

LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO UN ESCENARIO FUTURO DE VULNERABILIDAD REGIONAL

Adrián Guillermo Aguilar¹

Resumen

Este estudio analiza las características más sobresalientes del crecimiento demográfico reciente, así como la distribución y las tendencias futuras de los asentamientos humanos en México. El análisis se centra en la relación existente entre la distribución de la población, la incidencia de enfermedades infecciosas y transmitidas por vector y el consumo de agua.

Más adelante, se estudia esta relación con un posible escenario para el año 2025, con el cual se prevén algunas perspectivas de vulnerabilidad regional, en caso de un cambio climático. Los resultados muestran que los niveles de vulnerabilidad más altos podrían encontrarse específicamente en los estados con rápido crecimiento poblacional, gran consumo de agua y en los que se registran altos niveles de incidencia de enfermedades infecciosas. Esta situación se localizó en la región del norte (Tamaulipas y Chihuahua), en la zona del centro (Jalisco y México) y en el Golfo de México (Tabasco).

Palabras clave: cambio climático, vulnerabilidad urbana, escenarios regionales

1. Introducción

La vulnerabilidad potencial, derivada del proceso de urbanización, surge de dos principales preocupaciones: (I) la magnitud total, la proporción y las tasas de incremento de la población urbana total, y (II) el gran tamaño y el rápido crecimiento de ciertas ciudades individuales.

En un contexto de rápida urbanización, existen efectos ambientales que se ven modificados en caso de cambios climáticos. Entre las consecuencias ambientales que se consideran más importantes está la incidencia de enfermedades infecciosas, como el cólera o la fiebre tifoidea; y las transmitidas por vector, como el dengue o el paludismo. Entre las demandas ambientales más importantes está la de agua, que se ve incrementada con la expansión urbana.

Una preocupación fundamental, asociada a la urbanización, es su alto potencial de vulnerabilidad a un cambio climático debido a menores abastecimientos de agua o mayor incidencia de enfermedades, de acuerdo con la localización geográfica de los asentamientos humanos más importantes. El abastecimiento de agua será mucho más caro si se mantienen los mismos niveles de consumo, ya que probablemente disminuya la precipitación y aumente el nivel de evaporación. El cambio de clima también tendría repercusiones en la salud humana: existiría mayor "stress" debido a un clima más caluroso; una mayor humedad y temperatura estimularía la expansión de ciertas enfermedades infecciosas y aquellas transmitidas por vector. Una primera condición es que la vulnerabilidad es baja cuando las densidades de población son bajas; una alta densidad incrementa la vulnerabilidad al aumentar el número de víctimas por unidad territorial; al aumentar el número de víctimas, se incrementa el costo social de un cambio climático. Por lo tanto, una alta vulnerabilidad estará asociada a un mayor tamaño de asentamientos humanos, en los cuales se localiza un gran número de establecimientos industriales, viviendas y vehículos automotores (Scott, *et al.*, 1996)

Altas densidades urbanas significan grandes demandas de agua, y un elevado riesgo a la salud para una gran cantidad de habitantes. Debido a que un cambio climático tendrá efectos regionales diferenciales, o sea, de diferente magnitud, es fundamental examinar la vulnerabilidad para todos los espacios nacionales.

Cualquier política que pretenda modificar el patrón de crecimiento urbano, o la distribución de población, en general, para evitar el costo de un cambio climático, deberá estar cimentada en una evaluación cuantitativa del problema.

¹ Instituto de Geografía, UNAM. El autor agradece la colaboración de Josefina Gabriel Morales y José Luis Pérez Damián.

2. El escenario actual

2.1. Crecimiento demográfico y urbanización

El análisis de las tendencias en el crecimiento demográfico y en el proceso de urbanización dan un panorama bastante preciso de la localización de las principales concentraciones sociales y económicas en el país. Estos datos nos indican cuál es la ubicación de la mayor parte de las fuentes emisoras de gases a la atmósfera; en consecuencia, es posible determinar zonas o regiones con mayor vulnerabilidad a un cambio climático.

En este apartado se presentan las principales tendencias en el crecimiento y distribución de la población, por regiones, en el periodo 1970-1990. Se establecen las diferencias entre la población total, la rural y la urbana; y, en los casos más sobresalientes, se destaca el comportamiento de la población metropolitana, o sea, aquella que se localiza en las ciudades más grandes, denominadas zonas metropolitanas.

2.2. Población total

En el periodo analizado la población total del país pasó de 48 a 81 millones de habitantes (fig. 1). Este crecimiento se realizó a una tasa promedio anual de 2.6%, y significó un incremento porcentual de cerca de 70%.

A pesar de que en las últimas décadas se hizo notorio un descenso en el ritmo de crecimiento de la población en México, se espera que ésta seguirá aumentando, aunque con un ritmo más moderado.

La población total ha disminuido su tasa de crecimiento, ha pasado de 3.2 por ciento en el periodo 1950-1970, a 2.6% en 1970-1990. Sin embargo, la población urbana tiene tasas de crecimiento mayores durante todo el periodo, por lo que ha aumentado su porcentaje en el total nacional, al pasar de 50% en 1970 a 61% en 1990.

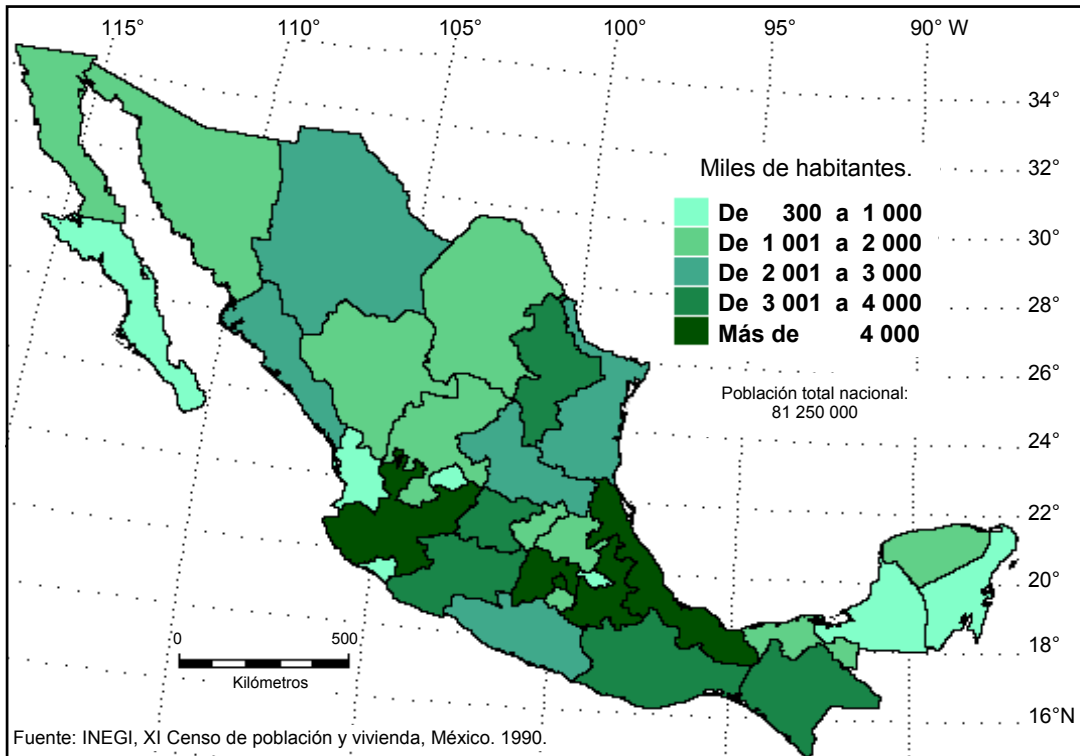


Figura 1. Distribución de la población total por estados. 1990.

En términos regionales este crecimiento se comportó de la siguiente manera: prácticamente todas las regiones crecieron al mismo ritmo que la población total del país, entre 2.6 y 2.9%; la excepción fue la región Península de Yucatán, que incrementó su población a un ritmo mucho mayor, con una tasa de 4.0%. En lo que toca al porcentaje de población que cada región contiene respecto del total nacional, tampoco hubo un cambio significativo; ninguna de ellas modificó en más de un punto porcentual la participación de dicha población. Por ejemplo, el más alto incremento se dio en la región de la Península de Yucatán, al pasar de 2.3% en 1970 a 2.9% en 1990.

