



CENTROGEO

ESPECIALIDAD EN GEOMÁTICA

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

ANÁLISIS DEL RIESGO POR TUMORES MALIGNOS DEL  
ESTÓMAGO Y SU RELACIÓN CON FACTORES DE  
REZAGO SOCIAL EN CHIAPAS

Gabriel Armando Landín Alvarado  
Jovany Sarabia Corona  
Karen Andrea Robles Rodríguez

Asesor: Mauricio Galeana Pizaña

# Índice

<b>Introducción</b> .....	2
<b>Justificación</b> .....	3
<b>Objetivo general</b> .....	5
<b>Objetivos particulares</b> .....	5
<b>Modelo de conocimiento</b> .....	6
<b>Modelo Conceptual</b> .....	6
<b>Planteamiento del problema</b> .....	6
<b>Marco teórico</b> .....	8
<b>Etiología del cáncer gástrico</b> .....	11
<b>Modelo de Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR):</b> .....	15
<b>Modelo Geográfico</b> .....	19
<b>Datos</b> .....	19
<b>Metodología y análisis</b> .....	24
<b>Resultados</b> .....	25
<b>Recomendaciones</b> .....	37

## Introducción

El tema de la salud desde la perspectiva de los derechos humanos ha cobrado mayor relevancia en los últimos años (Amoroz, 2011). El derecho a la salud se encuentra señalado en los principales estándares internacionales de derechos humanos, particularmente ubicado dentro de los derechos económicos, sociales y culturales.

Tal como lo establece la Agenda de Desarrollo Sostenible (ADS) a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se busca asegurar el progreso social y económico sostenible en todo el mundo y fortalecer la paz universal dentro de un concepto más amplio de la libertad; México es parte de éste plan de acción, por lo que es necesario la orientación de estrategias para fortalecer la capacidad de los gobiernos municipales con el fin de garantizar una vida sana y promover el bienestar, lo que implica cumplir con las metas de reducción de mortalidad y morbilidad, alcanzar la cobertura universal, contar con acceso a servicios de calidad y, fortalecer las capacidades institucionales y el financiamiento público (Cordera, 2017).

En este sentido, en México, a través del Sistema Nacional de Salud ha enfrentado con éxito diversos retos, lo que en conjunto con el resto de las políticas de desarrollo social ha permitido una diversidad de logros como es el caso del crecimiento de la esperanza de vida o la reducción y eliminación de enfermedades prevenibles o evitables por vacunación. Sin embargo, los resultados en las condiciones actuales de calidad, acceso y cobertura de los servicios de salud son desiguales, estas diferencias se visualizan a través de algunos indicadores de salud, demográficos, sociales y económicos (Aguilar, 2016).

De acuerdo con Amoroz (2011), es por ello que, actualmente millones de personas en México no tienen acceso a ninguna de las instituciones o modalidades de ese sistema, la calidad de los servicios es baja, o bien enfrentan padecimientos para los cuales no hay cobertura. Como en otros terrenos, el desastre del sistema de salud pública es resultado de los afanes privatizadores y de los lineamientos emitidos por organismos internacionales copados por la ideología neoliberal.

Frente al desdibujamiento del Estado y los magros resultados de las políticas públicas en materia de salud, son las comunidades rurales quienes más se enfrentan cada día al intento

de acceder a los servicios de salud, condicionados por su pertenencia cultural, lingüística o política (Aguilar, 2016).

México, es un país con una amplia diversidad cultural y lingüística, donde destacan los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Estado de México, Puebla, Guerrero, Hidalgo y Yucatán. Por lo tanto, Chiapas es un estado que se caracteriza por una población multicultural y multilingüe, donde oficialmente son reconocidas doce lenguas indígenas, siendo esta condición heterogénea la que le atribuye mayor riqueza cultural; sin embargo, es también una de las entidades con mayores índices de pobreza y marginalidad, junto con las tasas de muerte infantil y materna más altas del país (Cuesy, 2014).

### **Justificación**

La geografía, desde el punto de vista del territorio, condiciona el estado de salud de sus poblaciones, lo anterior se puede observar con variables relacionadas a la misma y de distinta índole, tales como físicas que desembocan en problemas de accesibilidad, disponibilidad, entre otros; socio-culturales, desde vertientes como la epidemiología, demografía, eficiencia o déficit nutricional y, finalmente política - económica: limitando la correcta integración de los diferentes factores con el medio que los rodea, es por lo anterior, entre otras causas, que la exclusión social y la inequidad continúa (Aguilar, 2016).

Como otras áreas de conocimiento, la epidemiología espacial necesita de la estadística para llevar a cabo análisis de datos complejos que permitan profundizar en el conocimiento y el comportamiento de las enfermedades. Parte de estos métodos matemáticos constituyen lo que se conoce como análisis espacial, cuyo objetivo es descubrir estructuras espaciales de la información y modelar fenómenos geográficos. Entre sus aplicaciones en epidemiología se encuentran la descripción de la variabilidad geográfica de indicadores de salud, la identificación de correlaciones ecológicas, la detección de agrupaciones de casos en un espacio geográfico y la evaluación de riesgos en torno a focos contaminantes (Ocaña, 2010).

Por tanto, es un objetivo principal hacer visibles estas dinámicas espaciotemporales desde el punto de vista del análisis espacial acerca de las tendencias epidemiológicas en las

comunidades chiapanecas, en especial desde indicadores de salud, que son ahora mismo, un eje fundamental en la agenda nacional (Cordera, 2017).

### **Alcances**

Este proyecto constituye un primer acercamiento para analizar la relación existente entre determinados factores asociados al riesgo por tumores malignos del estómago y su relación en el espacio, aunado a lo anterior, se busca establecer un marco de referencia que permita identificar si la ausencia o presencia de dichas variables pueden inferir la prevalencia de esta afección, por medio de métodos matemáticos y estadísticos que permitan evaluar dichas relaciones, tal como el modelo de regresión geográficamente ponderado. Para ello se incluye:

Identificar factores que estén asociados al cáncer gástrico, por medio de la documentación del origen y posibles causas que dan pie esta enfermedad, así como de su desarrollo e incidencia en la población.

Posteriormente, se busca determinar qué factores de riesgo pueden estimar de mejor manera en el modelo, limitándose aquellos que, por medio de un análisis exploratorio previo, resulten los mejores para el algoritmo.

Finalmente, se busca reportar los hallazgos obtenidos y evaluar la relación existente entre los factores de riesgo y la relación que tienen con el cáncer gástrico, así como identificar su prevalencia por medio del análisis espacio temporal de los resultados obtenidos. Cabe mencionar que este acercamiento puede ser considerado como un insumo para toma decisiones en temas relacionados a políticas públicas.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar el comportamiento espaciotemporal de las afecciones por tumores malignos de estómago en Chiapas, identificando su relación con factores de riesgo.

### **Objetivos particulares**

- Documentar la epidemiología y etiología del cáncer gástrico
- Identificar y evaluar los factores de riesgo asociados cáncer gástrico.
- Mostrar la utilidad de los modelos de Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada para la relación entre los casos de mortalidad por CG y los factores de riesgo asociados.

### **Área de estudio**

El estado de Chiapas cuenta con una superficie de 73,311 km<sup>2</sup>. Se localiza en el extremo suroeste del país, colinda al norte con el estado de Tabasco, al oeste con Veracruz y Oaxaca, al sur con el Océano Pacífico y al este con la República de Guatemala. De acuerdo con el Gobierno del estado de Chiapas, las coordenadas extremas son al norte 17°59', al sur 14°32' de latitud norte; al este 90°22', al oeste 94°14' de longitud oeste.

La población total es de 5,217,908 personas, de las cuales el 51.4% son mujeres y el 48.6% hombres, según la Encuesta Intercensal 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En lo que respecta al nivel educativo, en el 2015 tuvo un grado promedio de escolaridad de 7.2 por debajo del promedio nacional que es de 9.1, y un alto índice de analfabetismo (14.8%) en comparación con el total nacional (5.5%) (INEGI, Encuesta intercensal 2015).

Figura 1. Mapa del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

## Modelo de conocimiento

## Modelo Conceptual

## Planteamiento del problema

En Chiapas a través del tiempo se han concentrado condiciones negativas en el ámbito social, económico, político y cultural, donde se han distinguido valores desfavorables en elementos determinantes relacionados con la calidad de vida, como lo son los índices de pobreza, marginación, riesgo nutricional, servicios de salud, entre otros, las consecuencias directas están dadas en clasificaciones encima de la media de analfabetismo, infraestructura ineficiente e insuficiente, enfermedades tanto transmisibles como no transmisibles, entre otros. Evaluando algunas de estas causas a través del tiempo, se vuelve evidente que estos problemas se han estancado y en algunos casos incluso se agudizaron, lo que ha traído terribles consecuencias en el estado, sobre todo a la población que es considerada vulnerable (Cuesy, 2014).

Los procesos de globalización tienen expresiones locales insoslayables. El cambio social que se observa en el país y particularmente en Chiapas obliga a proponer alternativas de atención a las consecuencias que devienen en problemáticas complejas en la calidad de vida de los grupos sociales, particularmente en el ámbito de la salud. Además, el índice de desarrollo humano (IDE) se mantiene en los recientes años; el perfil epidemiológico está en franca dirección hacia las enfermedades crónicas no transmisibles y se observa un estadio temprano de la transición demográfica. En este sentido, existe un cambio sustancial en las políticas sociales, de diferente naturaleza, que impactan de alguna manera sobre la condición salud en Chiapas (Cuesy, 2014).

Ahora bien, la transición epidemiológica que ha tenido México, en los últimos años ha ido en aumento hacia las enfermedades crónicas no transmisibles. De acuerdo con Cordera (2017), las mayores tasas de mortalidad por enfermedades no transmisibles son principalmente por Diabetes Mellitus, enfermedades isquémicas del corazón, tumores malignos y accidentes de tipo vial. Para el caso de Chiapas, el perfil epidemiológico ha sido el mismo al nacional.

En ese sentido, de acuerdo con el Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), en el estado de Chiapas, los tumores malignos, entre los que destacan el cáncer gástrico, el cáncer de pulmón y leucemia, han ido incrementando desde el año 2000, siendo el cáncer gástrico como la principal causa de mortalidad y morbilidad. En México, los tumores malignos de estómago o cáncer gástrico representan la cuarta causa de muerte entre varones y la quinta entre mujeres, la mortalidad en México es del 8.8%, con una tasa de 5.0 por 100, 000 habitantes, con mayor predominio en personas de más de 50 años, mientras que en el estado de Chiapas, cuya tasa es mayor a la nacional, siendo de 6.4 por 100, 000 habitantes (Canseco, 2018).

