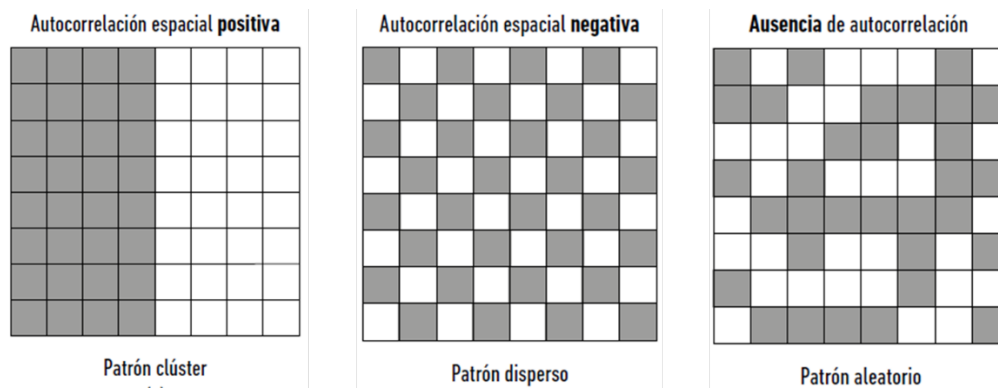
$$I = \frac{N \sum_i \sum_j \omega_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

En la mayoría de los análisis de autocorrelación espacial se consideran las relaciones de vecinos próximos. Si se piensa que las áreas espacialmente referenciadas son cuadradas, habrá al menos cuatro vecinos que comparten un borde en cada lado del cuadrado, pero si se consideran también los puntos que limitan con los vértices podría haber ocho datos espaciales para cada observación. Cuando se tienen en cuenta cuatro elementos que comparten borde se habla de contigüidad tipo Torre, mientras que cuando se toman los ocho elementos, es decir, se incluyen los vecinos de los vértices, se habla de contigüidad tipo Reina, correspondiendo a los movimientos que hacen las piezas homónimas en un tablero de ajedrez (77).

Como se observa en la Figura 3, la autocorrelación positiva demuestra dependencia espacial y, por tanto, agrupación de localidades con valores

similares, indicando que las tasas de la enfermedad son elevadas por condiciones propias de las localidades y no por aleatoriedad (81).

Figura 3. Patrones espaciales y su relación con la autocorrelación espacial.



Tomado de Siabato y Guzmán-Manrique, La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa, 2018.

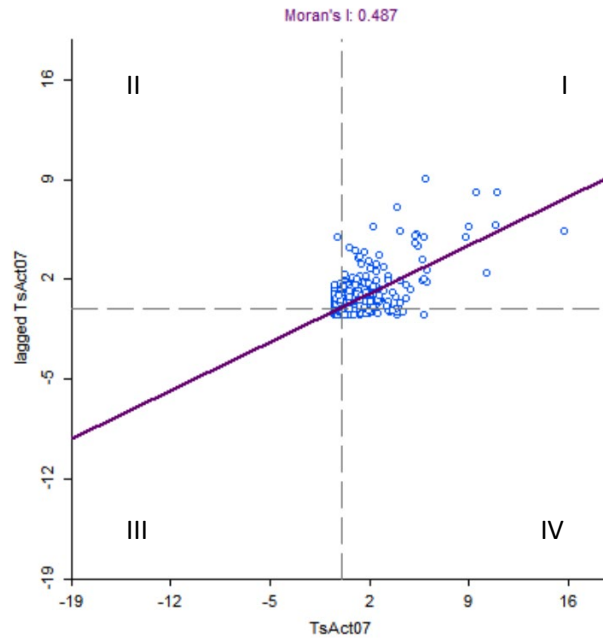
El estadístico de indicadores locales de autocorrelación espacial (*Local Indicators of Spatial Autocorrelation*, LISA) descompone la I de Moran y verifica en cuánto contribuye cada unidad espacial a la formación del valor general. Valores LISA cercanos a cero indican poca o nula asociación estadística entre valores vecinos. Valores LISA positivos representan una concentración espacial de valores similares, aplicado al estudio de enfermedades representarán altas tasas o incidencias, es decir, *hotspots*. Los indicadores locales son de mucha utilidad pues los índices globales no suelen ser sensibles a escenarios en los que se presenta heterogeneidad en el comportamiento del fenómeno geográfico (77).

Cada análisis da como resultado un diagrama de dispersión como el de la Figura 4. En el cuadrante I se identifican las unidades espaciales con valores superiores a la media y que cuentan con vecinos con valores altos, es decir aquellas localidades que en el mapa son representadas por el color rojo y se identifican como una situación alto-alto, es decir, los conglomerados o *hotspots*.

La situación inversa se registra en el cuadrante III (situación bajo-bajo). Ambos cuadrantes permiten detectar los conglomerados o agrupamientos de unidades espaciales con valores similares a los de sus vecinos. En contraparte, los *outliers*

espaciales responden a contextos mixtos, es decir, unidades espaciales con valores bajos, pero con vecinos que registran valores altos, o viceversa, en los cuadrantes IV y II.

Figura 4. Ejemplo de un gráfico de dispersión de Moran.



Por tanto, los distintos patrones que el análisis puede dar como resultado son:
Alto-alto: áreas con valores altos rodeadas por áreas con valores altos, *hotspots*.
Alto-bajo: áreas con valores altos rodeadas por áreas con valores bajos.
Bajo-alto: áreas con valores bajos rodeadas por áreas con valores altos.
Bajo-bajo: áreas con valores bajos rodeadas por áreas con valores bajos, *coldspots*.

Justificación

En el documento *Eliminating Malaria* de la OMS, se considera a México como uno de los países de la Región de las Américas con el potencial para eliminar la transmisión local del paludismo (82). La OMS exhorta a todas las naciones a trabajar, en el marco de la Estrategia Técnica Mundial contra la Malaria, para eliminar de sus territorios la transmisión local del paludismo y fortalecer los sistemas de vigilancia para, una vez eliminada, identificar oportunamente casos importados y evitar el restablecimiento de la transmisión. Las intervenciones específicas deben basarse en la estratificación de intensidad de transmisión y las características epidemiológicas, ecológicas y sociales de la zona en concreto (83).

La conformación tradicional de focos puede resultar insuficiente en contextos de transmisión reducida y heterogénea, por lo que herramientas de análisis espacial local pueden ayudar a integrar las verdaderas zonas de transmisión y lograr mejores intervenciones, tomando en cuenta los elementos estructurales que favorecen la transmisión.

Modelos matemáticos han mostrado que la focalización de las intervenciones de control mediante la identificación de *hotspots* logrará un mayor impacto para la reducción de la transmisión del paludismo que utilizar la misma cantidad de recursos para realizar acciones no dirigidas (72).

Objetivos

General:

- Analizar el patrón de distribución espacial de los casos de paludismo activos en Chiapas en el periodo 2016-2021 y su relación con características demográficas, epidemiológicas y sociales.

Específicos:

- Georreferenciar los casos de paludismo en el estado.
- Describir la frecuencia y distribución de la enfermedad en los focos palúdicos activos a partir de datos históricos.
- Describir y georreferenciar las características demográficas y sociales de las áreas con transmisión de paludismo.
- Identificar patrones espaciales de asociación entre los casos de paludismo y las características demográficas y sociales.

Metodología

Diseño

Estudio ecológico, observacional, transversal, analítico, en el que se realizó georreferenciación de los indicadores de autocorrelación espacial, utilizando como unidad de análisis la localidad de residencia en el estado de Chiapas en el periodo 2016-2021.

Fuente de datos

La información epidemiológica se obtuvo a partir de las bases de datos de la Dirección de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmisibles de la Dirección General de Epidemiología, para el periodo 2016 a 2021. La información de determinantes sociales se obtuvo del índice de rezago social del CONEVAL, el cual es una medida ponderada que resume cuatro indicadores de carencias sociales: educación, salud, servicios básicos y calidad y espacios en la vivienda, en un solo índice. A partir del índice de rezago social se genera la clasificación de los cinco grados de rezago social: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

La información geográfica corresponde a la topografía del Marco Geoestadístico 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. La información relacionada con especies de mosquitos y cuerpos de agua, utilizada en la sección descriptiva de los resultados, se obtuvo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Las tasas de paludismo no pudieron ser obtenidas dada la inconsistencia en los datos de las localidades en el tiempo. Distintas localidades aparecen y desaparecen de los registros de INEGI y CONAPO dado que son abandonadas o en el caso de otras son de nueva creación, lo que implicaba que no se tenía acceso a las proyecciones de población para generar tasas, por lo que se optó por usar el número de casos totales registrados en cada localidad.

Muestreo

Se utilizaron todos los casos confirmados identificados por el sistema de vigilancia epidemiológica de paludismo de la Dirección General de Epidemiología entre el 2016 y el 2021.

Análisis

Se aplicó la técnica de autocorrelación espacial a los casos de paludismo en dos periodos de tres años, con el fin de contar con datos más consistentes y disminuir posibles oscilaciones atendiendo el problema de los números pequeños. Se aplicó una autocorrelación espacial bivariada entre los casos de paludismo y el índice de rezago social (IRS) para cada uno de los dos periodos, así como a sus componentes desagregados uno a uno. Para este análisis se utilizó el software abierto QGIS 3.30.2.

El IRS del 2020 fue utilizado para el análisis del periodo 2019-2021, dado que este índice está disponible por localidad. Sin embargo, para el análisis del periodo 2016-2018, fue necesario generar un promedio que sirviera como IRS por localidad, dado que en año 2015 los datos de CONEVAL fueron desagregados sólo hasta el nivel municipal. Por tanto, se generó un promedio entre el IRS por

localidad de 2010 y el IRS por municipio de 2015, este promedio se asignó a cada localidad y en adelante se denominará IRSp 2015.

La evaluación de la dependencia espacial se realizó mediante la autocorrelación espacial. Se obtuvo el índice de Moran local univariado para los casos del periodo 2016-2018 y para los casos del periodo 2019-2021. Además, se obtuvo el índice de Moran local bivariado entre los casos para el periodo 2016-2018 y el IRSp 2015, así como para cada uno de los elementos que lo integran:

- Población \geq 15 años analfabeta
- Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
- Población \geq 15 años con educación básica incompleta
- Población sin derechohabiencia a servicios de salud
- Viviendas con piso de tierra
- Viviendas sin sanitario
- Viviendas sin agua entubada
- Viviendas sin drenaje
- Viviendas sin energía eléctrica
- Viviendas sin lavadora
- Viviendas sin refrigerador

Lo mismo se realizó para los casos del periodo 2019-2021 con el IRS 2020 y cada uno de sus componentes. A partir de la autocorrelación espacial, se obtuvieron los LISA para cada una de las localidades. En el análisis se utilizó una matriz de pesos tipo Reina, con contigüidad de primer orden. El nivel de correlación y significancia se identificó por medio del índice de Moran, localizando grupos de localidades que comparten vecindad geográfica y al mismo tiempo valores similares tanto en los casos de paludismo como en el resto de variables.

Dado que no se analizó la transmisión activa para definirla como una zona caliente de transmisión, sino zonas que comparten valores altos con sus vecinos, en el presente trabajo se utiliza el término *hotspot* para las áreas con dependencia espacial entre valores altos tanto de los componentes del IRS como

de casos confirmados de paludismo. Los casos confirmados de paludismo son obtenidos del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmitidas por Vector y fueron diagnosticados mediante la técnica de gota gruesa.

Ya que las unidades espaciales utilizadas fueron las localidades, fue necesario crear polígonos a fin de contar con una unidad que permitiera identificar vecinos. De manera convencional, las localidades son representadas en los SIG como puntos, por lo que para la creación de polígonos se utilizaron polígonos de Voronoi.

Los polígonos de Voronoi son un diagrama que permite construir una partición del plano euclídeo. Se crearon polígonos a partir de las localidades que habían presentado casos de paludismo en el periodo de estudio, así como de sus vecinos, dado que los valores en las unidades vecinas son necesarios para determinar la dependencia espacial. Mediante esta técnica fue posible obtener una representación poligonal de las localidades de estudio. Para esta técnica se utilizó el software abierto GeoDa 1.18.

Operacionalización de las variables

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

Variable	Definición	Escala	Valores o categorías	Fuente	Año
Casos de paludismo	Casos de paludismo por localidad	Cuantitativa continua	0...999999999	DGE	2016-2021
Municipio de residencia	Municipio en el que el caso habita.	Cualitativa nominal	Municipios del marco geoestadístico	DGE	2016-2021
Localidad de residencia	Localidad en la que la persona habita.	Cualitativa nominal	Localidades del marco geoestadístico	DGE	2016-2021
Índice de rezago social	Indicador de las carencias educativas, de acceso a servicios de salud, básicos de vivienda y espacios.	Cuantitativa continua	-99999...99999	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Grado de rezago social	Clasificación de unidades geográficas a partir del índice de rezago social	Cualitativa ordinal	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy alto	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Población de 15 años o más analfabeta	Porcentaje de la población de 15 años o más que no sabe leer ni escribir.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	Porcentaje de la población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Población de 15 años con educación básica incompleta	Porcentaje de la población de 15 años o más que no concluyeron la educación básica.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Población sin derechohabiencia a servicios de salud	Total de personas que no están afiliados a ningún	Cuantitativa continua	0...999999999	CONEVAL	2010, 2015 y 2020

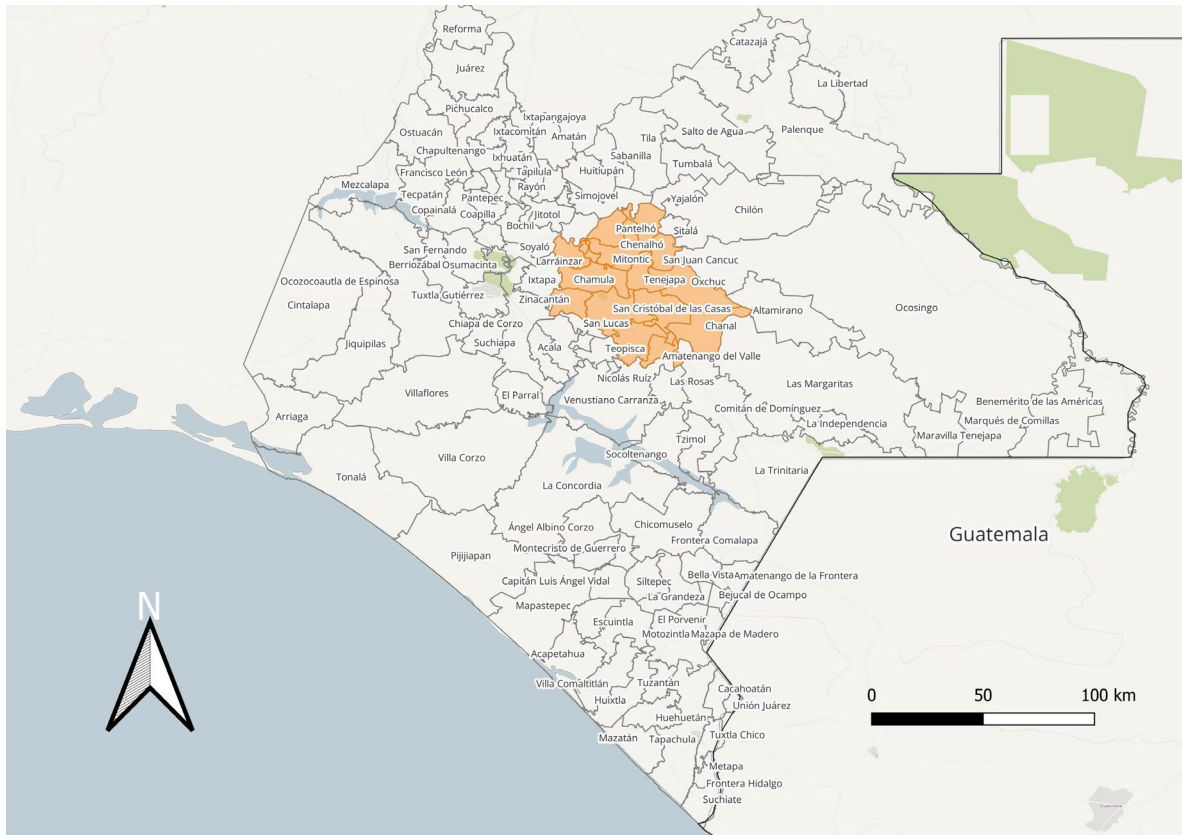
	sistema de seguridad social.				
Viviendas con piso de tierra	Porcentaje de viviendas en la localidad que presentan piso de tierra.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Viviendas sin sanitario	Porcentaje de viviendas en la localidad que no cuentan con sanitario.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública	Porcentaje de viviendas en la localidad que no disponen de agua entubada de la red pública.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Viviendas que no disponen de drenaje	Porcentaje de viviendas en la localidad que no disponen de drenaje.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Viviendas que no disponen de energía eléctrica	Porcentaje de viviendas en la localidad que no disponen de energía eléctrica.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Viviendas que no disponen de lavadora	Porcentaje de viviendas en la localidad que no disponen de lavadora.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020
Viviendas que no disponen de refrigerador	Porcentaje de viviendas en la localidad que no disponen de refrigerador.	Cuantitativa continua	0...100 %	CONEVAL	2010, 2015 y 2020

Resultados

Elementos ecológicos de la transmisión del paludismo en el área de estudio

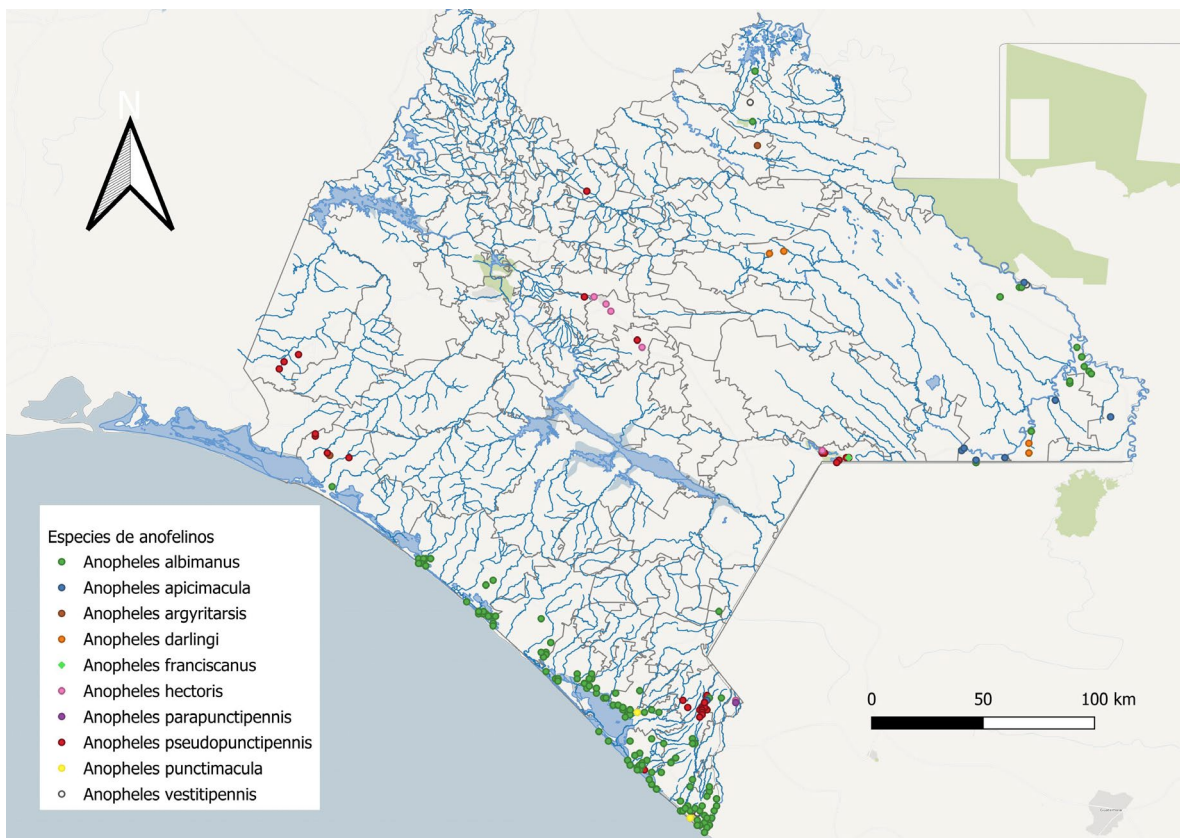
El estado de Chiapas y sus municipios se representan en el mapa 1, sirva como base para la identificación de la división política de la entidad en los siguientes mapas, puesto que, por motivos de visualización, no se presenta el nombre de los municipios en cada uno de ellos. De particular importancia para el análisis será la zona norte-central, es decir, la región económica Altos Tsotsil-Tzeltal, resaltada en color naranja en este mapa.

Mapa 1. Ubicación de la región Altos Tsotsil-Tzeltal en el estado de Chiapas.



