

# 16

## Riesgos y vulnerabilidad

### Introducción

La Ciudad de México enfrenta riesgos dinámicos y cambiantes derivados de la globalización y de fenómenos asociados con el cambio global, como son el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la degradación ambiental. La reciente pandemia derivada del COVID-19 es un claro ejemplo de los eventos sorpresa extremos que la Ciudad y la población pueden enfrentar.

La Ciudad de México está expuesta a múltiples riesgos tanto naturales como humanos. Riesgos recurrentes son los impactos hidrometeorológicos y geológicos como los sismos.<sup>1</sup> Las tendencias de crecimiento poblacional, de expansión de suelo urbano y de demanda de recursos suponen un reto para la planeación y manejo de los riesgos.<sup>2</sup> El cambio climático aumenta la intensidad de eventos climáticos extremos como lo pueden ser las sequías extremas y prolongadas, lluvias torrenciales y olas de calor, entre otros impactos con posibles afectaciones en la población, la infraestructura y los sistemas estratégicos vulnerables en la Ciudad.

En el país, los costos anuales en promedio de los desastres naturales se han incrementado de 730 millones de pesos, en el periodo de 1980 a 1999, a 21,950 millones de pesos para el periodo de 2000 a 2012.<sup>3</sup> Sin embargo, a nivel nacional se ha invertido más en la atención de desastres que en su prevención. El gasto en el Fondo Nacional para la Prevención de Desastres (FOPREDEN) representa menos del 3% de lo que ha recibido el Fondo Nacional para la Atención de Desastres (FONDEN).

1 CENAPRED (2016b). Impacto Socioeconómico de los Desastres en México durante 2016. Resumen Ejecutivo. Gobierno de la Ciudad de México.

2 Oficina de Resiliencia CDMX (2016). Estrategia de Resiliencia de la CDMX. Ciudad de México. Oficina de Resiliencia CDMX 2016.

3 SEMARNAT & INECC. (2014). Elementos Mínimos para la Elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas, 1:1-5.

La Constitución de la Ciudad de México identifica como materia de relevancia estratégica la vulnerabilidad, resiliencia, prevención y mitigación de riesgos para garantizar la seguridad de las personas. Establece medidas de prevención, mitigación y gestión integral de riesgos que reduzcan la vulnerabilidad ante eventos originados por fenómenos naturales y por la actividad humana.<sup>4</sup> La planeación territorial es esencial para fortalecer la capacidad de resiliencia y aumentar las capacidades con el fin de mantener la funcionalidad de la Ciudad frente a los diversos eventos perturbadores bajo condiciones de incertidumbre y cambio que se pueden presentar. El aumento de la resiliencia debe atender los conductores principales de los procesos sociales, ambientales y económicos de la Ciudad, pero tomando en cuenta tanto el contexto específico de los barrios y comunidades, como su relación con la escala de la ciudad, la metrópolis y la cuenca. Esto debido a que es crítico enfrentar los riesgos y retos de las dinámicas socioambientales en múltiples escalas.<sup>5</sup>

El entendimiento sistémico y funcional de la Ciudad provee elementos para generar modelos de gobernanza y planeación sensibles a las dinámicas ecosistémicas y a la incertidumbre socioambiental. Esto bajo un proceso continuo de innovación y aprendizaje que es parte esencial de la planeación territorial bajo una perspectiva de resiliencia y reducción integral de riesgos.<sup>6</sup>

## Marco teórico

La Ciudad de México se puede conceptualizar como un sistema socioambiental compuesto por varios subsistemas, biofísicos y socio-institucionales, caracterizados por diversas variables y múltiples niveles de organización.<sup>7</sup> Es importante reconocer que la Ciudad de México mantiene una relación dinámica de intercambios de población y sistemas con el área metropolitana y la cuenca que, en parte, determina el potencial para la construcción de resiliencia de la Ciudad en temas tan importantes como la resiliencia y la seguridad hídrica, la calidad ambiental y la sostenibilidad de los recursos naturales. La escala y el contexto local, barrial y comunitario son clave para la implementación de intervenciones que aumenten la resiliencia de la población e infraestructura vulnerable.

4 Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2017). Constitución Política de La Ciudad de México. Ciudad de México, art. 16 fracción I.

5 Ahern, J. (2011). From Fail-Safe to Safe-to-Fail: Sustainability and Resilience in the New Urban World. *Landscape and Urban Planning*, 100(4): 341-43.

6 Ernstson, H., et al. (2010). Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems. *Ambio* 39(8): 531-45; Oficina de Resiliencia (2016). Estrategia de Resiliencia de la CDMX.

7 Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science* (New York, N.Y.) 325(5939): 419-22.

## Vulnerabilidad

Bajo un enfoque de las ciencias de la sostenibilidad y de sistemas socioambientales, la *vulnerabilidad* se entiende como el grado en el que un sistema socioambiental o componente del sistema es dañado o afectado, y es una función de la exposición, sensibilidad, capacidad de respuesta, capacidad adaptativa y resiliencia.<sup>8</sup> En particular, la vulnerabilidad se aborda como una condición de la entidad que se encuentra en riesgo.<sup>9</sup>

La *exposición* corresponde a la ubicación geográfica donde ocurre la interacción entre el sistema o elementos del sistema y una amenaza.<sup>10</sup> En este contexto, una *amenaza* se refiere a los efectos e impactos físicos, por ejemplo, del cambio climático, como son las inundaciones y las sequías.<sup>11</sup> Además de las amenazas del cambio climático, los sistemas socioambientales están expuestos a *múltiples estresores* que se originan dentro del sistema.<sup>12</sup> Así, la conceptualización de la exposición puede involucrar la ubicación geográfica de amenazas del cambio climático, múltiples estresores y riesgos socioambientales.

En la definición de vulnerabilidad, la *sensibilidad* se refiere a las condiciones o características biofísicas y socioeconómicas del sistema que determinan el grado de afectación e influyen sobre los mecanismos de respuesta que operan mientras el sistema está expuesto.<sup>13</sup> Debe considerarse que la sensibilidad de la Ciudad es producto de factores ambientales, del estado de conservación de los ecosistemas y de factores socio-institucionales como deficiencias estructurales en la calidad de vida de los residentes (*i.e.* marginación y pobreza), la capacidad institucional para regular procesos de cambio (*i.e.* crecimiento urbano), así como de la capacidad adaptativa del propio sistema. En conjunto, la exposición y la sensibilidad conforman los impactos potenciales de una o varias amenazas sobre un sistema socioambiental.<sup>14</sup>

8 Nelson, D. R. *et al.* (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources* 32(1): 395-419; Turner, B. L. *et al.* (2003). A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14): 8074-79.

9 Jurgilevich, A. *et al.* (2017). A Systematic Review of Dynamics in Climate Risk and Vulnerability Assessments. *Environmental Research Letters* 12(1): 013002.

10 Gallopin, G. C. (2006). Linkages between Vulnerability, Resilience, and Adaptive Capacity. *Global Environmental Change* 16(3): 293-303.

11 Oppenheimer, M. *et al.* (2014). Emergent Risks and Key Vulnerabilities. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

12 Gallopin, G. C. (2006). Linkages between Vulnerability, Resilience, and Adaptive Capacity; Turner *et al.* (2010). A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science.

13 IPCC. (2014). Climate Change, Adaptation, and Vulnerability. *Organization & Environment*, Vol. 24; Turner *et al.* (2010). A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science.

14 Bennett, E. M. *et al.* (2016). Bright Spots: Seeds of a Good Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(8): 441-48.

Por su parte, la *capacidad adaptativa* se refiere a una propiedad o capacidad de los sistemas socioambientales para responder, ajustarse, aprender y/o adaptarse a perturbaciones, disturbios y/o sorpresas.<sup>15</sup> La capacidad adaptativa incluye acciones dirigidas a reducir la exposición y sensibilidad del sistema a perturbaciones o disturbios y aumentar la resiliencia que, en teoría, contribuyen a reducir la vulnerabilidad de los sistemas socioambientales.<sup>16</sup> La capacidad adaptativa comprende la movilización de comunidades e instituciones del sistema para responder y adaptarse a riesgos socioambientales.<sup>17</sup>

## Resiliencia

El concepto de resiliencia es una forma de entender las dinámicas no-lineales de los sistemas socioambientales ante las perturbaciones y el cambio. La resiliencia no se define como el regreso de un sistema a un equilibrio debido a que no existe un solo equilibrio sino múltiples estados o dominios de atracción y múltiples equilibrios, como consecuencia de la complejidad de los sistemas.<sup>18</sup> Los sistemas socioambientales, como sistemas complejos, presentan dinámicas no lineales; es decir, son sistemas que varían en el tiempo y exhiben propiedades que emergen de acciones locales y se propagan a escalas mayores debido al comportamiento colectivo de los componentes del sistema. A su vez, estas propiedades se retroalimentan para influir sobre el comportamiento individual de los componentes del sistema.<sup>19</sup> El enfoque de resiliencia cambia de una visión centrada en el equilibrio, esencialmente estático, a una visión dinámica que incluye a los sistemas *en o lejos del equilibrio*.<sup>20</sup>

## Riesgo

En el marco de la Gestión Integral de Riesgos se identifican conceptos clave para entender y abordar los riesgos que incluyen los de fenómeno perturbador, ries-

15 Turner, B. L. (2010). Vulnerability and Resilience: Coalescing or Paralleling Approaches for Sustainability Science? *Global Environmental Change* 20 (4): 570-76; Folke, C. *et al.* (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio* 31(5): 437-40; Carpenter, S., B. Walker, J. Anderies, & N. Abel. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4(8): 765-81.

16 Barnett, J., & Saffron J. O'Neill. (2011). Islands, Resettlement and Adaptation. *Nature Climate Change* 2(1): 8-10.

17 Nelson, D. *et al.* (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework.

18 Berkes, F., J. Colding, & C. Folke. (2003). "Introduction." In *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, 119:581.

19 Levin, S. *et al.* (2012). Social-Ecological Systems as Complex Adaptive Systems: Modeling and Policy Implications. *Environment and Development Economics* 18(02): 111-32.

20 Holling, C. S., L. H. Gunderson, & D. Ludwig. (2002). In Search of a Theory of Adaptive Change. In *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, edited by L.H. Gunderson and C.S. Holling, 3-24. Washington D.C.: Island Press.; Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-23.

go, exposición, vulnerabilidad social y física, y resiliencia. Los *fenómenos perturbadores* se definen como eventos de carácter geológico (como sismos y deslaves), hidrometeorológico (como inundaciones), químico-tecnológico (como derrames de químicos), sanitario-ecológico (como epidemias), socio-organizativo (como protestas), con potencial de causar daños o pérdidas en sistemas expuestos, vulnerables y que alteren la vida social y económica o provoquen una degradación ambiental.<sup>21</sup>

Por su parte, los *riesgos* se conciben como daños o pérdidas probables sobre un sistema expuesto, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la exposición ante la presencia de un fenómeno perturbador. En este contexto, la *exposición* o grado de exposición se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados.<sup>22</sup>

Bajo un enfoque de riesgo, la *vulnerabilidad* se entiende como la susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales. La vulnerabilidad se clasifica como social y física. La vulnerabilidad social se define como el conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad, junto con la capacidad de prevención y respuesta de ésta frente a un fenómeno, y la percepción local de riesgo de la población. Por su parte, la vulnerabilidad física se define como la probabilidad de daño de un sistema expuesto. Implica la capacidad de resistir o soportar la intensidad y magnitud de un fenómeno perturbador.<sup>23</sup>

De acuerdo con la Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México (LGIRPC) de la CDMX, *resiliencia* se define como la capacidad de un individuo, familia, comunidad, sociedad y/o sistema potencialmente expuestos a un peligro o riesgo, para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse del impacto y efectos de un fenómeno perturbador en un corto plazo de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura, mejorando las medidas de reducción de riesgos y saliendo fortalecidos del evento.<sup>24</sup>

### Riesgos, acciones climáticas y desarrollo sostenible

En el contexto del cambio climático, la adaptación se dirige a moderar o evitar el daño generado por el cambio climático.<sup>25</sup> No obstante, la adaptación también

21 Gaceta Oficial de la Ciudad de México (GOCDMX). (2019). Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México. Ciudad de México, art. 2, fracc. XXVI.

22 Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México, art. 2, Fracc. LII.

23 Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México, art. 2, Fracc. LII.