Si examinamos únicamente los números absolutos de población, se destaca que las regiones más pobladas son: la región Centro con 32% de la población nacional; la región Occidente con 12%; y la región Centro-Norte con 11%. En el otro extremo, la zona menos poblada es la región de la Península de Yucatán, con sólo 3% de la población total.

En resumen, la población tiene una marcada tendencia al incremento, que es más notoria en toda la franja central del país, donde se ubica la mayor concentración social, a pesar de que regiones con bajas concentraciones registran crecimientos muy altos, como la Península de Yucatán.

2.3. Población rural

Los datos muestran que, en las últimas dos décadas, la población rural ha mantenido una tendencia hacia su disminución. Mientras que en 1970 esta población representaba 50% del total, en 1990 su porcentaje bajó a 39%. En dicho periodo su crecimiento fue muy lento, a una tasa de 1%. Esto significa que el país adquiere cada vez más un *perfil urbano*.

De hecho, en todas las regiones del país la población rural perdió peso relativo, al disminuir su participación en varios puntos porcentuales. Por ejemplo, en las regiones Norte, Centro-Norte y Occidente, esta población disminuyó en más de 15 puntos porcentuales, y en la Península de Yucatán lo hizo en 20.

Las mayores concentraciones de población rural se localizan en las regiones Centro-Norte, Occidente, Centro, Golfo y Pacífico Sur. En éstas la población representa de 4.0 a 6.5 millones de habitantes en cada región y en las últimas dos tiene un predominio con porcentajes arriba de 60%.

Una vez más, los datos nos señalan mayores concentraciones y densidades de población en la franja central del país, a pesar de que muestra una clara tendencia a la disminución.

2.4. Población urbana

Esta categoría de población fue la que registró los más altos incrementos en el periodo 1970-1990. En las dos décadas, la población urbana se duplicó en números absolutos e incrementó su porcentaje de 50% en 1970 a 61% veinte años después, creciendo a una tasa de casi 4%.

En términos generales, la población urbana crece más rápido que la total. Aunque hay que resaltar que, en la última década, las ciudades de dimensiones medias crecieron más rápido que las grandes zonas metropolitanas, como la Ciudad de México. Así, los crecimientos más altos no se ubican en las ciudades más grandes, sino en aquellas de 500 mil a menos de un millón de habitantes con una tasa mayor a 11%; y en las ciudades pequeñas (menos de 100 mil habitantes), con tasas de alrededor de 4%. Además, hay que enfatizar que el número de ciudades prácticamente se duplicó de 1970 a 1990, al pasar de 156 a 319 localidades (Aguilar y Rodríguez, 1995).

Como es de esperar, las ciudades de más grandes se asocian a una mayor cantidad de emisiones de gases, ya que la concentración industrial y la presencia de fuentes móviles es mucho más amplia en estos centros urbanos. La reciente política neoliberal, de apertura comercial, ha favorecido un fuerte crecimiento social y económico en la porción norte del país.

En todas las regiones la población urbana creció de manera acelerada, de acuerdo con el promedio nacional; destacan las regiones Pacífico Sur y Península de Yucatán, porque crecieron por arriba de la media nacional, con tasas de 6%; sin embargo, son las regiones que concentran la más baja proporción de población urbana, 2.3 y 1.3 millones de habitantes, respectivamente.

La mayor concentración de población se encuentra precisamente en la región Centro en la cual se

localizan la Ciudad de México, y otras ciudades grandes, como Puebla. En esta región los habitantes urbanos eran casi 20 millones de personas en 1990; representaban 74% de la población al interior de la región. Es importante enfatizar que de esa población urbana, 17.7 millones de personas vivían en zonas metropolitanas, de aquí la importancia de las grandes ciudades en esta porción de territorio.

En segundo término, sobresalen las concentraciones urbanas de las regiones Occidente y Centro-Norte, con 5.7 y 5 millones de habitantes respectivamente. En ambas regiones la población urbana es mayoritaria con respecto al total, con aproximadamente 57% de toda la población.

En todas las regiones del norte del país, aunque en números absolutos la población urbana es menor a la de las regiones antes señaladas, la población urbana representa porcentajes mayores al interior de cada región; es decir, se trata de regiones "más urbanas" que las del resto del país (fig. 2).

En esencia, las regiones Centro, Occidente y Centro-Norte, concentran 61% de toda la población urbana del país; y 76% de la población de zonas metropolitanas existentes en México.

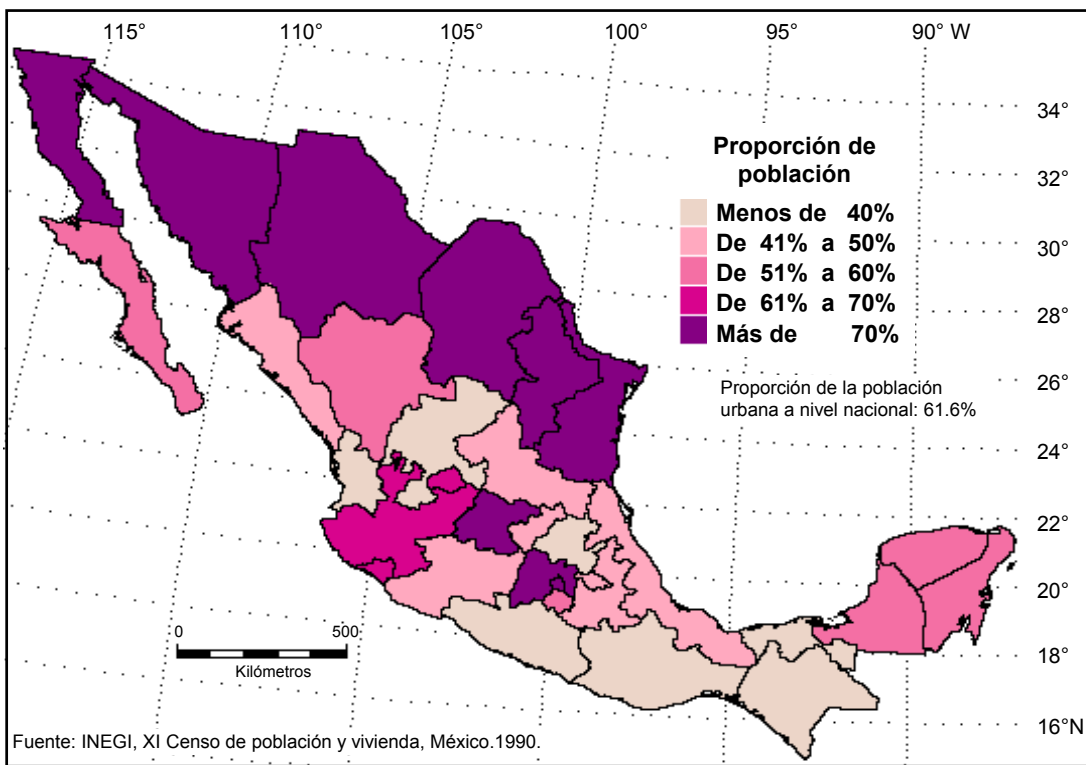


Figura 2. Proporción de población urbana por estados, 1990.

2.5. Asentamientos humanos en zonas costeras

Uno de los efectos secundarios del cambio climático global es el que afectaría a los asentamientos costeros si aumentara el nivel del mar.

En 1990, en México se tenía una población urbana de más de dos millones de personas en la línea de costa de la vertiente del Pacífico, y poco más de un millón y medio de habitantes urbanos en la vertiente del Golfo de México.

2.6. La salud y el clima

El interés en la relación clima-salud se ha incrementado notablemente en la última década, porque se prevén varios impactos negativos con el calentamiento global, a partir de la acción humana.

Aunque el clima puede tener diversos efectos en varias enfermedades, se considera que con un calentamiento generalizado de la atmósfera, los mayores impactos se manifestarán en dos aspectos: primero, aumento en la mortalidad y en los niveles de *desconfort*, debido a altas temperaturas; y segundo, un cambio en la distribución de los vectores de varias enfermedades infecciosas, que se desplazarían a latitudes norte (Kalkstein, 1991:351).