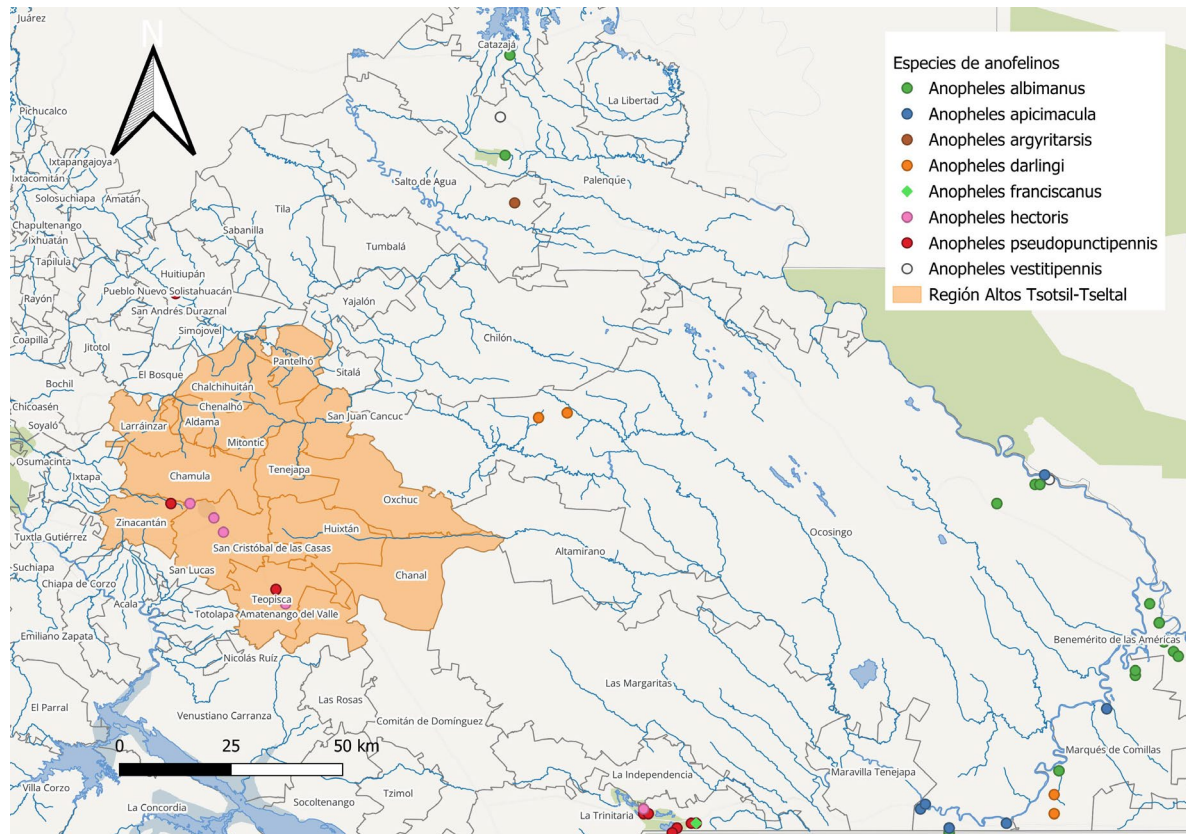
El mapa 2 muestra las distintas especies de mosquitos anofelinos que se han identificado en Chiapas por parte de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). De igual manera, se representan los ríos, arroyos y cuerpos de agua. Estos elementos: los mosquitos y los cuerpos de agua, representan el componente ecológico necesario para la transmisión del paludismo.

Mapa 2. Especies de anofelinos y cuerpos de agua en el estado de Chiapas.



En el mapa 3, se muestra un acercamiento de estos mismos elementos en el área de mayor incidencia de casos de paludismo, la región de Los Altos, donde se han identificado *A. albimanus*, *A. darlingi* y *A. pseudopunctipennis*, que destacan por su efectividad como vectores. También se reporta identificación de *A. hectoris*.

Mapa 3. Especies de anofelinos y cuerpos de agua en la zona norte de Chiapas y región Altos Tsotsil-Tzeltal.



Características de la población

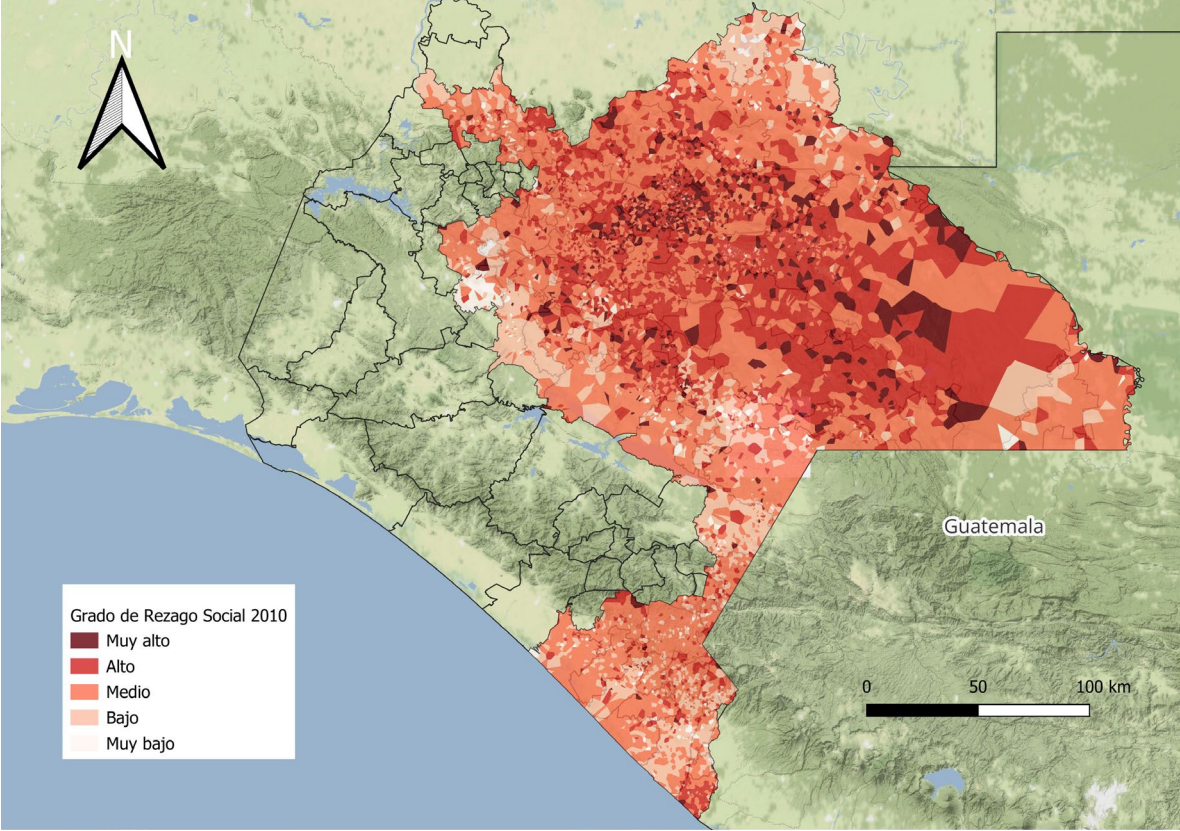
Se identificaron inicialmente un total de 1,980 casos en las bases de datos de la Dirección General de Epidemiología. 458 localidades de la entidad registraron al menos un caso de paludismo entre los años 2016 y 2021. El análisis incluyó 12,123 localidades, pues se incluyen las localidades con casos y las localidades vecinas de estas.

Dado que muchas localidades pequeñas son abandonadas, estas aparecen y desaparecen de los registros, a pesar de las herramientas de trazabilidad del INEGI, diez localidades de la base datos de paludismo no pudieron ser georreferenciadas y no se incluyeron en el análisis, estas localidades presentaron en su conjunto 19 casos de paludismo entre 2016 y 2021. Tras esta pérdida de datos se utilizó un total de 1,961 casos de paludismo confirmados, 1,207 registrados en el periodo 2016-2018 y 754 en el periodo 2019-2021.

Como ya se ha mencionado, las localidades con casos de paludismo son muchas de las más pobres en el país. El porcentaje de pobreza en Chiapas es 34.5 puntos porcentuales mayor que el porcentaje nacional (Chiapas 76.4 %, México 41.9 %). En 2018, el 94 % de la población en Chiapas estaba en situación de pobreza o de vulnerabilidad por carencias o ingresos (84).

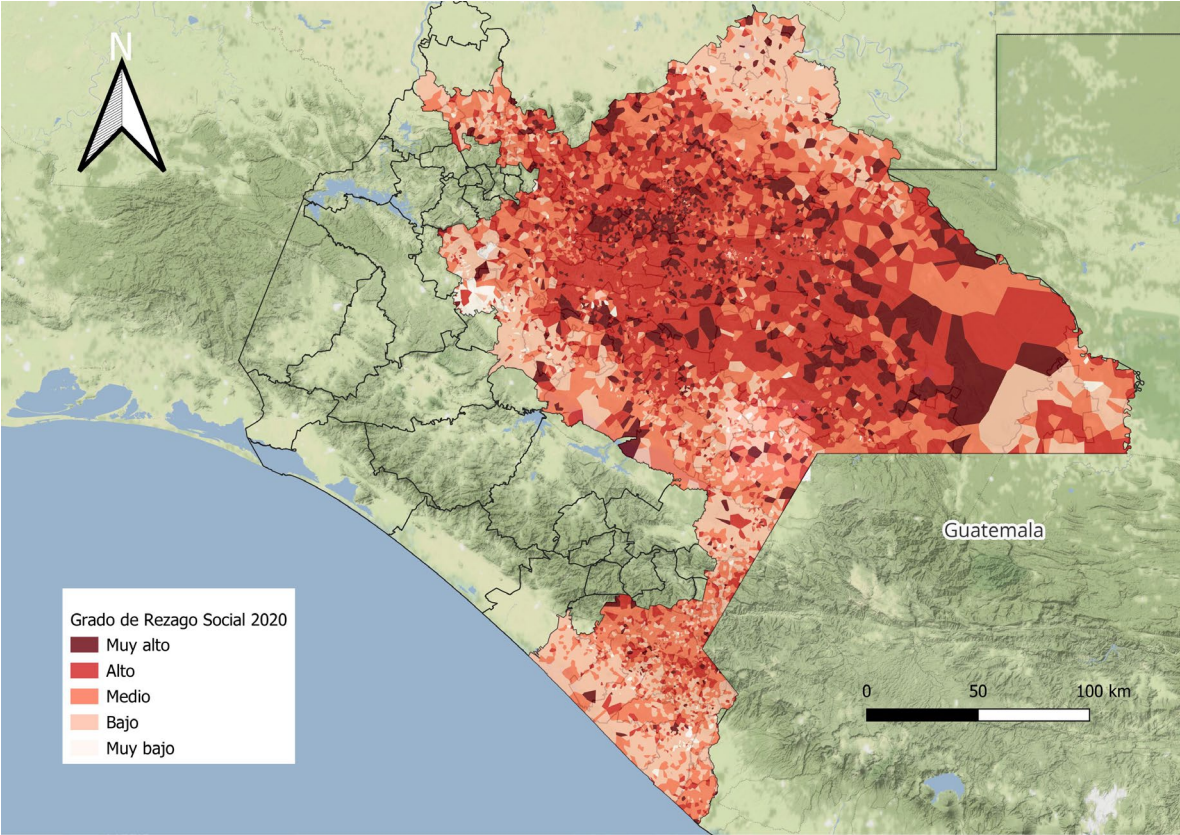
El mapa 4, muestra el grado de rezago social en el área de estudio por localidad en 2010. Puede observarse que los colores más oscuros, que representan un mayor índice de rezago social, se concentran en el área central, la región de Los Altos, que como se ha mencionado, concentra también la mayor cantidad de casos de paludismo.

Mapa 4. Grado de rezago social por localidad en los municipios de estudio en Chiapas, 2010.



El mapa 5, muestra el grado de rezago social por localidad 2020. En comparación con el grado de rezago social 2010 siguen predominando los niveles altos de rezago social en los municipios de estudio y en la zona norte-central, correspondiente a Los Altos.

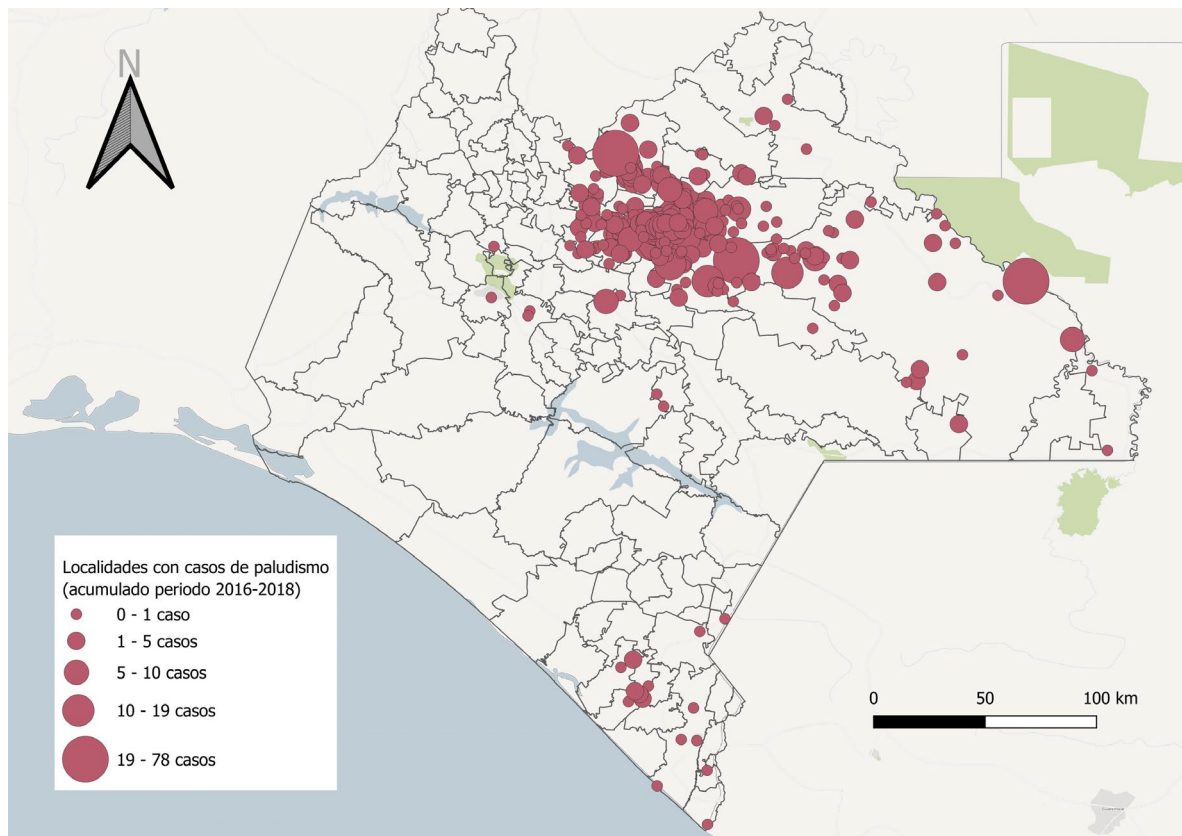
Mapa 5. Grado de rezago social por localidad en los municipios de estudio en Chiapas, 2020.



Distribución espacial y temporal de los casos de paludismo en Chiapas

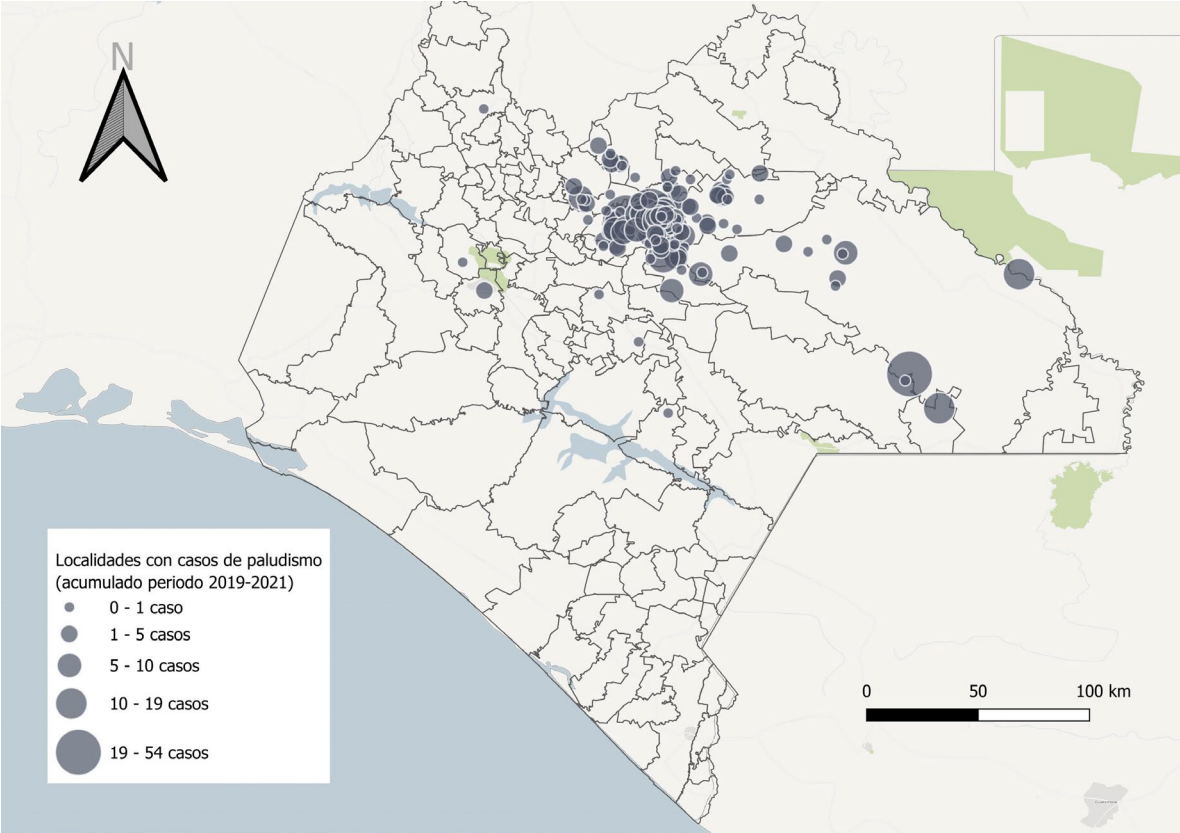
En el Mapa 6, se observa la distribución espacial de los casos notificados entre el 2016 y el 2018. Entre corchetes se presenta el número de localidades que presentaron la frecuencia de casos referida. Destaca, como se ha comentado previamente, una concentración en la región de Los Altos. La mayoría de los casos en el periodo se registraron en los municipios de Ocosingo con 201 casos, Sitalá con 195, Pantehló con 174, Chilón con 138 y San Juan Cancuc con 119, todos estos, municipios en el norte y noreste de la entidad, incluyendo la frontera con Guatemala. Los casos identificados en la zona sur de la entidad se encuentran principalmente en Tapachula, Huixtla y Villa Comaltitlán.

Mapa 6. Localidades según total de casos de paludismo en Chiapas en el periodo 2016-2018.