24 Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil. (2021). Atlas de Riesgos de La CDMX. Disponible en: <http://atlas.cdmx.gob.mx/datosabiertos.html>

25 IPCC. (2014). Climate Change, Adaptation, and Vulnerability.

puede contribuir a mantener a los sistemas socioambientales en trayectorias insostenibles.<sup>26</sup> Los efectos adversos no intencionales que genera la adaptación al cambio climático<sup>27</sup> en los sistemas socioambientales, conocidos como *maladaptaciones*, involucran acciones que, dirigidas a reducir la vulnerabilidad, tienen como consecuencia la afectación o incremento de la vulnerabilidad en otros sitios, por ejemplo, sistemas, sectores o grupos sociales.<sup>28</sup>

Estas maladaptaciones se relacionan en parte con la conceptualización de la vulnerabilidad sólo como el resultado de las amenazas del cambio climático a partir de un enfoque de riesgo-amenaza.<sup>29</sup> En este enfoque, el análisis de la vulnerabilidad se centra en el manejo del riesgo, por lo que se omiten los factores socioambientales que interactúan con –y agravan– los riesgos del cambio climático.<sup>30</sup> En consecuencia, se omiten las deficiencias estructurales como la exclusión, marginación e inequidad socioeconómica, mismas que generan y modulan la distribución de la vulnerabilidad en los sistemas socioambientales.<sup>31</sup>

A su vez, los análisis de vulnerabilidad centrados en el manejo del riesgo forman parte de lo que se conoce como adaptación incremental, caracterizada por respuestas rígidas y restringidas a capacidades técnicas para el manejo del riesgo –capacidades específicas–<sup>32</sup>. Por consiguiente, la adaptación al cambio climático no considera las habilidades y herramientas dirigidas a mantener las necesidades de desarrollo humano que permiten a los sistemas socioambientales responder a múltiples amenazas, además de las que supone el cambio climático –capacidades genéricas–<sup>33</sup>. Para abordar las deficiencias de la adaptación incremental, la vulnerabilidad se puede conceptualizar como una condi-

26 Eriksen, S. & K Brown. (2011). Sustainable Adaptation to Climate Change. *Climate and Development* 3(March): 3-6.

27 Eriksen, S. et al. (2011). When Not Every Response to Climate Change Is a Good One: Identifying Principles for Sustainable Adaptation. *Climate and Development* 3(1): 7-20.

28 Barnett, J., & S. O'Neill. (2010). Maladaptation. *Global Environmental Change* 20(2): 211-13.

29 Füssel, H. M. (2007). Adaptation Planning for Climate Change: Concepts, Assessment Approaches, and Key Lessons. *Sustainability Science* 2(2): 265-75; Eakin, H., & A. Luers. (2006). Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources* 31(1): 365-94.

30 Jurgilevich et al. (2017). A Systematic Review of Dynamics in Climate Risk and Vulnerability Assessments; Turner, B. et al. (2003). A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science.

31 Ribot, J. (2011). Vulnerability before Adaptation: Toward Transformative Climate Action. *Global Environmental Change* 21:1160-62; Lemos, M. C., et al. (2016). Linking Development to Climate Adaptation: Leveraging Generic and Specific Capacities to Reduce Vulnerability to Drought in NE Brazil. *Global Environmental Change* 39:170-79; Adger W. Neil, et al. (2006). *Fairness in Adaptation to Climate Change*: MIT Press.

32 Pelling, M., K. O'Brien, & D. Matyas. (2015). Adaptation and Transformation. *Climatic Change*; Matyas, D., & M. Pelling. (2015). Positioning Resilience for 2015: The Role of Resistance, Incremental Adjustment and Transformation in Disaster Risk Management Policy. *Disasters* 39(s1): s1-18; Kates, R. W., W. R. Travis, & T. J. Wilbanks. (2012). Transformational Adaptation When Incremental Adaptations to Climate Change Are Insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(19): 7156-61; Eakin, H., M. Lemos, & D. Nelson. (2014). Differentiating Capacities as a Means to Sustainable Climate Change Adaptation. *Global Environmental Change* 27(1): 1-8.

33 Eakin, H. et al. (2014). Differentiating Capacities as a Means to Sustainable Climate Change Adaptation; Nelson, D. R., M. C. Lemos, H. Eakin, & Y. Lo. (2016). The Limits of Poverty Reduction in Support of Climate Change Adaptation. *Environmental Research Letters* 11(9): 094011.

ción pre-existente de los sistemas socioambientales, tomando elementos de un enfoque de ecología política.<sup>34</sup> Bajo este enfoque, los factores socioambientales que interactúan con los riesgos climáticos se pueden examinar como parte del contexto en el que se genera la vulnerabilidad de los sistemas socioambientales al cambio climático.<sup>35</sup> Además, se pueden considerar las deficiencias estructurales como parte de las causas sociales que generan la vulnerabilidad a éste.<sup>36</sup>

Pese al tratamiento independiente de la adaptación al cambio climático y el desarrollo sustentable, la adaptación puede contribuir a cuestionar las trayectorias de desarrollo que mantienen las deficiencias estructurales<sup>37</sup> que generan la vulnerabilidad en los sistemas socioambientales al cambio climático.<sup>38</sup> A su vez, esto se relaciona con una conceptualización de la adaptación que comúnmente involucra un conjunto de acciones dirigidas a: 1) preservar la estabilidad de los sistemas socioambientales y resistir los efectos de las amenazas del cambio climático –resistencia– y 2) mantener los sistemas socioambientales a través de procesos de reorganización.<sup>39</sup> Para que las estrategias de adaptación trasciendan a respuestas rígidas, restringidas a capacidades técnicas y a opciones de manejo del riesgo<sup>40</sup> se requiere considerar un enfoque de adaptación sostenible que involucra acciones que contribuyen a conducir a los sistemas socioambientales hacia trayectorias social y ambientalmente sostenibles, con énfasis en la justicia social y la integridad ambiental.<sup>41</sup>

### Articulación con la Constitución de la Ciudad de México

La Constitución de la Ciudad de México reconoce en su artículo 14A Derecho a la seguridad urbana y a la protección civil, que toda persona tiene derecho a vivir en un entorno seguro, a la protección civil, a la atención en caso de que ocurran fenómenos de carácter natural o antropogénico, así como en caso de accidentes por fallas en la infraestructura de la Ciudad. Las autoridades adoptarán las medidas necesarias para proteger a las personas y comunidades frente a riesgos y amenazas derivados de esos fenómenos.

El artículo 16 sobre Ordenamiento Territorial en su fracción I Vulnerabilidad, resiliencia, prevención y mitigación de riesgos, señala que el Gobierno

34 Eakin & Leuers (2006). Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems.

35 Jurgilevich, A. *et al.* (2017). A Systematic Review of Dynamics in Climate Risk and Vulnerability Assessments.

36 Ribot, J. (2011). Vulnerability before Adaptation: Toward Transformative Climate Action.

37 Eriksen, S. *et al.* (2011). Sustainable Adaptation to Climate Change.

38 O'Brien, K. (2012). Global Environmental Change II: From Adaptation to Deliberate Transformation. *Progress in Human Geography* 36(5): 667-76.

39 Matyas, D. & M. Pelling (2015). Positioning Resilience for 2015: The Role of Resistance, Incremental Adjustment and Transformation in Disaster Risk Management Policy.

40 Pelling, M. *et al.* (2015). Adaptation and Transformation.

41 Eriksen, S. & K. Brown (2011). Sustainable Adaptation to Climate Change.

de la Ciudad garantizará la seguridad de las personas estableciendo medidas de prevención, mitigación y gestión integral de riesgos que reduzcan la vulnerabilidad ante eventos originados por fenómenos naturales y por la actividad humana. Asimismo, señala que el Programa General de Ordenamiento Territorial determinará las áreas no urbanizables por diversas razones incluyendo la vulnerabilidad ante fenómenos naturales, así como la necesidad de implantar la coordinación interinstitucional para la prevención, mitigación, auxilio, atención, recuperación y reconstrucción ante la ocurrencia de una emergencia, siniestro o desastre, privilegiando la integridad de las personas, su patrimonio y la protección de los animales en su calidad de seres sintientes. Adicionalmente, señala que se realizarán programas participativos de reubicación de las personas y familias de escasos recursos que habiten en zonas y edificaciones de riesgo en condiciones que compensen sus pérdidas patrimoniales, mantengan sus redes sociales de apoyo y mejoren su calidad de vida.

Menciona también que el Gobierno de la Ciudad desarrollará un plan a largo plazo de adaptación al cambio climático y reconoce que los servicios ambientales son esenciales para la viabilidad de la Ciudad y que las autoridades adoptarán medidas para garantizar la recarga de los acuíferos, la conservación de los bienes naturales, el incremento de áreas verdes, la protección de la atmósfera, la recuperación del suelo y la resiliencia ante fenómenos naturales. Por otro lado, señala que el principio precautorio regirá cuando existan indicios fundados de que el uso de productos, tecnologías o actividades representan riesgos para la salud o el medio ambiente, en los términos que determine la ley.

La MRE Riesgos y Vulnerabilidad se alinea con lo establecido por la Constitución de la Ciudad de México, así como con la regulación nacional, en especial, con la Ley General de Protección Civil (LGPC) y la Ley General de Cambio Climático (LGCC).

## **Riesgos en la Ciudad de México**

La vulnerabilidad en la Ciudad de México se asocia a diversos fenómenos perturbadores y tensiones crónicas que han sido configuradas por las trayectorias de desarrollo histórico de la Ciudad. Los principales incluyen la sismicidad, inundaciones y condiciones de escasez asociadas a una rápida urbanización en un territorio lacustre en zona sísmica.<sup>42</sup> A esta vulnerabilidad subyacen condiciones de desigualdad socio-espacial relacionadas con una concentración de riqueza en pocos individuos, una distribución de ingresos inequitativa y una nula

---

<sup>42</sup> Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (SGIRPC). (2021). Atlas de Riesgos de la CDMX. Disponible en: <http://atlas.cdmx.gob.mx/datosabiertos.html>

movilidad social.<sup>43</sup> El análisis de los riesgos en la Ciudad de México se centró en tres tipos de fenómenos perturbadores: geológicos, hidrometeorológicos y químico-tecnológicos, además de un riesgo socialmente construido: la escasez de agua. Los riesgos geológicos incluyen a los sismos y a los deslizamientos por inestabilidad de ladera. Las sequías, olas de calor e inundaciones fueron los riesgos hidrometeorológicos abordados y los incendios forestal-urbanos y las zonas de siniestralidad fueron los riesgos químico-tecnológicos considerados en este análisis. La escasez de agua se abordó como un riesgo social y políticamente construido dado que está relacionado con la distribución irregular de agua potable en la Ciudad de México y con las condiciones subyacentes de carencia en acceso a infraestructura hidráulica. No obstante, se reconoce que las condiciones de escasez de agua, como tensión crónica en la Ciudad de México, se verán exacerbadas debido al cambio climático por los efectos de variaciones en los patrones de precipitación y temperatura en la región que puedan tener afectaciones en el Sistema Lerma-Cutzamala, que es una de las principales fuentes de abastecimiento a la CDMX. A continuación se describen los análisis de riesgos de la Ciudad de México.

## Riesgos asociados a fenómenos perturbadores de tipo geológico

### *Sismos*

Los sismos involucran el movimiento o rompimiento de la corteza terrestre debido a la liberación repentina de energía. En la Ciudad de México ha habido varios sismos de gran magnitud que han generado numerosas pérdidas de vidas humanas y materiales. Existen cuatro fuentes de sismos en la Ciudad de México: 1) subducción (*i.e.* sismo de 1985); 2) intraplaca (*i.e.* sismo de 2017); 3) corticales (*i.e.* sismo de 1912), y 4) con epicentro en la cuenca del Valle de México (*i.e.* microsismos asociados a fallas locales en las alcaldías Miguel Hidalgo y Tlalpan). Además, hay determinadas condiciones que pueden incrementar la sensibilidad de los sistemas expuestos al exacerbar los daños causados por los sismos, tales como el subsuelo de sedimentos lacustres, la resonancia de ondas sísmicas y el diseño inadecuado de edificios. Cabe resaltar que la mayoría de los edificios dañados en el sismo de 2017 presentaba fallas estructurales como columnas de concreto reforzado y losa plana.