De acuerdo con Canseco (2018), los principales municipios que presentan los mayores casos por cáncer gástrico del periodo 2004 al 2014, son: Tapachula, Huehuetán, Frontera Hidalgo, Villa Comaltitlán, Comitán, La Independencia, Las Margaritas, Motozintla y Frontera Comalapa, Mapastepec y Pijijiapan.

Por lo tanto, existe un incremento de casos por cáncer gástrico en Chiapas en comparación con la tasa nacional, además debido a las condiciones generales en las que se encuentra el



estado, puede conducir a temas complejos que necesitan atención de las autoridades y del gobierno.

### **Marco teórico**

El tema de la salud y la distribución de las enfermedades ha sido uno de los grandes problemas a nivel global.

La epidemiología es una disciplina que estudia la distribución, frecuencia, determinantes, relaciones, predicciones y control de los factores relacionados con la salud y con las distintas enfermedades existentes en poblaciones humanas específicas (OMS, 2016). Dado que este concepto es propiamente de la medicina, existe una rama de la Geografía, denominada geografía de la salud o epidemiología espacial, que se encarga de estudiar lo mismo, sin embargo, considera la variable espacial y puede ser definida como la descripción espacial de patrones de incidencia de enfermedades y mortalidad.

Además, como lo menciona González (2015), se emplea para describir estudios sobre los determinantes y la prevención de las enfermedades utilizando diferentes perspectivas de análisis en las que la localización de los eventos es un componente fundamental. Estudia la ocurrencia de eventos de salud-enfermedad (ocurrencia de enfermedades, defunciones) en localizaciones espaciales y sus factores condicionantes, es decir, se refiere al uso e interpretación de mapas de localización de casos, patrones y distribución de alguna enfermedad, por lo que hace uso de diversas herramientas de análisis espacial, estadística y cartografía.

Por lo tanto, la geografía de la salud busca comprender el contexto en el que ocurren los problemas de salud, para poder actuar sobre territorios, no sobre los individuos ni sobre los organismos.

Diferente de otras disciplinas, la geografía busca una perspectiva macroscópica de los problemas, permitiendo comprender la dinámica del proceso salud-enfermedad y enfermedad-atención. La diversidad de temas de la geografía de la salud es resultado de los diversos campos de actuación de la salud colectiva, que comprende las acciones de vigilancia de enfermedades, la atención a la salud, y la promoción de salud, esta última con desarrollo

relativamente reciente. Estudiar estos problemas requiere una visión ampliada de salud, que abarque desde la prevención de enfermedades hasta el acceso a servicios de salud, esto es sobre el proceso inseparable de salud-enfermedad-atención (Barcellos, 2018).

Históricamente, los estudios relacionados con la epidemiología espacial han proporcionado claves importantes para la etiología de las enfermedades. Dicha rama de la geografía comienza en 1832 con Charles Piquet, geógrafo francés quien representó a los distritos de París utilizando un gradiente de colores para simbolizar el porcentaje de muertes por cólera por cada 1,000 habitantes. Para 1854, Jhon Snow desarrolla una importante hipótesis acerca del modo de transmisión del cólera basado en las observaciones de mortalidad por dicha enfermedad en Londres. Por otro lado, Palm en 1890 obtuvo datos de la variación geográfica en la prevalencia de raquitismo en diferentes países asumiendo que la principal causa era por la falta de luz solar. En 1956, Lancaster realizó un estudio de distribución geográfica de melanoma maligno, relacionándolo con exceso de luz de solar (Elliott, 1996).

Un acontecimiento sumamente importante es en 1949, donde el Congreso de la Unión Geográfica Internacional (UGI) realizado en Lisboa (Portugal) brindó reconocimiento oficial a la geografía médica o geografía de la salud, apoyado en una definición de salud brindada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1946, considerada como el estado completo de bienestar físico, mental y social y no solo la ausencia de afecciones o enfermedades (Barcellos, 2018).

Posteriormente, la Geografía de la salud o Epidemiología espacial creció en complejidad, sofisticación y utilidad, extendiendo la amplia tradición de estudios ecológicos, que utilizan las explicaciones de la distribución de enfermedades en diferentes localizaciones geográficas, para comprender mejor la etiología de la enfermedad. Se distingue entre estudios a nivel individual y a nivel ecológico, según cuál sea la unidad de análisis. En los diseños individuales se disponen de observaciones a nivel individual tanto de la variable respuesta (a explicar) como de las posibles variables explicativas. En los diseños ecológicos no se dispone de observaciones individuales, al menos en uno de los dos casos (González, 2015).

El estudio de la distribución geográfica de enfermedades puede ser abordada desde tres grandes perspectivas, desde el punto de vista teórico y de modelos (González, 2015):

- Estimación del riesgo relativo en áreas pequeñas o *disease mapping*. Incluye un estudio simple de descripción de la distribución de la enfermedad con respecto a un lugar de ocurrencia (Elliott, 1996). Frecuentemente, se estima el verdadero riesgo relativo de la enfermedad de interés en el área geográfica de estudio, cuyo objetivo es proveer un mapa de la incidencia o mortalidad por enfermedad.
- Estudios de asociación geográfica o *ecological analysis*. Describe las relaciones existentes entre la variación geográfica de la enfermedad y los factores de riesgo, ya sean ambientales o sociales, donde se estiman el riesgo relativo correspondiente a los diferentes factores a los que pueden ser expuestos (Elliott, 1996). Principalmente, están enfocados en el análisis de la distribución geográfica de enfermedades en relación con variables explicativas. Su objetivo es examinar, desde un punto de vista geográfico (y ecológico) la relación entre variables de respuesta (incidencia, mortalidad) y factores medioambientales de tipo ecológico (contaminación atmosférica, del agua y del suelo), factores de tipo ocupacional, condiciones socioeconómicas y demográficas, o variables relacionadas con estilos de vida (tales como hábito de consumo de tabaco, alcohol y dieta).
- Aglomeraciones de casos o *disease clustering*. Son particularmente importantes en la vigilancia de salud pública, donde interesa localizar clusters específicos de enfermedades, así como identificar focos contaminantes, es decir, sirven para detectar patrones espaciales en los casos cercanos o expuestos al foco, más que realizar una modelización espacial general como en los casos anteriores.

Las técnicas de representación geográfica de datos en Epidemiología suelen ser un paso previo para la visualización de la estructura espacial y constituyen una herramienta potente para el análisis exploratorio de los datos, antes de proceder a su modelización, es necesario complementar el análisis con la cuantificación de la variabilidad espacial y estimaciones de los riesgos relativos para áreas particulares, mediante diferentes estrategias de modelación.

Bajo las perspectivas mencionadas, el presente trabajo se enfoca en los estudios de asociación geográfica, donde se detallarán los factores de riesgo asociados a la enfermedad del CG y su relación con la misma de manera que se puedan observar las variaciones geográficas.

### **Etiología del cáncer gástrico**

El cáncer gástrico se refiere a una neoplasia maligna caracterizada por cambios histológicos de las células glandulares de la mucosa gástrica. El desarrollo del cáncer gástrico se define como un proceso multifactorial, complejo y de larga evolución, el cual inicia con gastritis superficial, poco después desarrolla gastritis atrófica crónica que en muchas ocasiones conlleva a metaplasia intestinal, displasia y finalmente carcinoma (Angeles, 2002).

Existen diferentes tipos de cáncer gástrico, tales como: adenocarcinoma, donde el 95% de las neoplasias malignas en el estómago son de este tipo, se originan en la mucosa y suelen encontrarse en fase avanzada al momento del diagnóstico, lo que dificulta su tratamiento e impacta de forma negativa en la expectativa de supervivencia de quien lo padece (Palomares, 2019); linfoma, se refiere a los tumores cancerosos del sistema inmunitario que algunas veces se detectan en la pared del estómago; tumores del estroma gastrointestinal, son poco comunes y se originan en formas muy tempranas de células de la pared del estómago llamadas células intersticiales de Cajal. Algunos de estos tumores son benignos o malignos, aunque este tipo de tumor se puede encontrar en cualquier lugar del tracto digestivo, la mayoría se descubre en el estómago; tumores carcinoides, se originan de células productoras de hormona del estómago, la mayoría de estos tumores no se propaga a otros órganos; y finalmente, existe otros tipos de cánceres como el carcinoma de células escamosas, el carcinoma de células pequeñas, y el leiomioma, también pueden originarse en el estómago, aunque estos cánceres ocurren con poca frecuencia (ACS, 2019).

En relación con el tipo de cáncer gástrico más frecuente denominado adenocarcinoma gástrico, la mayoría de ellos aparecen de manera esporádica y con poca relación con el componente hereditario, por lo que están relacionados con factores de riesgo ambientales, alimenticios y ocupacionales (Pérez, 2018):

- Ambiental, existen diversas sustancias y agentes que se encuentran en el ambiente o que se emplean en distintas ocupaciones e industrias, cuya exposición potencialmente

puede resultar en el desarrollo de cáncer. En este caso, estos factores están relacionados con la presencia de la bacteria *Helicobacter Pylori* y las condiciones de desarrollo que ésta conlleva, así como la exposición a agentes químicos:

*Helicobacter pylori*: es un microorganismo responsable de la infección bacteriana más frecuente y persistente en todo el mundo. Se ha establecido que el ser humano es el único reservorio natural establecido para *H. pylori* (Osornio, 2019).

En 1994, la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasificó al *Helicobacter Pylori* como agente infeccioso carcinogénico. Se estima que la infección por *H. Pylori* es responsable de más de un 60% de los casos de cáncer gástrico, y más de un 5% de los cánceres a nivel mundial. Se ha observado una progresiva disminución en la incidencia de cáncer gástrico con la erradicación de este germen, así como en el control a exposición a factores de riesgo bien conocidos (Palomares, 2019).

Cuatro fuentes de evidencia apoyan una asociación entre la infección por *H. pylori* y el cáncer gástrico: estudios epidemiológicos que comparan las tasas de prevalencia de cáncer gástrico e infección por *H. pylori*, los estudios transversales que evaluaron infección por *H. pylori* en pacientes con cáncer gástrico, los estudios prospectivos que asocian *H. pylori* con el cáncer gástrico, y los ensayos clínicos que demuestran una incidencia significativamente menor de cáncer gástrico después de la erradicación de *H. pylori* (Pérez, 2018).