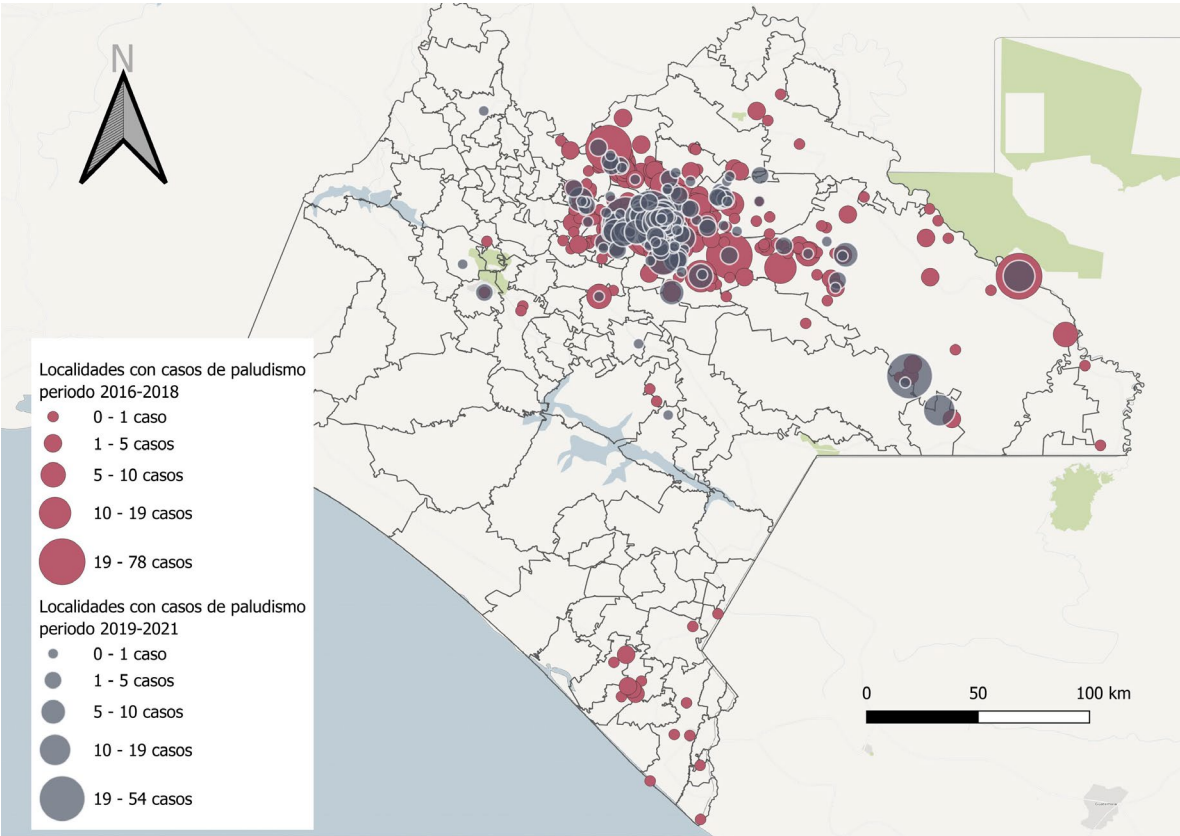
En el Mapa 7, se observa la distribución de los casos notificados entre el 2019 y 2021. En este periodo ya no se observan casos en los municipios del sur de la entidad, persistiendo una concentración de los casos en la zona norte y central, particularmente en los municipios de la región Altos Tsotsil-Tseltal.

Mapa 7. Localidades según total de casos de paludismo en Chiapas en el periodo 2019-2021.



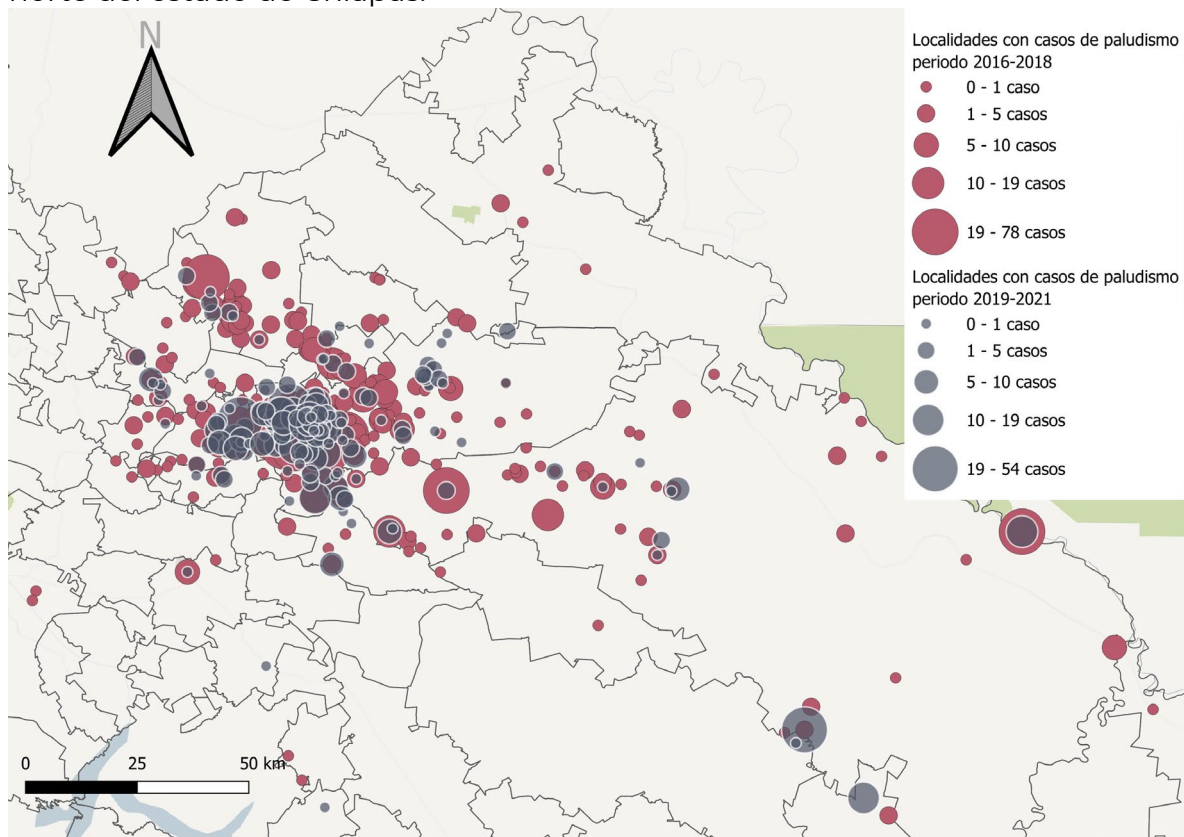
El mapa 8 muestra una comparación en la distribución de los casos de paludismo en los dos periodos estudiados. Se vuelve evidente que los casos se han mantenido focalizados en el norte-centro de la entidad, en la región Altos Tsotsil-Tseltal, mientras que se observa también una reducción de las localidades con casos en otros municipios, como en Ocosingo. Destaca la ausencia de casos en la zona sur de la entidad durante el segundo periodo de estudio.

Mapa 8. Localidades según total de casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021.



El mapa 9 muestra un detalle de la región norte de la entidad donde se observa una reducción en las localidades que presentaron casos, así como una disminución en el número de casos incluso en aquellas localidades que siguieron presentándolos en el segundo periodo, lo que se refleja en la disminución del diámetro de los círculos del segundo periodo, representados en gris.

Mapa 9. Casos de paludismo en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 en la zona norte del estado de Chiapas.

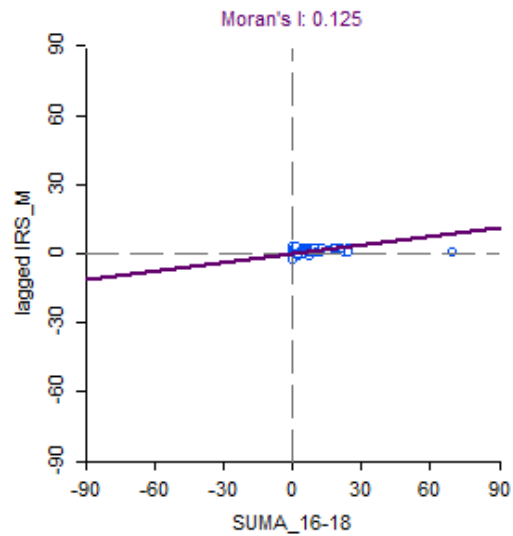


Análisis de Autocorrelación Espacial

Para cada uno de los análisis de autocorrelación espacial del IRS y los elementos que lo integran se obtuvo un mapa de significancia estadística en el que se obtienen las unidades espaciales con resultado significativo, con p de 0.05 hasta 0.001. Estos mapas que se obtienen de manera inicial no muestra la asociación espacial, sino que se trata de la representación gráfica de la prueba de significancia para la autocorrelación espacial, una prueba de hipótesis nula, donde se comprueba si la configuración espacial de la variable se produce aleatoriamente. De igual manera, cada análisis de autocorrelación dio como resultado un diagrama de dispersión como el que se muestra en la figura 5, en el que se pueden identificar las unidades espaciales que en el mapa son representadas por el color rojo y se identifican como una situación alto-alto, es decir, los conglomerados o *hotspots*.

El estadístico de indicadores locales de autocorrelación espacial (*Local Indicators of Spatial Autocorrelation*, LISA) descompone la I de Moran y verifica en cuánto contribuye cada unidad espacial a la formación del valor general. Valores LISA cercanos a cero indican poca o nula asociación estadística entre valores vecinos. Valores LISA positivos representan una concentración espacial de valores similares, aplicado al estudio de enfermedades representarán altas tasas o incidencias, es decir, *hotspots*. Los indicadores locales son de mucha utilidad pues los índices globales no suelen ser sensibles a escenarios en los que se presenta heterogeneidad en el comportamiento del fenómeno geográfico

Figura 5. Diagrama de dispersión de Moran para la autocorrelación espacial de los casos de paludismo en el periodo 2016-2018 y el IRSp en Chiapas.

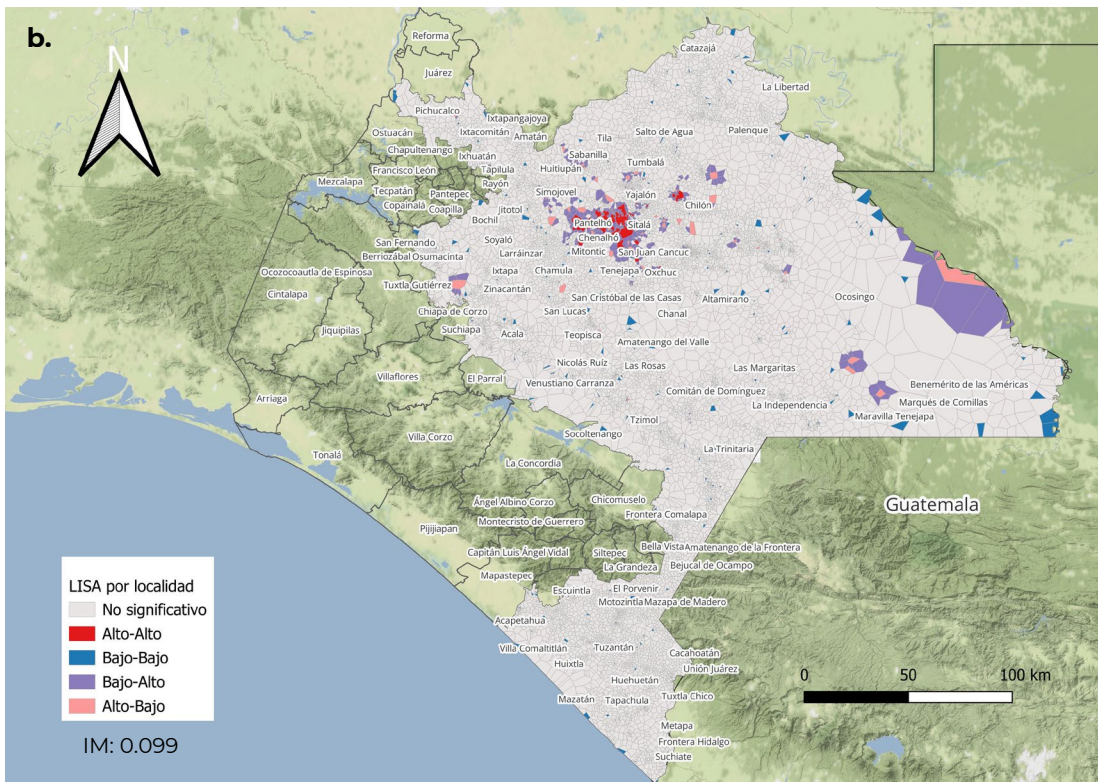
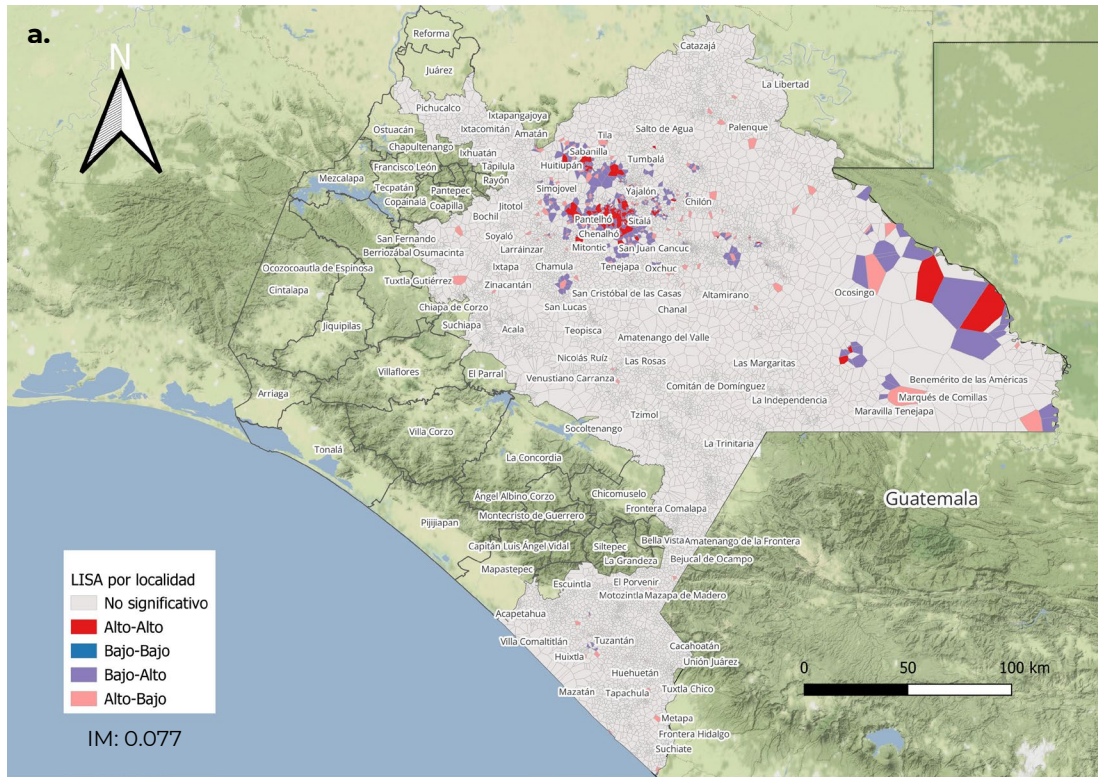


Para cada uno de los mapas que se presentan a continuación se obtuvieron tanto el mapa de significancia estadística como el diagrama de dispersión de Moran, para fines de visualización no son incluidos, puesto que está implícito que todos los conglomerados identificados fueron significativos. El índice de Moran obtenido para cada análisis se señala en cada mapa.

Los mapas 10 a y b comparan los análisis univariados de autocorrelación espacial de los casos de paludismo para cada uno de los periodos de estudio. Se observan los *hotspots*, zonas de valores altos en esas comunidades y sus comunidades vecinas, en la región de Los Altos.

En el primer periodo de estudio, se observan además *hotspots* en Ocosingo, en localidades en la frontera con Guatemala. En el segundo periodo deja de observarse dependencia espacial en estas localidades, sin embargo, permanecen los *hotspots* identificados en Los Altos de Chiapas. En el primer periodo, de 2016 a 2018, se identificaron 153 localidades conformando *hotspots*, disminuyendo a 102 localidades en el periodo de 2019 a 2021.

Mapas 10, a y b. Autocorrelación espacial de los casos de paludismo en Chiapas, 2016-2018 y 2019-2021.



En los mapas 11, a y b se representa el análisis de autocorrelación espacial bivariado entre los casos de paludismo y el índice de rezago social, para los dos periodos de estudio.

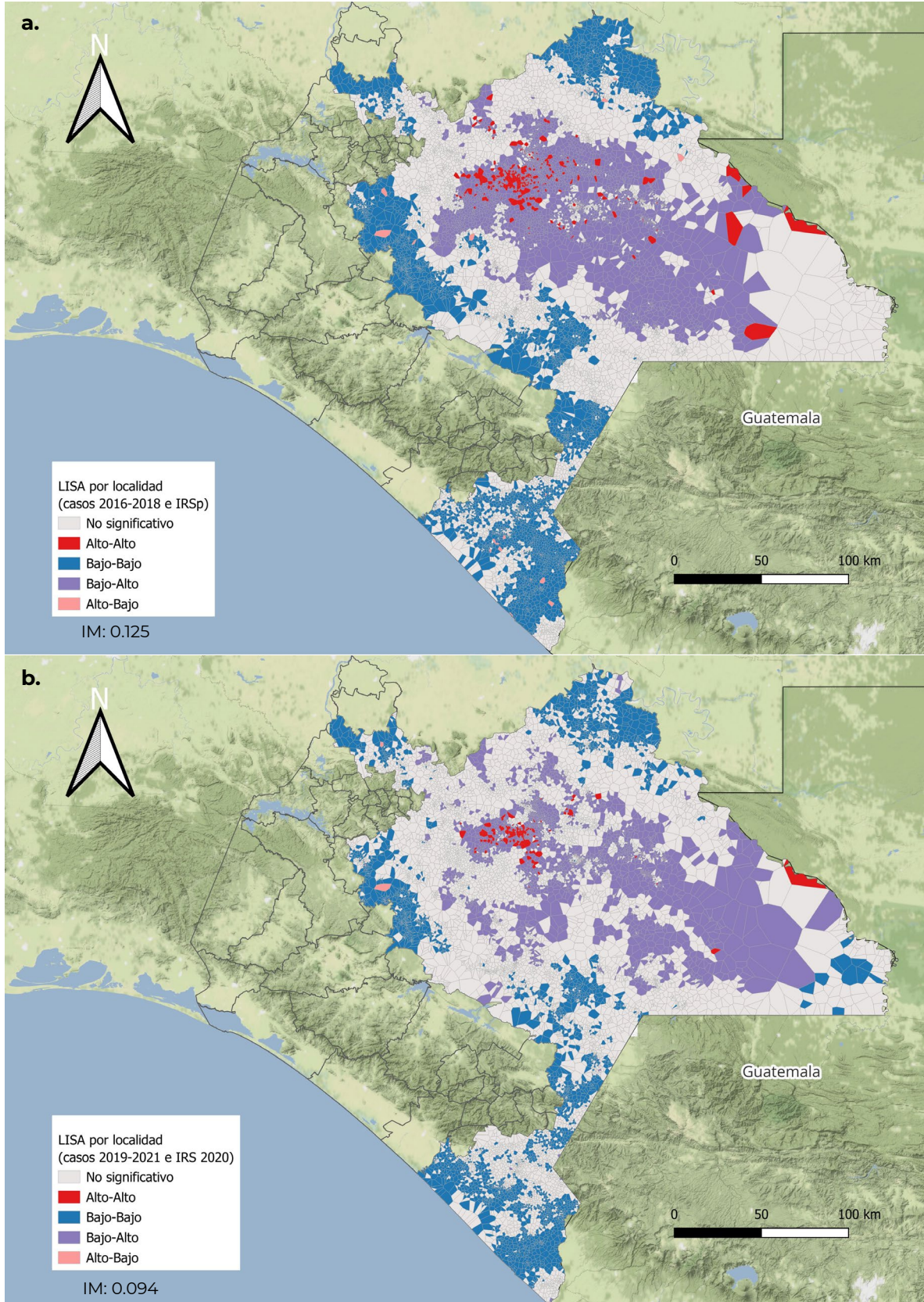
Para el análisis del periodo 2016-2018 el índice de Moran es de 0.125 mientras que en el periodo 2019-2021 es de 0.094. La autocorrelación es positiva y representa una de las más altas en la totalidad del estudio, asociando de manera clara un número alto de casos de paludismo con un mayor grado de rezago social en las localidades de Chiapas.

En el primer periodo, 271 localidades fueron identificadas como parte de los *hotspots*, mientras que en el segundo periodo el número de localidades disminuyó a 134. Como se observa en los mapas, la disminución es predominantemente a expensas de localidades en municipios como Altamirano, Chilón y Ocosingo, aunque se mantienen algunos conglomerados dispersos entre sí.

Cuando se compara el índice de rezago social por municipio, en promedio, los municipios que forman parte de la región Altos Tsotsil-Tseltal presentaba en 2015 un IRS de 0.95, el cual aumentó a 2.23, pasando de cinco municipios con un grado de rezago social muy alto a 12 municipios con grado muy alto de rezago. Solamente un municipio, San Cristóbal de las Casas, pasó de grado de rezago alto a grado bajo en 2020. El mayor retroceso lo presentó Teopisca, al pasar de un grado de rezago muy bajo en 2015 a uno alto en 2020.

Por otro lado, los municipios que no pertenecen a Los Altos, tuvieron una disminución en promedio del índice de rezago social de 0.28. En 2020, sólo dos municipios que no pertenecen a la región Altos estaba clasificados con un grado de rezago muy alto.

Mapas 11, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y el IRS en Chiapas.