### **Método**

En este análisis se identificaron las condiciones que definen los efectos de sitio de los sismos. Para ello se determinó la amenaza por sismo como la razón de la

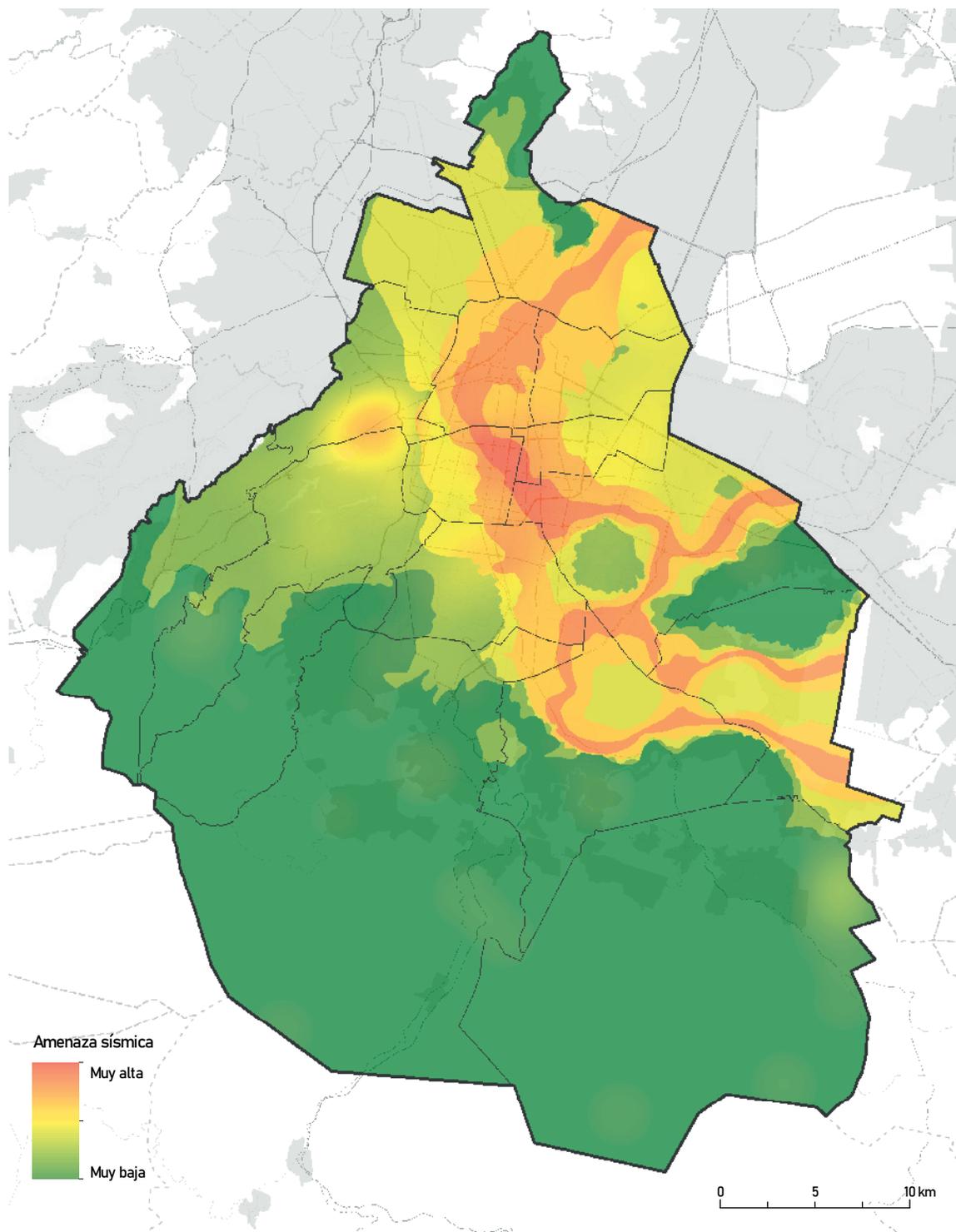
<sup>43</sup> Fernández-Nieto, B., B. Lake, D. Vazquez, G. Romero, J. Ricard, L. García-Rueda, M. Dovali-Delgado, & R. Lara-Molina. (2020). Mundos Paralelos. Big Data y Desigualdad en la Ciudad de México. Data Pop Alliance, Cuebiqu Inc., OXFAM México. Disponible en: [https://datapopalliance.org/wp-content/uploads/2020/07/Oxfam\\_DPA\\_MundosParalelosCDMX\\_2020-.pdf](https://datapopalliance.org/wp-content/uploads/2020/07/Oxfam_DPA_MundosParalelosCDMX_2020-.pdf)

transmisión de energía sísmica proveniente de las aceleraciones por diversos tipos de sismos. La caracterización de la amenaza por sismo incluyó la zonificación geotécnica de la Ciudad de México y la información de litología identificada en el Atlas de la Ciudad de México por parte de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (SGIRPC). Además, se integraron al análisis de amenaza por sismo las áreas de microsismicidad en la Ciudad de México como un elemento que puede exacerbar los efectos de sitio de sismos de subducción, intraplaca o corticales. Para evaluar las condiciones que pueden modular los efectos de sitio de los sismos, se definió como sistema expuesto o entidad vulnerable a las construcciones en la Ciudad de México. Por consiguiente, las características de sensibilidad que se considera podrían exacerbar o mitigar los efectos de sitio de los sismos en las construcciones fueron la edad constructiva y los niveles de construcción permitidos. El mapa de riesgo por sismo se construyó a partir de la multiplicación de los valores de sensibilidad sísmica resultantes por la amenaza sísmica para identificar las zonas con mayor potencial de afectación. Para más información sobre el análisis de riesgos sísmicos consultar el Anexo 2.

### Resultados

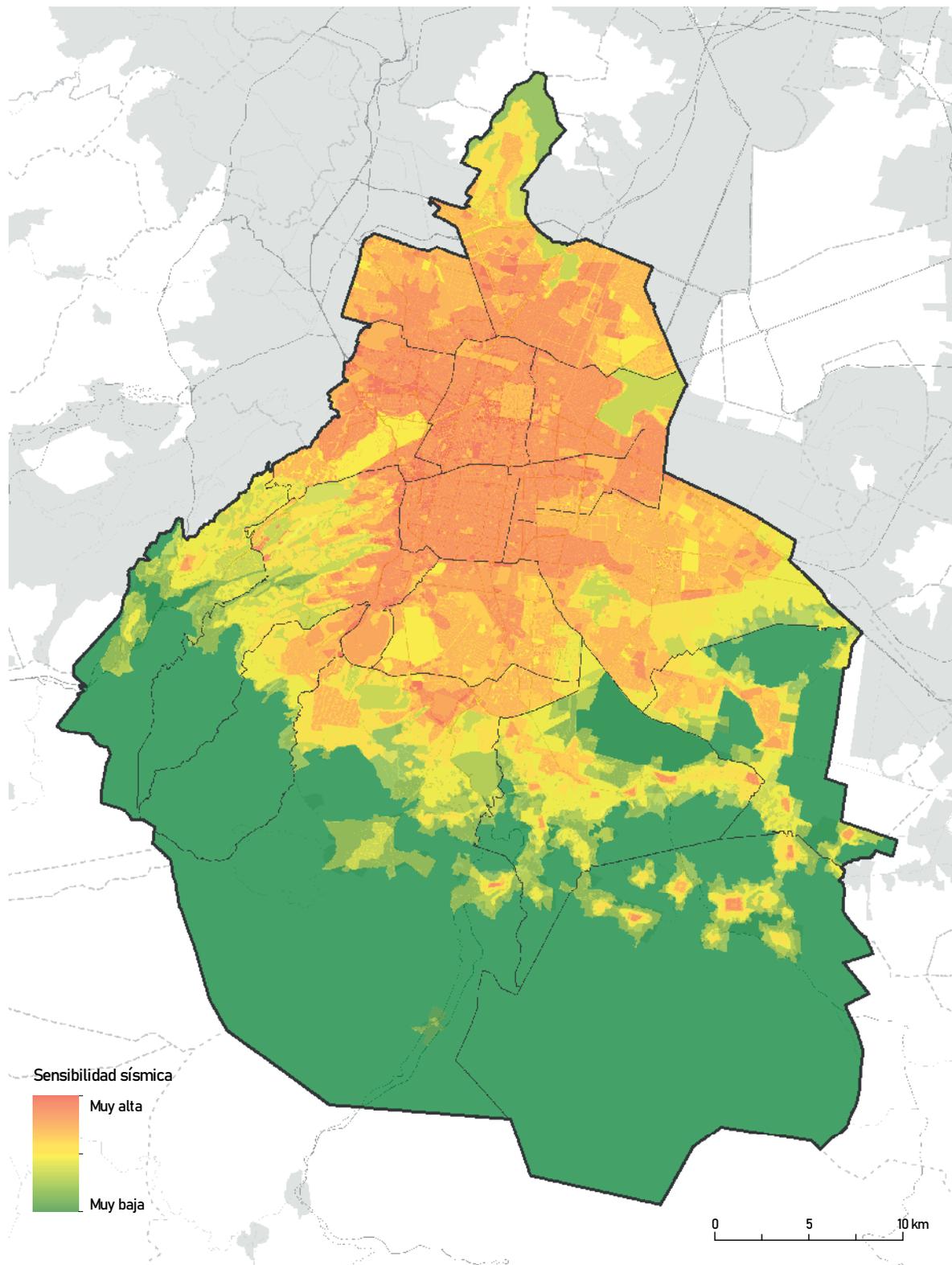
Los resultados del mapa de amenaza por sismo muestran un corredor que bordea al antiguo lago de Texcoco y a la sierra de Santa Catarina, pasando por alcaldías centrales y alcanzando áreas en las alcaldías de Xochimilco y Tláhuac (Mapa 1a). Las zonas en la alcaldía Miguel Hidalgo podrían explicarse por la incidencia de micro-sismicidad. Las áreas de mayor sensibilidad se ubican en las alcaldías centrales y hacia el norte (Mapa 1b). Con respecto a las condiciones que incrementan la sensibilidad de construcciones a los sismos, es necesario reconocer la extensión de la informalidad en la autoconstrucción como un factor relevante en la susceptibilidad al daño de las construcciones y el riesgo de afectación a las poblaciones humanas.

Las zonas de mayor riesgo sísmico se ubican principalmente en el centro, oriente y nororiente de la Ciudad (Mapa 1c). Las zonas de mayor riesgo coinciden con las áreas de afectaciones reportadas en los sismos de 1985 y 2017. Además, se observan áreas fuera del centro de la Ciudad con potencial de afectación. Resaltan las áreas que se observan alrededor de la zona patrimonial de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta (Mapa 1c). Las alcaldías prioritarias para la atención del riesgo sísmico son Benito Juárez, Cuauhtémoc e Iztapalapa. 49% de la superficie de la Ciudad se encuentra en las categorías de riesgo sísmico medio, alto y muy alto. Habitan *más de medio millón de personas (6,075,971 hab)* en las zonas de mayor riesgo por sismo en la Ciudad de México.

**Mapa 1a.** Amenaza por sismo

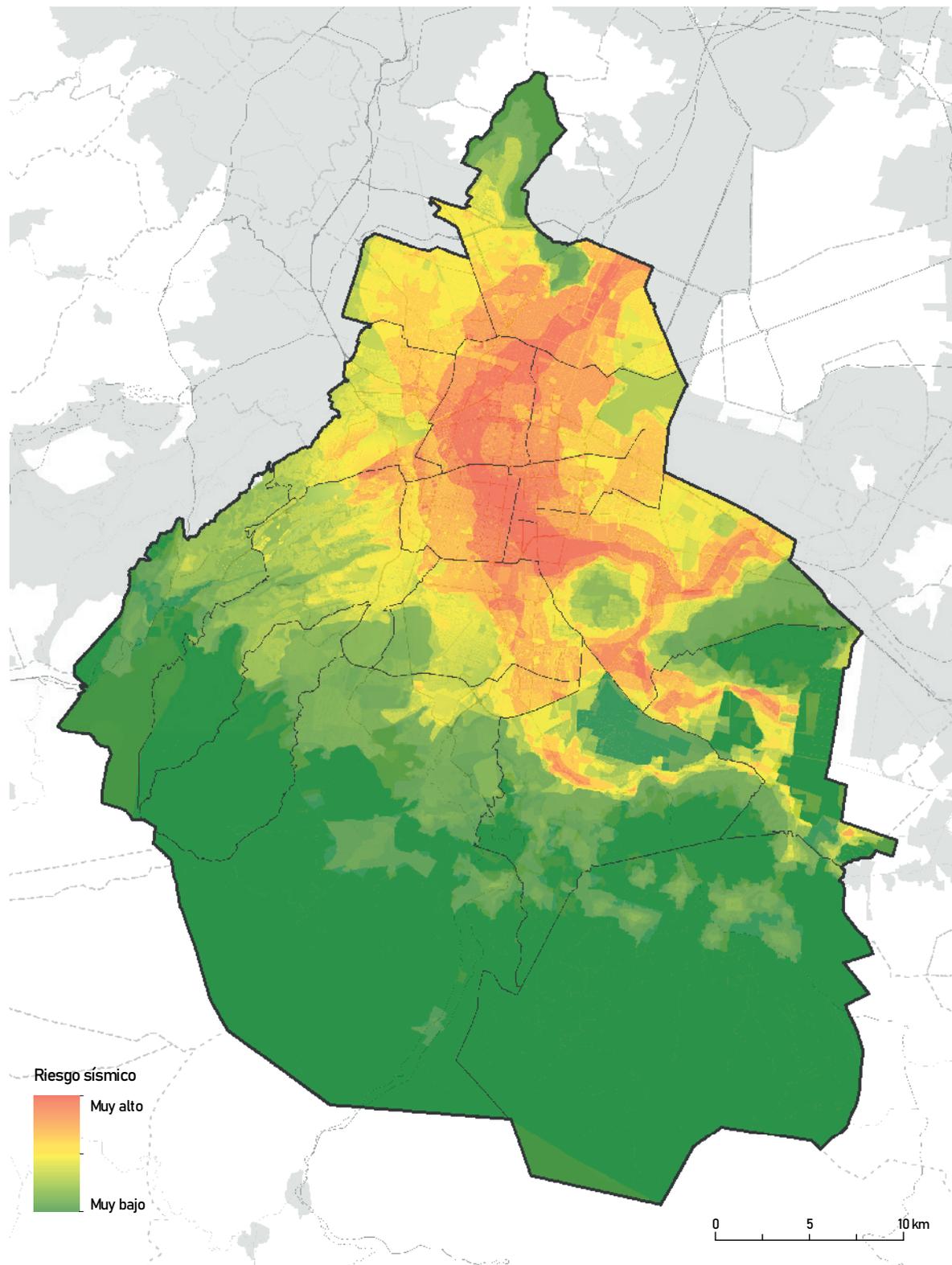
**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016) y las Normas Técnicas Complementarias para diseño sísmico. Disponible en: <http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/739.htm#:~:text=1.5%20Coeficiente%20s%C3%ADsmico,sobre%20dicho%20nivel%2C%20Wo>