En el caso de México, hay estudios que reportan índices de *desconfort* durante los meses de verano y primavera, que se extienden en las llanuras costeras y en la altiplanicie del norte, y que se pueden agravar con un cambio climático (Jáuregui, 1967 y en este volumen). Además, hay que enfatizar que, con temperaturas más altas, hay mayor probabilidad de episodios de contaminación atmosférica en niveles críticos.

En cuanto al segundo aspecto, el interés se centra en la dispersión potencial de ciertos vectores muy característicos de zonas tropicales (mosquitos y otros parásitos), que transmiten enfermedades infecciosas. Ejemplos de estas enfermedades pueden ser: malaria, mal del sueño, dengue, etcétera. Es decir, al alterarse las condiciones de temperatura y humedad ciertas enfermedades pueden desaparecer en regiones tropicales del sur y desplazarse hacia regiones de latitud norte, aumentando así su incidencia (NAS/NAE/IOM, 1992:618-619).

Debido a que los diversos grupos sociales tienen diferentes dotaciones de recursos naturales, desarrollos técnicos o servicios públicos, su vulnerabilidad al cambio climático varía en el mismo grado. Cualquier alteración climática seguramente afectará, en primera instancia, las condiciones de salud en las zonas tropicales, subtropicales, y algunas de las poblaciones menos protegidas en las zonas templadas. Esto se debe a que los cambios climáticos afectarán la distribución del agua y la temperatura, las condiciones de humedad y la proliferación de microorganismos.

Para una primera evaluación de las zonas más vulnerables en México, se toman en cuenta dos grupos de enfermedades, de acuerdo con la forma de transmisión, como se aprecia en el siguiente cuadro:

1. Enfermedades infecciosas transmitidas por vector: <ul style="list-style-type: none">• Dengue• Oncocercosis• Paludismo• Leishmaniasis• Tripanosomiasis	2. Enfermedades infecciosas que no se transmiten por vector: <ul style="list-style-type: none">• Cólera• Paratifoidea• Salmonelosis• Fiebre tifoidea• Shigelosis
---	---

En el primer grupo de enfermedades, la transmisión a la población se realiza por medio de un agente intermedio infeccioso, el cual es generalmente un insecto. La proliferación de estos insectos se vincula a ciertas condiciones de temperatura, humedad o presencia de cuerpos de agua. El segundo grupo de enfermedades no se transmiten por ningún vector o agente, y se relacionan directamente con la distribución y calidad de agua superficial. Pueden encontrarse condiciones propicias en zonas de inundaciones o en áreas con servicios de drenaje deficiente.

La figura 3 muestra las áreas de mayor vulnerabilidad, de acuerdo con la mayor o menor incidencia de los grupos de enfermedades. En dicha figura se nota que la mayor morbilidad en 1993 se localiza fundamentalmente en algunos estados, en la porción sur de las vertientes del Golfo de México y del océano Pacífico, coincidiendo con zonas tropicales húmedas y semisecas. Asimismo, hay una alta concentración de esta morbilidad en la zona central del país, que coincide con áreas de alta urbanización.

Así, en la vertiente del Golfo de México destacan los estados de Veracruz, Tamaulipas y Tabasco; en la vertiente del Pacífico sobresalen los estados de Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Jalisco y Sinaloa. Por lo que se refiere al centro del país, destacan los estados de Guanajuato, Estado de México y Distrito

Federal. En todos estos estados el número de casos de las enfermedades señaladas fue mayor a 6 mil en 1993.

2.7. El consumo de agua

Un cambio climático afecta las variaciones naturales, estacionales y anuales del recurso agua. Las variaciones actuales en el abastecimiento de este recurso muestran ya la necesidad de prepararse para las posibles consecuencias de un calentamiento global. La pregunta fundamental parece ser: ¿tendrán las ciudades en el futuro próximo abastecimiento de agua suficiente, barato y confiable?

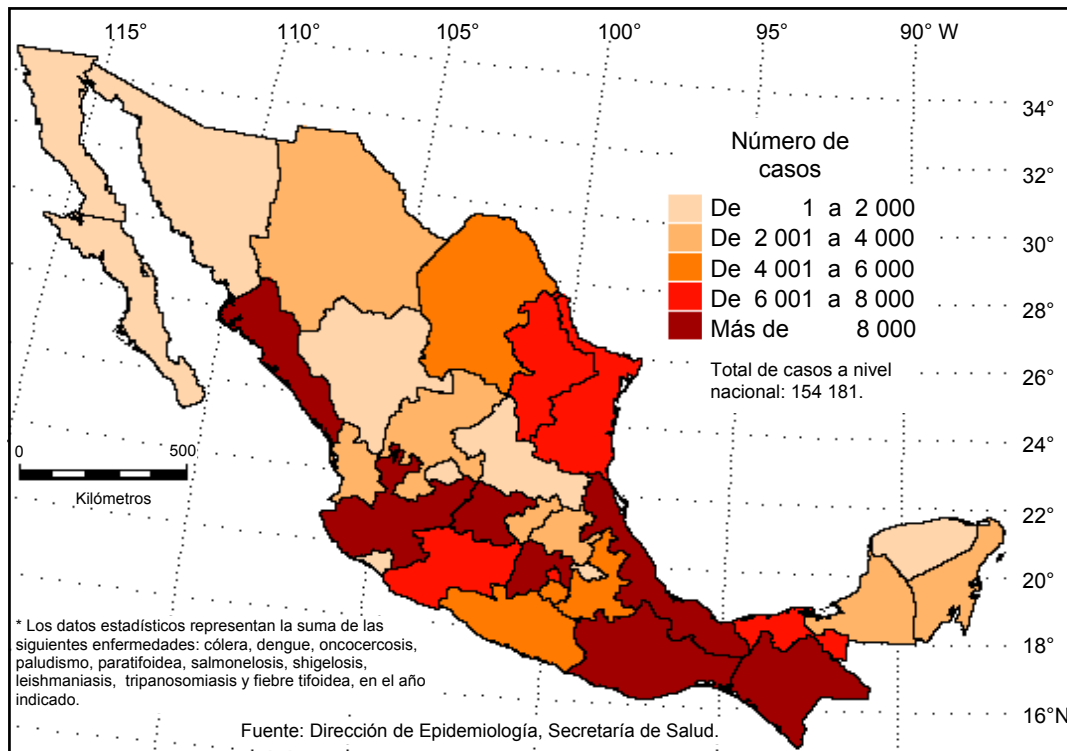


Figura 3. Morbilidad por estados, 1990.

El impacto de un cambio climático dependerá del balance, a nivel regional del consumo, almacenamiento, variabilidad del recurso, uso de agua subterránea y generación de energía hidroeléctrica, para conocer el grado de vulnerabilidad de cada región, y cómo un cambio climático puede traer daños o beneficios a cada zona.

La disponibilidad del recurso agua está en relación directa con las condiciones climáticas, específicamente en el mayor o menor volumen de precipitación. Con una población más numerosa y con ciudades más grandes, el consumo de agua por habitante se incrementará substancialmente en el futuro cercano. Si ocurre un cambio climático global, aquellos estados que actualmente tienen clima árido y semiárido, es probable que experimenten procesos de desertificación y/o aridez. Esta condición aumentaría enormemente la vulnerabilidad de las poblaciones en el consumo de agua.

La figura 4 muestra el volumen de agua suministrada por habitante, en cada estado de la República, en el año de 1991. Se observa que, en general, los mayores consumos por habitante (más de 350 litros diarios) se encuentran precisamente en todos los estados del norte del país que son, a su vez, los que tienen la menor disponibilidad de agua. Destacan Baja California Sur, Chihuahua y Coahuila, con un suministro de más de 350 litros/día por habitante. En la parte central del país sobresalen los estados de Aguascalientes, Colima, Distrito Federal y Jalisco; y en la porción sur el estado de Quintana Roo.