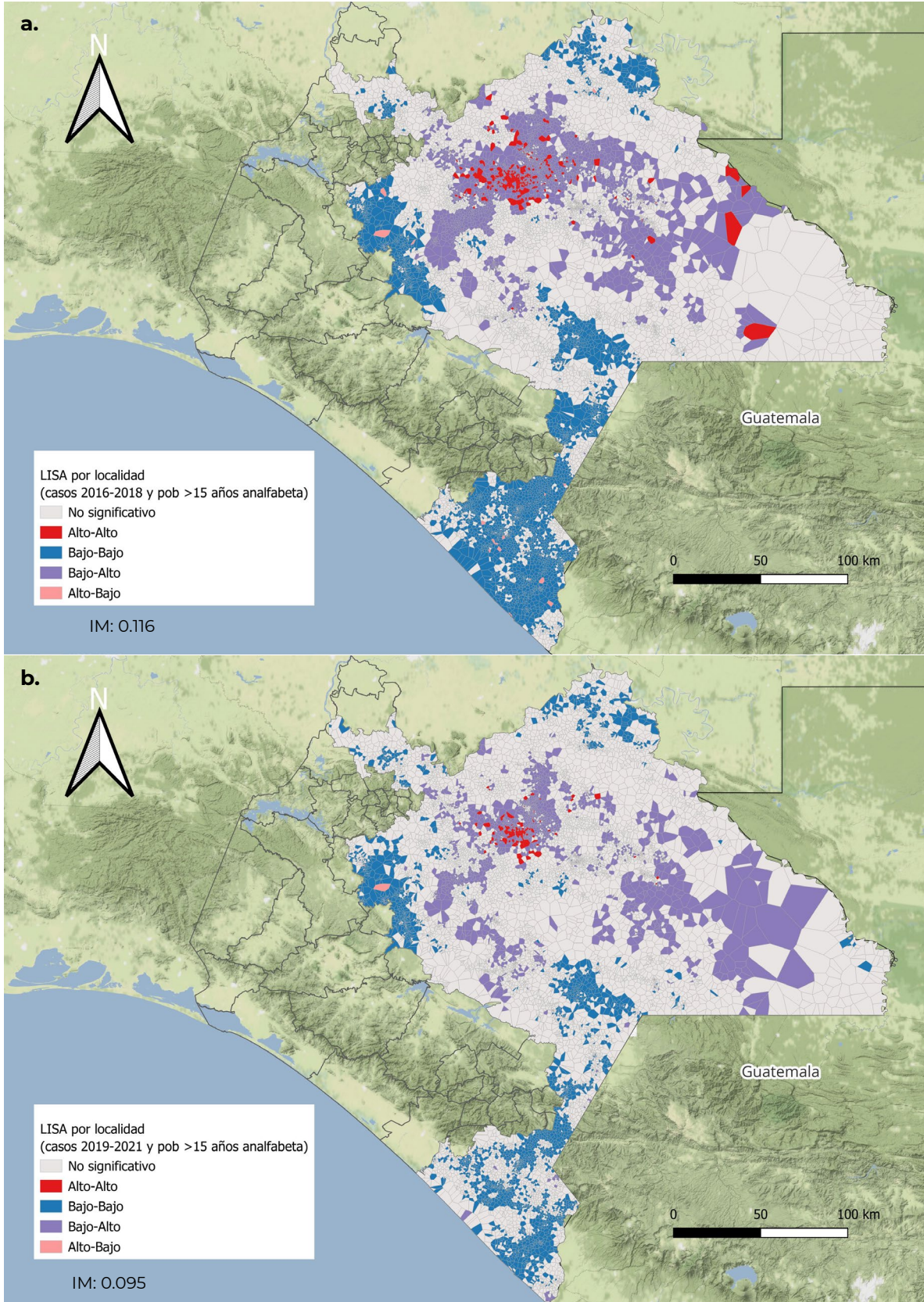
Los mapas 12, a y b muestran una comparación entre los análisis de autocorrelación espacial bivariada entre los casos de paludismo y el porcentaje de población de 15 años o más analfabeta, en cada uno de los periodos de estudio.

Se identificó una correlación positiva en ambos periodos, con un índice de Moran de 0.116 en el periodo 2016-2018 y de 0.095 en el periodo 2019-2021. Los *hotspots* en el primer periodo se encuentran más dispersos, con predominio en la región de Los Altos y algunos conglomerados hacia el este, principalmente en Chilón y Ocosingo.

En el segundo periodo, los conglomerados que correlacionan valores altos de casos de paludismo con porcentajes altos población de 15 años o más analfabeta, disminuyeron, pasando de estar integrados por 260 localidades en el periodo 2016-2018 a 119 localidades en el periodo 2019-2021, y disminuyendo sobre todo aquellos que se encontraban en el este de la entidad, mientras que los conglomerados de la región de Los Altos se mantienen en el tiempo.

El porcentaje de población de 15 años o más analfabeta en los municipios que integran la región de Los Altos aumentó en promedio 3.81 % entre 2015 y 2020, con el mayor incremento en el municipio de Chenalhó, pasando de 10.47 % a 27.60 % de la población. San Cristóbal de las Casas presentó la mayor disminución de población de 15 años o más analfabeta, pasando de 27.27 % a 9.21 % en 2020. En promedio, los municipios que no pertenecen a Los Altos, presentaron una disminución del porcentaje de población de 15 años o más analfabeta, pasando de 19.35 % de la población en 2015 a 14.28 % en 2020.

Mapas 12, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y la población \geq de 15 años analfabeta.



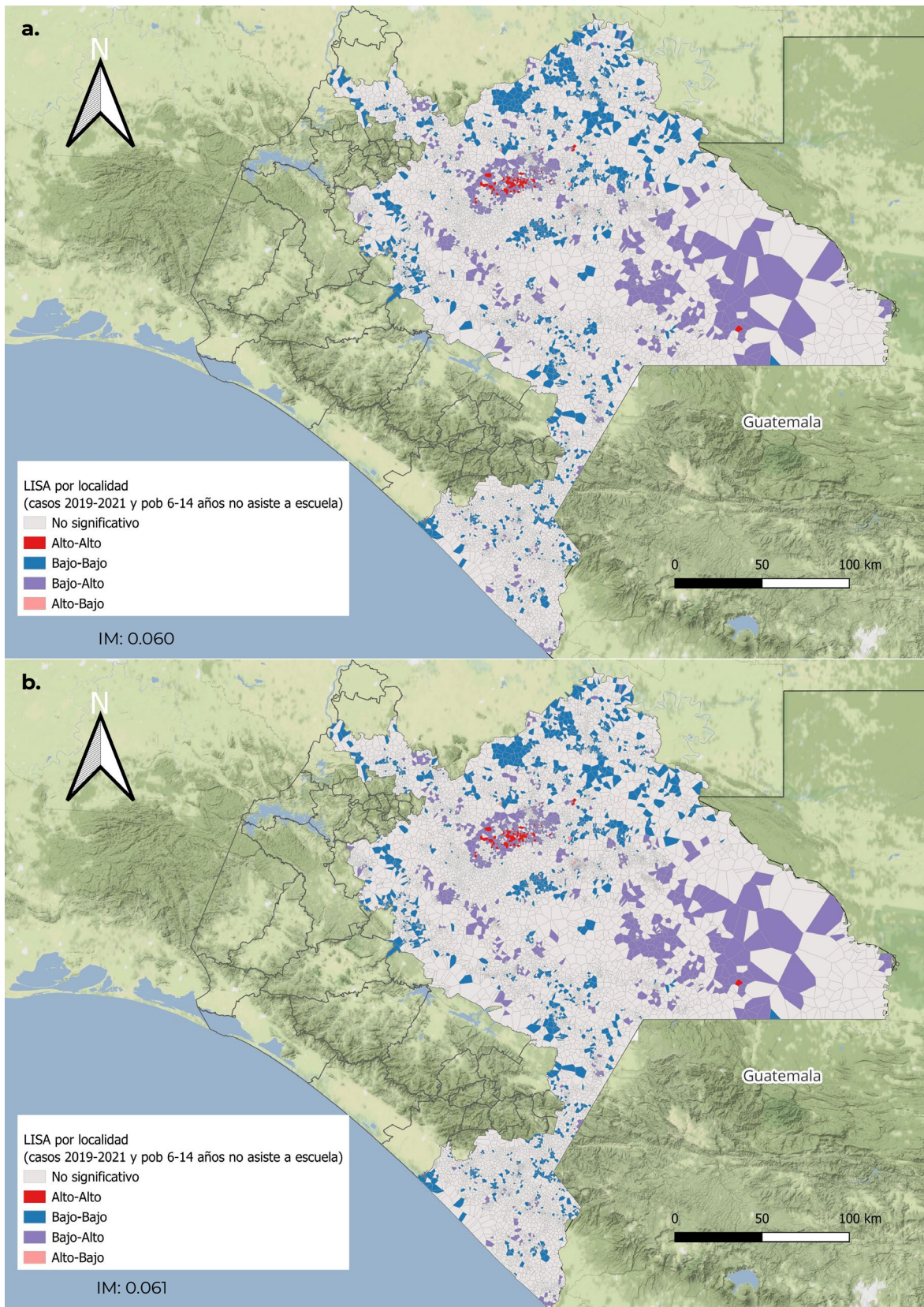
Los mapas 13, a y b muestran la comparación en ambos periodos de estudio de los análisis de autocorrelación espacial bivariada entre los casos de paludismo y el porcentaje de la población entre 6 y 14 años que no asiste a la escuela.

Se identificó una correlación positiva en ambos periodos, que se mantuvo prácticamente igual en el tiempo, con un índice de Moran de 0.060 en el periodo 2016-2018 y de 0.061 en el periodo 2019-2021. Se aprecia que los conglomerados han disminuido en general, y en particular han desaparecido de forma evidente en el municipio de Ocosingo.

Una vez más, se observa una persistencia de los conglomerados en la región de Los Altos, sin embargo, en el segundo periodo, al analizar la dependencia espacial entre estas dos variables, se observan menos *hotspots*, aunque más concentrados. El total de comunidades que formaban *hotspots* en el periodo 2016-2018 era de 136, pasando a 75 en el periodo 2019-2021.

En la región de Los Altos, entre 2015 y 2020, aumentó en el porcentaje de población de entre 6 y 14 años que no asiste a la escuela, pasando de 7.48 % a 15.31 %, con el mayor aumento en el municipio de Pantelhó donde esta población pasó de 4.45 % a 27.35 %. En los municipios correspondientes a otras regiones el incremento de esta población fue más discreto, pasando de 7.49 % a 8.03 %.

Mapas 13, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y la población de 6 a 14 años sin escolaridad.



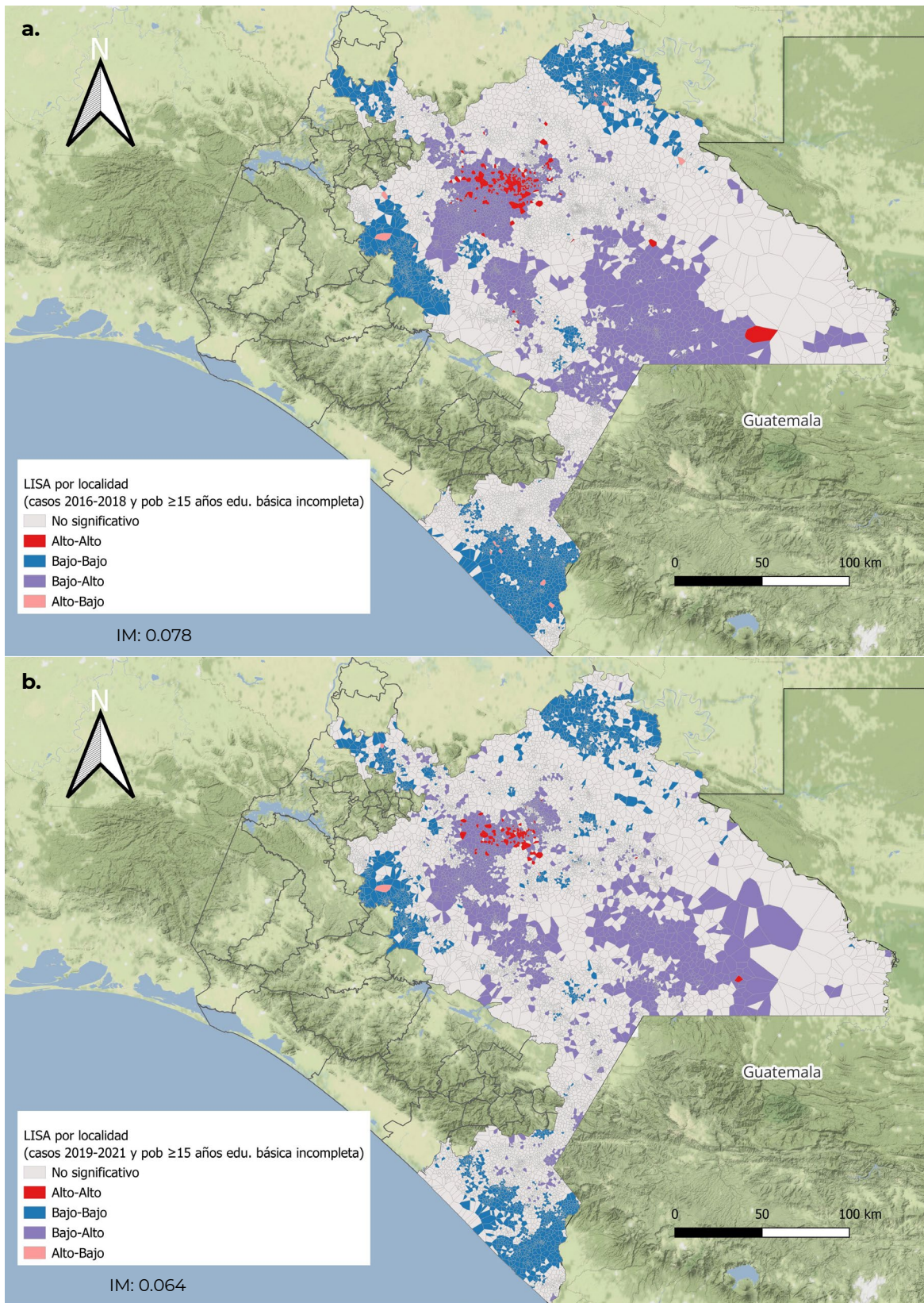
En los mapas 14, a y b se observan los análisis de autocorrelación espacial bivariada para los casos de paludismo y el porcentaje de población de 15 años o más con educación básica incompleta, para los dos periodos de estudio.

Se conserva el comportamiento de reducción de *hotspots* en los municipios periféricos, particularmente los que corresponden a la Selva Lacandona, así como la permanencia de conglomerados en la región de Altos.

La autocorrelación espacial entre estas variables es positiva en ambos periodos, con un índice de Moran de 0.078 en el periodo 2016-2018 y de 0.064 en el periodo 2019-2021. Las localidades que integraban *hotspots* pasaron de 200 en el primer periodo a 106 en el segundo.

El porcentaje de población de 15 años y más con educación básica incompleta aumentó en la región Altos, pasando de 63.70 % a 69.72 %, con el mayor aumento identificado en Teopisca y la mayor disminución en San Cristóbal de las Casas, el único municipio con grado de rezago social bajo en la región Altos Tsotsil-Tseltal. En el resto de la entidad el porcentaje de población de 15 años y más con educación básica incompleta se redujo al pasar de 59.07 % en 2015 a 46.09 % en 2020.

Mapas 14, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 16-18 y 19-21 y la pob. \geq de 15 años con educación básica incompleta.



Los mapas 15, a y b presentan los análisis de autocorrelación espacial bivariada entre los casos de paludismo y la población sin derechohabiencia, término utilizado por CONEVAL para hacer referencia a la afiliación a un sistema de seguridad social.

Puede observarse que la distribución de *hotspots* no sigue el mismo patrón que el resto de análisis, con menos conglomerados y sin una concentración tan puntual, especialmente en el segundo periodo en el que por primera vez no se aprecian *hotspots* en la región de Los Altos.

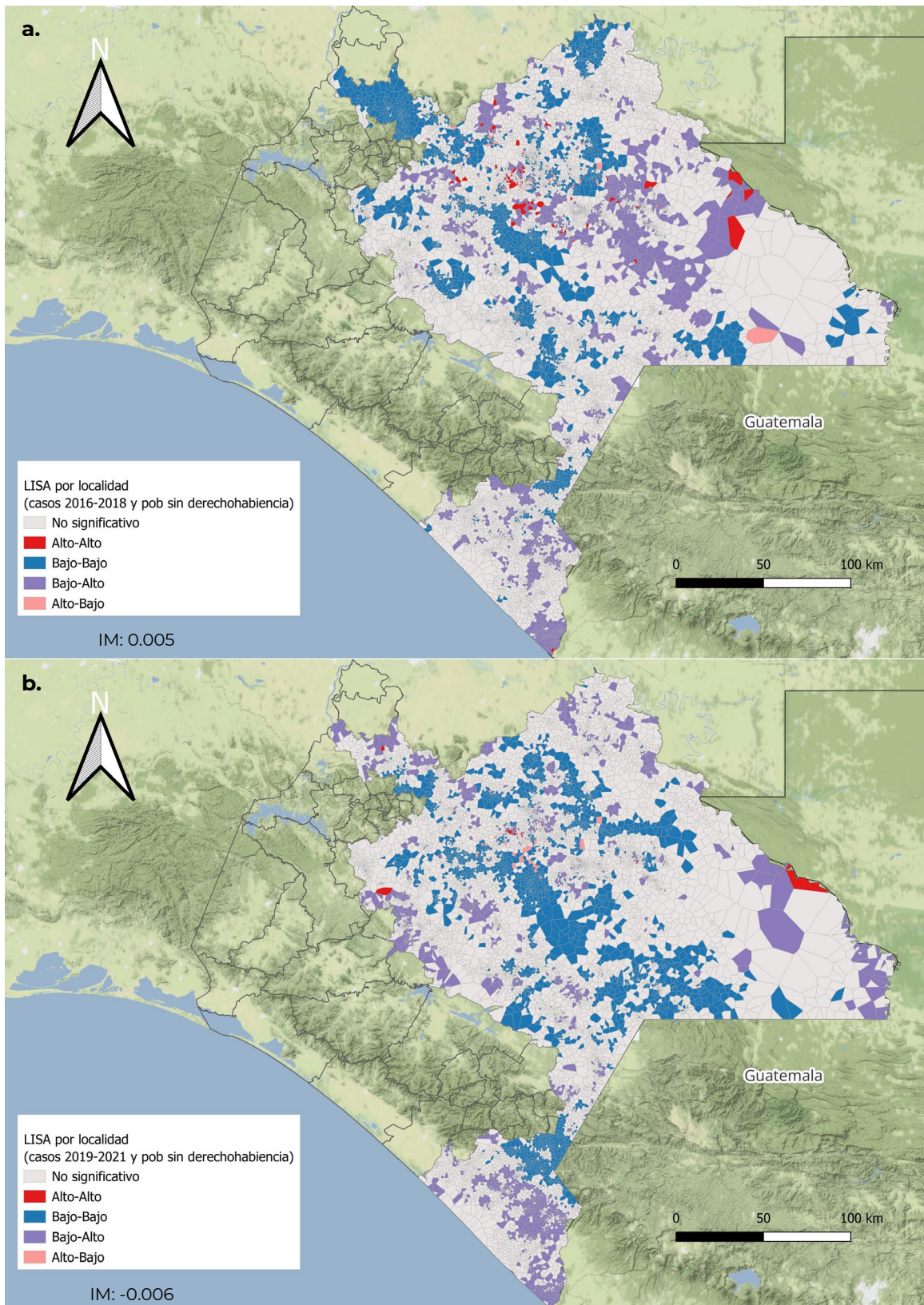
El bajo número de localidades que resultaron con una correlación positiva entre valores altos de casos de paludismo y valores altos de población sin derechohabiencia se ve reflejado en los valores del índice de Moran, de 0.005 en el periodo 2016-2018 y de -0.006 en el periodo 2019-2021. La autocorrelación más baja de todo el análisis y que puede considerarse prácticamente inexistente.

Aunque en el periodo de 2016 a 2018 existen 69 localidades que forman *hotspots*, la distribución es mucho más diseminada, aunque persisten, como en el resto de análisis, en determinados municipios, como San Juan Cancuc y Ocosingo, particularmente hacia el este. En el periodo de 2019 a 2021 son sólo 16 localidades las que forman *hotspots* y estos se encuentran dispersos entre sí.

Este es el único análisis de la investigación en el que no existe autocorrelación espacial en alguno de los dos periodos de estudio. Es decir, no existe asociación espacial entre los casos de paludismo y la población sin derechohabiencia en Chiapas entre 2016 y 2021.

El porcentaje de población sin derechohabiencia a servicios de salud en los municipios de la región de Los Altos pasó de 14.28 % a 19.18 %, en este caso es San Cristóbal de las Casas el municipio que presenta la mayor población sin derechohabiencia, al pasar de 14.69 % en 2015 a 44.75 % en 2020. En el resto de la entidad, en promedio, se pasó de 15.52 % a 35.14 %.

Mapas 15, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y la población sin derechohabiencia.