Mapa 1b. Sensibilidad sísmica



**Fuente:** Elaboración propia con base en Fascículo Sísmos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2001). Disponible en: [https://www3.azc.uam.mx/proteccioncivil/frames/doc\\_cons/doc/fasciculo%20sisimos.pdf](https://www3.azc.uam.mx/proteccioncivil/frames/doc_cons/doc/fasciculo%20sisimos.pdf)

Mapa 1c. Riesgo sísmico



**Fuente:** Elaboración propia con base en Fascículo Sísmos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2001). Disponible en: [https://www3.azc.uam.mx/proteccioncivil/frames/doc\\_cons/doc/fasciculo%20sisimos.pdf](https://www3.azc.uam.mx/proteccioncivil/frames/doc_cons/doc/fasciculo%20sisimos.pdf)

### *Deslizamientos por inestabilidad de laderas*

Las zonas de riesgos de deslizamiento se ubican en zonas donde se presenta inestabilidad de laderas (o procesos de remoción de masas) caracterizadas por una pérdida de la capacidad del terreno para auto-sustentarse, lo que da lugar a colapsos. En la Ciudad de México, las zonas en las que existe riesgo alto de deslizamiento de laderas se caracterizan por una inestabilidad del terreno asociado a aspectos como la cobertura vegetal, pendiente del terreno, tipo de sedimento e incidencia de sismos y actividades humanas, como colocación de sobrecargas y excavaciones.<sup>44</sup>

### **Método**

En este análisis se determinó la *amenaza* de deslizamientos con base en una evaluación de la susceptibilidad a inestabilidad de laderas junto con la lluvia para un periodo de retorno de 500 años. La susceptibilidad a inestabilidad de laderas corresponde a un modelo multicriterio que integra la pendiente y curvatura del terreno, índice de vegetación de diferencia normalizada, criterios geológicos y flujo preferencial de agua. Además, la lluvia se considera como un factor detonante de los procesos de remoción en masa y la selección del periodo de retorno pretende capturar las posibilidades más extremas de lluvia en la Ciudad. Para identificar los factores que determinan la *sensibilidad* del territorio al riesgo de deslizamiento por inestabilidad de ladera, se consideraron las zonas con mayor crecimiento demográfico. Estas zonas se identificaron a partir del proceso de ocupación del suelo inferido con base en los Censos 2010-2020. El análisis se centró en las zonas con crecimiento positivo y se evaluó en la intensidad de ocupación. Las zonas amenazadas por el *riesgo* de deslizamiento se cruzaron con las de sensibilidad con el objetivo de determinar la posible expansión de la Ciudad a zonas de riesgo de deslizamiento. Para más información sobre el análisis de riesgos sísmicos consultar el Anexo 2.

### **Resultados**

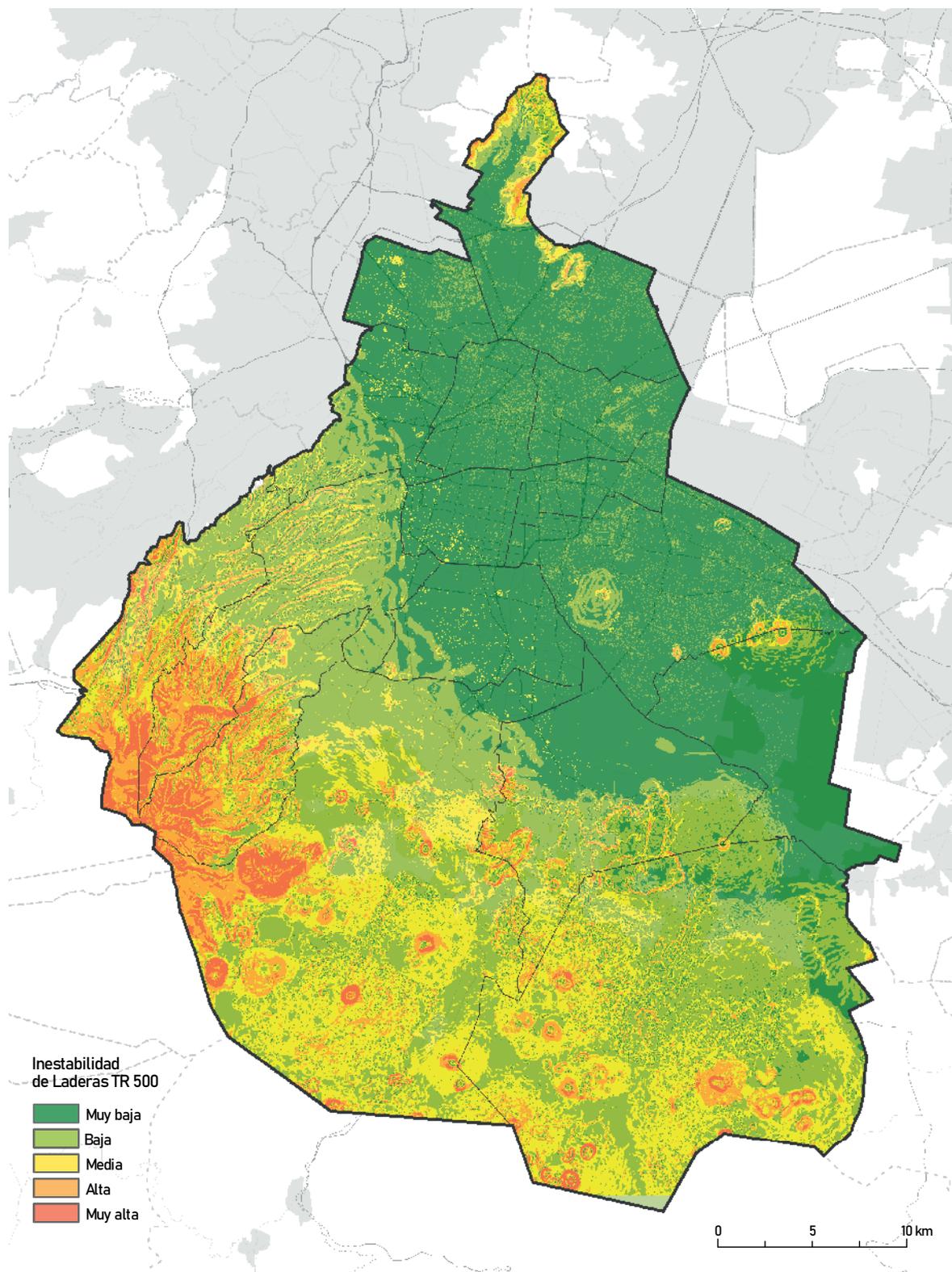
Los resultados del mapa de amenaza de deslizamientos por inestabilidad de laderas muestran las zonas más amenazadas en el poniente de la Ciudad, lo que coincide con lo que se indica en el Atlas de Riesgos de la Ciudad de México. Las zonas más amenazadas se encuentran en las alcaldías La Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos y Tlalpan (Mapa 2a). Las zonas en la alcaldía Miguel Hidalgo podrían explicarse por la incidencia de micro-sismicidad. Las áreas de mayor sensibilidad se ubican en el suelo de conservación, particularmente en el sur de la Ciudad (Mapa 2b). El mayor riesgo a deslizamientos por inestabilidad de laderas se observa en las zonas periféricas al surponiente de la

---

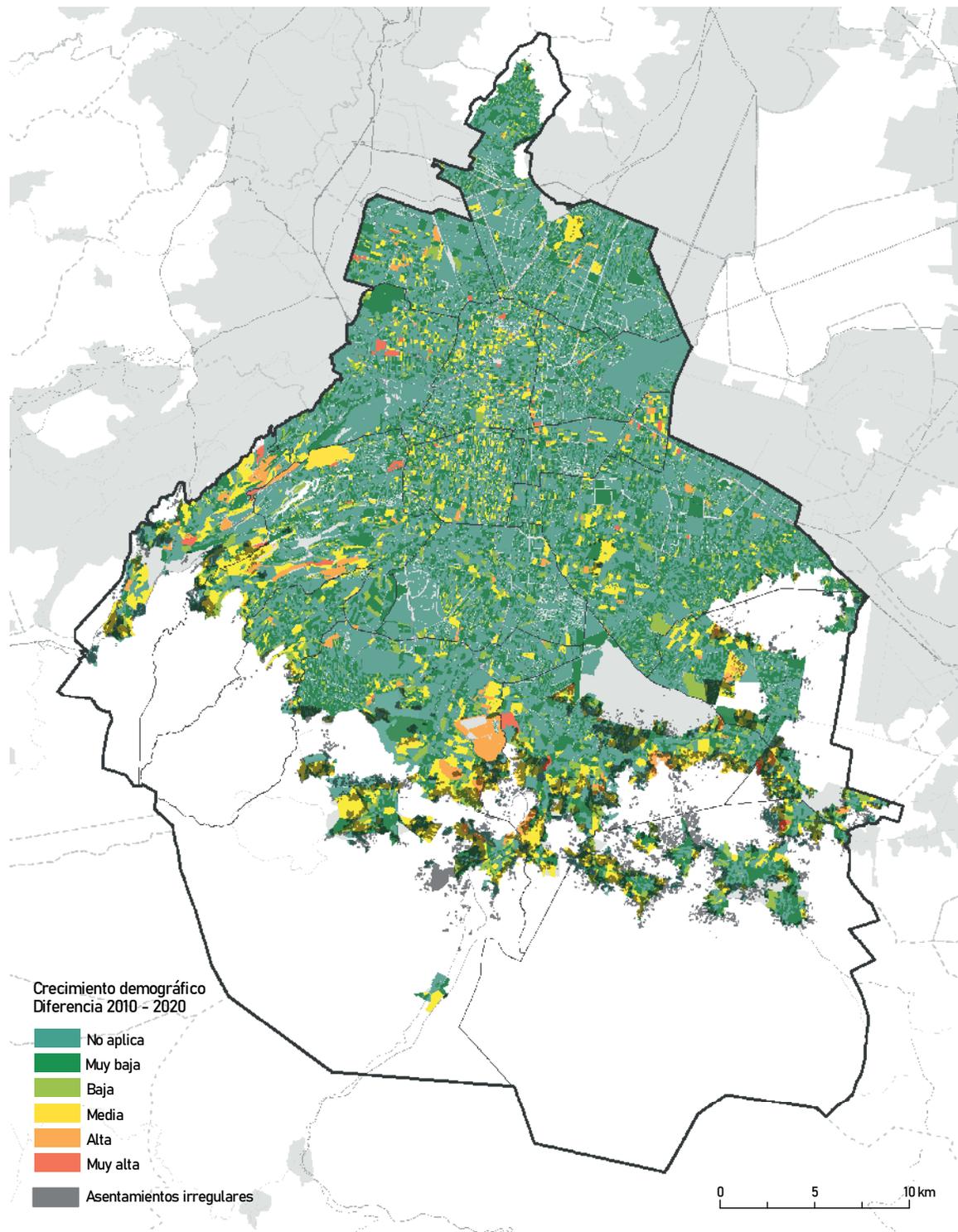
44 SGIRPC (2021). Atlas de Riesgos de la CDMX.

Ciudad (Mapa 2c). Las alcaldías prioritarias para la atención del riesgo muy alto de deslizamiento son Cuajimalpa, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras y Gustavo A. Madero. Casi 300,000 habitantes se encuentran en zonas de riesgo medio, alto y muy alto a deslizamientos. En el análisis, el sistema expuesto o entidad vulnerable ante la inestabilidad de laderas son las edificaciones, por lo que reconocer hacia dónde está creciendo la Ciudad en términos físicos ayuda a definir zonas en las que, pese al peligro existente en el territorio, se está asentando la población, invadiendo espacios no seguros y construyendo riesgos.