La infección por *H. pylori* se adquiere durante la primera década de la vida, específicamente en menores de cinco años, la transmisión ocurre de persona a persona ya sea por vía iatrogénica, fecal-oral u oral-oral, siendo el agua una fuente probable de infección (Jiménez, 2011); y, a menos que se erradique, causa una infección bacteriana crónica, lo que conlleva en algunos años a desarrollar enfermedades como ácido pépticas y gastritis atrófica (Osornio, 2019). La mayoría de las personas infectadas permanecen asintomáticas, mientras que un 15% aproximadamente desarrollarán síntomas, pudiendo evolucionar de una gastritis crónica no atrófica a una enfermedad grave (Jiménez, 2011).

El ejemplo más claro de la presencia de esta bacteria es la enfermedad ácido-péptica, se ha observado una asociación en el desarrollo del cáncer gástrico con previa aparición de úlcera gástrica. La infección temprana por este microorganismo puede llevar a gastritis atrófica.

En general, tanto la adquisición como la persistencia de *H. pylori* están estrechamente vinculadas a factores socioeconómicos, tales como el ingreso, el nivel educativo y las condiciones de vida; sin tratamiento persiste a lo largo de la vida, sin embargo, no existe una etiología clara y descriptiva de cada uno de los factores de riesgo, debido a que su presencia y persistencia es variada.

Empero, diversos estudios han determinado que es más probable adquirir la infección si se presentan ciertas condiciones, como: bajo nivel socioeconómico, hacinamiento, malas condiciones de vivienda, falta de agua potable que están relacionados con las malas condiciones higiénicas, menor grado de estudio de los padres, mayor cantidad de hermanos y alta densidad poblacional (Celestino, 2019). Sin embargo, también la co-infección entre los familiares con quienes convive el paciente y un mayor número de hermanos son los principales factores que influyen en la positividad de *H. pylori* en los niños (Osornio, 2019).

En México, la tasa de infección aumenta directamente con la edad, en los niños menores de 4 años se encuentra en un 24,5%, aumentado hasta 65% en los adolescentes. En un estudio realizado en el norte de México, la tasa de infección en población abierta de 15-19 años fue del 50%, mientras que en los estados del sur de México donde los índices de pobreza son más altos que en el norte de México, la prevalencia alcanzó hasta el 86.1% (Osornio, 2019).

Agentes químicos: la mayoría de estos agentes están relacionados con la forma de conservación de carnes y pescados en las industrias, por ejemplo: N-nitrosodietanolamina (NDMA), es producido como subproducto de varios procesos industriales. Se puede formar a niveles bajos durante la cocción de alimentos especialmente carnes curadas y pescados, que contienen nitrito de sodio como conservador, pero también se encuentra en diversos alimentos como vegetales,

frutas, quesos y bebidas alcohólicas. Por otro lado, se encuentra como contaminante en productos de caucho.

Otro ejemplo son los nitritos, éstos forman parte de muchas formulaciones de sales para salar carnes como nitrito de potasio o de sodio. Tiene interacción con la miohemoglobina, conservando el color de la carne. Los nitritos son considerados aditivos alimenticios dañinos con potencial cancerígeno y se ha visto asociado al cáncer gástrico (Palomares, 2019).

Y finalmente, las aminas alifáticas, como la nitrosamina, la cual corresponde a compuestos químicos orgánicos que se originan de la reacción de una amina secundaria con nitritos en un medio muy ácido en temperatura elevada. Las nitrosaminas, se encuentran en muchos alimentos, especialmente productos cárnicos que utilizan nitritos como conservante. Las proteínas contienen aminas secundarias, por lo que pueden formarse nitrosaminas si reaccionan con nitritos en condiciones ácidas como el medio gástrico o durante la fritura de la carne (Palomares, 2019).

- Alimenticio, es un factor etiológico importante para el desarrollo de neoplasias debido a la diferencia en su epidemiología de acuerdo con su distribución geográfica y socioeconómica. Según su composición puede convertirse en un factor protector o causal de la enfermedad.

Está estrechamente relacionado con el tipo de dieta y tipo de alimentos que la población consume, como: el consumo excesivo de sal, el cual se asocia porque puede resultar en gastritis atrófica temprana, tal como se mencionó anteriormente, es parte inicial del proceso para padecer cáncer gástrico, si no es atendido, y por lo tanto aumenta el riesgo por dicha enfermedad (Palomares, 2019). A su vez, también los alimentos que están conservados en sal, como: el pescado salado, la carne curada y verduras saladas. En 2007, la sal y alimentos salados fueron clasificados como probables factores de riesgo para el cáncer gástrico (Pérez, 2018). Además, también se incluyen los alimentos ricos en compuestos nitrosos.

Aunado a lo anterior, la industrialización de las ciudades también participa en la ocurrencia del cáncer gástrico, probablemente por los cambios en los patrones de consumo de alimentos ahumados o curtidos con sal, salmuera o vinagre como forma de conservarlos. De igual manera la disponibilidad de alimentos frescos, frutas y vegetales crudos es más posible en las ciudades, por la facilidad transportarlos: o mantenerlos en refrigeración (Ángeles, 2002).

- Ocupacional, generalmente relacionados con el tipo de actividad laboral industrial al que se dedica la población. Existe considerable evidencia de que las ocupaciones en el carbón y la minería del estaño, el procesamiento de metales, particularmente el acero y el hierro, y las industrias de fabricación de caucho conducen a un mayor riesgo de cáncer gástrico (Palomares, 2019).

#### **Modelo de Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR):**

Los modelos de Regresión de Poisson (global) están en función del tipo de variable dependiente, ya que este tipo de modelos es correcto cuando la variable dependiente es discreta, es decir, con valores enteros positivos y se comporta como una distribución de probabilidades Poisson, y es más usual cuando la frecuencia con la que ocurre un evento es baja, se encontró que cuando la muestra de un evento es grande y la probabilidad de que ocurra no lo es, entonces la media ( $m = np$ ), tiende a ser un valor constante. Por lo tanto, se dice que una variable tiene una distribución de Poisson cuando representa el número de eventos que ocurren en un intervalo temporal o espacial de tamaño dado, por ejemplo, el número de casos o la tasa por mortalidad (Arango, 2009). Y se pretende explicar o analizar esta variable dependiente en función de un conjunto de covariables.

Aunado a lo anterior, la distribución Poisson es la distribución que corresponde a datos de conteo en la misma forma en que la distribución normal lo es para los datos continuos, sin embargo, lo que sucede en la distribución Poisson es que tiene un único parámetro que es la media  $\mu$ , el cual debe ser siempre positivo. De esta manera este único parámetro determina la distribución en su totalidad (Figuroa, 2005).

De lo anterior su uso en comparación con el modelo de regresión clásico, pues la variable dependiente que se comporta como una distribución de probabilidades de Poisson, esta



distribución es la que corresponde a la de los datos de conteo, tal como lo sería una distribución normal para datos continuos, su único parámetro es la media  $m$  (siempre positiva), comparado con una distribución normal que utiliza dos parámetros, como lo son la media y la varianza.

De esta manera, el modelo de regresión de Poisson tiene un importante papel en el análisis de datos de conteos y sus principales características son: a) proporciona una descripción satisfactoria de datos cuya varianza es proporcional a su media, b) es deducido teóricamente de principios elementales sin muchas restricciones y c) los eventos o conteos ocurren independientemente y aleatoriamente en el tiempo, con una tasa de ocurrencia constante, el modelo determina el número de eventos dentro de un intervalo especificado (Figueroa, 2005).

Este modelo ocupa tanto la variable respuesta ( $Y$ ) basada en conteos, para la que se asume una distribución de Poisson, como un conjunto de variables explicativas  $X_1, \dots, X_p$  que determinan las condiciones específicas para la observación, por lo tanto, la esencia de este modelo es que la información de las variables predictoras está relacionada con la razón o susceptibilidad de la variable respuesta al incrementarse o disminuir en los conteos. Sin embargo, también existe una variable de control u *offset*, que puede no ser utilizada en el modelo, por lo que esta variable se utiliza en aquellos casos en que los conteos de las observaciones se dan en períodos de tiempo o espacio no homogéneos entre los valores de las variables explicativas (Figueroa, 2005).

Por lo tanto, el modelo de regresión de Poisson se deriva a partir de la función de enlace, donde se parametriza la relación entre la media,  $\mu$ , y las variables predictoras, y las (funciones de) covariables tienen un efecto multiplicativo sobre la media. Se expresa de la siguiente manera (Rojas, s.f.):

$$y_i = P_i \exp \left( \beta_0 + \sum_k \beta_k x_{ik} \right)$$

Donde:

Donde  $y_i$  = variable dependiente,  $\beta$  son funciones de regresión,  $x_s$  son variables independientes, y  $P_i$  es un desplazamiento utilizados para dar cuenta de una población en riesgo, que puede ser o no utilizada.

Ahora bien, el modelo local de la regresión de Poisson se deriva de la regresión geográficamente ponderada (GWR), la cual es una técnica de regresión espacial que puede usarse para examinar la variación espacial en las relaciones (es decir, parámetros de regresión no estacionaria), lo que permite la estimación de parámetros locales, usada para examinar la variación espacial local en las relaciones y revelar patrones espaciales en los parámetros. La información sobre la variación espacial local en los parámetros puede conducir a una mayor comprensión de las relaciones entre el objetivo (variable dependiente) y las variables explicativas o predictoras (independientes) (Cheng, 2011).

Por lo tanto, la regresión de Poisson global se extiende a GWR como la Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR) de la siguiente manera (Nakaya, 2016):

$$y_i \sim \text{Poisson} \left[ N_i \exp \left( \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{k,i} + \sum_l \gamma_l z_{l,i} \right) \right]$$

Donde:

$y_i$ , es la variable dependiente;  $X_s$  son las variables independientes y la diferencia entre el global y el local es  $(u_i, v_i)$ , donde se denotan las coordenadas del punto  $i$ -ésimo en espacio y  $\gamma_l z_{l,i}$  son funciones continuas de  $(u_i, v_i)$  en el punto  $i$ .