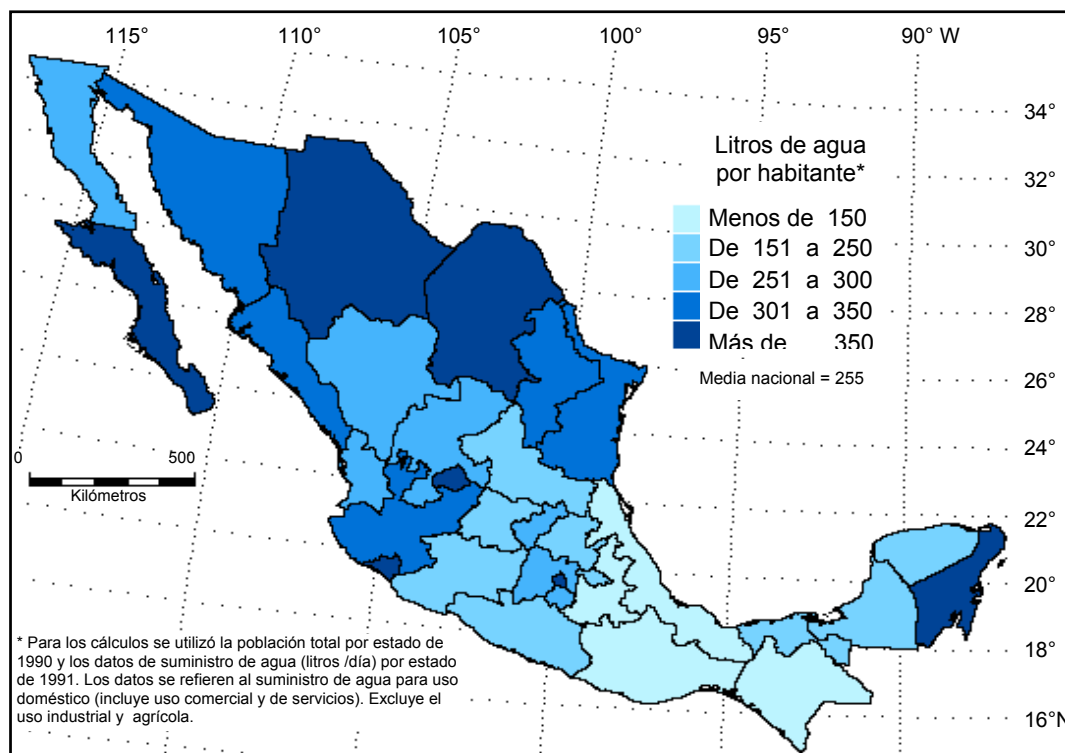


Figura 4. Agua suministrada por habitante y por estado, 1990 (litros/día).

3. El escenario futuro. La vulnerabilidad de los asentamientos humanos

A fin de elaborar algunas consideraciones acerca del posible efecto de un cambio climático en los principales asentamientos humanos del país, en esta sección se relacionan los datos de proyecciones de población, de incidencia de enfermedades, y de demanda de agua, con las posibles alteraciones de temperatura y precipitación en el próximo siglo.

Para cumplir este objetivo se utilizan los cálculos que se derivan de la aplicación de dos modelos: el CCC (*Canadian Climate Center*) y el GFDL-R30 (*Geophysical Fluid Dynamics Laboratory*), y se toman como base los principales cambios en temperatura y precipitación.² Ambos modelos hacen simulaciones de cuáles serían los cambios en la temperatura (°C) y en la precipitación (%), si ocurriera una duplicación de la concentración atmosférica del bióxido de carbono atmosférico. Como escenario futuro se utilizan los datos de proyecciones elaboradas al año 2025. Se utiliza este año, porque se considera que en los posteriores las proyecciones de población se vuelven poco viables, y porque en aspectos como la morbilidad éste fue el horizonte futuro máximo adaptado; además, para años posteriores los resultados estadísticos aparecían sumamente distorsionados y poco creíbles. Así, se utiliza la proyección logística,³ porque representa más satisfactoriamente la tendencia demográfica actual.

Para elaborar las figuras que se muestran, se obtuvieron las diferencias correspondientes entre el

² Véase, Villers L. y Trejo I. (1995), Segundo Informe de País: México. Área: Vulnerabilidad. Subárea: Sistemas Forestales; Sánchez M. T., Martínez M. y Martínez N. (1995), Informe Final del Estudio de País: México. Área: Vulnerabilidad Subárea: Industria y Sistemas Energéticos.

³ En el estudio original se elaboraron proyecciones logísticas y polinomiales al año 2025. La primera de ellas presenta un comportamiento más consistente con la tendencia histórica (A.G. Aguilar, 1995, Estudio de País: México, Área: Vulnerabilidad, Subárea: Asentamientos Humanos, Instituto de Geografía, UNAM, México).

escenario actual, simbolizado por el año 1990,⁴ y el escenario futuro, representado por el año 2025. Es decir, se obtuvieron las diferencias para esos 35 años, las cuales se convierten en magnitudes de demanda (en el caso de la población y el agua), o en magnitudes de problemas (el caso de la incidencia de enfermedades).

A su vez, estas magnitudes se transfirieron a un mapa de la República Mexicana para saber qué regiones presentaban un mayor grado de vulnerabilidad; por ejemplo, aquéllos con un alto número de incidencia de enfermedades transmitidas por vector en el año 2025, que a su vez, registran cambios positivos en la precipitación, son áreas vulnerables ya que la mayor humedad y cantidad de agua estimula y crea un ambiente propicio a la transmisión de tales enfermedades.

3.1. Incrementos en la concentración de población

Todos los incrementos de población futura representan una demanda potencial de una serie de satisfactores básicos, varios de los cuales dependen indirectamente de las posibles variaciones climáticas; en este caso, estarían los abastecimientos de agua o de energía.

En las figuras 5 y 6, donde se explican los incrementos absolutos de población total y urbana al año 2025, se observa que los estados que se destacan con los mayores incrementos son: Chiapas, Veracruz, Puebla, Estado de México, Michoacán, Guanajuato y Jalisco, así como Chihuahua y Baja California. Es decir, una franja en el centro del país (a excepción de Chiapas), y dos estados fronterizos con las mayores concentración de población total y urbana.

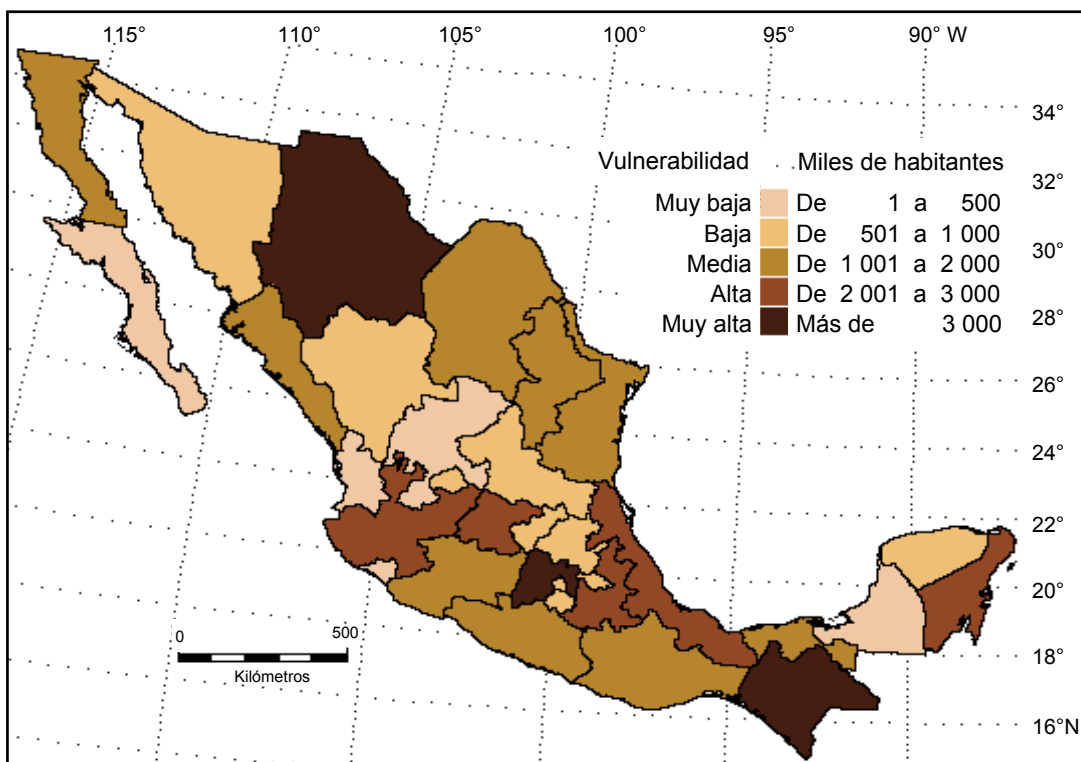


Figura 5. Diferencias absolutas de la población total, 1990-2025.