**Mapa 2a.** Amenaza inestabilidad de laderas

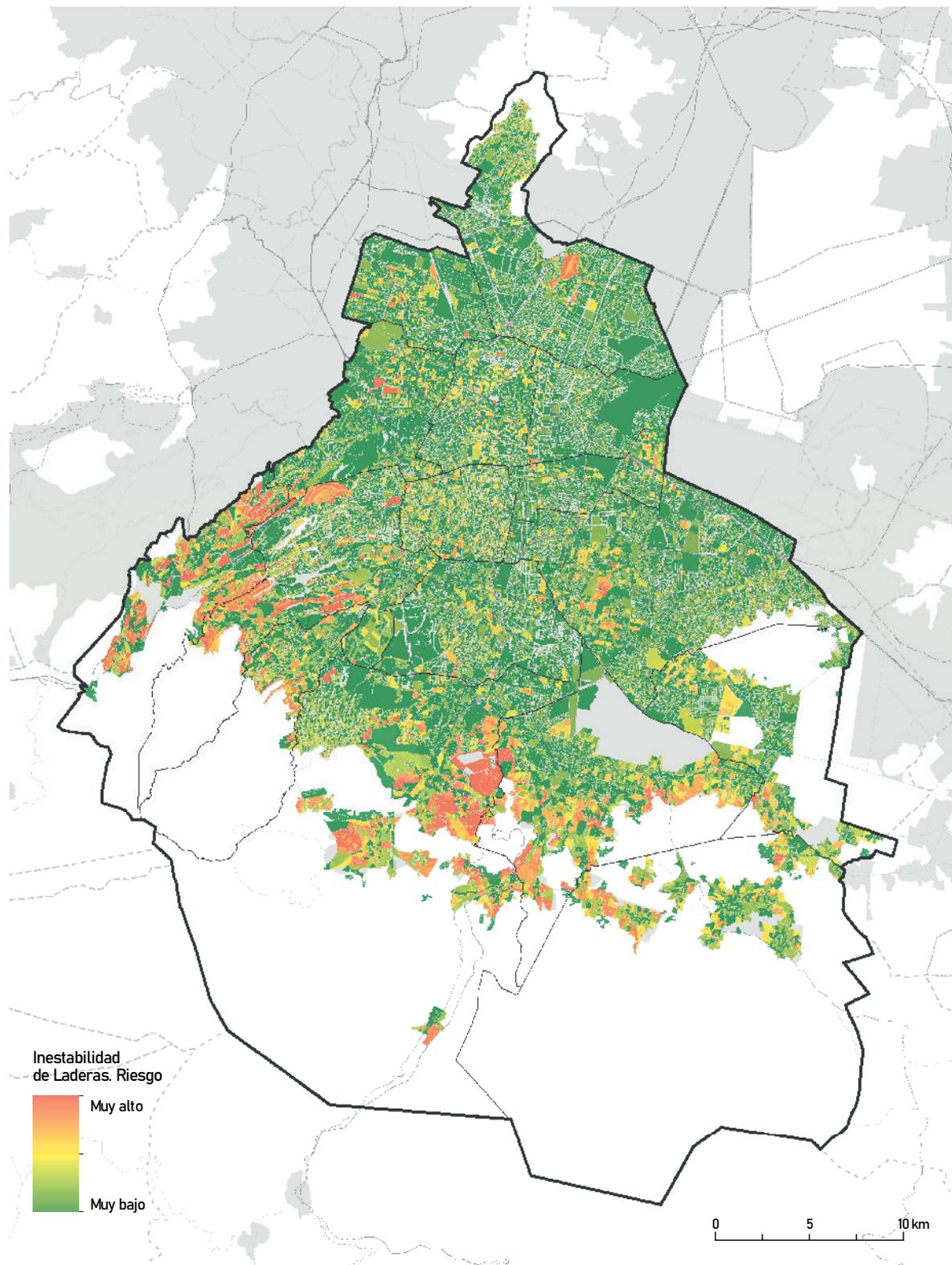


**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016). Disponible en: [http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia\\_contenido\\_minimo2016.pdf](http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf)

**Mapa 2b.** Sensibilidad a inestabilidad de ladera

**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2017). Disponible en: [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_SERVICIOS\\_TECNICOS/SANI/PAT/2017/2o%20trimestre/2362%20DI/10729/DS/06%20Junio/Revisi%C3%B3n%20T%C3%A9rminos%20SEDATU/TR\\_AR\\_DGOTAZR\\_17-05-17.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_SERVICIOS_TECNICOS/SANI/PAT/2017/2o%20trimestre/2362%20DI/10729/DS/06%20Junio/Revisi%C3%B3n%20T%C3%A9rminos%20SEDATU/TR_AR_DGOTAZR_17-05-17.pdf)

**Mapa 2c.** Riesgo de inestabilidad de laderas



**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016). Disponible en: [http://www.atlalnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia\\_contenido\\_minimo2016.pdf](http://www.atlalnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf)

## Riesgos asociados a fenómenos perturbadores de tipo hidrometeorológico

### *Sequías*

La sequía puede exacerbar la degradación del suelo afectando a su vez ecosistemas y medios de vida vulnerables.<sup>45</sup> En este análisis, la sequía se determinó tomando un periodo de retorno de 100 años.

### **Método**

La amenaza por sequías se definió a partir de la susceptibilidad a sequías para distintos periodos de retorno. Las temperaturas extremas fueron consideradas como los factores detonantes de la susceptibilidad a sequías. Se seleccionó el periodo de retorno de 100 años para capturar los escenarios más extremos. La vegetación fue considerada como el sistema expuesto o entidad vulnerable a sequías. Por lo consiguiente, el análisis de la sensibilidad a sequías consideró la calidad vegetal, atributo desarrollado para la Línea Estratégica de Corredores Ambientales, y que captura el nivel de salud de la vegetación. Así, el análisis de sensibilidad se basa en el supuesto de que zonas con baja calidad vegetal van a ser más sensibles a la amenaza de sequía. El riesgo de sequía se determinó a partir del cruce entre la susceptibilidad a sequías y la sensibilidad de la vegetación. Para más información sobre el análisis de riesgos sísmicos consultar el Anexo 2.

### **Resultados**

Los resultados del mapa de amenaza por sequía muestran que las zonas más susceptibles de ser afectadas se encuentran hacia el noreste de la mancha urbana, también se encuentran en las zonas de mayor temperatura superficial del suelo y hacia el poniente de la alcaldía Iztapalapa (Mapa 3a). Las zonas más sensibles a las sequías coinciden con las zonas de menor calidad vegetal. Resalta la zona fronteriza entre las alcaldías Milpa Alta y Tlalpan junto con el estado de Morelos, al sur de la Ciudad (Mapa 3b). Las zonas de mayor riesgo de sequía se encuentran continuas a la mayor densidad urbana y se distribuyen en las alcaldías Tláhuac, Iztapalapa, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero. Resaltan las zonas al sur de la alcaldía Milpa Alta, cerca de su colindancia con el estado de Morelos y el parque nacional El Tepozteco (Mapa 3c).

Las alcaldías prioritarias para la atención del riesgo por sequías son Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza. 37% de la superficie de la Ciudad se encuentra en las categorías medio, alto y muy alto riesgo de sequías, donde habitan más de 4.5 millones de personas.

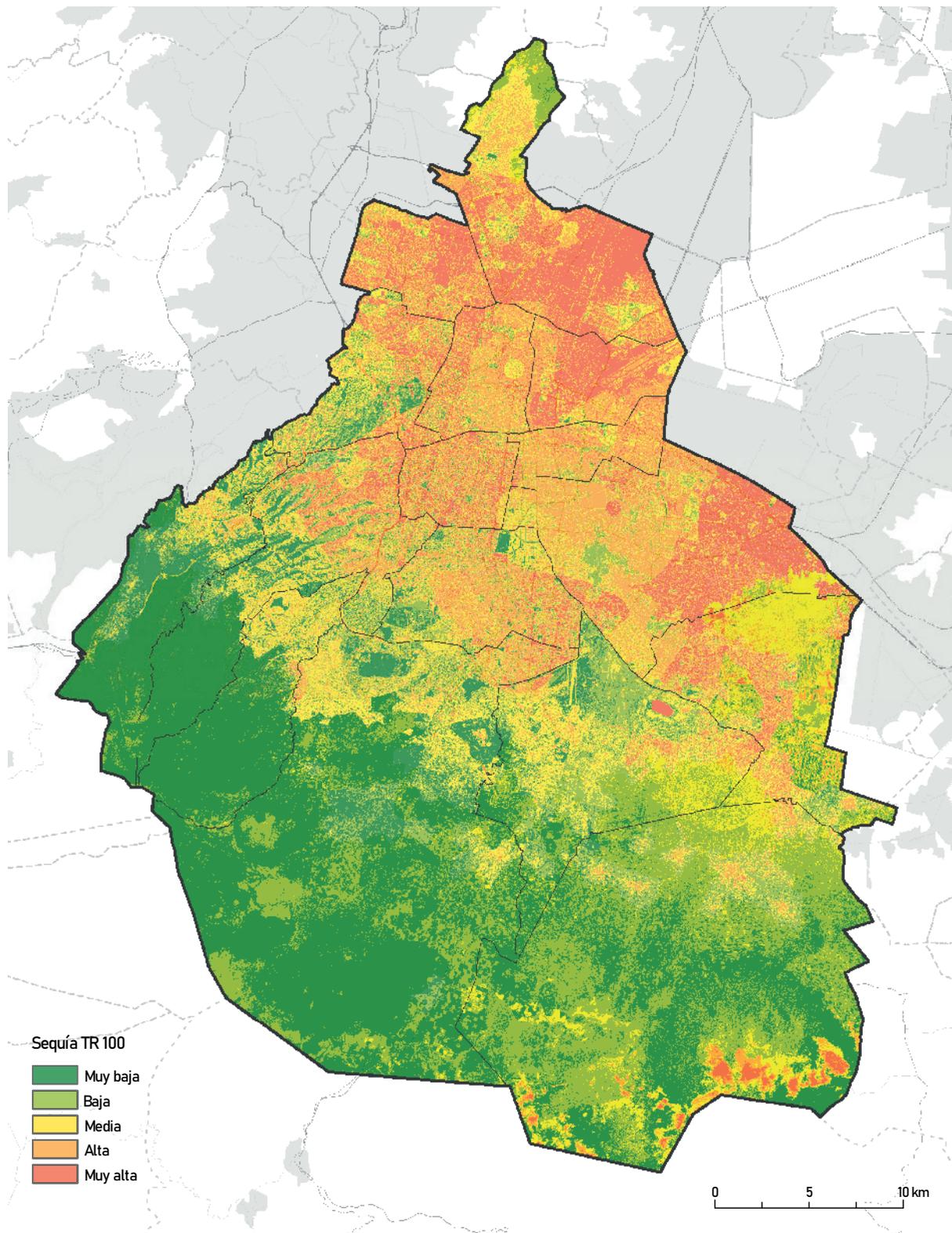
Cabe mencionar que el enfoque de adaptación basada en ecosistemas (AbE) aporta elementos para atender los efectos adversos de la sequía. Entre

45 IPCC (2014). Climate Change, Adaptation, and Vulnerability.

ellas se encuentran medidas de forestación, reforestación, agrosilvicultura, gestión del carbono en suelos minerales, captación de agua y micro-riego, uso de especies resistentes a la sequía para la reforestación, etc. En tierras de cultivo, las medidas AbE incluyen el aumento de materia orgánica del suelo, control de la erosión, gestión mejorada de los fertilizantes, gestión mejorada de cultivos.<sup>46</sup> La norma PROY-NACDMX-002-RNAT-2019 sobre producción agroecológica en suelo de conservación aporta elementos para el diseño de medidas agroecológicas en el suelo de conservación de la Ciudad de México.