Finalmente, para poder utilizar el modelo computacional del algoritmo, se utilizó el software GWR4 que es de uso libre, la particularidad de esta aplicación es que puede utilizarse para estimar modelos semiparamétricos, en los cuales se pueden utilizar al mismo tiempo valores tanto globales (fijos) como locales (variables explicativas). Para poder calibrar el modelo se utilizaron distintos parámetros, tales como (GWR4, 2016):

- Coordenadas (ID Key): Se utilizaron centroides de los polígonos, con una proyección UTM zona 15, mismo que se utiliza como un identificador para todas las variables correspondientes que son requeridas por el modelo.

- En este modelo, la variable dependiente debe de ser un entero, mayor o igual que cero,  $N_i$  es la variable de desplazamiento en la  $i$ -ésima posición. En caso en que no se considere esta opción, en el modelo se vuelve 1 (este término es identificado como *offset* en el  $Sw$ ).
- Estandarización de las variables: En este caso, se estandarizan todas las variables independientes del modelo mediante la normalización de los valores también llamado como tipificación, de modo que cada una de ellas tenga una media de cero y una desviación estándar, una de sus ventajas es que los coeficientes obtenidos pueden interpretarse más fácilmente, pues son equicomparables entre sí.
- Kernel: adaptativo bicuadrado, es considerado como una función de ponderación espacialmente adaptable, y es utilizado para establecer las vecindades en torno a un punto  $i$  donde se calibrará el modelo, en este tipo de kernel el valor se mantiene constante y diferente de cero. Por lo tanto, asigna un peso de uno a la entidad de regresión (entidad  $i$ ) y pondera las entidades circundantes (entidades  $j$ ) que disminuyen fluida y gradualmente a medida que aumenta la distancia de la entidad de regresión. Sin embargo, a todas las entidades que quedan fuera de la vecindad especificada se les asigna cero y no afectan a la regresión local para la entidad de destino.
- Ancho de banda: selección dorada, busca que se identifique un ancho de banda óptimo, por definición se mantiene con un límite inferior de aproximadamente 40 grados de libertad; el tamaño óptimo se determina comparando diferentes anchos de banda (según los anteriores indicadores).
- Criterio de selección: AICc (Criterio de Información de Akaike corregido), es una medida que indica una medida de rendimiento para el modelo, y es adecuada cuando se trata de estudiar predicciones estadísticas, de manera empírica se ha visto que ofrece mejores resultados para este tipo de regresiones. Entre más pequeño sea el resultado obtenido, se dice que es mejor.

## Modelo Geográfico

### Datos

Los métodos utilizados en el presente trabajo son cuantitativos pues parten de una revisión, recolección, procesamiento y análisis de información de datos numéricos proveniente de diversas bases de datos de acuerdo con la bibliografía consultada, con los cuales se trata de responder a los objetivos planteados mediante el uso de técnicas explicativas con una base estadística y matemática. Para ampliar la definición se retoma la descrita por Sarduy, 2007 la cual nos dice que:

*“una investigación cuantitativa se dedica a recoger, procesar y analizar datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas. Esto ya lo hace darle una connotación que va más allá de un mero listado de datos organizados como resultado; pues estos datos que se muestran en el informe final están en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos.”*

Con el objetivo de analizar la relación de riesgo por tumores malignos de estómago con factores que tienen origen en el rezago social se conformó una base de datos, la cual contiene la totalidad de defunciones presentadas durante el periodo 2000 al 2017 en el estado de Chiapas con una agregación de casos por municipio, los datos provienen del sitio oficial web de la Dirección General de Información en Salud de la Secretaría de Salud en el apartado Estadísticas sección Cubos Dinámicos. Un cubo dinámico es un repositorio o almacén de datos que posee diversas dimensiones, que permiten procesar grandes volúmenes de información, en campos bien definidos, y con un acceso inmediato a los datos para su consulta y posterior análisis. Un cubo permite la consulta interactiva de grandes volúmenes de datos de una manera rápida.

La configuración en el cubo para conformar la base con los datos de defunciones se consideró: Fecha de Registro; configurado para cada año del periodo de interés (2000 y 2010), Principal Causa (CIE C16) -tumores malignos del estómago- y, Municipio de Residencia; -municipios del estado de Chiapas-, con los datos completos se realizó una especialización, es decir, las tablas

se le unieron a la capa shapefile de los municipios de Chiapas proveniente del Marco Geoestadístico de INEGI para cada año correspondiente.

Los datos complementarios que corresponden a los indicadores o variables explicativas se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el apartado Servicios, Datos Abiertos, Censos y Conteos de Población y Vivienda, que forman parte de los Principales resultados por localidad (ITER) 2000 y 2010, con un preprocesamiento de agregación por municipio.

La primera selección de los indicadores del ITER se realizó con base en la formulación del Índice de Rezago Social a nivel Municipal y por Localidad elaborado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), el cual es una medida en la que un solo índice agrega variables de educación, de acceso a servicios de salud, de servicios básicos en la vivienda, de calidad y espacios en la misma, y de activos en el hogar. Es decir, proporciona el resumen de cuatro carencias sociales de la medición de pobreza del CONEVAL: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a los servicios básicos en la vivienda y la calidad y espacios en la vivienda.

El Índice de Rezago Social (IRS) se obtiene a partir de una técnica estadística de nombre Componentes Principales. Debido a que el objetivo de esta técnica es sólo ordenar territorios en un momento en el tiempo según su nivel de rezago social ordenar territorios en un momento en el tiempo según su nivel de rezago social, no es conveniente comparar los valores del índice a lo largo del tiempo. Únicamente es válido comparar el orden de los territorios para el año en el que se obtiene el índice. Sin embargo, es posible comparar en el tiempo la ordenación relativa de las entidades, los municipios y las localidades (Rezago Social 2010, CONEVAL).

Los indicadores que considera el IRS sirvieron como base para seleccionar aquellas variables explicativas o variables independientes del modelo, ya que según la literatura consultada sobre la etiología del cáncer gástrico estos factores resultan estar fuertemente asociados a la presencia de la bacteria *H. pylori* y, por lo tanto, incrementa el riesgo a padecer este tipo de enfermedad, dichas variables se ven reflejadas en la tabla 1:

Tabla 1. Descripción de las variables independientes.

CLAVE	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FUENTE
p_sinder	Población sin derechochabienencia	Total de personas que no tienen derecho a recibir servicios médicos en ninguna institución pública o privada.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000,
vph_pisoti	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
vph_s_elec	Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	Viviendas particulares habitadas que no tienen luz eléctrica. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
vph_nodren	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	Viviendas particulares habitadas que no tienen drenaje. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
vph_snbien	Viviendas particulares habitadas sin ningún bien	Viviendas particulares habitadas que no disponen de radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular ni internet. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)

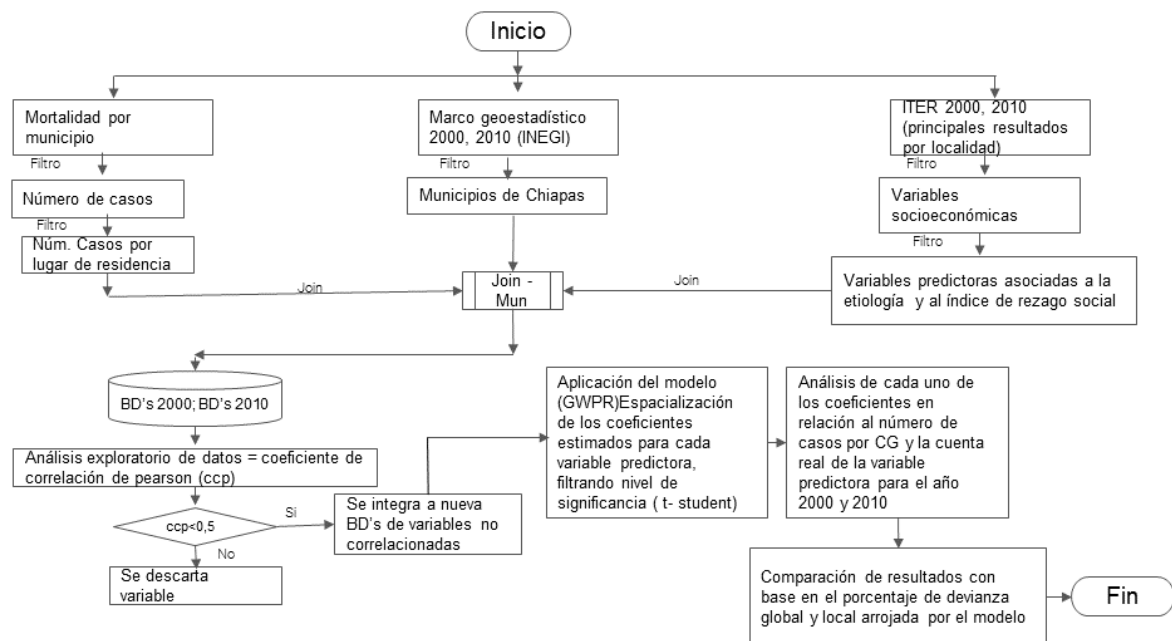
pro_ocup_c	Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	Resultado de dividir el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas entre el número de cuartos de esas viviendas. Comprende las viviendas particulares para las que se capturaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
vph_1cuart	Viviendas particulares habitadas con un solo cuarto	Viviendas particulares habitadas que tienen un solo cuarto. Comprende las viviendas particulares para las que se capturaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda. Excluye la estimación del número de personas y de viviendas particulares sin información de ocupantes.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
p15_sprima	Población de 15 años y más con primaria incompleta	Población de 15 años y más que aprobó de 1 a 5 grados en primaria.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
p15_analf	Población de 15 años y más analfabeta	Población de 15 años y más que no sabe leer y escribir.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)

vph_excusa	Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario	Viviendas particulares habitadas que tienen excusado, retrete, sanitario, letrina u hoyo negro. Excluye la estimación del número de personas y de viviendas particulares sin información de ocupantes.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
vph_aguadv	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	Viviendas particulares habitadas que tienen disponibilidad de agua entubada dentro de la vivienda, o fuera de la vivienda pero dentro del terreno. Comprende las viviendas particulares para las que se capturaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
graproes	Grado promedio de escolaridad	Resultado de dividir el monto de grados escolares aprobados por las personas de 15 a 130 años de edad entre las personas del mismo grupo de edad. Excluye a las personas que no especificaron los grados aprobados.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)
vp_ccuart	Viviendas particulares habitadas con un dormitorio	Viviendas particulares habitadas con un dormitorio. Excluye las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	Censo de Población y Vivienda- Principales resultados por localidad (ITER) INEGI (2000, 2005 y 2010)

\*Cabe señalar que únicamente se consideran las viviendas particulares habitadas.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010.