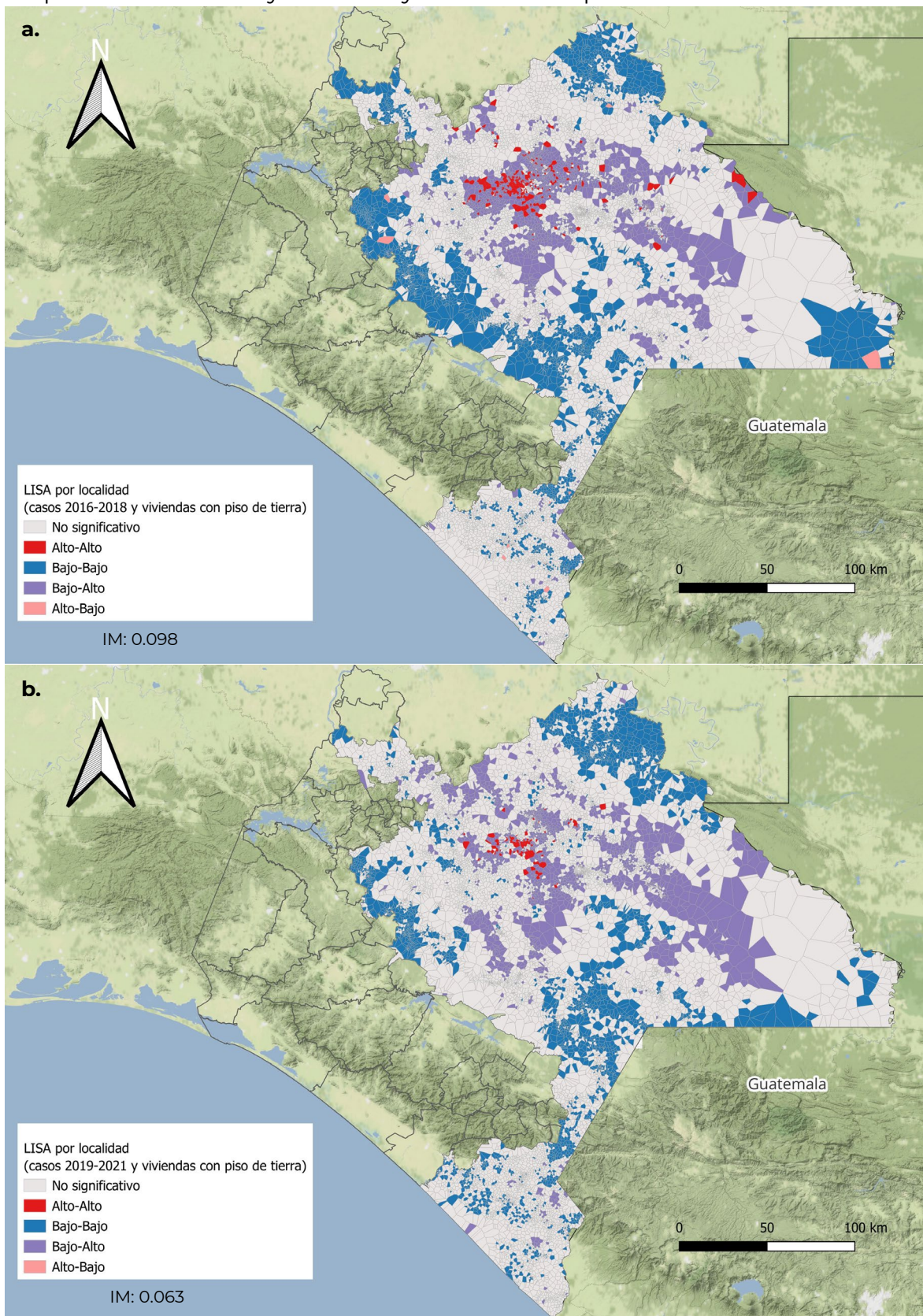
En los mapas 16, a y b se observan los análisis de autocorrelación espacial bivariada entre los casos de paludismo y el número de viviendas con piso de tierra, para los dos periodos de estudio.

El primer periodo, de 2016 a 2018, mostró una de las asociaciones más fuertes del estudio, con un índice de Moran de 0.098 y 224 localidades que formaban parte de los *hotspots*, mientras que para el periodo de 2019 a 2021 la asociación se mantuvo positiva, con un índice de Moran de 0.063 y 134 localidades formando *hotspots*.

En este caso, el comportamiento de los conglomerados sigue el patrón de concentración en la región de Los Altos de Chiapas, ya sin presencia de *hotspots* periféricos en Ocosingo o en la frontera con Guatemala durante el segundo periodo de estudio.

En la región de Los Altos, el porcentaje de viviendas con piso de tierra pasó en promedio de 14.28 % en 2015 a 22.46 % en 2020, mientras que en municipios correspondientes a otras regiones de la entidad el porcentaje era en promedio de 9.47 % en 2015, con un discreto aumento a 9.99 % en 2020.

Mapas 16, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y viviendas con piso de tierra.

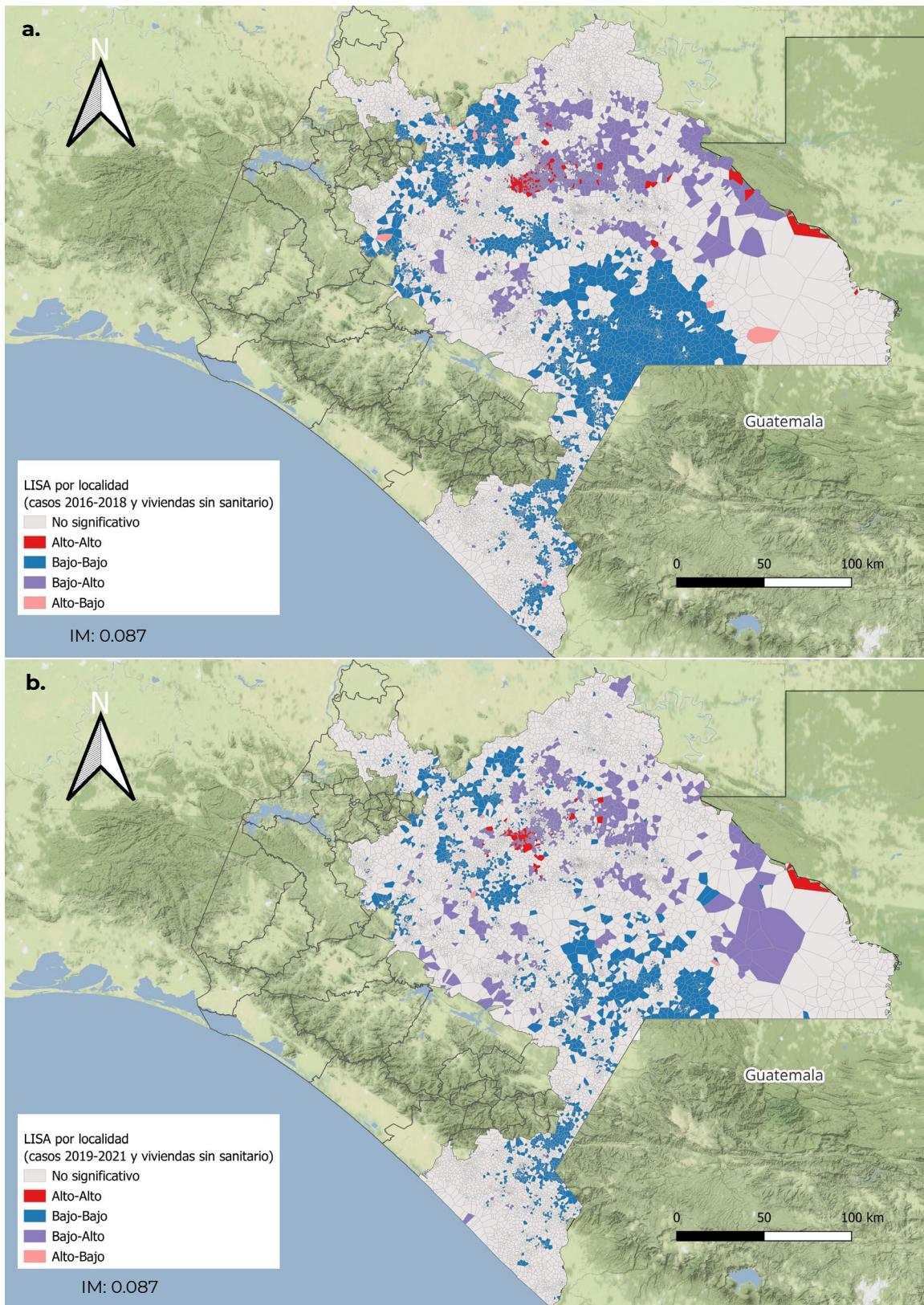


Los mapas 17, a y b presentan el análisis de autocorrelación espacial bivariada entre los casos de paludismo y el porcentaje de viviendas que no disponen de sanitario, en los dos periodos de estudio.

La asociación espacial entre ambas variables es positiva, y se mantuvo igual en los dos periodos, con un índice de Moran de 0.087. La distribución de *hotspots* en ambos periodos se aprecia con predominio en la región de Los Altos, así como en Chilón y Ocosingo, sin embargo, las localidades que integraban *hotspots* pasaron de 125 en el periodo 2016-2018 a 88 en el periodo 2019-2021. A pesar de la disminución de localidades y *hotspots*, destaca la persistencia en el segundo periodo de *hotspots* en Ocosingo, particularmente al este del municipio, en la frontera con Guatemala.

El porcentaje de viviendas que no disponen de sanitario en los municipios que conforman la región de Los Altos pasó en promedio de 4.19 % en 2015 a 4.97 % en 2020, con Chalchihuitán presentando el mayor porcentaje durante 2020 con 17.86 %, mientras que en San Cristóbal de las Casas sólo 0.80 % de las viviendas no contaba con sanitario en 2020. En el resto de la entidad en promedio se pasó de 5.21 % de las viviendas sin sanitario en 2015 a 3.73 % en 2020.

Mapas 17, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y viviendas sin sanitario.

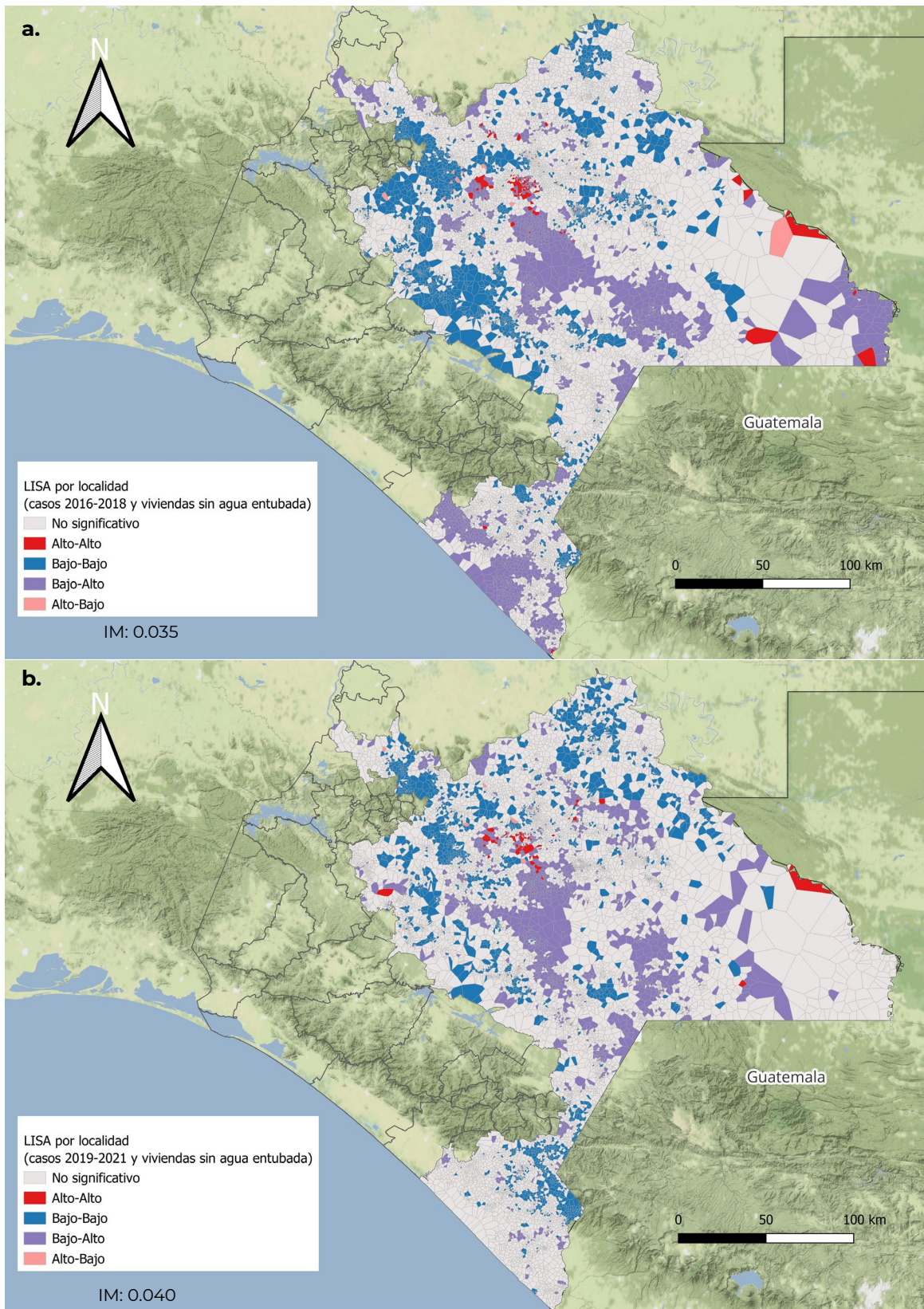


En los mapas 18, a y b se presenta el análisis de autocorrelación espacial bivariada para los dos periodos de estudio de los casos de paludismo y el porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública.

El resultado muestra una correlación positiva, con un índice de Moran de 0.035 en el primer periodo y de 0.040 en el segundo. Las localidades que formaban *hotspots* pasaron de 105 en el periodo 2016-2018 a 68 en el periodo 2019-2021. La distribución se encuentra con predominio en la región de Los Altos y en la región este de la entidad, con algunos de estos conglomerados manteniéndose en el tiempo.

El porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública en los municipios que conforman la región Altos Tsotsil-Tseltal pasó en promedio de 16.35 % en 2015 a 20.98 % en 2020. En esta región, el municipio de Oxchuc presentó la mayor carencia, con el 69.94 % de las viviendas sin agua entubada. En los municipios del resto de la entidad la tendencia fue a la reducción de esta carencia, pasando en promedio de 14.95 % de viviendas sin agua entuba en 2015 a 7.94 % en 2020.

Mapas 18, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y viviendas sin agua entubada.



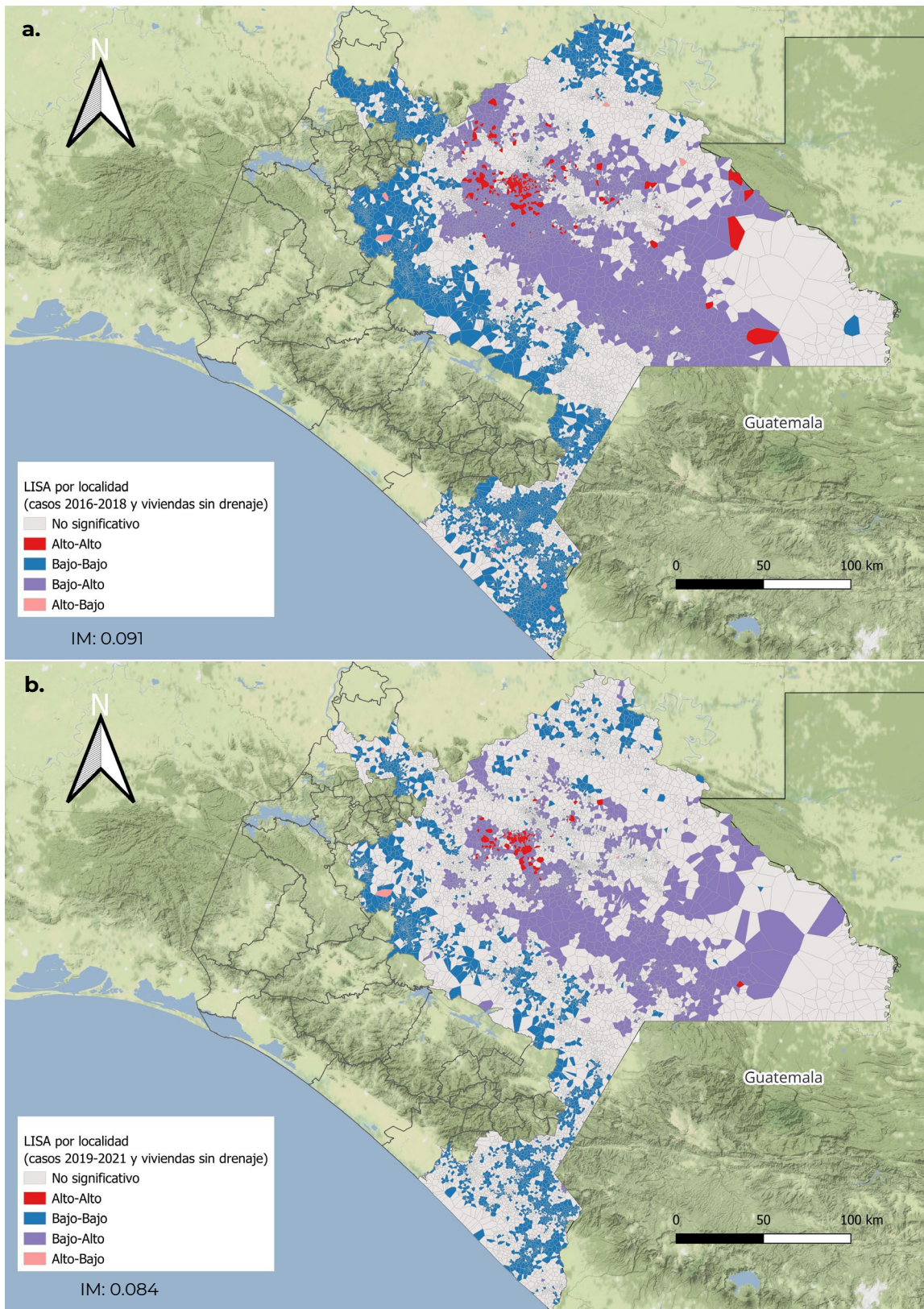
Los mapas 19, a y b presentan los análisis de autocorrelación espacial bivariada entre los casos de paludismo y el porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje, para cada uno de los periodos de estudio.

La autocorrelación es positiva, con un índice de Moran de 0.091 en el periodo 2016-2018, con 218 localidades formando *hotspots* en dicho periodo y un índice de Moran de 0.084 para el periodo 2019-2021, con 116 localidades agrupadas en *hotspots*.

En la comparación de ambos mapas se vuelve evidente la tendencia a la disminución de conglomerados y a la desaparición de los mismos en las zonas periféricas y del este de la entidad, con una distribución más focalizada, en el segundo periodo en la región de Los Altos, aunque permanecen algunos *hotspots* en otros municipios.

El porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje en la región de Altos pasó de 17.64 % en 2015 a 28.43 % en 2020, la mayor carencia la presenta el municipio de Chalchihuitán, donde el 72.79 % de las viviendas no contaban con drenaje en 2020. En el resto de municipios de la entidad la tendencia fue a la reducción de esta carencia, pasando de 9.13 % de viviendas sin drenaje en 2015 a 4.36 % en 2020.

Mapas 19, a y b. Asociación espacial de los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y viviendas sin drenaje.