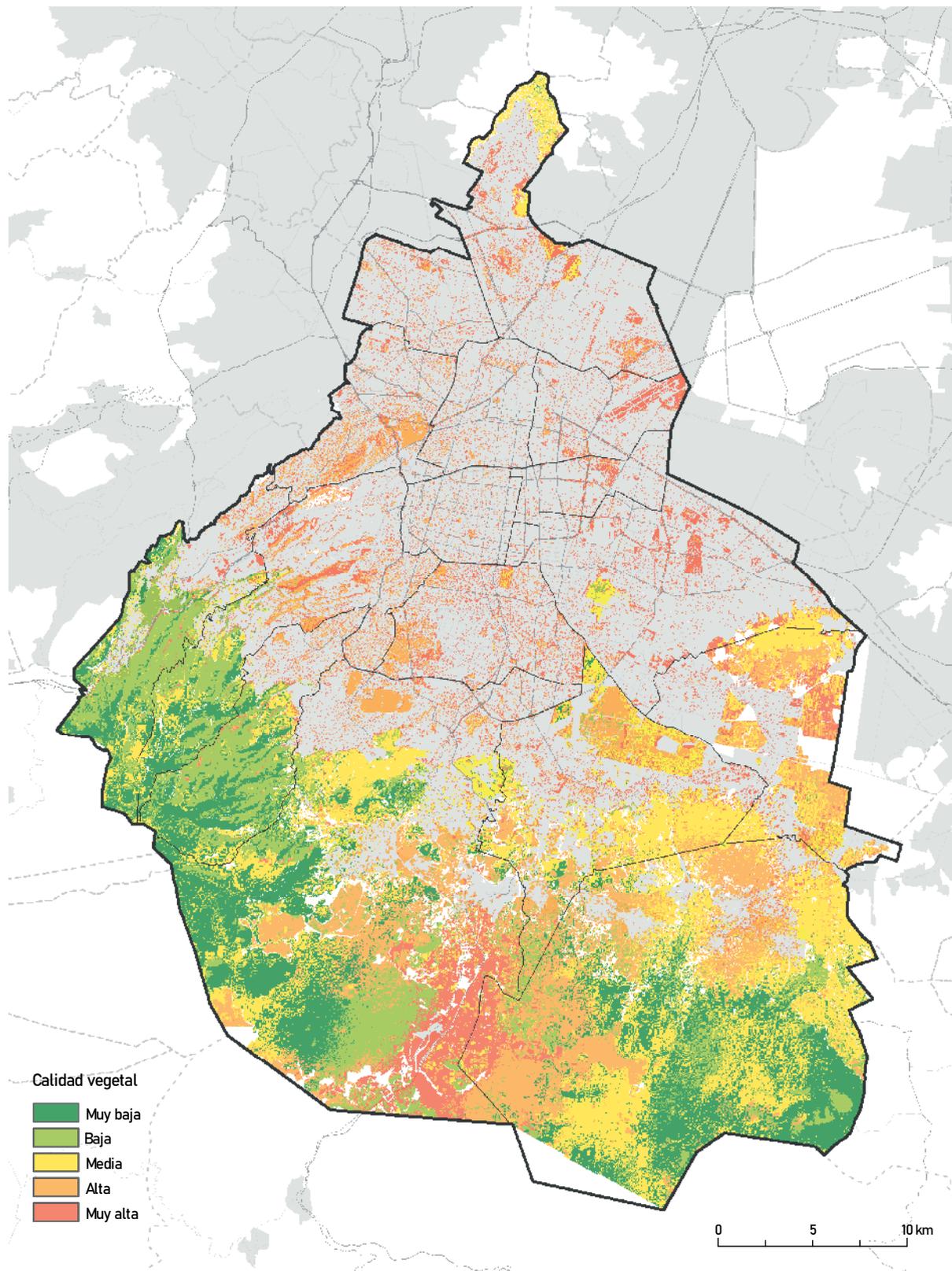
---

46 IPCC (2014). Climate Change, Adaptation, and Vulnerability.

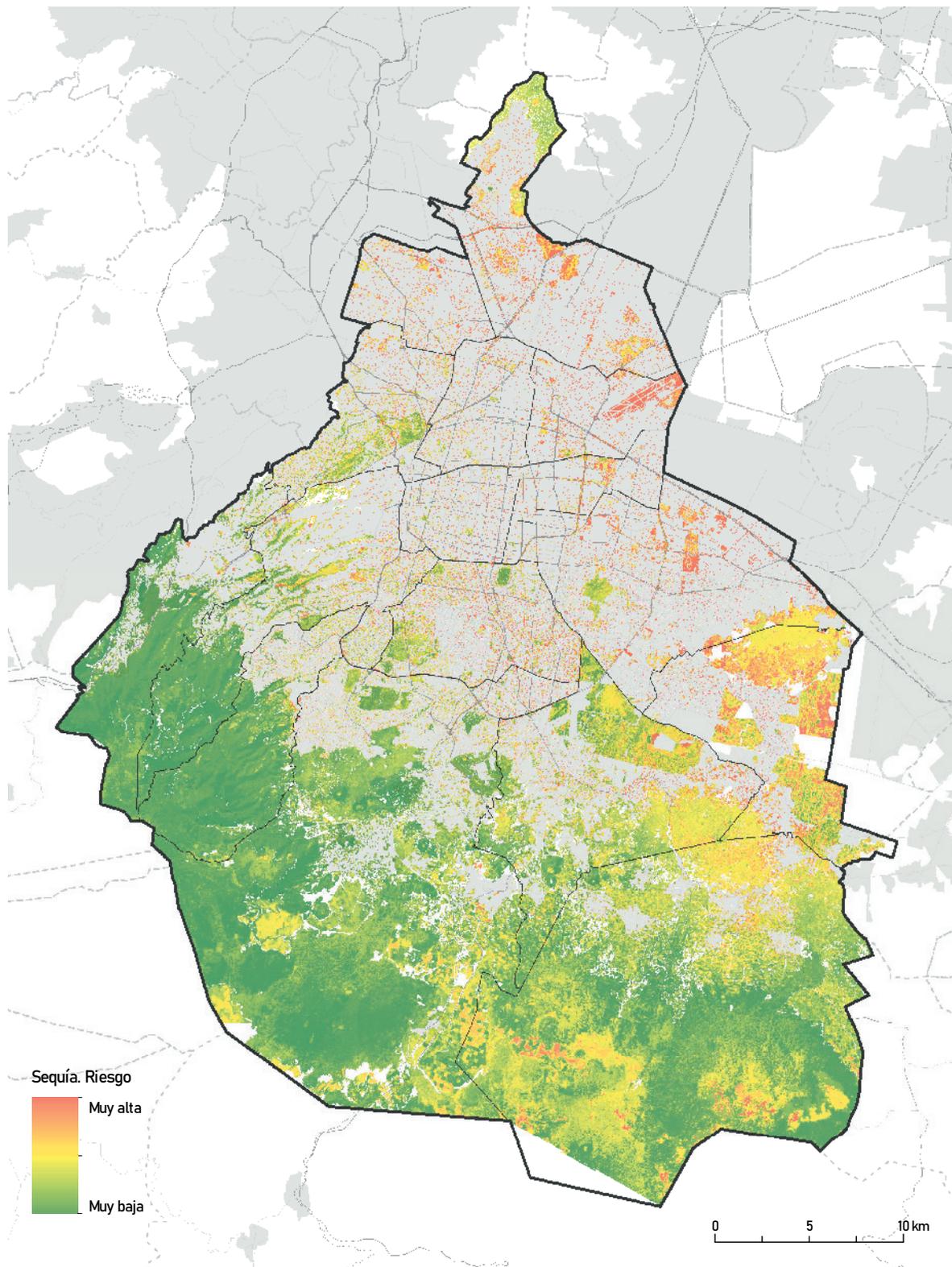
**Mapa 3a.** Amenaza por sequías

**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016). Disponible en: [http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia\\_contenido\\_minimo2016.pdf](http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf)

**Mapa 3b.** Sensibilidad a sequías



**Fuente:** Elaboración propia con base en Índice Geoespectral estimado a partir de imagen SENTINEL 2 con fecha 27/12/2020. Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

**Mapa 3c.** Riesgo de sequías

**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016). Disponible en: [http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia\\_contenido\\_minimo2016.pdf](http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf)

### *Olas de calor*

Las olas de calor se presentan principalmente donde existen altos índices de evapotranspiración, condiciones impermeables del suelo y falta de infraestructura verde que contribuye a temperaturas elevadas.<sup>47</sup> Las olas de calor incrementan la morbilidad por deshidratación y golpes de calor, particularmente en el transporte público, y afectan la conservación de alimentos y agua potable por el incremento de microorganismos patógenos.<sup>48</sup>

### **Método**

En este análisis se estimó la amenaza por olas de calor a partir de las temperaturas máximas, tomando como indicador la temperatura superficial del suelo para un periodo de retorno de 100 años con base en datos de 30 años en distintos periodos de retorno. La población se consideró como el sistema expuesto o entidad vulnerable a las olas de calor. Por consiguiente, se empleó información del Censo de Población y Vivienda 2020 para identificar segmentos de la población sensibles a las olas de calor, particularmente niños y adultos mayores, población no derechohabiente a servicios de salud y sin disponibilidad de agua potable. Además, se consideró el indicador de déficit en el acceso de agua que construyó la MRE Agua. El riesgo por olas de calor se determinó a partir del cruce entre la amenaza por temperatura superficial y la sensibilidad de la población. Para más información sobre el análisis de riesgos sísmicos consultar el Anexo 2.

### **Resultados**

Los resultados del mapa de amenaza muestran las zonas desprovistas o con poca densidad vegetal y la relación que existe con la incidencia de temperaturas máximas potencialmente dañinas que, de acuerdo con la literatura propuesta por SEDATU, en la CDMX inicia a partir de los 25 grados centígrados con una sensación de incomodidad y presenta una amenaza mayor al llegar a los 30 grados (Mapa 4a). Los resultados del mapa de sensibilidad muestran las zonas con marginación en la periferia de la Ciudad donde es bien reconocido el grado de carencia y déficit en el acceso al agua. No obstante, también se muestran zonas en las alcaldías Coyoacán, Iztapalapa, Xochimilco y Gustavo A. Madero con población sensible a olas de calor (Mapa 4b).

Las zonas con menor sensibilidad pero mayor temperatura quedan normalizadas con un menor riesgo por olas de calor, lo que es interesante para distinguir la diferencia entre el riesgo y la amenaza. Por ejemplo, la zona industrial de Vallejo se encuentra en un rango muy alto para la amenaza (Mapa 4a); sin embargo, el proceso demográfico de dicha zona no es lo suficientemente sensi-

---

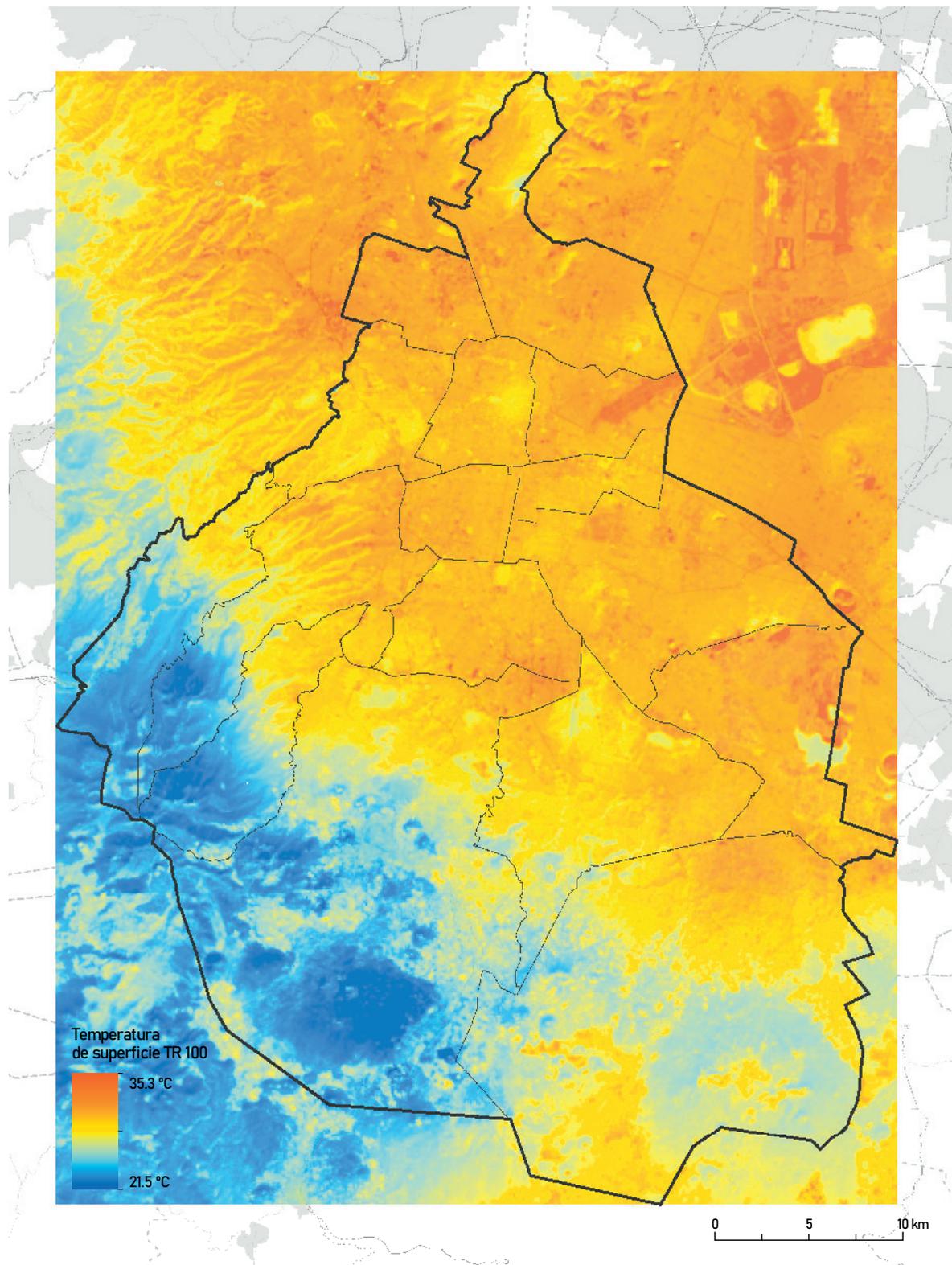
47 Gobierno de la Ciudad de México (2016). Hacia una Ciudad de México sensible al agua. El espacio público como una estrategia de gestión de agua de lluvia. Ciudad de México.