Como un resumen de lo mencionado con anterioridad, se determinó utilizar un diagrama de procesos para ejemplificar el modelo cartográfico asociado, tal como se muestra a continuación:



### Modelo Computacional

Usuarios: Investigadores y epidemiólogos que ayuden a determinar mejores variables que permitan una mejor estimación del algoritmo.

Tabla 2. Modelo computacional de los procesos utilizados.

Entradas		Procesos	Salidas
Base de datos espacial de variables socioeconómicas por periodos definidos (ITER, INEGI). 2000, 2010 & 2017.	Marco geoestadístico (INEGI).	1. Espacializar y unir las variables socioeconómicas y de mortalidad por medio de una clave geográfica, unidas al marco geoestadístico (programa QGIS).	1.1. Mapas de mortalidad por número de casos en Chiapas y de variables socioeconómicas.  1.2. Primer Base de datos espacial de las variables.
Mortalidad por entidad de residencia (SINAIS).			



1.1.1. Primer base de datos espacial	2. Determinar el coeficiente de correlación de Pearson de las variables asociadas (Programa Rstudio).	3. Descartar las variables que estén muy correlacionadas entre sí (programa Qgis).	2.1. Matriz de correlaciones, que indicarán qué variables están correlacionadas o no. 3.1. Base de datos final.
3.1.1. Base de datos final	4. Regresión geográficamente ponderada de Poisson (programa GWR).		4.1. Tabla final de coeficientes, residuales, devianza global y local, etc.
4.1. Tabla final de coeficientes	5. Depurar los valores significativos de la tabla y clasificar los resultados ponderados (Programa Qgis).		5.1. Mapas de coeficientes estimados para las variables explicativas.

Fuente: Elaboración propia.

### Metodología y análisis

1. De acuerdo con la base de datos generada, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para encontrar las variables explicativas que mejor aportan al algoritmo, al elegir las variables que no tengan una alta correlación entre las mismas. La finalidad es identificar la posible multicolinealidad entre las variables independientes (predictoras).
2. Aplicación del modelo GWPR (Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada), donde la variable dependiente u objetivo son el número de casos de mortalidad por CG, y las variables independientes o predictoras son las resultantes de la matriz de correlación.

3. A partir de los datos obtenidos por el modelo GWPR, se realizó una espacialización de los coeficientes estimados para cada variable predictora a través del nivel de significancia (95% de confiabilidad) con base en la prueba t – student.
4. El análisis de cada uno de los coeficientes en relación con el número de casos por CG y la cuenta real de la variable predictora para el año 2000 y 2010, por unidad de análisis.
5. Comprobación de resultados con base en el porcentaje de devianza global y local arrojada por el modelo, espacializando la devianza local.

## **Resultados**

En primera instancia, se muestran los resultados obtenidos en una matriz de correlación con el coeficiente de Pearson para ambos años, con la finalidad de obtener las variables explicativas en relación con la etiología del CG.

Dado que la correlación pretende describir si se puede predecir el resultado de un valor, teniendo el resultado de otro, si existe o no una correspondencia entre dos o más variables, o bien si son directa o indirectamente proporcionales entre sí, una forma de calcularlo es por medio del coeficiente de correlación de Pearson.

Figura 2. Matriz de correlación de Pearson, 2000.

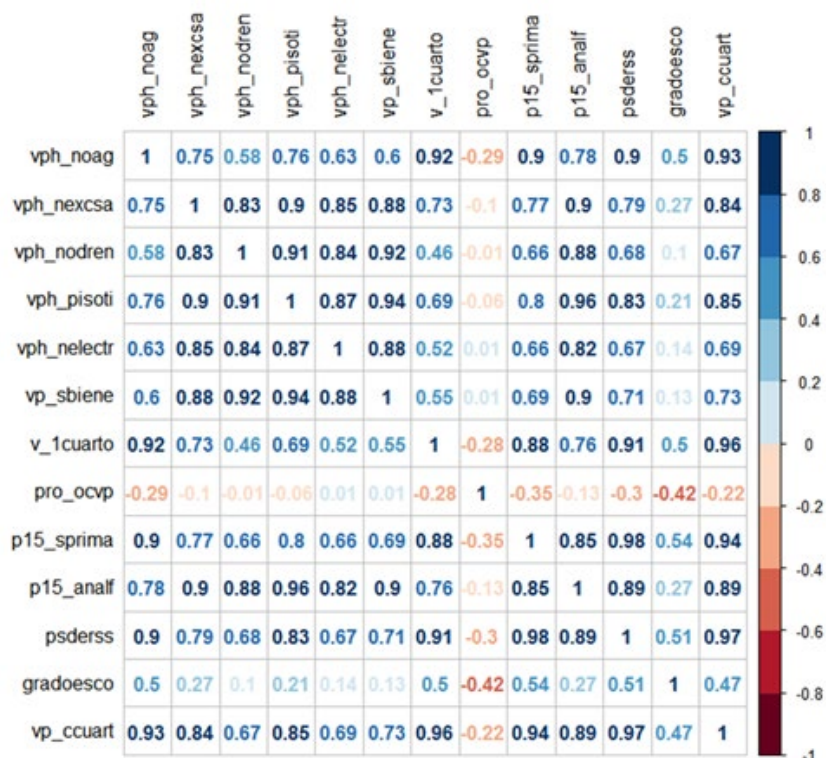
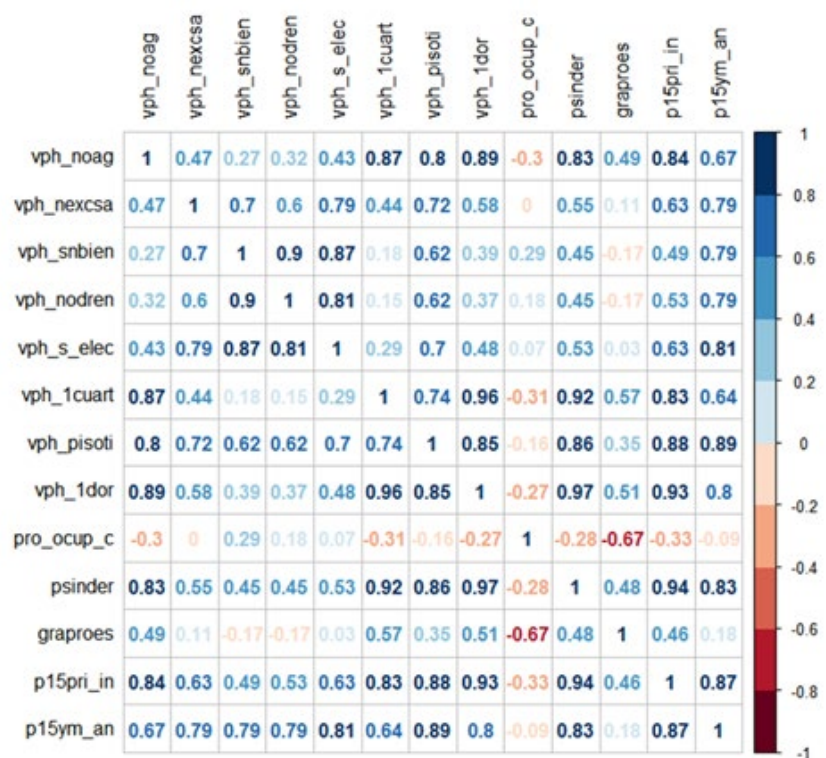


Figura 3. Matriz de correlación de Pearson, 2010

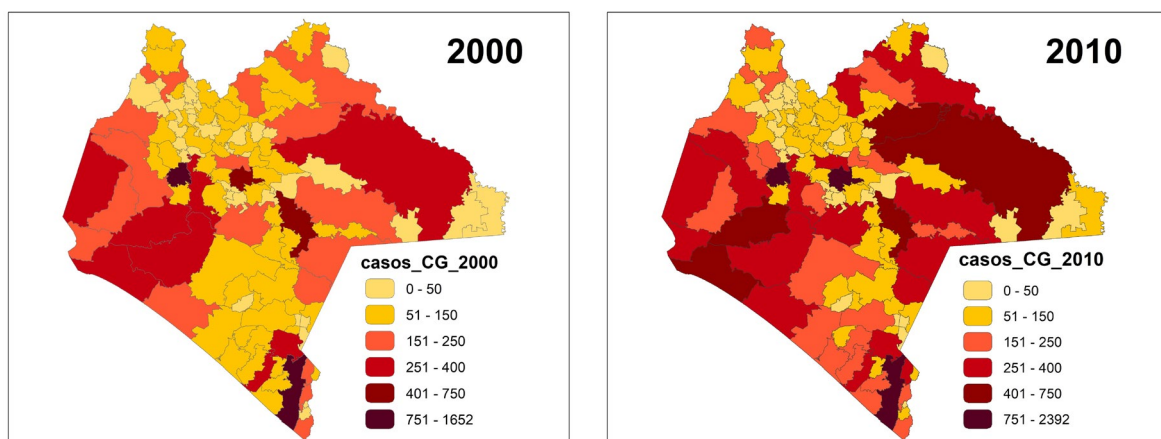


De acuerdo con los resultados del coeficiente de correlación (Figura 2 y 3) entre todas las variables explicativas, se consideraron las variables que tuvieran correlación nula o cercana a 0 para los dos periodos, cabe resaltar que para el año 2000 la mayoría de ellas tenían una correlación alta, por lo que se consideraron las siguientes:

- *graproes*: Grado promedio de escolaridad
- *vph\_1cuarto*: Viviendas particulares con solo 1 cuarto
- *vph\_nodren*: Viviendas particulares que no cuentan con drenaje
- *vph\_excusado*: Viviendas particulares habitadas que cuentan con excusado
- *vph\_snbien*: Viviendas particulares habitadas sin ningún bien

A continuación, con base en las variables mencionadas anteriormente, se muestran en las siguientes figuras el número de casos de mortalidad por CG en el estado de Chiapas, los coeficientes locales obtenidos del modelo GWPR, en donde sólo se representan los que son significativos, dichos valores con un nivel de confianza del 95% con base en la prueba t-student para cada una de las variables independientes o predictoras. Y los resultados de la devianza local para cada unidad de análisis, mismo que se corrobora con la comparación de los modelos global y local entre los años 2000 y 2010.