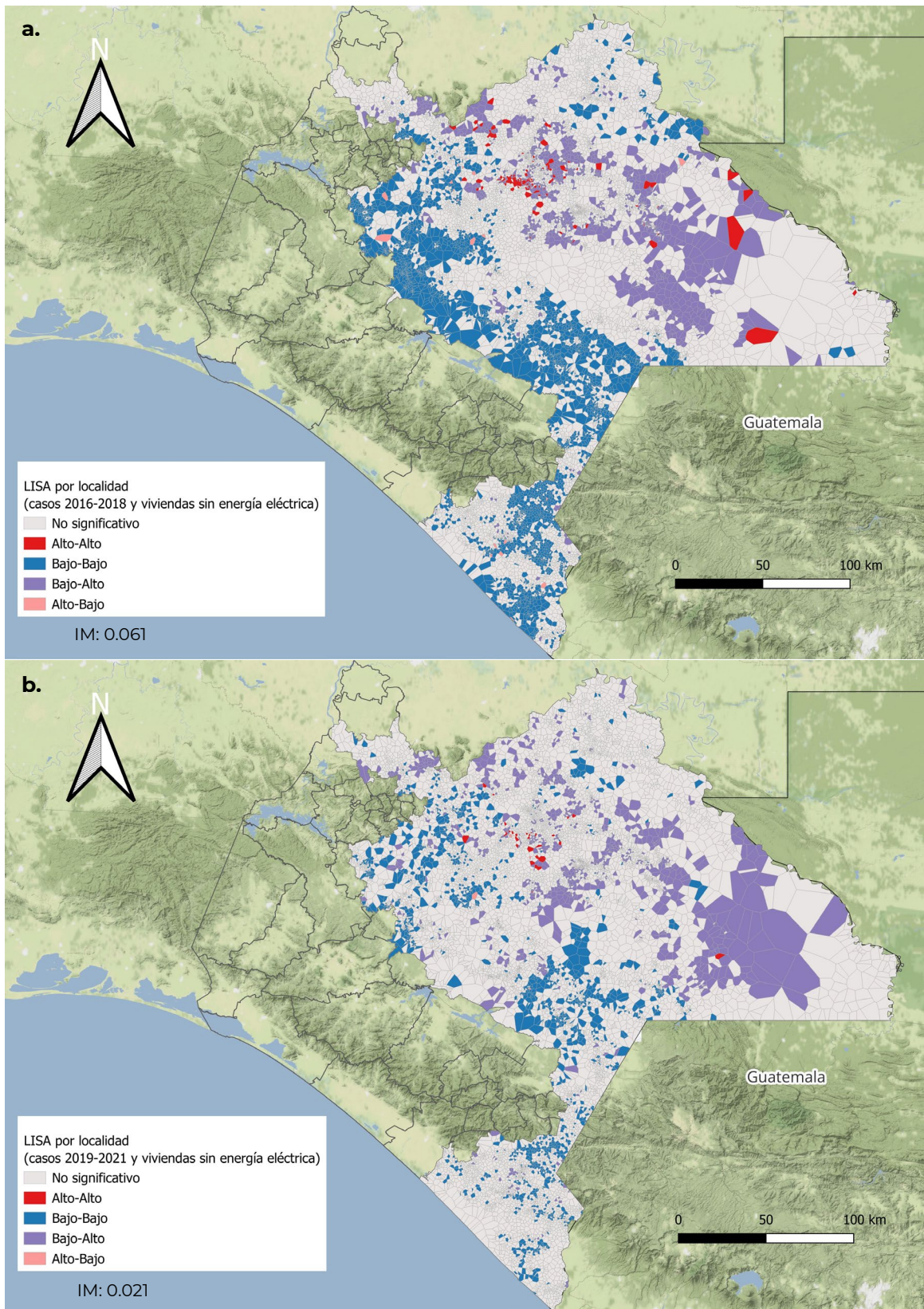


En los mapas 20, a y b se presentan los análisis de autocorrelación espacial bivariada de los casos de paludismo y el porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica, en los periodos 2016-2018 y 2019-2021, respectivamente.

Para el primer periodo, el índice de Moran es de 0.061 mientras que para el segundo es de 0.021. Las localidades que formaban *hotspots* pasaron de 131 en el periodo de 2016 a 2018, a 30 en el periodo de 2019 a 2021, desapareciendo la mayoría de los *hotspots* que se presentaban en los municipios periféricos a la Región Altos Tsotsil-Tseltal, particularmente en Ocosingo. Destaca en el primer periodo una dispersión mayor de los *hotspots*, en particular hacia el oeste de la entidad.

El porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica en los municipios de Los Altos pasó en promedio de 2.13 % en 2015 a 3.06 % en 2020, con el municipio de Chalchihuitán presentando la mayor carencia con 13.14 % de las viviendas sin energía eléctrica, mientras que en San Cristóbal de las Casas sólo el 0.49 % de las viviendas presentaba estas carencias. En el resto de municipios de la entidad el promedio se pasó de 2.55 % de viviendas sin energía eléctrica en 2015 a 1.74 % en 2020.

Mapas 20, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y viviendas sin energía eléctrica.



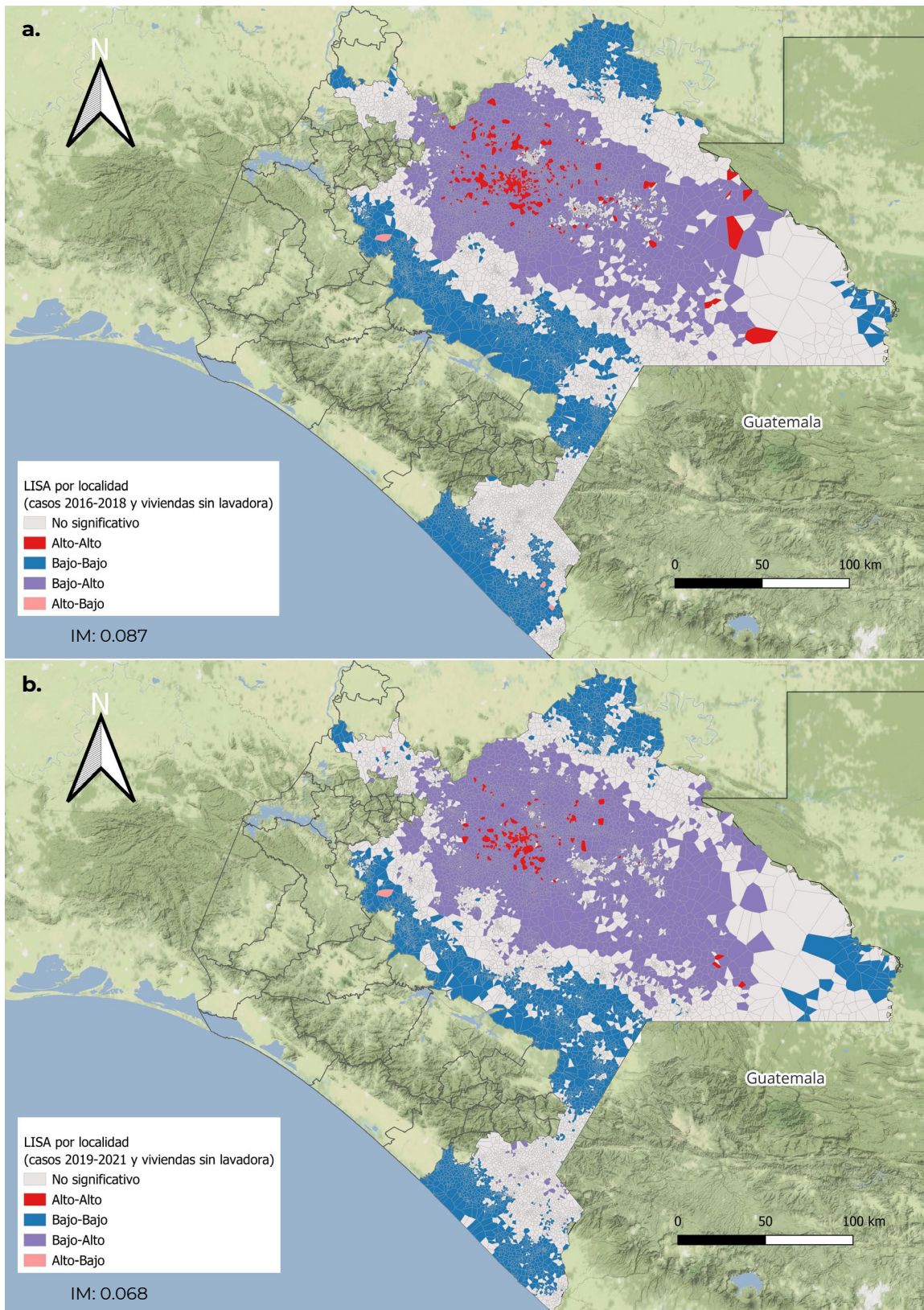
Los mapas 21, a y b muestran los análisis de autocorrelación espacial bivariada de los casos de paludismo en Chiapas y el porcentaje de viviendas que no disponen de lavadora, para los dos periodos de estudio.

Se observa una autocorrelación positiva, con un índice de Moran de 0.087 en el primer periodo, en el que 317 localidades formaban *hotspots*, mientras que en el segundo periodo el índice de Moran es de 0.068, con 172 localidades formando *hotspots*, esto representa la mayor disminución en número de localidades de la totalidad del estudio.

El análisis presenta una distribución más amplia, que abarca distintos municipios, en el periodo 2016-2018, mientras que los conglomerados disminuyen, permaneciendo algunos en el municipio de Ocosingo y Chilón, pero concentrándose predominantemente en la región de Los Altos.

El porcentaje de viviendas que no disponen de lavadora en los municipios que conforman la región de Los Altos pasó en promedio de 77.30 % en 2015 a 92.98 % en 2020. San Juan Cancun presentaba la mayor carencia de este rubro, con el 99.64 % de las viviendas sin lavadora. En el resto de municipios de la entidad se pasó en promedio de 63.41 % viviendas sin lavadora en 2015 a 57.08 % en 2020.

Mapas 21, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y viviendas sin lavadora.

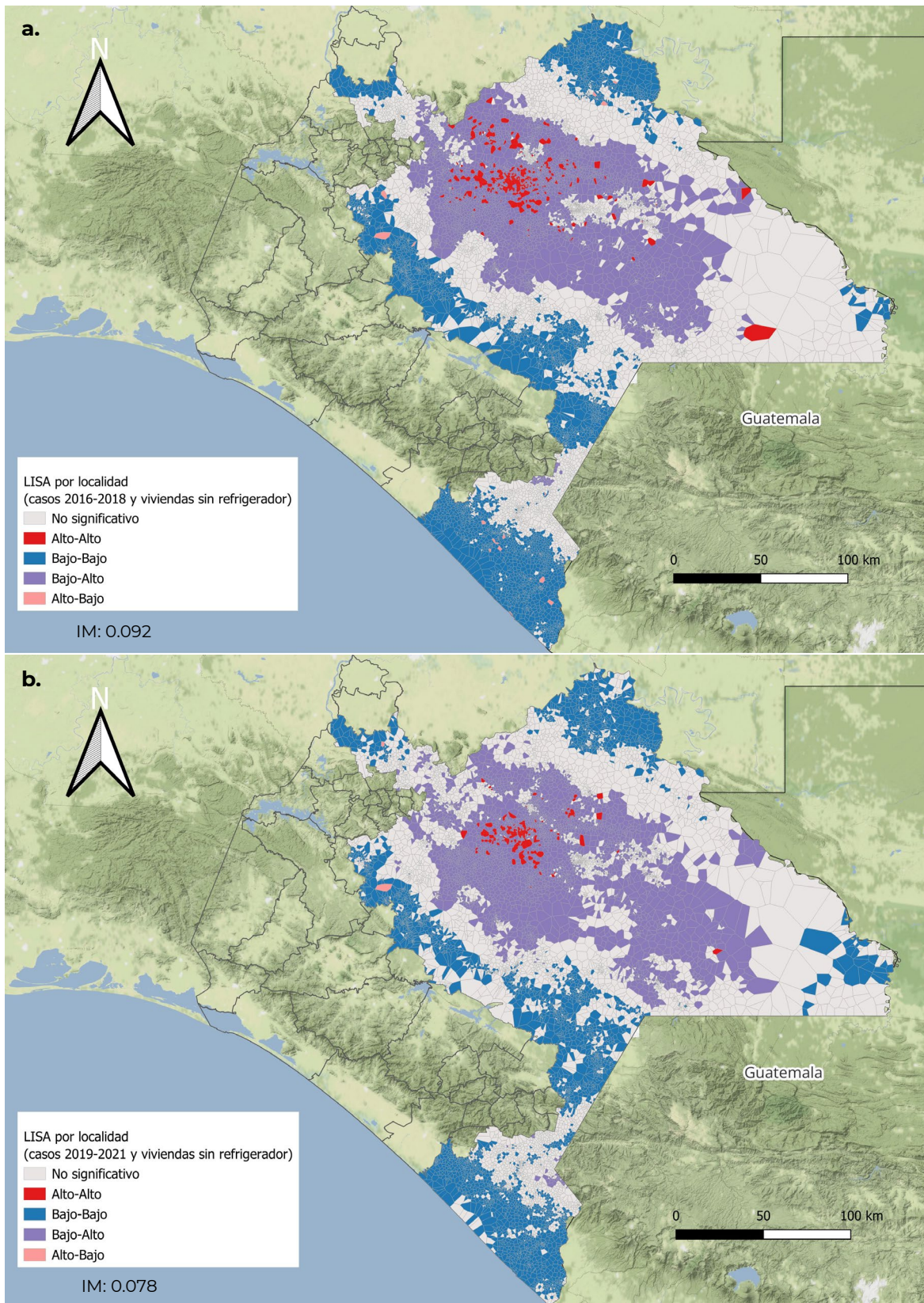


En los mapas 22, a y b se observan los análisis de autocorrelación espacial bivariada de los casos de paludismo y el porcentaje de viviendas que no disponen de refrigerador, para los dos periodos del estudio.

La autocorrelación espacial de estas variables es positiva, con un índice de Moran de 0.092 en el periodo de 2016 a 2018 y de 0.078 de 2019 a 2021. La distribución de los *hotspots* sigue un patrón similar a la mayoría del resto de análisis, con un mayor número de conglomerados y mayor dispersión en el primer periodo y una reducción de localidades y conglomerados en el segundo periodo, así como una focalización en la región de Los Altos. Las localidades que formaban *hotspots* pasaron de 294 en el periodo 2016-2018 a 157 en el periodo 2019-2021.

El porcentaje de viviendas que no disponen de refrigerador en los municipios que conforman Los Altos pasó en promedio de 58.96 % en 2015 a 86.14 % en 2020, con el municipio de San Juan Cancuc presentando la mayor carencia, en donde en 95.30 % de las viviendas no disponían de refrigerador en 2020. En los municipios fuera de la Región Altos Tsotsil-Tseltal la tendencia fue a la disminución de esta carencia, pasando en promedio de 41.15 % en 2015 a 33.80 % viviendas sin refrigerador en 2020.

Mapas 22, a y b. Asociación espacial entre los casos de paludismo en Chiapas en los periodos 2016-2018 y 2019-2021 y viviendas sin refrigerador.



Discusión

Los análisis de autocorrelación espacial efectuados señalan una asociación positiva entre los casos de paludismo y el índice de rezago social. Salvo uno de los análisis bivariados, todos mostraron una asociación positiva, aunque con distintos grados de dependencia. Los hallazgos muestran una clara relación entre la presencia de casos de paludismo y diferentes aspectos del rezago social, como la falta de acceso a servicios básicos y a educación.

En primer lugar, se observa que tanto los valores altos de casos de paludismo como los valores altos de rezago social tienden a concentrarse en las mismas zonas, especialmente en la región Altos Tsotsil-Tseltal. Aunque se identifica una disminución en el número de localidades que forman *hotspots* en el segundo período de estudio, es necesario señalar que en la región de Los Altos no mejoraron las condiciones de vida ni los indicadores de rezago social en general, de hecho, aumentaron muchas carencias en la región, como se puede observar en la tabla del anexo 1.

El hecho de que, en general, el total de comunidades que formaban *hotspots* en el periodo 2016-2018 disminuyera para el periodo 2019-2021, está relacionado con el índice de Moran que también disminuye en el segundo periodo. Es decir, al disminuir la asociación espacial entre variables, se identifican, por tanto, menos *hotspots*. Como se ha mencionado, el rezago en la región ha permanecido e incluso incrementado en algunos indicadores, por lo que es probable que la disminución en *hotspots* se deba a la disminución en la transmisión, ya que el país se encuentra en una fase de eliminación de la enfermedad con una tendencia a la disminución de casos.

Es importante destacar que el análisis también pone de manifiesto diferencias significativas entre los municipios de Chiapas, particularmente entre los que integran la región de Los Altos y aquellos fuera de esta área, en términos de acceso a servicios y rezago social. En promedio, los municipios que se encuentran fuera de la región de Altos presentan una tendencia hacia la disminución de

determinados componentes del IRS, mientras que los municipios de la región de Altos no sólo se mantienen como los más rezagados, sino que muchas carencias han aumentado. En 2015, de los 17 municipios que integran la región, cinco presentaban un grado de rezago social muy alto; seis un grado alto; cuatro un grado medio; uno grado bajo; y uno, San Cristóbal de las Casas, grado muy bajo. En 2020, 12 municipios se encontraban en grado muy alto de rezago, cuatro en grado alto y sólo uno en grado bajo. Este nivel de rezago persistente es relevante dado que en distintos estudios se ha identificado una asociación entre la posición socioeconómica y el paludismo, y específicamente al desagregar los componentes de las distintas definiciones de pobreza que los autores utilizan, son las condiciones de vivienda las más relacionadas con la enfermedad (3,85).

El análisis bivariado revela una correlación positiva entre los casos de paludismo y diferentes indicadores de rezago social, como el analfabetismo, la falta de acceso a la educación y la carencia de servicios básicos como agua potable y saneamiento. Estos resultados sugieren que las condiciones socioeconómicas desfavorables pueden contribuir a la presencia del paludismo al limitar el acceso a información sobre prevención y tratamiento, así como por las condiciones de las viviendas que favorecen la proliferación y la exposición a los mosquitos.

Los hallazgos de las asociaciones positivas en la población de Chiapas, en el periodo de estudio, deben interpretarse de conformidad con elementos ya descritos en la literatura. El analfabetismo, que representa la asociación espacial más intensa del estudio en ambos periodos, está estrechamente relacionado con resultados adversos de salud en general, y en particular impacta en la efectividad de la educación para la salud específica ante el paludismo (86–88).

Esta característica muestra una distribución profundamente desigual en la entidad. La región de Los Altos muestra índices más altos de analfabetismo y falta de acceso a la educación en comparación con otras áreas del estado. Esto sugiere que las comunidades en Los Altos enfrentan mayores barreras para acceder a información crucial sobre prevención y tratamiento del paludismo, así como a oportunidades educativas que podrían mejorar su salud y bienestar en general.

Las características de la vivienda también presentaron una asociación espacial con los casos de paludismo en ambos periodos. La ausencia de drenaje, sanitario y de energía eléctrica estuvieron relacionadas con altos valores de casos de paludismo, así como el piso de tierra en las viviendas. La carencia de bienes en los hogares, como lavadora o refrigerador también resultó significativa en su asociación con los casos de paludismo.

Determinadas particularidades de los hogares se han relacionado con un riesgo aumentado de paludismo (89,90), específicamente, las carencias relacionadas con el agua limpia y segura en los hogares se encuentran ampliamente descritas en la bibliografía pues las personas, al acercarse a recolectar agua, lavar ropa o hacer uso de letrinas, se exponen a los criaderos de anofelinos, particularmente en determinados momentos del día en que la actividad de los vectores es más intensa (91,92).

Por otro lado, características como el piso de tierra o la ausencia de refrigerador no se encuentran descritos clásicamente como factores de riesgo específicos, estas características deben analizarse con el apoyo de perspectivas socio antropológicas, a fin de determinar los mecanismos de riesgo incrementado que estas carencias conllevan, pues se encuentran entre las más intensamente asociadas espacialmente con los casos de paludismo en este estudio.

Estos elementos representan una de las desigualdades más marcadas en la entidad, principalmente las referentes al acceso a servicios básicos. Mientras que los municipios fuera de Los Altos muestran una tendencia hacia una mayor disponibilidad de agua potable, saneamiento y electricidad, los municipios de Los Altos continúan enfrentando deficiencias significativas en estos aspectos. Por ejemplo, el porcentaje de viviendas sin agua entubada, drenaje o electricidad es notablemente más alto en la región de Los Altos en comparación con otras áreas del estado. Esta falta de acceso a servicios básicos no solo afecta la calidad de vida de los residentes, sino que también puede contribuir a la propagación del

paludismo al crear condiciones ambientales más propicias para la reproducción de los vectores y para la exposición de las personas a estos.

También respecto a los bienes disponibles en las viviendas las condiciones en la región de Los Altos son notablemente más precarias en comparación con otras áreas del estado. La falta de acceso a viviendas dignas, a lavadora, refrigerador y otros servicios básicos es más pronunciada en Los Altos, lo que aumenta la vulnerabilidad de las comunidades a enfermedades como el paludismo y contribuye a la perpetuación del ciclo de pobreza y enfermedad.

Finalmente, respecto de la dimensión de acceso a los servicios de salud, es este el único análisis bivariado que no demostró asociación espacial entre los casos de paludismo y la condición de derechohabiencia. Si bien existen algunos aspectos en la construcción de esta variable que se discuten en las limitaciones, parece contraintuitivo que un menor acceso a los servicios de salud no se relacione con valores más altos de enfermedad, sin embargo, en general la entidad cuenta con una proporción alta de personas sin seguridad social, lo que explicaría que esta asociación no se significativa. De igual manera, la derechohabiencia no implica uso de los servicios en determinada institución en específico. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, en los municipios correspondientes a la región Altos Tsotsil-Tseltal, el indicador de uso de servicios de salud señala que el 65 % de la población se atiende en unidades de Secretaría de Salud, en las que se incluye a la población que declaró atenderse en Centros de Salud, Seguro Popular o Instituto de Salud para el Bienestar, seguido de un 12.07 % que refiere atenderse en consultorios de farmacias y en tercer lugar el 7.70 % usuarios de unidades del programa IMSS-Bienestar. El 4.84 % de la población refiere no ser usuaria de servicios de salud. El papel que el sistema de salud paralelo tiene en estas comunidades, incluyendo a la medicina tradicional, pone de manifiesto la necesidad de abordar las intervenciones en salud considerando los determinantes sociales y la pertinencia cultural de dichas intervenciones.