48 Oficina de Resiliencia CDMX (2016). Estrategia de Resiliencia de la CDMX.

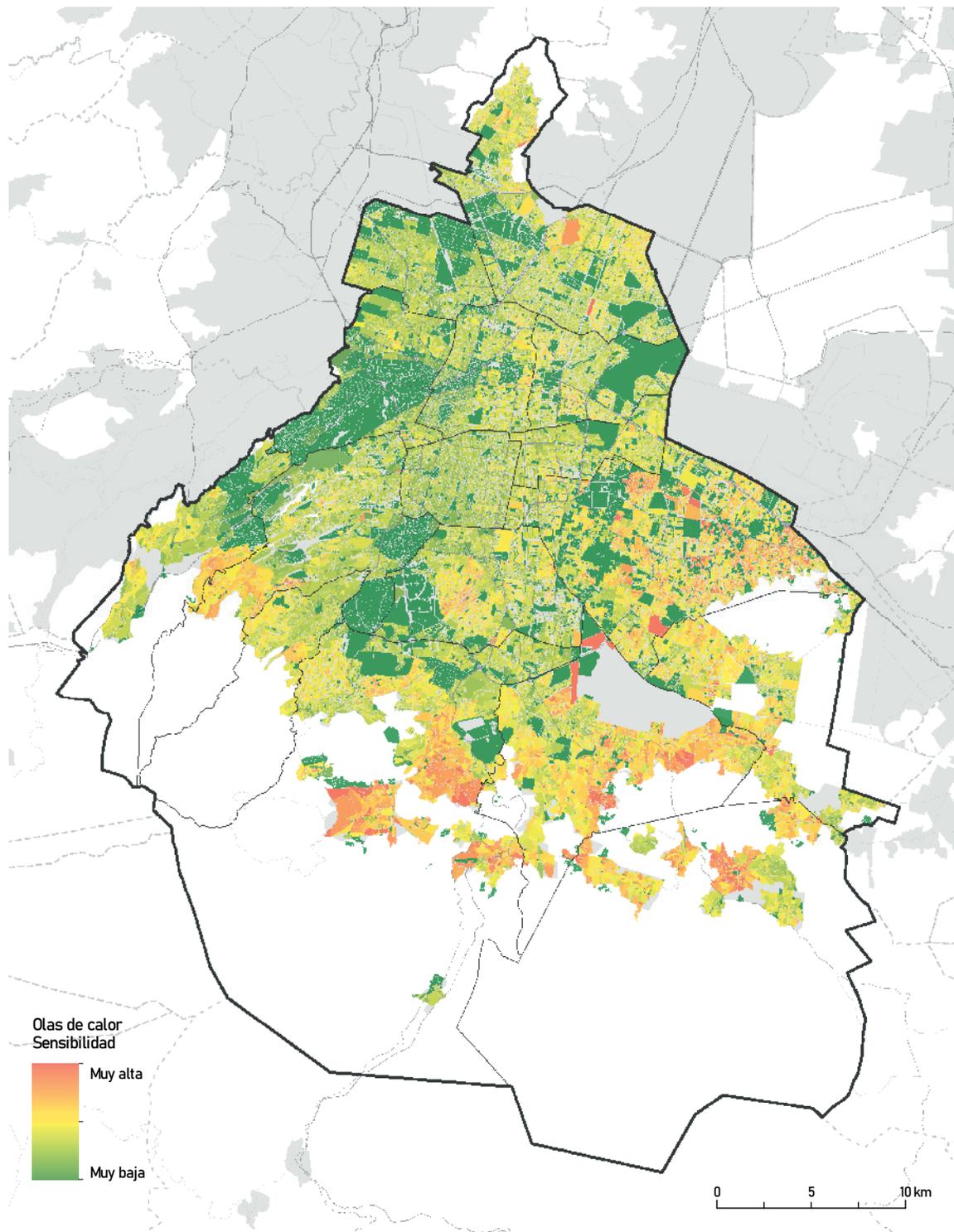
ble para ser relevante cuando se interpone el sistema expuesto que se definió: la población (Mapa 4c). El sistema expuesto o entidad vulnerable es lo que define finalmente el grado de riesgo, definiendo zonas de atención inmediata para la generación de políticas al corto plazo de reducción de riesgos e incremento de resiliencia (*i.e.* en Iztapalapa); mientras que la amenaza es un insumo que podría usarse para establecer cambios al mediano y largo plazo (*i.e.* en Gustavo A. Madero y Azcapotzalco).

Las alcaldías prioritarias para la atención del riesgo por olas de calor son Tlalpan e Iztapalapa. 15% de la superficie de la Ciudad se encuentra en las categorías de riesgo de sequías medio, alto y muy alto, donde habitan más de 1.8 millones de personas.

**Mapa 4a.** Amenaza por olas de calor

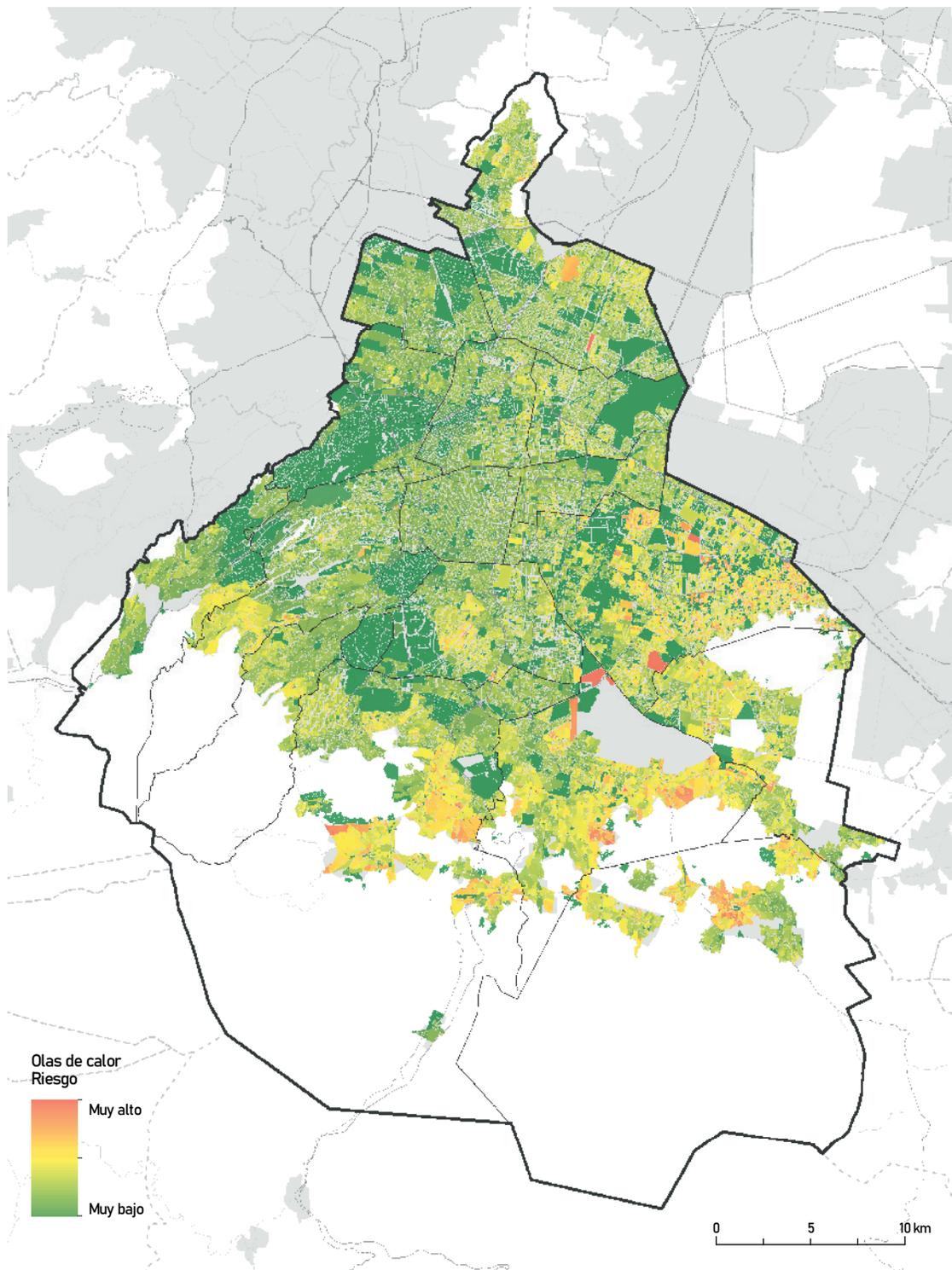


**Fuente:** Elaboración propia con base en Índice Geoespectral estimado a partir de imagen LAND-SAT 8 con fecha 27/12/2020. Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

**Mapa 4b.** Sensibilidad a olas de calor

**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2017). Disponible en: [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_SERVICIOS\\_TECNICOS/SANI/PAT/2017/2o%20trimestre/2362%20DI/10729/DS/06%20Junio/Revisi%C3%B3n%20T%C3%A9rminos%20SEDATU/TR\\_AR\\_DGOTAZR\\_17-05-17.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_SERVICIOS_TECNICOS/SANI/PAT/2017/2o%20trimestre/2362%20DI/10729/DS/06%20Junio/Revisi%C3%B3n%20T%C3%A9rminos%20SEDATU/TR_AR_DGOTAZR_17-05-17.pdf)

**Mapa 4c.** Riesgo de olas de calor



**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2017). Disponible en: [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_SERVICIOS\\_TECNICOS/SANI/PAT/2017/2o%20trimestre/2362%20DI/10729/DS/06%20Junio/Revisi%C3%B3n%20T%C3%A9rminos%20SEDATU/TR\\_AR\\_DGOTAZR\\_17-05-17.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_SERVICIOS_TECNICOS/SANI/PAT/2017/2o%20trimestre/2362%20DI/10729/DS/06%20Junio/Revisi%C3%B3n%20T%C3%A9rminos%20SEDATU/TR_AR_DGOTAZR_17-05-17.pdf)

### *Inundaciones*

Las inundaciones son eventos en los que ocurre una invasión o penetración de agua en zonas donde generalmente no ocurre. Al estar ubicada en una cuenca naturalmente endorreica, la CDMX es proclive a las inundaciones. Algunos de los determinantes de inundaciones son fenómenos hidrometeorológicos como lluvias y caída de granizo, aunados a la subsidencia del terreno y a fallas en la infraestructura hidráulica.<sup>49</sup> Asimismo, las inundaciones se asocian a las limitaciones del sistema de drenaje para bombear el agua fuera de la Ciudad y a hundimientos diferenciales. En particular, la red de drenaje secundaria no puede absorber grandes volúmenes de agua de forma repentina.<sup>50</sup> Los hundimientos o subsidencia generalizada de la CDMX son un fenómeno progresivo que se asocia a la extracción de agua del acuífero sin permitir la recarga, particularmente a la acción de bombeo de los acuíferos profundos de la zona lacustre.<sup>51</sup> Además de ser un factor que contribuye a las inundaciones, los hundimientos dañan el sistema de distribución de agua potable y saneamiento y han ocasionado que la pendiente del desagüe se invierta. Esto ha resultado en un aumento en la dificultad y costo para drenar la Ciudad.<sup>52</sup>

### **Método**

Las zonas de riesgo se identifican a partir del capítulo de la MRE Agua, en el que se desarrolló un índice de riesgo a inundaciones a partir del cruce cartográfico entre la información de encharcamientos históricos, la susceptibilidad física y un modelo de flujos superficiales. La distribución de pesos de las variables fue de 70% para la capa de encharcamientos históricos y un 30% para los criterios físicos en conjunto, seguido de una reclasificación del resultado por el método de cortes naturales y normalización de la capa en escala 1-5. Para más información sobre el análisis de riesgos sísmicos consultar el Anexo 2.

### **Resultados**

Las zonas de mayor riesgo de inundación se observan en la parte central y nororiente de la Ciudad (Mapa 5). Estas zonas coinciden con el espacio donde se ubicaba el antiguo Lago de Texcoco, que encaja con los factores topográficos e hidrológicos de la captación de la cuenca. Además, cabe resaltar que las laderas de la sierra de Las Cruces reciben mayor cantidad de lluvia y eventos extremos de lluvia aunado a las condiciones de laderas inestables y urbanizadas, lo que contribuye a generar una escorrentía que fluye tan rápido que no puede ser ab-

49 SGIRPC. (2021). Atlas de Riesgos de la CDMX.

50 Tortajada, C., & E. Castelán. (2003). Water Management for a Megacity: Mexico City Metropolitan Area. *Ambio* 32(2): 127-28.

51 Gobierno de la Ciudad de México (2016). *Hacia una Ciudad de México sensible al agua*.

52 SGIRPC. (2021). *Ciudad Resiliente: Retrospectiva y proyección de una ciudad vulnerable*.

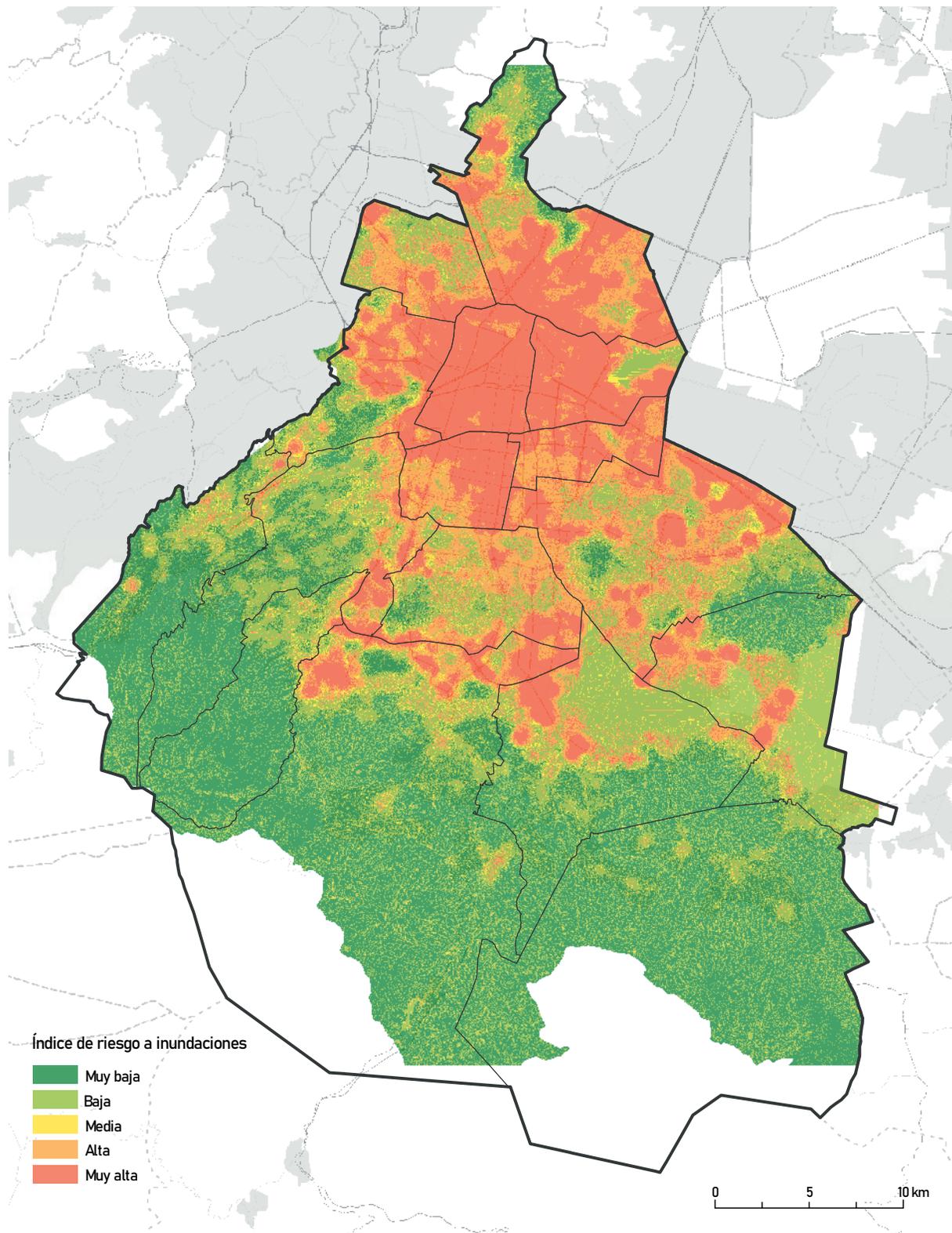
sorbida por el sistema de drenaje subterráneo, dando lugar a inundaciones.<sup>53</sup> Los riesgos de inundaciones han contribuido a configurar las inequidades sociales estructurales en la Ciudad. Las inundaciones en colonias pobres y marginalizadas se experimentan de forma regular y con mucha severidad.<sup>54</sup>