*Figura 4. Número de casos de mortalidad por cáncer gástrico en Chiapas, 2000 y 2010.*

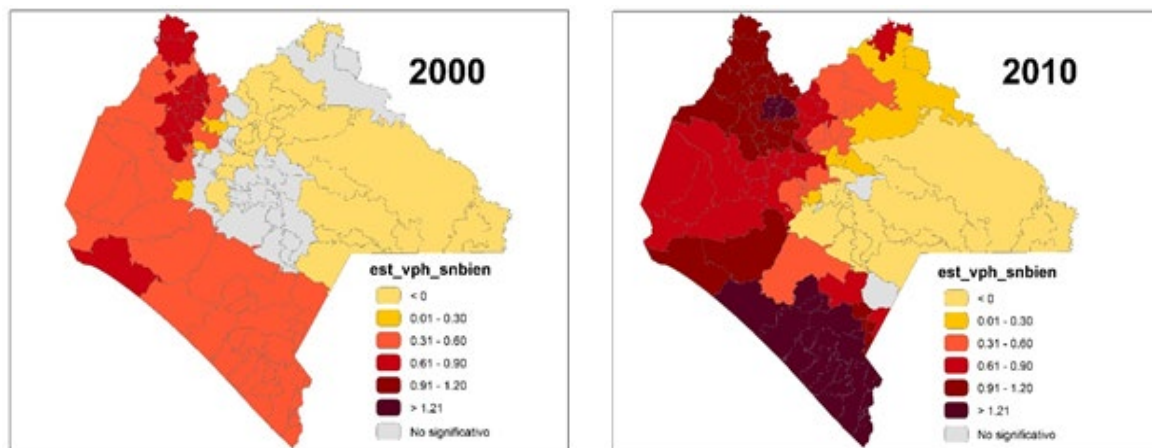


Fuente: elaboración propia.

En general, el número de casos por cáncer gástrico está directamente relacionado con la población total del municipio, para los años establecidos, los municipios que cumplen con esa relación son Tapachula, Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal y Comitán de Domínguez; sin embargo,

existen municipios que si bien su población no es alta el número de casos va en incremento, tal es el caso de Tonalá, Villaflores, Palenque, Chilón y Las Margaritas (Figura 4).

*Figura 5. Coeficiente estimado para las viviendas particulares habitadas sin ningún bien, 2000 y 2010.*



Fuente: Elaboración propia

En general, debido a los valores altos de los coeficientes (mayores a cero), esta variable estima de mejor manera en algunas regiones que se encuentran en la parte sur y noroeste para ambos años, lo que indica que es directamente proporcional al número de casos de CG, por el contrario, en la región centro y noreste el modelo muestra que son áreas no significativas o bien son inversamente proporcional comparado con el número de casos.

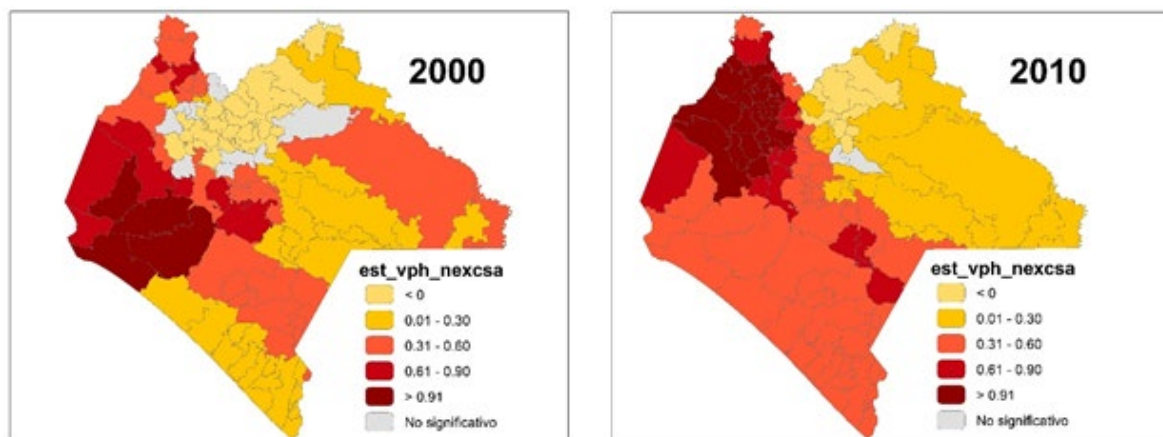
Para los municipios de la región noreste, como Catazajá, Palenque y la Libertad, se muestran cambios trascendentes ya que, para el año 2000 de ser no significativo o tener un valor negativo estimado pasó a tener valores altos en los coeficientes para 2010.

En el caso particular de Palenque el número de casos aumentó aproximadamente en un 50%, en tanto las viviendas sin bienes disminuyeron sólo en un 10%, lo cual esta variable podría explicar que mientras las condiciones permanezcan constantes o con una disminución poco significativa, la presencia de mortalidad CG puede prevalecer o aumentar, lo mismo que para Huitiupán y algunos otros municipios que para el 2000 presentan no significancia.

Para la zona pegada a la costa, mientras el número de casos aumenta aproximadamente un 27%, el número de viviendas sin bienes disminuye hasta un 50%, lo que podría implicar que si las condiciones de esta variable presentan esta tendencia decreciente, por lo tanto, el número de casos de defunciones por CG, no aumentaría drásticamente o se mantendría constante, esto se infiere por el valor alto del coeficiente en la zona.

Ahora bien, se esperaría que para la región Este, el coeficiente mostrara valores positivos, ya que existe un aumento tanto en el número de casos por CG como en el número de viviendas sin bienes, sin embargo los valores que presentan son negativos, esto puede deberse a que el algoritmo no detecta la variabilidad espacial adecuada, pues el municipio de Ocosingo presenta un área mucho más extensa que sus 52 vecinos más cercanos, producto del criterio que se tomó para el ancho de banda y tipo de kernel, aunado a esto el municipio puede presentar problemas de frontera.

*Figura 6. Coeficiente de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado, 2000 y 2010.*



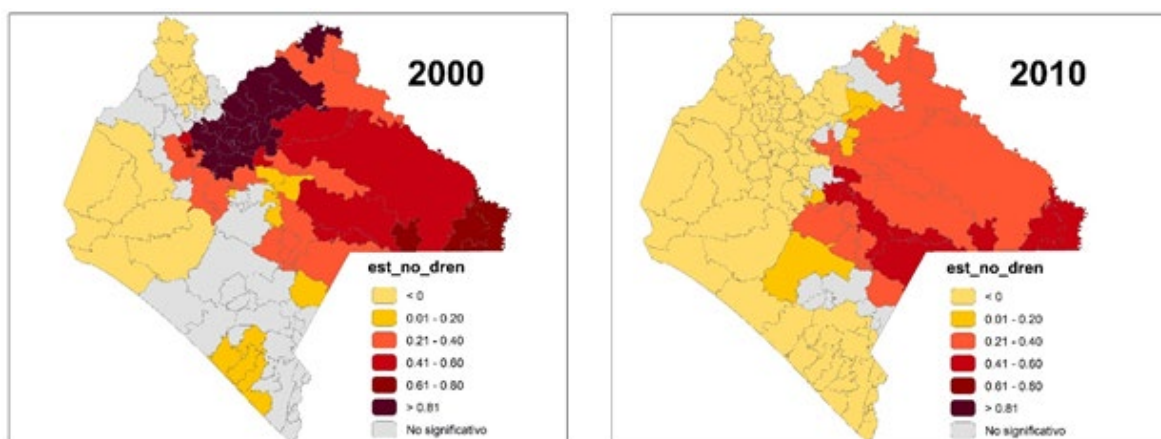
Fuente: Elaboración propia.

Para ambos años, el valor de los coeficientes se encuentra distribuido con un patrón similar, en la región norte el valor del coeficiente es no significativo o no puede explicar el aumento de número de casos por CG, por otro lado, las regiones restantes presentan valores positivos.

Para el municipio de Chilón, que para el 2000 no es significativo, para el 2010 se vuelve significativo en un rango de 0.01 a 0.30; el número de casos por mortalidad de CG presenta un aumento de hasta 50% mientras que el número de viviendas sin excusado presenta una disminución de hasta 30%, lo que se podría interpretar que mientras no disminuyan las condiciones precarias de sanidad en las viviendas significativamente, los casos por CG tendrán una tendencia creciente, por lo tanto, se podría inferir que los municipios que no están siendo significativos en 2000 y en 2010 sí lo son, pueden presentar las características de Chilón.

Por otro lado, para la región oeste que comprende los municipios de Villaflores, Villa corzo, Tonalá y Jiquipilas, para el 2000 presentan los coeficientes más altos pues existe un mayor de número de viviendas sin excusado, sin embargo, para 2010 el número de viviendas sin excusado se reduce hasta en 55%, mientras que los casos aumentan hasta 30%, por lo que se podría interpretar que esta variable en esta zona no es necesariamente un factor de riesgo.

*Figura 7. Coeficiente estimado para viviendas particulares habitadas que no cuentan con drenaje, 2000 y 2010.*

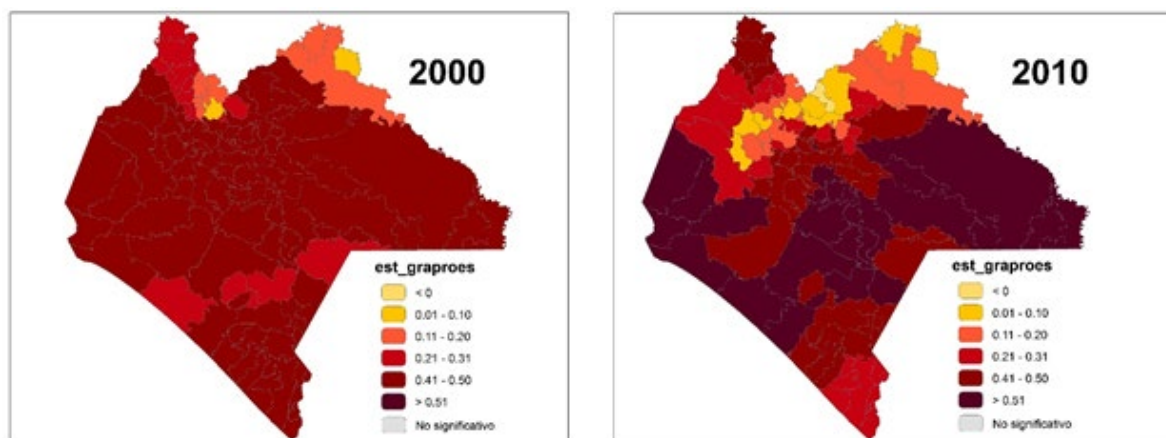


Fuente: Elaboración propia.