Si bien, análisis como el Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social 2018 consideran que una persona no tiene acceso a los servicios de salud cuando no cuenta con adscripción para recibir servicios médicos de alguna institución que los presta, esta definición escapa a la realidad de regiones tan complejas como Chiapas, y es limitada frente a la transformación del sistema de salud de que atraviesa México, hacia una cobertura universal que no requiera la afiliación a determinado prestador de servicios de salud para recibir atención médica.

Los resultados de este estudio sugieren la importancia del desarrollo social también como intervención sanitaria. En la población de estudio en el periodo analizado la “falta de acceso a servicios de salud” no se asoció espacialmente con números altos de casos de paludismo, como sí lo hicieron otras carencias esenciales. A pesar de las limitaciones de este estudio, puede suponerse, sustentados en la historia del paludismo, que también en esta región las intervenciones de saneamiento y servicios básicos tendrían un impacto en la distribución y carga de la enfermedad. Aunque la incidencia de paludismo en México ha disminuido considerablemente y la meta de la eliminación se presente como alcanzable en los próximos años, atender la enfermedad y sus determinantes en las comunidades como las descritas en el presente trabajo no sólo es necesario, sino urgente.

Limitaciones

En primer lugar, dado el diseño y metodología de este estudio, no es posible hacer inferencias causales individuales a partir de datos grupales, además, la asociación espacial identificada no debe interpretarse como una asociación causal.

En segundo lugar, está claro que la pandemia de COVID-19 afectó severamente no sólo los servicios de salud y las acciones de control de enfermedades, sino también la vigilancia epidemiológica (93,94) por lo que es posible que durante el periodo más álgido de la pandemia haya existido subregistro de casos de paludismo, tanto por la disminución de las actividades de vigilancia, como por la similitud de síntomas de la COVID-19 y el paludismo.

Por otro lado, existen las limitaciones propias de las fuentes de datos. Como se ha mencionado antes, la desagregación de información a nivel de localidad no está siempre disponible. De igual manera, la información epidemiológica es limitada en los datos geográficos, de la base de datos de casos de paludismo un total de diez localidades no pudieron ser localizadas. De existir variables más precisas como el Área Geoestadística Básica (AGEB) o, de forma ideal, las coordenadas de los casos, sería posible un análisis más preciso.

En este mismo sentido, de las fuentes de información, considero que existe un error en la construcción de la variable “acceso a los servicios de salud”. Esta dimensión, el acceso a servicios de salud, se describe por CONEVAL en el índice de rezago social como la población con derechohabiencia, término utilizado para hacer referencia a la afiliación a esquemas de seguridad social. Aunque CONEVAL es la institución que realiza la medición multidimensional de la pobreza en México, el análisis es elaborado a partir de los datos recabados por el INEGI a través de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). En esta encuesta, el INEGI define la categoría “Condición de derechohabiencia a servicios de salud” como la “situación que distingue a la población en

derechohabiente o no de servicios médicos en instituciones de salud públicas o privadas”.

Por ello, la asociación que hace CONEVAL entre afiliación y acceso es, cuando menos, problemática. La afiliación no implica en ninguna manera que el derecho a la atención en determinada institución se ejerza. En el mismo sentido, no estar afiliado ningún esquema de seguridad social tampoco implica que no se reciba atención médica, pues como se ha mencionado antes, la atención médica es brindada a través de distintos prestadores, principalmente comunitarios, pero que incluye también organizaciones no gubernamentales.

Conclusión

En el presente trabajo, se identificó espacialmente que, en Chiapas, entidad federativa que representa la mayor carga de paludismo, existe una asociación entre el rezago social con números elevados de casos de paludismo. Si bien, esto es consistente con lo observado previamente en la literatura, destaca específicamente que, en el periodo y localidades de estudio, carencias de elementos tan fundamentales como no saber leer y escribir, no tener piso firme y no contar con sanitario se asociaron más intensamente con el paludismo que la carencia de acceso a los servicios de salud.

En un entorno de recursos limitados —Chiapas es la entidad más pobre de México (95)—, resultados como los identificados en este estudio se vuelven relevantes para reorientar las estrategias y definir prioridades. El acceso a los servicios de salud debe garantizarse para todas las personas, independientemente de dónde se encuentren y de su afiliación a seguridad social, pero los esfuerzos por abatir la enfermedad no pueden limitarse a unidades, médicos y fármacos, ignorando las condiciones estructurales.

Se ha considerado (96) que enfocarse en tecnología e inversiones para erradicar el paludismo es ahistórico y es despolitizante. Es ahistórico porque ignora la forma en la que se eliminó el paludismo del norte global. Y es despolitizante porque desdeña el papel de la pobreza extrema y la incapacidad del Estado para atender las razones subyacentes por las que persiste la transmisión. Se requieren intervenciones integrales que mejoren la calidad de vida de las personas, con la salud y el bienestar en el centro de todas las políticas. Asegurar la disponibilidad y el acceso, en todas sus dimensiones, a servicios de salud es esencial, llevando pruebas diagnósticas, atención médica y tratamientos incluso a las regiones más remotas, pero sobre todo llevando a estas mismas comunidades las intervenciones esenciales como la alfabetización, el agua limpia y segura y la luz eléctrica.

El acceso a la educación, a viviendas dignas, al drenaje, brinda el marco en el que las intervenciones específicas de los servicios de atención a la salud pueden ser más exitosas. En México, es además una deuda histórica, específicamente en el caso de los pueblos indígenas. Este estudio destaca la importancia de abordar las inequidades sociales y económicas como parte integral de las estrategias de eliminación del paludismo.

Por ello, la eliminación del paludismo en México no debe ser vista sólo como una meta más del desarrollo, que nos igualaría con otros países del norte global, sino también como un acto de justicia con las comunidades que más han sufrido históricamente la endemividad no sólo de la enfermedad, sino de la pobreza y el olvido.

Recomendaciones

La información geográfica debe considerarse un componente esencial de la vigilancia epidemiológica, esto permite análisis más precisos e integrales para abordar los problemas de salud pública, para ello se requiere de información completa y con calidad, asegurando el llenado completo de los estudios de caso incluyendo las variables que contribuyen a la georreferenciación.

Es fundamental intensificar las intervenciones focalizadas en las áreas identificadas como *hotspots*, dado que concentran valores altos tanto de rezago social como de paludismo. Debe continuar la implementación de intervenciones específicas dirigidas a estas comunidades respecto a acciones de prevención y promoción, vigilancia, diagnóstico y tratamiento. De igual manera, es necesario abordar los elementos subyacentes del rezago en la región, principalmente el analfabetismo y la falta de acceso a agua, drenaje y luz, así como la mejora de las condiciones de la vivienda. Debe garantizarse el acceso a los servicios básicos, expandiendo la infraestructura de sistemas de agua potable y drenaje, así como la provisión de tecnologías domésticas para mejorar las condiciones de vida de las comunidades.

En el marco de la eliminación del paludismo en México, es necesario que todos y cada uno de los casos sean identificados, diagnosticados y tratados. Esto incluye el desafío adicional de los casos importados, que como se ha mencionado, constituyen la mayoría de los identificados en el país, por lo que se vuelve fundamental continuar fortalecido la vigilancia epidemiológica en el contexto del fenómeno migratorio.

Consideraciones éticas

El protocolo de investigación fue sometido tanto al Comité de Investigación como al Comité de Ética en Investigación de la Dirección General de Epidemiología, independientes del equipo que integra este proyecto y regulados por lo establecido en la Guía Nacional para la Integración y Funcionamiento de los Comités de Ética en Investigación, publicada por la Comisión Nacional de Bioética.

La investigación consistió en un análisis espacial a partir de bases de datos del registro de casos de paludismo por lo que no existe algún riesgo para los pacientes, correspondiendo la presente investigación a la Categoría I: Investigación sin riesgo, dentro de la clasificación de las investigaciones del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Se protegieron los datos personales conforme a lo establecido en la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados, ya que, según lo establecido en el Artículo 22 de dicha ley, se refieren las situaciones en las que el responsable de la Protección de Datos Personales no está obligado a recabar el consentimiento del titular para el tratamiento de datos personales, siendo aplicables a esta investigación las siguientes:

- Cuando las transferencias que se realicen entre responsables, sean sobre datos personales que se utilicen para el ejercicio de facultades propias, compatibles o análogas con la finalidad que motivó el tratamiento de los datos personales.
- Cuando los datos personales se requieran para ejercer un derecho o cumplir obligaciones derivadas de una relación jurídica entre el titular y el responsable.
- Cuando los datos personales sean necesarios para efectuar un tratamiento para la prevención, diagnóstico o la prestación de asistencia sanitaria.

Los principios de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia fueron contemplados en la elaboración del protocolo y en la investigación, cuyo fin es la generación de conocimiento. No se contempló ninguna intervención que

constituyera un riesgo para la población al tratarse de un análisis secundario de bases de datos, empleando investigación documental retrospectiva.

Adicionalmente, y como parte de los aspectos éticos de la investigación, también debe considerarse el beneficio social esperado pues, la formulación de planes y programas de salud que puedan resultar de la evidencia generada por esta investigación contribuirán a mejorar la salud de la población, particularmente de los más vulnerables, pues ya se ha descrito la desigual distribución que el paludismo tiene entre la población. La construcción de políticas en salud focalizadas y con prioridad en la cartografía que se proponga optimizarán además el uso de recursos limitados, al mejorar el control vectorial y el tratamiento oportuno.

Las bases de datos correspondientes a los casos de paludismo se utilizaron sin nombres de las personas ni otros datos de identificación personal. Dado que la base de casos de paludismo no es de dominio público se contó con la autorización escrita para su uso. Esta información se mantuvo bajo el resguardo únicamente del investigador principal, de manera electrónica en la computadora personal, protegida por contraseña. Las bases de datos de INEGI, CONAPO y CONEVAL son públicas.

Recursos materiales, humanos y financieros

Recursos materiales

Equipo de cómputo propiedad del autor.

Paquete básico de Microsoft Office.

QGIS 3.30.2, SIG de código abierto y gratuito, QGIS Association.

GeoDa 1.18, SIG de código abierto y gratuito, Universidad de Chicago.

Recursos humanos

Personal	Nombre
Investigador principal	Dr. Noé Hernández Valdivia
Directora de tesis	Dr. Cs. Santa Elizabeth Ceballos Liceaga
Asesora de tesis	Mtra. María del Pilar Ochoa Torres
Asesora de tesis	Mtra. Vanessa Montserrat Dávila Conn

Recursos financieros

Beca otorgada al autor por parte de la Residencia Médica en Epidemiología, en la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud.

Bibliografía

1. World Health Organization (WHO). Elimination of malaria. 2009.
2. Centers for Disease Control and Prevention. CDC - Malaria - About Malaria - Biology. 2020.
3. Tusting LS, Reik J, Arinaitwe E, Staedke SG, Kanya MR, Cano J, et al. Why is malaria associated with poverty? Findings from a cohort study in rural Uganda. *Infect Dis Poverty* [Internet]. 2016 Dec 4 [Citado 2020 Nov 22];5(1):78. Disponible en: <https://idpjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-016-0164-3>
4. Secretaría de Salud. Manual de Procedimiento Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Vectores. 2021;
5. Dirección General de Epidemiología. Dirección de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmisibles - Cierre de información Paludismo 2021. 2022.
6. World Health Organization (WHO). World Malaria Report 2019 [Internet]. WHO Regional Office for Africa. 2019. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
7. OPS/OMS. Actualización Epidemiológica Malaria en las Américas. Organ Panam la Salud [Internet]. 2019;8. Disponible en: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=2019-3&alias=51011-18-de-noviembre-de-2019-malaria-actualizacion-epidemiologica&Itemid=270&lang=es
8. Dirección General de Epidemiología. Informe Quincenal de Vigilancia Epidemiológica de Paludismo [Internet]. 2024. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/850388/Informe_Paludismo_2023_SE31.pdf
9. Price RN, Tjitra E, Guerra CA, Yeung S, White NJ, Anstey NM. Vivax malaria: neglected and not benign. *Am J Trop Med Hyg* [Internet]. 2007 [Citado 2022 Apr 3];77(6 Suppl):79. Disponible en: [/pmc/articles/PMC2653940/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17111111/)
10. Malaria Consortium - About neglected tropical diseases (Ntds) [Internet].

- [Citado 2022 Apr 3]. Disponible en: <https://www.malariaconsortium.org/ntds/ntds-about.htm>
11. CONEVAL. Grado de accesibilidad a carretera pavimentada 2020 [Internet]. 2021 [Citado 2022 Oct 9]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197605.pdf
 12. Cuevas JH. Salud y Autonomía: el caso Chiapas. 2007.
 13. Chanon KE, Méndez-Galván JF, Galindo-Jaramillo JM, Olguín-Bernal H, Borja-Aburto VH. Cooperative actions to achieve malaria control without the use of DDT. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 2003 [Citado 2022 Dec 11];206(4–5):387–94. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12971694/>
 14. Lessler J, Azman AS, McKay HS, Moore SM. What is a hotspot anyway? *Am J Trop Med Hyg*. 2017;96(6):1270–3.
 15. Carter R, Mendis KN. Evolutionary and Historical Aspects of the Burden of Malaria. *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 2002 Oct [Citado 2021 Dec 2];15(4):564. Disponible en: </pmc/articles/PMC126857/>
 16. World Health Organization. World Malaria Report: 20 years of global progress and challenges. *World Heal Organ* [Internet]. 2020 [Citado 2021 Dec 2];WHO/HTM/GM(December):299. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015791>
 17. Poinar G. *Plasmodium dominicana* n. sp. (Plasmodiidae: Haemospororida) from Tertiary Dominican amber. *Syst Parasitol* [Internet]. 2005 May [Citado 2021 May 27];61(1):47–52. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11230-004-6354-6>
 18. Su XZ. Tracing the geographic origins of *Plasmodium falciparum* malaria parasites. *Pathog Glob Health* [Internet]. 2014 Sep 1 [Citado 2021 Dec 6];108(6):261. Disponible en: </pmc/articles/PMC4216747/>
 19. Liu W, Li Y, Learn GH, Rudicell RS, Robertson JD, Keele BF, et al. Origin of the human malaria parasite *Plasmodium falciparum* in gorillas. *Nature* [Internet]. 2010 Sep 23 [Citado 2021 Dec 6];467(7314):420–5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20864995/>
 20. Pappas G, Kiriakou IJ, Falagas ME. Insights into infectious disease in the era

- of Hippocrates. *Int J Infect Dis* [Internet]. 2008 Jul 1 [Citado 2021 Dec 7];12(4):347–50. Disponible en: <http://www.ijidonline.com/article/S1201971207002123/fulltext>
21. Cox FEG. History of Human Parasitology. *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 2002 Oct [Citado 2021 Dec 7];15(4):595. Disponible en: </pmc/articles/PMC126866/>
 22. Hsu E. Reflections on the ‘discovery’ of the antimalarial qinghao. *Br J Clin Pharmacol* [Internet]. 2006 Jun [Citado 2021 Dec 7];61(6):666. Disponible en: </pmc/articles/PMC1885105/>
 23. Hempelmann K, Hempelmann E, Krafts K. Bad air, amulets and mosquitoes: 2,000 years of changing perspectives on malaria. *Hempelmann Krafts Malar J* [Internet]. 2013 [Citado 2021 Dec 7];12:232. Disponible en: <http://www.malariajournal.com/content/12/1/232>
 24. Boualam MA, Pradines B, Drancourt M, Barbieri R. Malaria in Europe: A Historical Perspective. *Front Med*. 2021 Jun 30;8.
 25. Yalcindag E, Elguero E, Arnathau C, Durand P, Akiana J, Anderson TJ, et al. Multiple independent introductions of *Plasmodium falciparum* in South America. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2012 Jan 10 [Citado 2021 Dec 7];109(2):511–6. Disponible en: </pmc/articles/PMC3258587/>
 26. Butler AR, Khan S, Ferguson E. A brief history of malaria chemotherapy. *J R Coll Physicians Edinb* [Internet]. 2010 [Citado 2021 Dec 7];40(2):172–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20695174/>
 27. Cox FE. History of the discovery of the malaria parasites and their vectors. *Parasites and Vectors*. 2010;3(1):1–9.
 28. Loeb RF, McCoy OR, Clark WM, Coatney GR, Coggeshall LT, Dieuaide FR, et al. ACTIVITY OF A NEW ANTIMALARIAL AGENT, CHLOROQUINE (SN 7618): Statement Approved by the Board for Coordination of Malarial Studies. *J Am Med Assoc* [Internet]. 1946 Apr 20 [Citado 2021 Dec 7];130(16):1069–70. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/285351>
 29. Wellems TE, Plowe C V. Chloroquine-Resistant Malaria. *J Infect Dis* [Internet]. 2001 Sep 15 [Citado 2021 Dec 7];184(6):770–6. Disponible en: <https://academic.oup.com/jid/article/184/6/770/846627>
 30. Liao F. Discovery of Artemisinin (Qinghaosu). *Molecules* [Internet]. 2009 Dec [Citado 2021 Dec 7];14(12):5362. Disponible en: </pmc/articles/PMC6254926/>

31. Blancarte-Meléndez JR, Cabrera-Palma N de J. El programa de erradicación del paludismo en México. *Salud Publica Mex* [Internet]. 1959 Jun 30 [Citado 2021 Dec 7];1(1):9–50. Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/4478>
32. Mandujano A, Camarillo L. Historia de las epidemias en el México antiguo: algunos aspectos biológicos y sociales [Internet]. *Revista Casa del Tiempo*. [Citado 2021 Dec 7]. Disponible en: <http://www.uam.mx/difusion/revista/abr2003/mandujano.html>
33. World Health Organization. Report of the WHO Strategic Advisory Group on Malaria Eradication Malaria eradication: benefits, future scenarios & feasibility A report of the Strategic Advisory Group on Malaria Eradication. 2020;
34. Packard RM. *The Making of a Tropical Disease*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press; 2007. 289 p.
35. Betanzos-Reyes ÁF. La malaria en México. Progresos y desafíos hacia su eliminación. *Bol Med Hosp Infant Mex* [Internet]. 2011 Mar [Citado 2021 Dec 7];68(2). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-11462011000200013
36. Méndez J, Bentazos Á, Velásquez O, Tapia R. Guía para la Implementación y Demostración de Alternativas Sostenibles de Control Integrado de la Malaria en México y América Central. Secretaría de Salud de México, Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte Fondo para el Medio Ambiente Mundial Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Organización Panamericana de la Salud. 2004. 49–51 p.
37. Sectorial De Salud P. Programa de Acción Específico Prevención y Control del Paludismo 2013-2018.
38. 486. México refuerza acciones para la eliminación del paludismo en 2025 | Secretaría de Salud | Gobierno | gob.mx [Internet]. [Citado 2022 Apr 3]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/prensa/486-mexico-refuerza-acciones-para-la-eliminacion-del-paludismo-en-2025>
39. Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern - Centers for Disease Control and Prevention [Internet]. [Citado 2021 Dec 7]. Disponible

en: <https://www.cdc.gov/dpdx/malaria/index.html>

40. Cowman AF, Healer J, Marapana D, Marsh K. Malaria: Biology and Disease. *Cell* [Internet]. 2016;167(3):610–24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2016.07.055>
41. Singh B, Daneshvar C. Human infections and detection of plasmodium knowlesi. *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 2013 Apr [Citado 2021 Dec 7];26(2):165–84. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/abs/10.1128/CMR.00079-12>
42. Dondorp AM, Pongponratn E, White NJ. Reduced microcirculatory flow in severe falciparum malaria: pathophysiology and electron-microscopic pathology. *Acta Trop*. 2004 Feb 1;89(3):309–17.
43. Sinka ME, Bangs MJ, Manguin S, Rubio-Palis Y, Chareonviriyaphap T, Coetzee M, et al. A global map of dominant malaria vectors. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2012 Apr 4 [Citado 2021 Dec 8];5(1):1–11. Disponible en: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-5-69>
44. Harbach RE. The Phylogeny and Classification of Anopheles. *Anopheles mosquitoes - New insights into Malar vectors* [Internet]. 2013 Jul 24 [Citado 2021 Dec 8]; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/256137293_The_Phylogeny_and_Classification_of_Anopheles
45. Smallegange RC, van Gemert GJ, van de Vegte-Bolmer M, Gezan S, Takken W, Sauerwein RW, et al. Malaria Infected Mosquitoes Express Enhanced Attraction to Human Odor. *PLoS One* [Internet]. 2013 May 15 [Citado 2021 Dec 8];8(5):e63602. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0063602>
46. Organización Mundial de la Salud. DIRECTRICES PARA EL CONTROL DE VECTORES DEL PALUDISMO. 2019.
47. Paludismo | Secretaría de Salud | Gobierno | gob.mx [Internet]. 2016 [Citado 2022 Jan 18]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/paludismo>
48. González Cerón L. El paludismo y los mosquitos transmisores [Internet]. Notas de divulgación, Instituto Nacional de Salud Pública. 2021 [Citado 2022