⁴ En el caso de la morbilidad el escenario actual se refiere al año de 1993, y para la demanda de agua se trata de 1991.

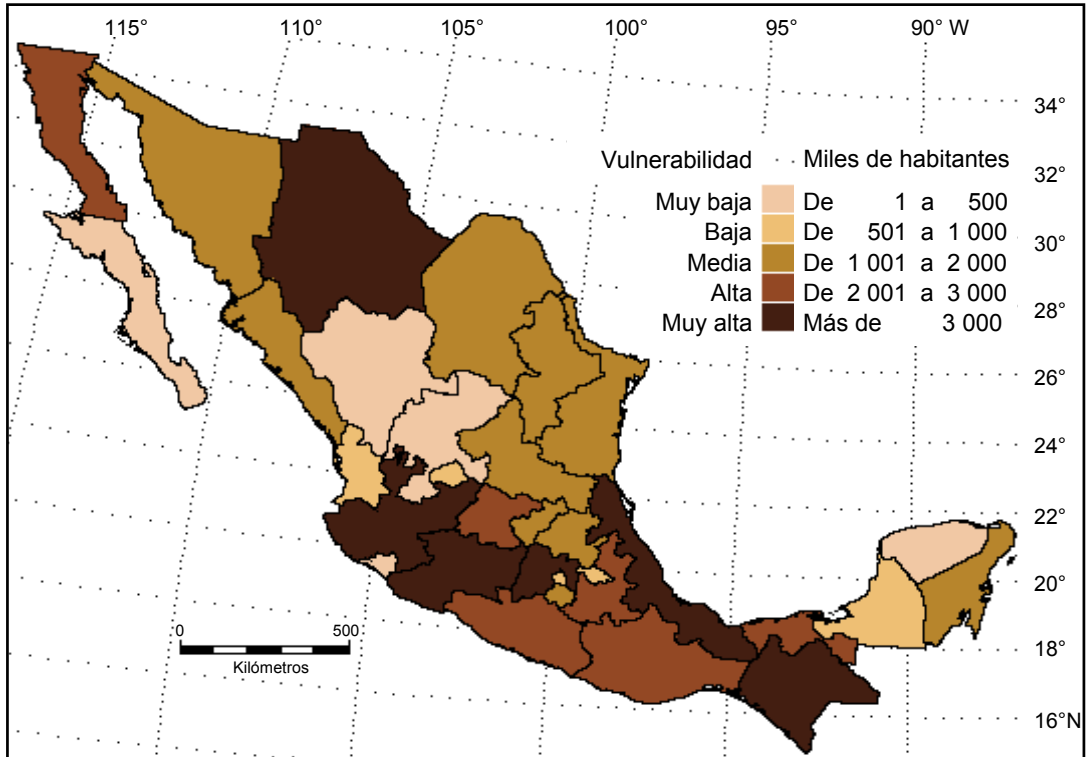


Figura 6. Diferencias absolutas de la población urbana, 1990-2025.

De este grupo de estados, y de acuerdo con los resultados de los modelos climáticos, se puede argumentar que los de más alta vulnerabilidad son: Baja California y Chihuahua, porque se localizan en regiones que tienden a ser más cálidas y secas y tendrán fuertes demandas de agua, y energía. En segundo lugar, con una vulnerabilidad media quedarían agrupados los estados del centro del país: Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Estado de México y Puebla. Finalmente, con vulnerabilidad baja, los estados de Veracruz y Chiapas, que se localizan en regiones que tendrían poco cambio climático donde incluso aumentaría el porcentaje de precipitación, por lo que, en principio, tendrían menos problemas en el abastecimiento de agua, energía o alimentos.

Para confirmar estos resultados se pueden examinar las proyecciones del consumo de agua en el año 2025 (fig. 7). De acuerdo con estos datos, hay dos grandes grupos de valores, los negativos y los positivos, los valores negativos en las diferencias absolutas en el consumo de agua 1991-2025 significan que, debido al rápido crecimiento de la población, en el futuro habrá una escasa disponibilidad de agua, que obliga a que el consumo diario por habitante se tenga que reducir, es decir, el consumo diario por habitante en 1990 es mayor al que resulta en el año 2025. Los valores positivos manifiestan exactamente lo contrario, de acuerdo con las tendencias actuales, en esos estados será posible aumentar la cantidad de agua para consumo por cada habitante, por lo tanto, el consumo de 1990 es menor al que resulta en el año 2025.

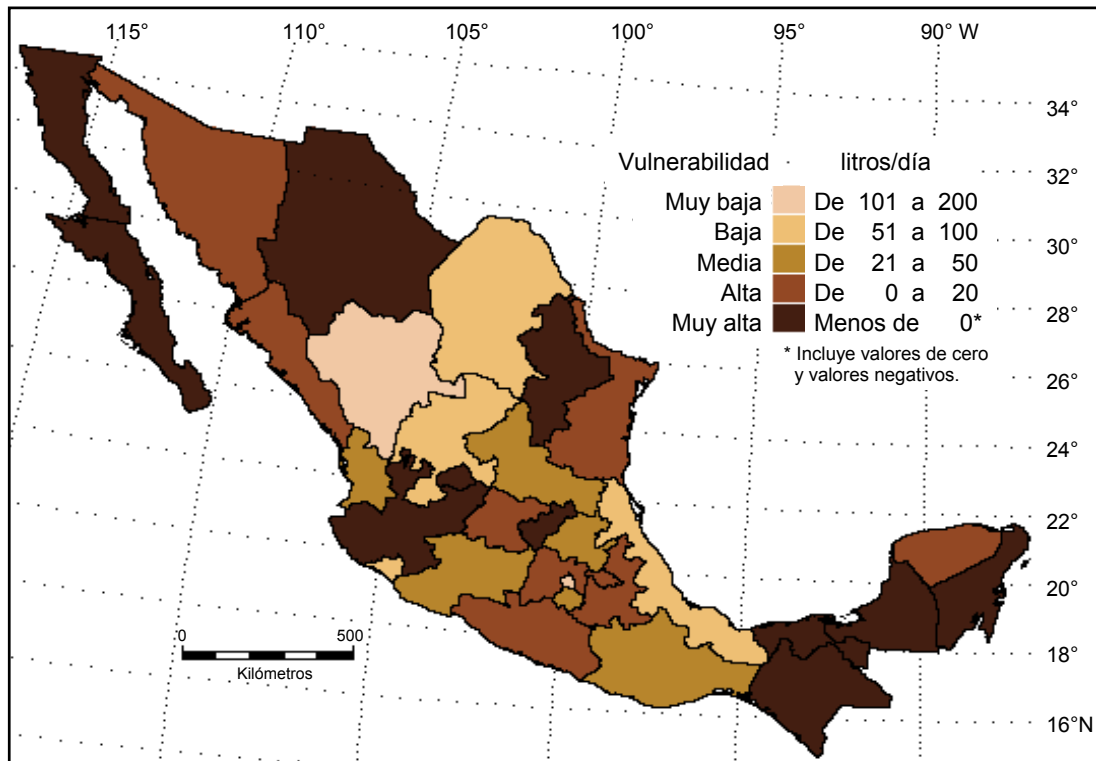


Figura 7. Diferencias absolutas en el consumo de agua por habitante, 1990-2025 (litros/día).

En resumen las áreas o estados más vulnerables son aquéllos con valores negativos, donde habrá una reducción en el consumo de agua por habitante. Estas zonas corresponden a trece estados que, en orden de importancia, son:

- | | |
|------------------------|---------------|
| 1. Quintana Roo | 8. Tabasco |
| 2. Chihuahua | 9. Nuevo León |
| 3. Baja California Sur | 10. Querétaro |
| 4. Aguascalientes | 11. Campeche |
| 5. Baja California | 12. Jalisco |
| 6. Chiapas | 13. Tlaxcala |
| 7. México | |

Estos estados pueden considerarse de alta vulnerabilidad, desde la perspectiva del incremento en el consumo de agua. Cabe señalar que cinco de ellos (Chihuahua, Baja California, Chiapas, México y Jalisco), se clasificaron de alta vulnerabilidad, de acuerdo con los incrementos absolutos de población total y urbana, señalados con anterioridad.