En primer instancia, se puede observar que esta variable no presenta valores en los coeficientes suficientemente significativos que pudiesen estimar la presencia de CG, principalmente para las zonas, noreste, oeste, y suroeste, en estas mismas zonas, para 2010 el estimador se vuelve inversamente proporcional al número de casos, pues aunque las viviendas particulares que no cuentan con drenaje disminuye, el número de casos de CG sigue en aumento, lo que podría indicar que esta variable no explica la presencia de casos, aunado a esto se sabe que se encuentra correlacionada con las viviendas sin excusado de acuerdo con el resultado obtenido con el coeficiente de correlación de Pearson que fue mayor a 0.6.

En ese sentido, la presencia de un valor alto en el número de viviendas sin drenaje no infiere en un número alto de casos, lo que se podría corroborar para 2010 ya que muestra una disminución en coeficiente o incluso se vuelve no significativa, pues las viviendas que no cuentan con drenaje tienden a disminuir, tal efecto se puede observar presente en las demás regiones adyacentes.

*Figura 8. Coeficiente estimado de grado promedio de escolaridad, 2000 y 2010.*

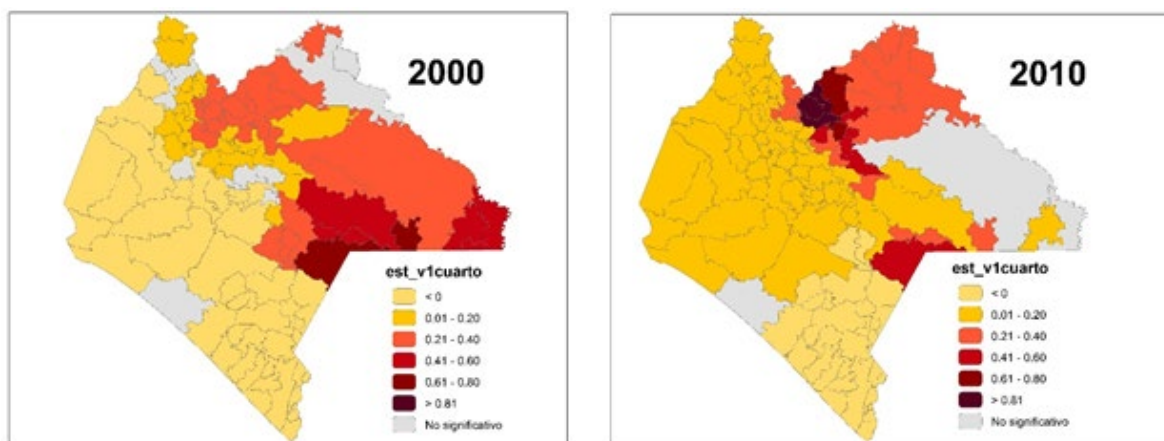


Fuente: Elaboración propia.



Al no tener valores no significativos, ni negativos se puede inferir que en general la variable grado promedio de escolaridad, explica la variable dependiente. Sin embargo, debido a la conformación de la variable, la cual es un promedio, puede dar resultados erróneos al momento del análisis, ya que el grado promedio de escolaridad disminuye de 2000 a 2010 en la mayoría de los estados, 2 unidades o incluso se mantiene igual; a diferencia del número de casos, los cuales van en aumento, por lo tanto, no existe relación alguna entre esta variable independiente y la variable dependiente.

*Figura 9. Coeficiente estimado de viviendas particulares habitadas con un solo cuarto, 2000 y 2010.*



Fuente: Elaboración propia.

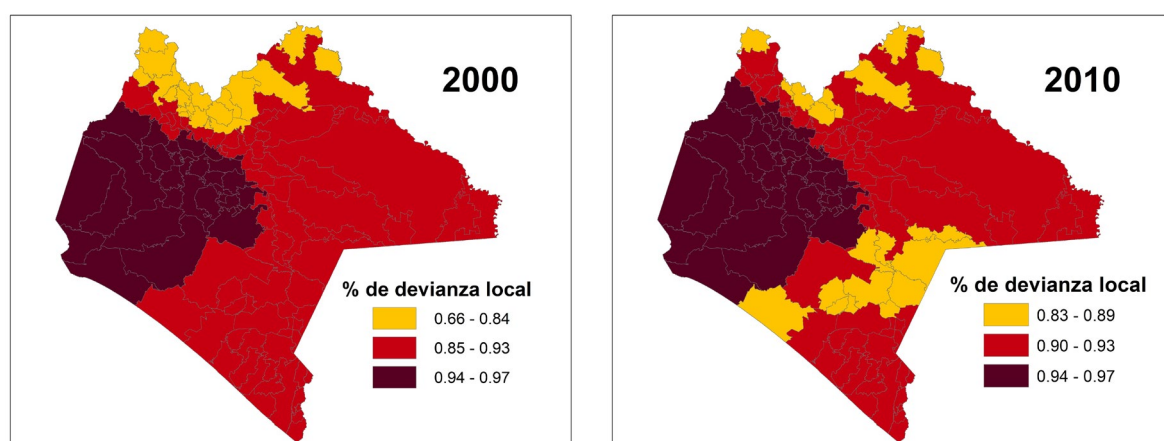
En este caso podemos observar que para ambos tiempos el resultado del coeficiente muestra valores similares, estableciendo zonas definidas, como lo es en la zona sur, que se mantiene en valores menores a cero, para la zonas oeste y noroeste el coeficiente pasa de ser negativo a ser positivo, por otro lado, en la zona este los valores del coeficiente se vuelven no significativos para 2010, por último, en la zona norte los coeficientes muestran un aumento en su valor.

En particular, en la zona norte que comprende los municipios Sabanilla, Huitiupán, Simojovel y Tila se observa que el modelo ajusta de mejor manera, con un aumento en los valores del

coeficiente, esto puede ser debido a que el número de casos de CG aumenta en un 50% aproximadamente, así mismo el número de viviendas que cuentan con un solo cuarto que también tiene una tendencia creciente, por lo que se entiende que mientras estas condiciones aumentan, también lo hará el número de defunciones por CG, cabe resaltar que esta variable se encuentra asociada al hacinamiento y en general a la calidad de vida. Aunado a lo anterior, para la zona noreste, se observa el mismo comportamiento, particularmente para el municipio de Palenque.

Ahora bien, se puede observar un efecto inverso para la zona este, principalmente en Ocosingo, Marqués de Comillas y Benemérito de las Américas, pues de tener un valor positivo pasó a ser no significativo, esto se puede entender porque el aumento de las viviendas de un solo cuarto fue menor al 20% aunado al número de casos, que aumentó el 40%, pero esto se puede deber al efecto de borde, dado que se esperaría que esta variable se comportara de la misma manera que en los municipios con características similares por ser una variable significativa en el modelo.

*Figura 10. Porcentaje de devianza local, 2000 y 2010.*



Fuente: Elaboración propia.

Con base en el porcentaje local de devianza explicada, se muestra donde se ajusta mejor el modelo local resultante. Como se observa en la figura x, para ambos años el modelo alcanza un porcentaje del 0.9 %, lo que indica en primera instancia que en ambos años tuvo un buen ajuste. Se aprecia que en la zona oeste de Chiapas se ajusta mejor para ambos años, mismo que obtiene los valores más altos de devianza local; por otro lado, la zona este y sureste

también alcanza un mejor ajuste en ambos años, sin embargo, para el año 2000 los valores son un poco más bajos que para 2010, esto probablemente se debe a la alta correlación entre las variables explicativas.

Para la zona norte y parte de la zona sur, se observa que los porcentajes son los más bajos para ambos años en la mayoría de los municipios, en donde el ajuste del modelo no es tan bueno en comparación con las demás zonas y sus respectivos valores, esto indica que las variables explicativas seleccionadas tienen un menor poder predictivo al explicar la mortalidad por CG.

Sin embargo, en general dados los valores altos del porcentaje de devianza local, prácticamente en casi todo el estado el modelo tiene un buen ajuste, esto indica que en las zonas con valores de devianza altos las variables explicativas tienen un mayor poder predictivo al explicar la presencia de mortalidad por CG.

*Tabla 3. Evaluación del modelo GWPR global y local, 2000 y 2010*

<b>2000</b>	<b>Devianza explicada</b>	<b>% de devianza explicada</b>	<b>AICc</b>
Global	2873.26	0.848077	2886.01017
Local	1244.028	0.934222	1314.4244
Diferencia	<b>1629.232</b>		

<b>2010</b>	<b>Devianza explicada</b>	<b>% de devianza explicada</b>	<b>AICc</b>
Global	4199.49	0.843337	4212.24036
Local	1529.66	0.942936	1594.10843
Diferencia	<b>2669.831</b>		

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, es necesario comparar los resultados generales del modelo global y local, que implican el valor de la devianza, el porcentaje de esta y el valor del criterio de AICc, para corroborar los resultados obtenidos en los coeficientes y en el porcentaje de devianza local, lo que evalúa al modelo GWPR.

Como se muestra en la tabla 3, para el 2000, la devianza es más alta en el modelo global que en el local, con una diferencia de 1629.232, lo que indica que mientras más alta esta diferencia existe un mejor ajuste en el modelo local y eso se corrobora con el criterio de AICc, el cual es menor en el local.

Para el año 2010, la interpretación tiende a ser similar, sin embargo, en relación con la devianza explicada, el modelo global es mucho más alto que en el local, con una diferencia de 2669.831, y se corrobora con el criterio AICc, ya que de ser 4212.24 en el global, en el modelo local disminuye a 1594.10, ligado a la Figura anterior donde se muestran los valores de devianza local para cada municipio.