- Jan 18]. Disponible en: https://insp.mx/assets/pdfjs/web/viewer.html?file=https://insp.mx/resources/images/stories/Centros/regionalI/NotasDivulgacion/211029_divulgacionF2_Octubre21_gm.pdf
49. Villareal-Treviño Cuauhtémoc, Rios-Delgado Jana C. Biodiversidad de anofelinos en zonas Neartica y Neotropical de México [Internet]. Notas de divulgación, Instituto Nacional de Salud Pública. 2021 [Citado 2022 Jan 18]. Disponible en: https://www.insp.mx/resources/images/stories/Centros/regionalI/NotasDivulgacion/210528_biodiversidad_de_anofelinos_en_zonas_neartica_neotropical_de_mexico.pdf
 50. Baird K, Price R. Non-falciparum malaria: P. vivax, P. ovale, and P. malariae - UpToDate [Internet]. 2021 [Citado 2021 Dec 8]. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/non-falciparum-malaria-p-vivax-p-ovale-and-p-malariae?search=malaria&topicRef=5709&source=see_link#H7
 51. Breman J. Malaria: Clinical manifestations and diagnosis in nonpregnant adults and children - UpToDate [Internet]. 2020 [Citado 2021 Dec 8]. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/malaria-clinical-manifestations-and-diagnosis-in-nonpregnant-adults-and-children?search=malaria-clinical&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
 52. Milner D. Pathogenesis of malaria - UpToDate [Internet]. 2021 [Citado 2021 Dec 8]. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/pathogenesis-of-malaria?search=malaria&source=search_result&selectedTitle=9~150&usage_type=default&display_rank=9
 53. JE S, JD M, TW G, J K. Imported malaria. Clinical presentation and examination of symptomatic travelers. Arch Intern Med [Internet]. 1995 Apr 24 [Citado 2021 Dec 8];155(8):861–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7717795/>
 54. Wilson ME, Weld LH, Boggild A, Keystone JS, Kain KC, Von Sonnenburg F,

- et al. Fever in returned travelers: results from the GeoSentinel Surveillance Network. *Clin Infect Dis* [Internet]. 2007 Jun 15 [Citado 2021 Dec 8];44(12):1560–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17516399/>
55. Agarwal R, Choi L, Johnson S, Takwoingi Y. Rapid diagnostic tests for *Plasmodium vivax* malaria in endemic countries. *Cochrane database Syst Rev* [Internet]. 2020 Nov 4 [Citado 2021 Dec 8];11(11). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33146932/>
 56. Yerlikaya S, Campillo A, Gonzalez IJ. A Systematic Review: Performance of Rapid Diagnostic Tests for the Detection of *Plasmodium knowlesi*, *Plasmodium malariae*, and *Plasmodium ovale* Mono-infections in Human Blood. *J Infect Dis* [Internet]. 2018 Jun 20 [Citado 2021 Dec 8];218(2):265–76. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29554284/>
 57. World Health Organization. False-negative RDT results and *P. falciparum* histidine-rich protein 2/3 gene deletions [Internet]. 2019 Jul [Citado 2021 Dec 8]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-166>
 58. Dirección General de Epidemiología. Lineamientos de Vigilancia por Laboratorio del Paludismo. 2018.
 59. World Health Organization (WHO). WHO Guidelines for malaria [Internet]. 16 February 2021. 2021. Disponible en: <http://apps.who.int/bookorders>.
 60. Primaquina | Asociación Española de Pediatría [Internet]. [Citado 2022 Dec 12]. Disponible en: <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/primaquina>
 61. World Health Organization (WHO). World Malaria Report 2021. 2021.
 62. Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-2012, para la vigilancia epidemiológica [Internet]. 2012. Disponible en: http://sersalud.cdmx.gob.mx/portalut/archivo/Art121FI/Normatividad_SSP_DF/NOM-017-SSA2-2012.pdf
 63. Gobierno de Chiapas. Programa Regional de Desarrollo: Región V Altos Tsotsil-Tzeltal.
 64. Etnografía de los pueblos tzotzil (Batsil Winik' Otik) y tzeltal (Winik Atel). | INPI | Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas | Gobierno | gob.mx [Internet]. [Citado 2021 Dec 13]. Disponible en: <https://www.gob.mx/inpi/es/articulos/etnografia-de-los-pueblos-tzotzil->

- batsil-winik-otik-y-tzeltal-winik-atel?idiom=es
65. Aguilar Ortega T. Desigualdad y marginación en Chiapas. Península [Internet]. 2016 Jul [Citado 2022 Jan 18];11(2):143–59. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-57662016000200143&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 66. Estadísticas de pobreza en Chiapas [Internet]. CONEVAL. 2020 [Citado 2022 Jan 18]. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Chiapas/Paginas/principal.aspx>
 67. Esponda Jimeno VM. Las sublevaciones indígenas en Chiapas a través de algunas fuentes. Anu Inst Chiapaneco Cult.
 68. El levantamiento zapatista de 1994 | Arqueología Mexicana [Internet]. [Citado 2021 Dec 13]. Disponible en: <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-levantamiento-zapatista-de-1994>
 69. Dirección General de Información en Salud. Establecimientos de salud [Internet]. 2022. Disponible en: <http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/>
 70. Elliott P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: Current approaches and future challenges [Internet]. Vol. 112, Environmental Health Perspectives. Public Health Services, US Dept of Health and Human Services; 2004 [Citado 2021 Jun 24]. p. 998–1006. Disponible en: </pmc/articles/PMC1247193/>
 71. Shiode N, Shiode S, Rod-Thatcher E, Rana S, Vinten-Johansen P. The mortality rates and the space-time patterns of John Snow's cholera epidemic map. Int J Health Geogr [Internet]. 2015 Jun 17 [Citado 2022 Oct 17];14(1):1–15. Disponible en: <https://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12942-015-0011-y>
 72. Mogeni P, Williams TN, Omedo I, Kimani D, Ngoi JM, Mwacharo J, et al. Detecting malaria hotspots: A comparison of rapid diagnostic test, microscopy, and polymerase chain reaction. J Infect Dis. 2017;216(9):1091–8.
 73. Burkot TR, Bugoro H, Apairamo A, Cooper RD, Echeverry DF, Odabasi D, et al. Spatial-temporal heterogeneity in malaria receptivity is best estimated by vector biting rates in areas nearing elimination. Parasites and Vectors. 2018;11(1):1–12.

74. Tokarz R, Novak RJ. Spatial-temporal distribution of Anopheles larval habitats in Uganda using GIS/remote sensing technologies. *Malar J* [Internet]. 2018;17(1):1–14. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12936-018-2567-z>
75. Kaufmann C, Briegel H. Flight performance of the malaria vectors *Anopheles gambiae* and *Anopheles atroparvus* - PubMed. *J Vector Ecol* [Internet]. 2004 Jun [Citado 2022 Oct 17];29:140–53. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15266751/>
76. Organización Panamericana de la Salud. Manual de estratificación según el riesgo de malaria y eliminación de focos de transmisión. 2019.
77. Siabato W, Guzmán-Manrique J. La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Rev Colomb Geogr* [Internet]. 2018 [Citado 2022 Apr 3];28(1):1–22. Disponible en: www.johnsnowsociety.org.
78. Cromley EK, McLafferty SL. *GIS and Public Health*. 2nd ed. ISPRS International Journal of Geo-Information. New York; 2012. 530 p.
79. Ochoa-Torres M del P, Muños-Hernández JA, Freyermuth-Enciso G. Mortalidad y vulnerabilidad ambiental en los municipios de la cuenca y la ribera del Usumacinta del trienio 2014-2016. *Pueblos y Front Digit* [Internet]. 2020 [Citado 2022 Apr 3];15:1–31. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rpfd/v15/1870-4115-rpfd-15-e429.pdf>
80. Tobler W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region. *Econ Geogr*. 1970;46:234–40.
81. Celemín JP. Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. *Rev Univ Geogr* [Internet]. 2009 [Citado 2022 Apr 3];18(1). Disponible en: http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652009001100002&lng=pt&nrm=iso#fig1
82. World Health Organization. *Eliminating Malaria* [Internet]. Geneva; 2016 [Citado 2022 May 22]. Disponible en: <http://www.who.int>
83. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. *Marco para la Eliminación de la Malaria* [Internet]. 2017. 102 p. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34172/9789275319659-spa.pdf>

84. Coneval (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). Informe de Pobreza y Evaluación. 2020;117. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/quienessomos/InvestigadoresAcademicos/Paginas/Investigadores->
85. Wafula ST, Habermann T, Franke MA, May J, Puradiredja DI, Lorenz E, et al. What are the pathways between poverty and malaria in sub-Saharan Africa? A systematic review of mediation studies. *Infect Dis Poverty* [Internet]. 2023 Dec 1 [Citado 2024 May 7];12(1):1–18. Disponible en: <https://idpjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-023-01110-2>
86. Shahid R, Shoker M, Chu LM, Frehlick R, Ward H, Pahwa P. Impact of low health literacy on patients' health outcomes: a multicenter cohort study. *BMC Health Serv Res* [Internet]. 2022 Dec 1 [Citado 2024 Jan 25];22(1):1–9. Disponible en: <https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-022-08527-9>
87. Zerdo Z, Anthierens S, Van geertruyden JP, Massebo F, Biresaw G, Shewangizaw M, et al. Implementation of a malaria prevention education intervention in Southern Ethiopia: a qualitative evaluation. *BMC Public Health* [Internet]. 2022 Dec 1 [Citado 2024 Jan 25];22(1). Disponible en: </pmc/articles/PMC9508754/>
88. Castro-Sánchez E, Chang PWS, Vila-Candel R, Escobedo AA, Holmes AH. Health literacy and infectious diseases: why does it matter? *Int J Infect Dis*. 2016 Feb 1;43:103–10.
89. Fox T, Furnival-Adams J, Chaplin M, Napier M, Olanga EA. House modifications for preventing malaria. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2022 Sep 22 [Citado 2024 May 2];2022(10). Disponible en: </pmc/articles/PMC9536247/>
90. Guerra M, De Sousa B, Ndong-Mabale N, Berzosa P, Arez AP. Malaria determining risk factors at the household level in two rural villages of mainland Equatorial Guinea. *Malar J* [Internet]. 2018 May 18 [Citado 2024 May 2];17(1):203. Disponible en: </pmc/articles/PMC5960103/>
91. Villarreal-Treviño C, Penilla-Navarro RP, Vázquez-Martínez MG, Moo-Llanes DA, Ríos-Delgado JC, Fernández-Salas I, et al. Larval habitat

- characterization of *Anopheles darlingi* from its northernmost geographical distribution in Chiapas, Mexico. *Malar J* [Internet]. 2015 Dec 22 [Citado 2024 Jan 25];14(1):1-9. Disponible en: <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12936-015-1037-0>
92. Ngatu NR, Kanbara S, Renzaho A, Wumba R, Mbelambela EP, Muchanga SMJ, et al. Environmental and sociodemographic factors associated with household malaria burden in the Congo. *Malar J* [Internet]. 2019 Feb 26 [Citado 2024 Jan 25];18(1):1-9. Disponible en: <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12936-019-2679-0>
 93. Clark EC, Neumann S, Hopkins S, Kostopoulos A, Hagerman L, Dobbins M. Changes to Public Health Surveillance Methods Due to the COVID-19 Pandemic: Scoping Review. *JMIR Public Heal Surveill* 2024;10:e49185 <https://publichealth.jmir.org/2024/1/e49185> [Internet]. 2024 Jan 19 [Citado 2024 Apr 20];10(1):e49185. Disponible en: <https://publichealth.jmir.org/2024/1/e49185>
 94. Lau DT, Sosa P, Dasgupta N, He H. Impact of the COVID-19 Pandemic on Public Health Surveillance and Survey Data Collections in the United States. *Am J Public Health* [Internet]. 2021 Dec 1 [Citado 2024 Apr 20];111(12):2118. Disponible en: [/pmc/articles/PMC8667853/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38667853/)
 95. Coneval (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). Diez años de medición de pobreza multidimensional en México: avances y desafíos en política social [Internet]. 2019. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_18/Pobreza_2018_CONEVAL.pdf
 96. Kennedy J. History shows it will take more than technology and money to beat malaria. *The Guardian* [Internet]. 2019 Sep 11; Disponible en: <https://www.theguardian.com/global-development/2019/sep/11/history-teaches-that-technology-and-money-alone-wont-eradicate-malaria>

Anexos

Anexo 1. Tabla complementaria

Comparación del índice de rezago social 2015 y 2020, en los municipios de la región Altos Tsotsil-Tzeltal en Chiapas.

Municipio	Población de 15 años o más analfabeta		Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela		Población de 15 años y más con educación básica incompleta		Población sin derechohabiencia a servicios de salud		Viviendas con piso de tierra		Viviendas que no disponen de excusado o sanitario		Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública		Viviendas que no disponen de drenaje		Viviendas que no disponen de energía eléctrica		Viviendas que no disponen de lavadora		Viviendas que no disponen de refrigerador		IRS	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Aldama	24.14	21.20	7.81	13.27	79.17	71.83	12.37	13.92	13.19	14.72	2.62	1.57	12.27	6.72	17.44	10.24	1.77	1.15	99.77	98.97	97.69	95.09	1.53	1.69
Amatenango del Valle	31.13	26.49	8.66	14.57	81.27	74.99	16.78	26.57	21.78	19.89	9.63	11.96	27.13	23.56	19.13	20.13	3.72	2.15	97.39	96.68	92.14	90.43	2.07	2.32
Chalchihuitán	37.28	29.16	14.20	21.79	90.49	81.14	20.63	24.81	23.34	40.04	4.75	17.86	26.89	49.38	61.57	72.79	1.98	13.14	98.35	99.63	95.97	92.27	2.68	4.26
Chamula	26.02	32.58	3.41	17.46	66.45	86.13	4.83	19.18	28.94	20.15	3.90	2.45	41.23	17.67	60.72	38.74	4.05	1.33	99.95	95.96	97.00	92.06	2.31	2.56
Chanal	15.79	22.37	3.44	8.89	49.80	59.28	11.11	13.85	13.82	27.13	2.82	3.39	7.74	34.68	7.13	50.05	4.15	3.02	88.45	98.76	55.72	92.04	0.56	2.45
Chenalhó	10.47	27.60	5.58	24.62	43.59	80.13	18.01	20.32	7.50	34.02	3.33	4.53	7.91	19.15	3.00	36.30	1.13	3.22	46.77	97.83	19.35	90.48	-0.38	2.88
Huixtán	13.90	18.25	6.83	9.21	60.36	63.12	13.94	16.30	8.18	21.12	6.00	1.50	6.62	20.81	7.00	28.51	1.25	2.89	75.81	95.80	51.37	89.56	0.38	1.88
Larráinzar	21.42	17.35	12.38	11.01	76.00	62.90	10.48	18.18	15.77	6.62	3.07	1.17	25.31	5.56	51.86	17.51	5.83	1.11	84.03	95.76	62.87	88.44	1.77	1.26
Mitontic	34.80	36.63	5.53	21.82	71.93	79.46	15.09	6.41	22.10	27.01	7.28	1.55	5.88	25.17	16.87	33.06	1.28	0.77	97.33	99.59	83.36	92.10	1.58	2.87
Oxchuc	13.47	15.98	5.08	7.11	55.76	52.84	22.56	7.37	7.20	42.34	5.00	4.84	26.70	69.94	4.69	58.92	1.96	11.67	43.34	97.60	19.23	91.59	-0.02	3.38
Pantelhó	19.80	36.01	4.45	27.35	57.05	74.77	7.39	27.51	17.47	21.00	1.81	7.05	12.85	9.69	5.05	20.46	1.71	3.19	78.91	95.82	66.25	80.64	0.77	2.49
San Cristóbal de las Casas	27.27	9.21	9.70	10.29	68.11	38.34	14.69	44.75	26.32	9.34	3.20	0.80	6.99	5.77	19.28	5.16	2.30	0.49	91.53	51.76	70.88	36.62	1.50	-0.12
San Juan Cancuc	19.29	30.78	6.80	13.54	68.37	69.76	11.96	16.75	9.39	32.60	4.11	11.26	7.41	26.59	4.07	45.85	1.53	3.22	43.80	99.64	26.90	95.30	0.19	2.95
Santiago el Pinar	16.60	33.21	6.32	7.40	58.88	62.59	3.63	7.12	5.78	22.50	2.62	5.49	1.07	1.65	1.11	5.60	0.82	0.77	73.72	98.90	38.91	94.07	0.17	1.87
Tenejapa	11.24	19.29	3.09	12.14	40.67	71.14	20.08	14.20	14.03	13.49	3.84	1.45	24.67	5.66	3.97	22.11	1.63	1.55	67.92	98.48	24.23	94.90	0.03	1.68
Teopisca	4.29	21.01	4.78	17.45	26.70	72.70	23.04	31.54	2.00	16.72	0.38	2.50	7.39	8.54	0.55	5.94	0.18	1.79	29.98	66.87	8.48	62.79	-1.08	1.26
Zinacantán	36.52	31.01	19.04	22.33	88.36	84.05	16.11	17.28	7.68	13.09	6.89	5.05	29.87	26.17	16.47	12.02	0.86	0.61	97.05	92.62	91.91	86.02	2.14	2.29

Anexo 2. Cronograma

El desarrollo de la investigación se realizó, una vez aprobado por los comités, durante el 2023 de la siguiente manera:

Mes	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Enero 2024
Solicitud de bases de datos DGE	■									
Análisis de bases de datos abiertas		■	■	■						
Análisis conjunto				■	■	■				
Redacción de tesis						■	■	■		
Revisión de documento final									■	
Envío para aprobación final										■

Se omiten las actividades relacionadas con el desarrollo del protocolo y fechas específicas dado que el desarrollo de la investigación depende de la aprobación por los comités, obtenidos en marzo de 2023.

Anexo 3. Dictamen del Comité de Investigación



Ciudad de México, a 20 de enero de 2023
No. Oficio: CI /02 /2023

Asunto: DICTAMEN APROBADO

Dr. Noé Hernández Valdívía
Francisco de P. Miranda 157 - 7o Piso
Colonia U. H. Lomas de Plateros
01480 - CDMX

At n.: **Dra. Nilza Aslim Rojas Arroyo**
Directora de Investigación
Operativa Epidemiológica

Realizada la revisión del **Protocolo CI-09/22: "Análisis Espacial de la Transmisión del Paludismo en Chiapas y su Relación con Características Epidemiológicas, Demográficas y Sociales, 2016-2021"** el Comité de Investigación de la Dirección General de Epidemiología emitió el dictamen de Aprobado.

Atentamente
Presidente del Comité de Investigación de la DGE

Dra. Guadalupe Silvia García de la Torre

CSGT/GLA/jpr
Ccp. Expediente del CI

Francisco de P. Miranda No. 157 Col. Lomas de Plateros, Álvaro Obregón, CDMX 01480,
Tel. (55) 5337 1769 correo electrónico: comite.investigacion.dge@salud.gob.mx



Anexo 4. Dictamen del Comité de Ética en Investigación



Ciudad de México, a 6 de marzo de 2023
No. Oficio: CI /002 /2023

Asunto: DICTAMEN APROBADO

Dr. Noé Hernández Valdivia
Francisco de P. Miranda 157 – 3er. Piso
Colonia Lomas de Plateros
01480 – CDMX
PRESENTE

At n.: **Dra. Nilza Aslim Rojas Arroyo**
Directora de Investigación
Operativa Epidemiológica

Concluida la revisión del protocolo **"Análisis Espacial de la Transmisión del Paludismo en Chiapas y su Relación con Características Epidemiológicas, Demográficas y Sociales, 2016-2021"**, que usted presentó ante el Comité de Ética en Investigación de la Dirección General de Epidemiología, le informo que, posterior a esta revisión, se emite el dictamen de **Aprobado**, en atención de haber cumplido satisfactoriamente con los requerimientos y criterios éticos en el citado protocolo.

Por lo anterior, se le informa que, con este Dictamen, se compromete usted a entregar de manera trimestral los informes técnico-descriptivos parciales con los avances del protocolo, de acuerdo a las fechas que usted incluyó en su cronograma, a fin de que este Comité verifique la continuidad de la línea de investigación autorizada, así como también enviará el informe técnico-descriptivo final en los 30 días posteriores a la conclusión del estudio.

Así mismo si el presente protocolo, da lugar a la publicación de un artículo, deberá enviar copia del mismo a este Comité.

Sin otro particular, reciba las seguridades de mi consideración.

Atentamente
Presidente del Comité de Ética en Investigación de la
Dirección General de Epidemiología

D.C. Octaviano Humberto Domínguez Márquez

c.c.p.- expediente

Francisco de P. Miranda No. 157 Col. Lomas de Plateros, Álvaro Obregón, CDMX 01480 Tel. (55) 5337 1769
correo electrónico: comite.etica.investigacion.dge@salud.gob.mx /