3.2. Incrementos en la incidencia de enfermedades

Para que haya una alta vulnerabilidad de los asentamientos humanos a una serie de enfermedades relacionadas con el clima, es necesario que se combinen las siguientes condiciones: mayor precipitación, mayor humedad, temperaturas más cálidas, así como condiciones sanitarias deficientes.

Una cantidad superior de precipitación en centros urbanos de dimensiones medias y grandes puede causar la obstrucción de redes de drenaje, inundación de vías de comunicación y, en general, dar lugar a inundaciones y estancamiento de agua, todo lo cual seguramente tendrá efectos negativos en la salud. Si a lo anterior se agrega la existencia de asentamientos ilegales de población pobre, con marcadas deficiencias en servicios, se crea un ambiente que estimula la expansión de enfermedades infecciosas

relacionadas con el agua, como cólera o paratifoidea, así como, aquellas transmitidas por vector (ejemplo, mosquitos), como el dengue o el paludismo.

Para examinar la posible incidencia de morbilidad, se estableció una distinción entre aquellas enfermedades transmitidas por vector, y aquellas que son infecciosas.⁵ De acuerdo con los resultados de los datos proyectados al año 2025, y según los mapas elaborados, se observa lo siguiente:

Primero, en el caso de las enfermedades transmitidas por vector, las diferencias absolutas totales 1993-2025 son bastante irregulares. Esto se explica porque la evolución del número de casos hasta el año de 1995 tiene una tendencia cíclica, en ciertos años se registran altas incidencias, y en otros se observan marcados decrementos. De esta manera, en la mayor parte de los estados se registran datos negativos en el escenario futuro; sin embargo, se destacan tres estados, con una alta incidencia; Campeche, Quintana Roo y Tabasco, es decir la zona sur de la Costa del Golfo de México, y la mayor parte de la Península de Yucatán (fig. 8).

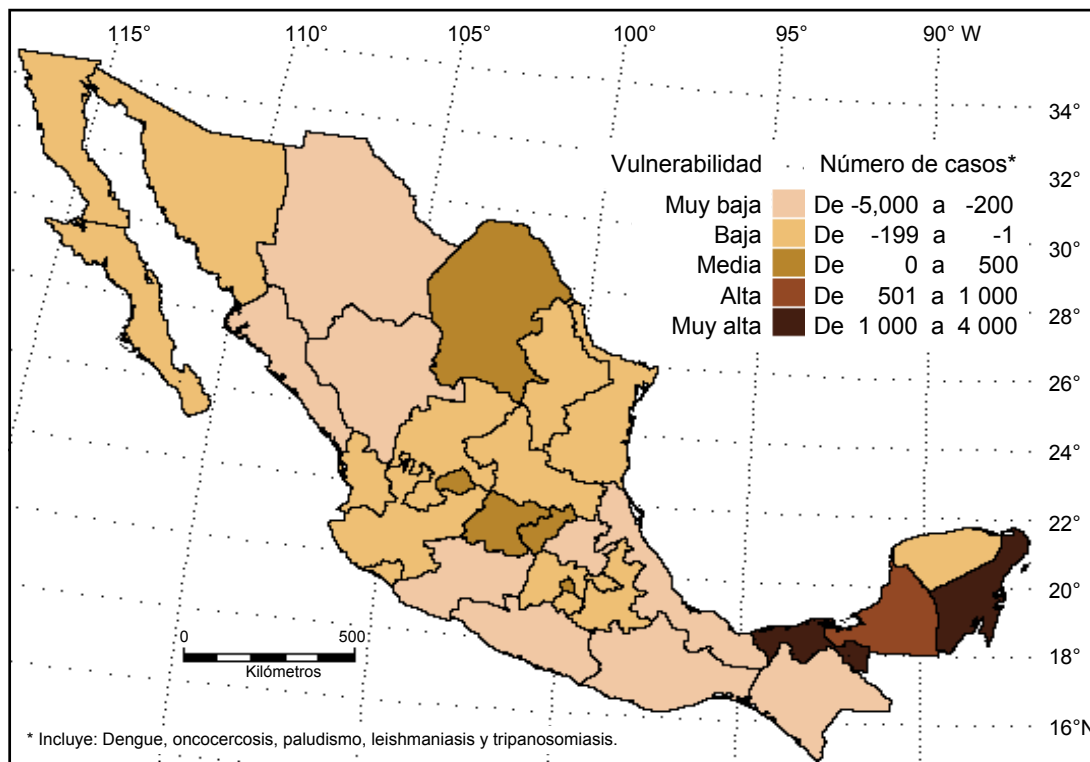


Figura 8. Diferencias absolutas en enfermedades transmitidas por vector, 1993-2025.

De acuerdo con los resultados de los modelos presentados, es muy factible que se combine un incremento de temperatura con mayores porcentajes de precipitación en las zonas costeras y en el sureste del país. Es decir, aquellas regiones cálidas y semicálidas son áreas potencialmente endémicas. No obstante, algunas de estas enfermedades se han vuelto ya problemas de salud pública en otras regiones del país. Por ejemplo, se han reportado brotes importantes de dengue y paludismo en lugares como Guadalajara, Tampico, Ciudad Madero, Los Cabos, Baja California y el estado de Sinaloa.⁶

⁵ Las enfermedades transmitidas por vector son: dengue, oncocercosis, paludismo, leishmaniasis y tripanosomiasis. Aquellas transmitidas por infección son: cólera, paratifoidea, salmonelosis, fiebre tifoidea y shigelosis.

⁶ Véase Aparicio Nazar-Beutelspacher, Prevots, Nieburg, Sánchez y Medrano, 1990; Ávila, Luna y López, 1987; González Mora, 1992, Vázquez Castellanos, Canales Muñoz, Nápoles Camacho y Zárate

En segundo lugar, la futura incidencia de enfermedades infecciosas muestra una distribución más regular en todos los estados del país (fig. 9). En esta distribución resultan como regiones más vulnerables siete estados de la República; en la zona occidente, Jalisco y Michoacán; y en la región del norte y el Golfo de México, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz y Tabasco. Como se aprecia, se trata también de zonas costeras cálidas y semicálidas, combinadas con algunas zonas secas y cálidas, así como áreas más reducidas de clima templado, donde se localizan altas densidades de población y centros urbanos muy importantes. De acuerdo con los datos proyectados, se destaca el estado de Veracruz, con más de 10 mil casos; Tabasco, con más de 7 mil; y en tercer lugar, los estados de Tamaulipas y Jalisco, con más de 6 mil.

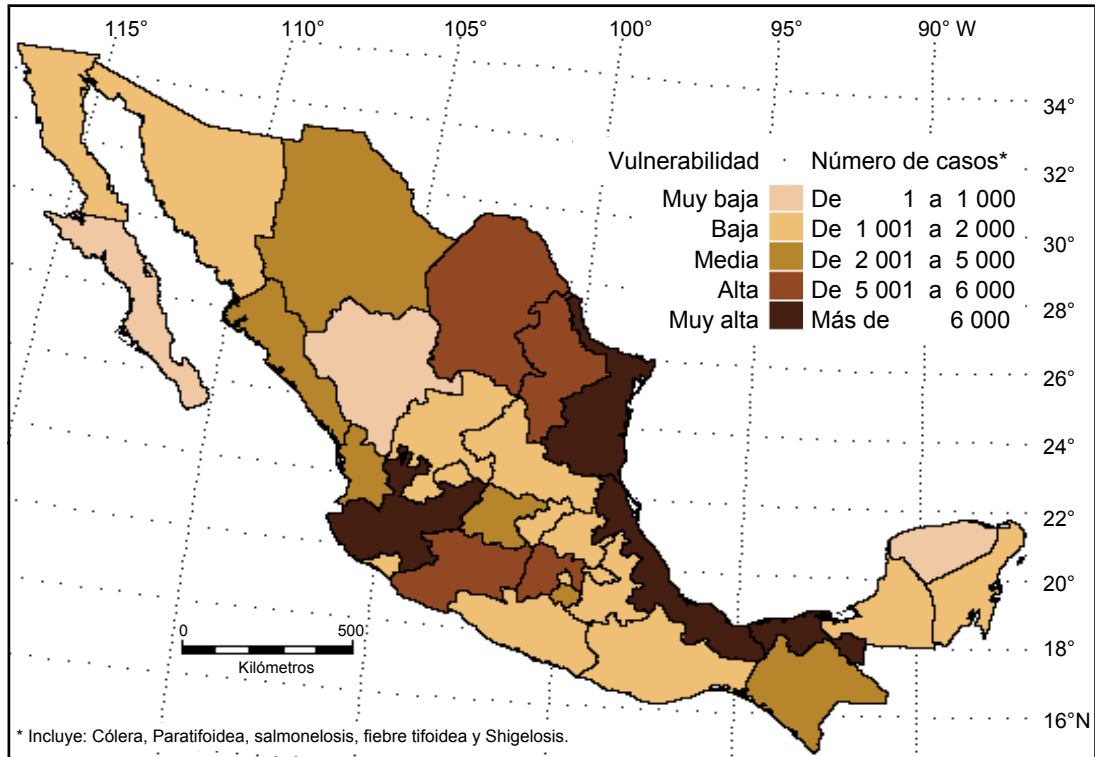


Figura 9. Diferencias absolutas en enfermedades infecciosas, 1990-2025.