## **Conclusiones**

Los modelos de regresión geográficamente ponderada permiten visualizar las variaciones espaciales entre las variables explicativas con la variable dependiente, sin embargo, antes de su aplicación requiere un manejo previo de las variables explicativas, como, por ejemplo, la depuración de estas para evitar la alta correlación, ya que esto puede resultar un error en el modelo. La explicación de los casos de mortalidad por CG a través de las variables mencionadas que están en relación con el hacinamiento, expresan un buen resultado con la GWPR. Por lo que este tipo de regresión complementa a los modelos globales al revelar las interrelaciones que se perciben con los modelos locales.

Los resultados que ofrece el modelo GWPR permiten analizar la adecuación del mismo a cada una de las entidades analizadas, ya que se desarrolla una ecuación individualizada, algo que combinado con el factor de condición nos muestra el grado de ajuste y la confianza que tiene el modelo en cada espacio.

Los coeficientes estimados muestran diferencias significativas en el modelo GWPR y mayor poder explicativo que el modelo global. Las variables seleccionadas aportan en el modelo local un mejor ajuste, y una mejora significativa en el rendimiento indicado por el menor valor del criterio de información AICc. Por lo que, este modelo, con kernel de tipo adaptativo bicuadrado, según el criterio de AICc, con variables independientes o predictoras: viviendas

particulares sin ningún bien, viviendas particulares que no disponen de excusado, viviendas particulares que no disponen de drenaje, promedio de grado de escolaridad y viviendas particulares habitadas con un solo cuarto explican más del 80% de la variación del número de casos por CG para ambos años de manera global, y un 90% de manera local.

Se pudo observar que el modelo es muy sensible a la variabilidad de los datos (de las variables predictoras), como fue el caso coeficiente de grado promedio de escolaridad, pues la primera impresión fue que el modelo estimó de mejor manera el número de casos por CG, pero al analizar la información se encontraron anomalías tales como que el modelo no encontró valores no significativos o negativos, se puede inferir que esto fue resultado de que la variable predictora sea un promedio, por lo que se puede concluir que se debe de tener un mayor cuidado al elegir las variables que se utilizaran en el algoritmo. Aunado a lo anterior, la alta correlación que existe entre las variables para el año 2000 pudo ocasionar una sobreestimación del modelo al tener una diferencia menor entre las devianzas global y local.

Del análisis realizado, se puede observar que existen dos variables que pueden explicar mayormente la cantidad de casos por CG, las cuales son: el coeficiente estimado para viviendas que cuentan con un solo cuarto, así como el coeficiente estimado para viviendas particulares habitadas que no cuentan con ningún bien, para este último, se observó que si bien el número de casos aumentó de manera gradual en 10 años, en algunos municipios el número de casas habitación redujo de manera poco significativa, tal como ocurre en el caso de Palenque que tuvo una disminución de aproximadamente 10 % en el número de viviendas que cuentan con esta condición, en tanto que el número de casos por CG aumentó un 50%, de este ejemplo se puede apreciar una de las bondades de hacer este estudio de manera multi-temporal, la cual es que si bien para un tiempo ( $t_1$ ) determinado, una variable puede ser nula o negativa para el algoritmo, si se analiza en distinta temporalidad ( $t_2$ ) se puede apreciar que si dicha variable prevalece o aumenta en el tiempo, así lo hará también la variable dependiente.

Finalmente, el utilizar este tipo de modelos locales tiene la ventaja de identificar los lugares, en este caso los municipios, con mayores problemas tanto del ámbito de la salud como de las características socioeconómicas que presentan, haciendo visibles las áreas que requieren de mayor atención.

## Recomendaciones

- En relación con la estimación del coeficiente del grado promedio de escolaridad, se deben considerar distintos métodos de selección y/o tratamiento de las variables explicativas con la finalidad de no sobrestimar al modelo o dar resultados erróneos al interpretarse.
- Se podría decir que si de continuar estas condiciones de rezago social y de manera particular de hacinamiento, la probabilidad de presentar el riesgo por mortalidad por CG será alta.
- Y finalmente, este tipo de estudios se enriquecerían con información obtenida en campo para darle un seguimiento a los casos de mortalidad por CG, así como utilizar otras variables de corte ambiental, ocupacional y alimenticio, para mejorar tanto el resultado como el análisis.

## Referencias

Aguilar, Teodoro. (2016). Desigualdad y marginación en Chiapas. Península. PP 143-159.

Amoroz, Iliana. (2011). El derecho a la salud en comunidades indígenas del Estado de Chiapas. Rev. Pueblos y Frontera digital. UAM.México. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-41152011000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-41152011000100008&script=sci_arttext)

Angeles, Ulises. (2002). Helicobacter pylori y factores de riesgo para cancer gástrico en población derechohabiente del IMSS. UNAM. Tesis de especialidad en Epidemiología. Recuperado de [132.248.9.195/ppt2002/0302667/Index.html](http://132.248.9.195/ppt2002/0302667/Index.html)

Arango, D., Ortega, D., & Olaya, J. (2009). Modelación del número de homicidios vía Regresión de Poisson. Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Cali. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/6105/1/Heuristica16-A07.pdf>

Barcellos C, Buzai GD, Santana P. Geografía de la salud: bases y actualidad. Salud Colectiva. 2018;14(1):1-4. doi: 10.18294/sc.2018.1763.

Canseco, L.M. (2018). Epidemiología de cáncer gástrico en el tercer nivel de atención en salud en Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas, Tapachula, Chiapas. Recuperado de <http://www.revistagastroenterologiamexico.org/es-epidemiologia-cancer-gastrico-el-tercer-articulo-S0375090618301411>

Celestino, Omaha. (2019). Caracterización clínica, endoscópica y diagnóstica de pacientes con infección por *Helicobacter pylori* en el Instituto Nacional de Pediatría de marzo 2017 a marzo 2019. Tesis de especialidad en Gastroenterología y nutrición pediátrica. Recuperado de <132.248.9.195/ptd2019/agosto/0793603/Index.html>

Cheng, E.M., Atkinson, P.M. & Shahani, A.K. Int J Health Geogr. (2011). Elucidating the spatially varying relation between cervical cancer and socio-economic conditions in England. International Journal of Health Geographics.

Cordera, Rolando. (2017). Perspectivas de desarrollo a 2030. UNAM. Pág 97-131.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). <https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/%C3%8Dndice-de-Rezago-social-2010.aspx>

Cuesy, M., García, N., Orantes, O. y Trujillo, L. (2014) Salud-Enfermedad-Atención en Chiapas, México. Una visión académica. Espacio I+D Innovación más Desarrollo, 3 (4) 108-140. Recuperado de [http://www.espacioimasd.unach.mx/suplemento/espacioimasd\\_vol3\\_no4.pdf](http://www.espacioimasd.unach.mx/suplemento/espacioimasd_vol3_no4.pdf)

Figueroa, Julianna. (2005). La fecundidad y su relación con variables socioeconómicas, demográficas y educativas aplicando el Modelo de Regresión Poisson. Lima, Perú. Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/basic/figueroa\\_ag/cap3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/basic/figueroa_ag/cap3.pdf)

Gobierno del estado de Chiapas. Información económica y estatal Chiapas. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/113585/chiapas.pdf>

González, Verónica. (2015). Modelos extendidos para el análisis espacial en epidemiología del cáncer. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2278/Gonzalez%2C%20Mariana%20Ver%203%B3nica.%20Modelos%20extendidos%20para%20el%20an%C3%A1lisis%20espacial%20en%20epidemiolog%C3%ADa%20del%20c%C3%A1ncer.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Servicios, Datos Abiertos, Censos y Conteos. <https://inegi.org.mx/servicios/datosabiertos.html>

Rojas, Abigaíl. (s.f). Proceso de no estacionariedad espacial de la mortalidad por Diabetes Mellitus en adultos mayores en México. Colegio de México. Recuperado de [abep.org.br/xxencontro/files/paper/297-442.pdf](http://abep.org.br/xxencontro/files/paper/297-442.pdf)

Nakaya, T. (2005). Geographically weighted Poisson regression for disease association mapping. Statist Medicine. University of Japan.

Osornio, Georgina. (2019). Métodos diagnósticos para Helicobacter pylori utilizados en el Instituto Nacional de Pediatría de enero del 2015 a marzo del 2018. Tesis de especialidad en Gastroenterología y nutrición pediátrica. Recuperado de [132.248.9.195/ptd2018/julio/0776363/Index.html](http://132.248.9.195/ptd2018/julio/0776363/Index.html)

Jiménez, Carmina. (2011). Identificación de genes de Helicobacter pylori por PCR y microarreglos como marcadores de gastritis, úlcera duodenal y cáncer gástrico. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Recuperado de [132.248.9.195/ptd2011/diciembre/0675762/Index.html](http://132.248.9.195/ptd2011/diciembre/0675762/Index.html)

Jiménez, Hilda. (2016). El sistema de salud de Chiapas ante la transición demográfica y epidemiológica. Cuadernos del CENDES, vol. 33, núm. 92, mayo-agosto. Universidad Central de Venezuela. pp. 79-103.

Mohar, Alejandro. (2001). Alta frecuencia de lesiones precursoras de cáncer gástrico asociadas a Helicobacter pylori y respuesta al tratamiento, en Chiapas, México.



Ocaña, Ricardo. (2010). Epidemiología y análisis espacial. Escuela Andaluza de Salud Pública. Recuperado de <https://www.demap.es/images/pdf/epidemiologia.pdf>

Palomares, Gabriela. (2019). Frecuencia de exposición laboral a agentes físicos y químicos en pacientes con cáncer gástrico del hospital de oncología CMN siglo XXI. Tesis de especialidad en medicina del trabajo y ambiental. Recuperado de <http://132.248.9.195/ptd2019/mayo/0788772/Index.html>

Pérez, Neyra. (2018). Análisis clínico patológico de cáncer gástrico en pacientes menores de 40 años en el hospital de oncología, CMN siglo XXI. IMSS. Tesis de Especialidad en anatomía patológica. Recuperado de [132.248.9.195/ptd2017/agosto/0764140/Index.html](http://132.248.9.195/ptd2017/agosto/0764140/Index.html)

Secretaria de Salud, Dirección General de Información en Salud, Datos abiertos. [http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/da\\_defunciones\\_gobmx.html](http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/da_defunciones_gobmx.html)

Sociedad American contra el cáncer (ACS). (2019). Recuperado de <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-estomago/acerca/que-es-el-cancer-de-estomago.html>

Sarduy Domínguez, Yanetsys. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. Revista Cubana de Salud Pública, vol. 33, núm. 3, julio-septiembre, 2007. Sociedad Cubana de Administración de Salud.