Este tipo de enfermedades tienen características endémico-epidémicas (alta incidencia y dispersión geográfica) en México, que se relacionan con deficiencias en el saneamiento ambiental y el aprovisionamiento de agua potable. Entre los principales vehículos de transmisión están las fuentes de agua contaminada por algún portador o a través del drenaje; éste sería el caso de enfermedades como el cólera o la fiebre tifoidea. Evidentemente, altas densidades de población, viviendas precarias y deficiencias en servicios públicos son factores que ayudan a definir zonas de riesgo o alta vulnerabilidad.

3.3. Incrementos en el suministro de agua

Como último punto, se pueden analizar las diferencias absolutas en el suministro de agua (litros diarios), a niveles de cada estado, según las proyecciones correspondientes.

Las diferencias absolutas más altas significan mayores demandas de este vital líquido en un escenario futuro. Una situación de este tipo puede ser particularmente crítica, especialmente en aquellos estados que además de tener climas secos o áridos, con bajos niveles de precipitación se prevé que, de acuerdo

con los resultados de los modelos climáticos, experimentarán temperaturas más cálidas y menores precipitaciones, especialmente de acuerdo con el CCC; esto sucede en estados del centro y norte del país.

Y si a lo anterior agregamos altos niveles de concentración poblacional, tenemos por resultado regiones altamente vulnerables, con enormes dificultades para obtener futuros suministros de agua.

Las mayores demandas se presentarán en siete estados (ver figura 10). Destacan sobre todo el Distrito Federal y el Estado de México, a los que se puede clasificar de muy alta vulnerabilidad, por el enorme costo que significará la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua; en segundo término, pero también con alta vulnerabilidad, los estados de Veracruz, Jalisco, Chihuahua, Coahuila y Guanajuato; de éstos, en los tres últimos predomina el clima seco y/o árido, y en los dos primeros hay importantes extensiones de clima cálido sub-húmedo, con el agravante de que ambos contienen fuertes concentraciones de población dentro del territorio nacional.

4. Grados de vulnerabilidad al cambio climático, según diferencias absolutas, 1990-2025

Como último punto se calculó un grado de vulnerabilidad general para todos los estados de la República Mexicana. Esta vulnerabilidad pondera todas las diferencias absolutas que se refirieron en la sección anterior y obtiene un único valor, el cual fue cartografiado y se puede apreciar en la figura 11.

De acuerdo con la mencionada figura 11, se obtienen cuatro grados de vulnerabilidad: alta (de 4 a 4.9), media (de 3 a 3.9), baja (de 2 a 2.9), y muy baja (de 1 a 1.9). De acuerdo con la ponderación no se obtuvieron valores de 5, lo cual equivaldría a una vulnerabilidad muy alta.

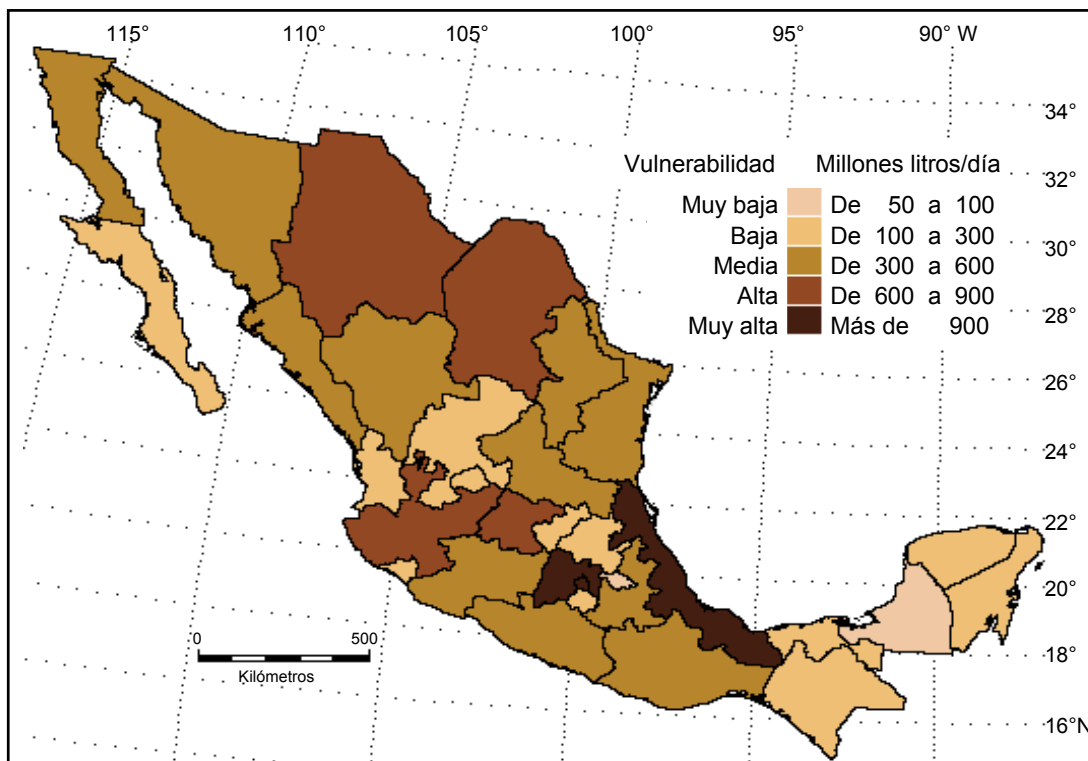


Figura 10. Diferencias absolutas en el consumo de agua por estado, 1990-2025 (litros/día)

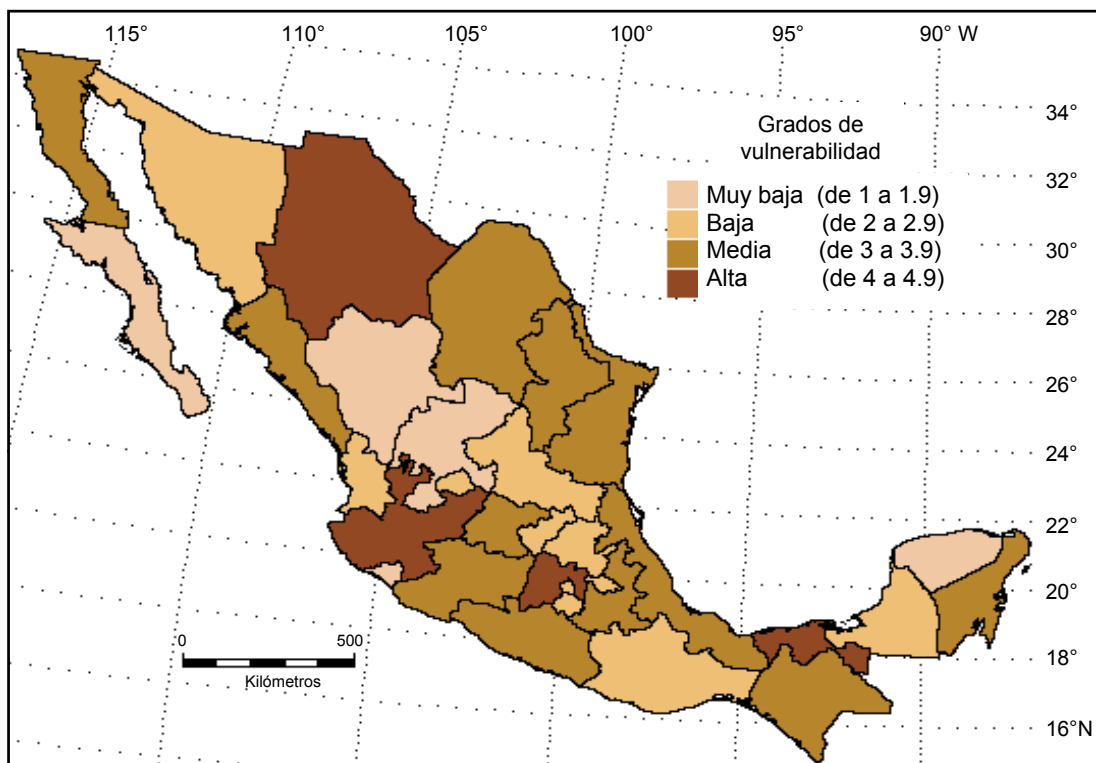


Figura 11. Grados de vulnerabilidad al cambio climático, de acuerdo con las diferencias absolutas, 1990-2025.

De esta manera, se registran cinco estados con alta vulnerabilidad: Chihuahua, Tamaulipas, Jalisco, México y Tabasco. Chihuahua se destaca con altos valores en incrementos de población total y urbana, y en altos crecimientos en el consumo de agua por habitante; el Estado de México presenta una situación similar, con altos incrementos poblacionales y fuertes aumentos en el consumo y suministro total de agua; en el caso de Jalisco, se registra un alto crecimiento de población y se incrementó la incidencia de enfermedades infecciosas y el consumo de agua por habitante; y en el caso de Tabasco se registra un aumento notable en la incidencia de enfermedades infecciosas y por vector, y se incrementa el consumo de agua por habitante.

Si atendemos a aquellos estados que registran vulnerabilidad media, se agrupan 11 de ellos: Baja California, Sinaloa, Coahuila, Nuevo León, Michoacán, Guanajuato, Guerrero, Puebla, Veracruz, Chiapas y Quintana Roo. En términos generales, a los estados de alta vulnerabilidad referidos en el párrafo anterior, se agregan tres de la frontera norte, cinco en la franja central del país, y en el sur y sureste se adicionan dos más (fig. 11).

5. Opciones de políticas de mitigación

Se puede concluir que, en un escenario futuro de cambio climático global, pueden existir efectos negativos en muchos asentamientos humanos. A grandes rasgos se pueden delinear al menos cuatro grupos de opciones de políticas, para mitigar dichos efectos,⁷ (Scott, *et al.*, 1996).

Infraestructura. Será necesario prever la construcción de infraestructura en aquellos asentamientos que actualmente se consideran más vulnerables. Esta infraestructura se refiere principalmente a: algún tipo de diques o barreras contra aumentos del nivel del mar; sistemas de bombeo; abastecimientos de energía para sistemas de aire acondicionado y obras para nuevos abastecimientos de agua.

⁷ Véanse algunas recomendaciones en Stren, White y Whitney (1992).

Migración. Buscar acciones para disminuir y/o reorientar flujos migratorios a las regiones o ciudades más vulnerables. La migración contribuye ampliamente a incrementar la concentración y densidad de población en ciertos espacios, así como a la transmisión de enfermedades, por lo que se deberán buscar estrategias económicas para avanzar hacia una distribución más adecuada de población en el territorio nacional.

Reducción de emisiones. Es prioritario definir medidas que contribuyan, tan pronto como sea posible, a reducir el actual nivel de emisiones de combustibles fósiles. Hay que tomar en cuenta que muchas de estas emisiones se generan en ciudades de dimensión media y grande, a través de vehículos automotores e industrias. Tales emisiones podrán reducirse con el uso de tecnologías más limpias, filtros, menores consumos, o uso de energías renovables como la solar.

Monitoreos de morbilidad. Será importante establecer la vigilancia del comportamiento epidemiológico de las diversas enfermedades relacionadas con el clima. Un monitoreo de este tipo permitirá precisar la importancia relativa que adquiere la incidencia de morbilidad en diferentes regiones del país.

Referencias bibliográficas

- Aguilar A. G., y M. L. Sánchez, 1993, "Vulnerabilidad y riesgo en la Ciudad de México", en *Ciudades*, No. 17, Red Nacional de Investigación Urbana, Puebla, Pue., México, pp. 31-39.
- Aguilar, A. G., 1995, "El cambio climático global y la vulnerabilidad de asentamientos humanos", en *México ante el cambio climático. Primer Taller de Estudio de País: México ante el cambio climático*, pp. 203-211.
- Aguilar, A. G. y F. Rodríguez, 1995, "The dispersal of urban growth in Mexico, 1970-1990", en *Regional Development Studies*, Journal of the United Nations Center for Regional Development, Vol. 1, pp. 1-26.
- Ávila J., J. L. Luna y M. López 1987, "El paludismo en México. Tendencia y situación actual", en *Boletín mensual de epidemiología*, Vol. 2, No. 1, Sector Salud, México.
- Consejo Nacional de Población y Comisión Nacional del Agua, 1993, Indicadores socioeconómicos e índices de marginación municipal 1990, CONAPO y Comisión Nacional del Agua, México.
- González Mora M., 1992, "Brote de paludismo en el municipio de Los Cabos, Agosto de 1992", en *Boletín mensual de epidemiología*, Sistema Nacional de Salud, México.
- Hernández Laos, E., 1992, Crecimiento económico y pobreza en México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, México, UNAM.
- Jáuregui, E. y C. Soto, 1967, "Wet-Bulb temperature and discomfort Index Areal distribution in Mexico", en *International Journal of Biometeorology J. Biometeor.*, 11, núm. 1, pp. 21-28.
- Jáuregui, E., 1995, "El cambio global del clima y posibles efectos en las necesidades de enfriamiento de locales en México", en *Memorias. Primer Taller del Estudio de País: México ante el cambio climático*, pp. 61-67.
- Kalkstein Laurence, S. and E. Davis Robert, 1989, "Weather and human mortality: An evaluation of demographic and interregional responses in the United States", en *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 79, núm. 1, pp. 44-64.
- Kalkstein Laurence, S., 1991, "Global warming and human health: What are the possibilities?", en Majumdar, Miller and Cahir (eds), *Air pollution: environmental issues and health effects*, Pennsylvania Academy of Science, pp. 350-360.
- Liverman, D., 1992, "Global change and Mexico", en *Earth and Mineral Sciences*, Vol. 60, Newsletter College of Earth and Mineral Sciences, Penn State University, EUA, pp. 71-76.
- NAS/NAE/IOM, 1992, Policy implications of greenhouse warming. Mitigation, adaptation and the science base, National Academy of Sciences, National Academy of Engineering and Institute of Medicine, Washington, D.C., 917 pp.
- Nazar- Beutelspacher A., M. Aparicio, R. Prevots, P. Nieburg, J.L. Sánchez y H. Medrano, 1990, "Brote de dengue clásico en Tampico-Madero, Tamaulipas", en *Boletín Mensual Epidemiología*.
- Stren R., R. White y J. Whitney (Eds.), 1992, Sustainable cities. Urbanization and the environment in international perspective, Westview Press.
- Scott M., A. G. Aguilar, *et al*, 1996, "Human settlements in a Changing climate: Impacts and adaptation", en Watson R. T. *et al*, (eds.), *Climate change 1995: Impacts, adaptation and mitigation of climate*

change: Scientific-technical analyses, Cambridge University Press, Cambridge, EUA, pp. 399-426.

Vázquez Castellanos J. L., J. L. Canales Muñoz, M. A. Nápoles Camacho y M. L. Zárate Aquino, 1989, "Dengue en Guadalajara: Estudio epidemiológico de un brote ocurrido durante los meses de septiembre y octubre de 1988", en *Boletín Mensual de Epidemiología*, Vol. 4, No. 1, Sector Salud, México.

Woodwell George, M., 1990, "The effects of global warming", en Leggett J. (ed.) *Global Warming. The Greenpeace Report*. Oxford University. pp. 116-32.