Las alcaldías prioritarias para la atención del riesgo por inundaciones son Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Benito Juárez e Iztapalapa. El 33% de la superficie de la Ciudad se encuentra en las categorías de riesgo de sequías medio, alto y muy alto, donde habitan más de 4.3 millones de personas.

---

53 Gobierno de la Ciudad de México (2016). Hacia una Ciudad de México sensible al agua.

54 Romero-Lankao, P. (2010). Water in Mexico City: What Will Climate Change Bring to Its History of Water-Related Hazards and Vulnerabilities? *Environment and Urbanization* 22(1): 157-78.

**Mapa 5.** Índice de riesgo a inundaciones

**Fuente:** Elaboración propia con base en Seguridad Hídrica en la Ciudad de México: Riesgos de Inundaciones, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales, Colegio de México (2019). Disponible en: <https://osh.colmex.mx/inundacionescdmx/>

## Riesgos asociados a fenómenos perturbadores de tipo químico-tecnológico

Los riesgos químico-tecnológicos se refieren a fugas, derrames, incendios y/o explosiones de una o más sustancias químicas peligrosas, como resultado de una situación fuera de control dentro de las actividades industriales normales de almacenamiento, procesamiento o transferencia, que ocasionan un daño serio a las personas, el ambiente o las instalaciones de manera inmediata o a largo plazo.<sup>55</sup>

### Método

En este análisis se identificaron tres tipos de riesgos químico-tecnológicos: 1) incendios urbano-forestales, 2) giros de alto riesgo y 3) actividades económicas peligrosas. Las zonas de amenaza de incendios urbano-forestales se determinaron a partir de un modelo de disponibilidad de combustible vegetal, con base en el método de estimación simplificada de la amenaza por incendios de la CONAFOR. Este modelo incluye tres componentes generales: combustibles forestales, condiciones meteorológicas y factores antropogénicos. Los giros de alto riesgo se identificaron con base en la clasificación de sustancias peligrosas del CENAPRED y de los giros del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Las actividades económicas peligrosas se identificaron a partir de los registros de siniestralidad de la base de datos del Registro Único de Situaciones de Emergencia (RUSE).<sup>56</sup> Para más información sobre el análisis de riesgos sísmicos consultar el Anexo 2.

### Resultados

Las zonas de mayor susceptibilidad a incendios urbano-forestales se ubican al sur de la Ciudad (Mapa 6a), donde, junto con la sierra de Guadalupe, se concentra año con año la mayor incidencia de estos eventos que impactan negativamente en la vida y salud de la población de la Ciudad de México. Ésta ocupa actualmente el segundo lugar nacional en incendios forestales, mismos que ocurren principalmente en temporada de estiaje durante los meses de diciembre a junio.<sup>57</sup>

La distribución de actividades económicas peligrosas en la Ciudad se observa donde se concentra la mayoría de las actividades económicas: el corre-

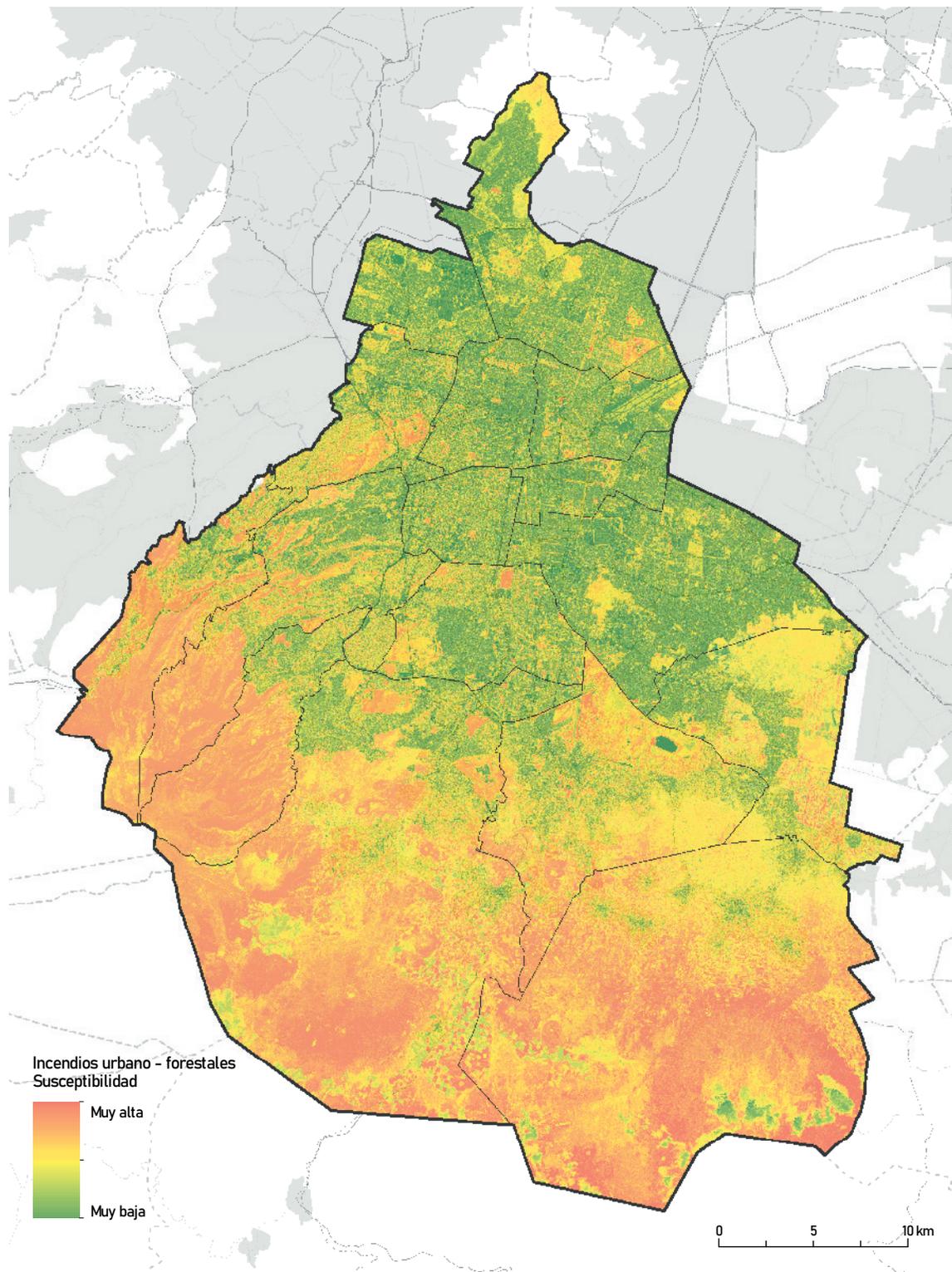
55 CENAPRED. (2015). Guía Básica Para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Evaluación de La Vulnerabilidad Física y Social. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*. Vol. 1. C.D.M.X.

56 SGIRPC. (2021). Ciudad Resiliente: Retrospectiva y proyección de una ciudad vulnerable.

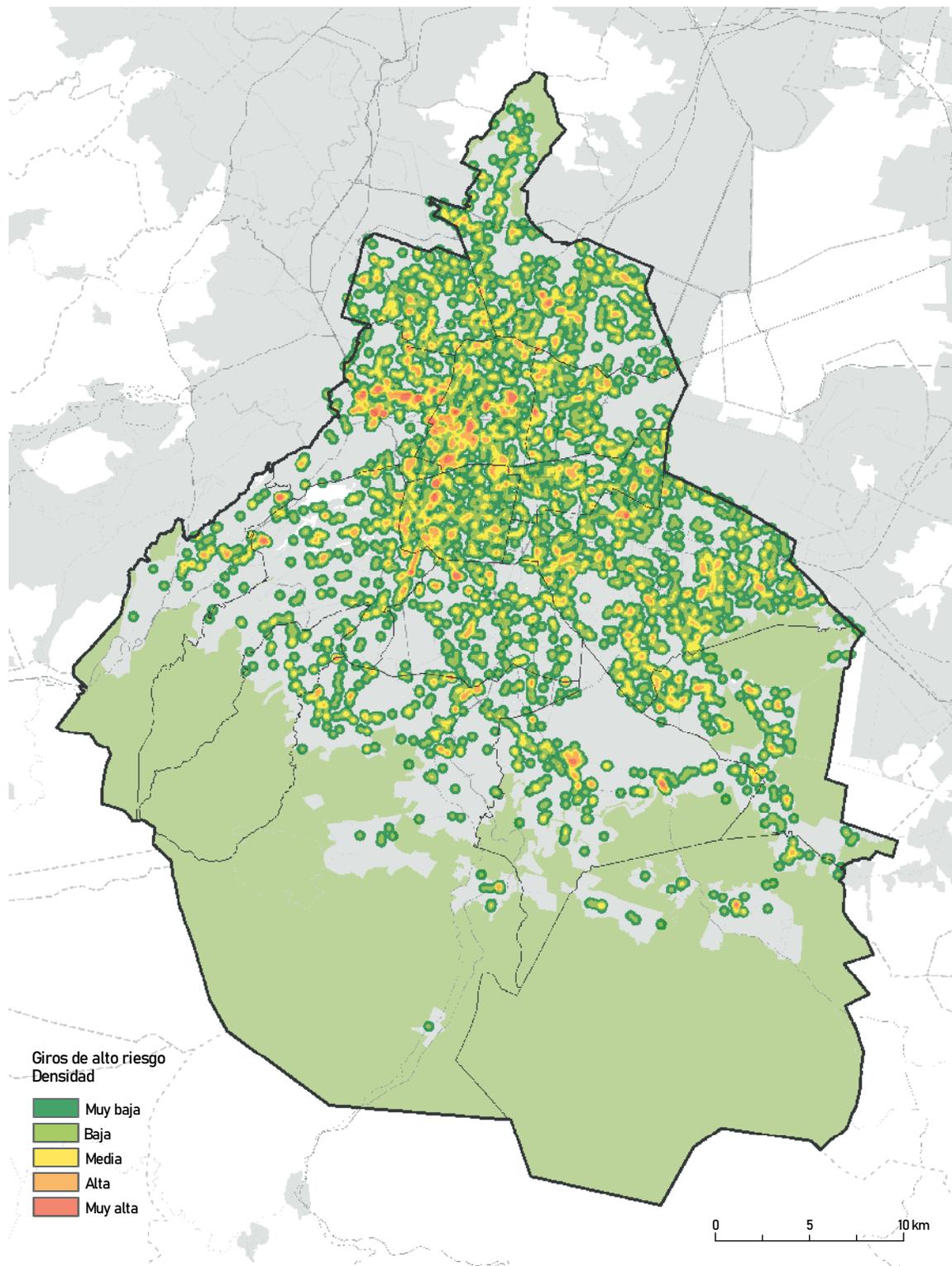
57 SEDEMA. (n.d.). La Ciudad de México y sus incendios forestales. (2021). Disponible en: <http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx:8081/culturaambiental/index.php/opciones-de-cultura-ambiental/blog/incendios-forestales>

Insurgentes-Reforma-Polanco y en diversos núcleos en todas las alcaldías (Mapa 6b). La definición de zonas con mayor incidencia de eventos y mayor concentración de actividades económicas peligrosas define en el centro de la Ciudad el mayor riesgo frente a actividades químico-tecnológicas en la Ciudad (Mapa 6c).

**Mapa 6a.** Riesgo de incendios urbano-forestales

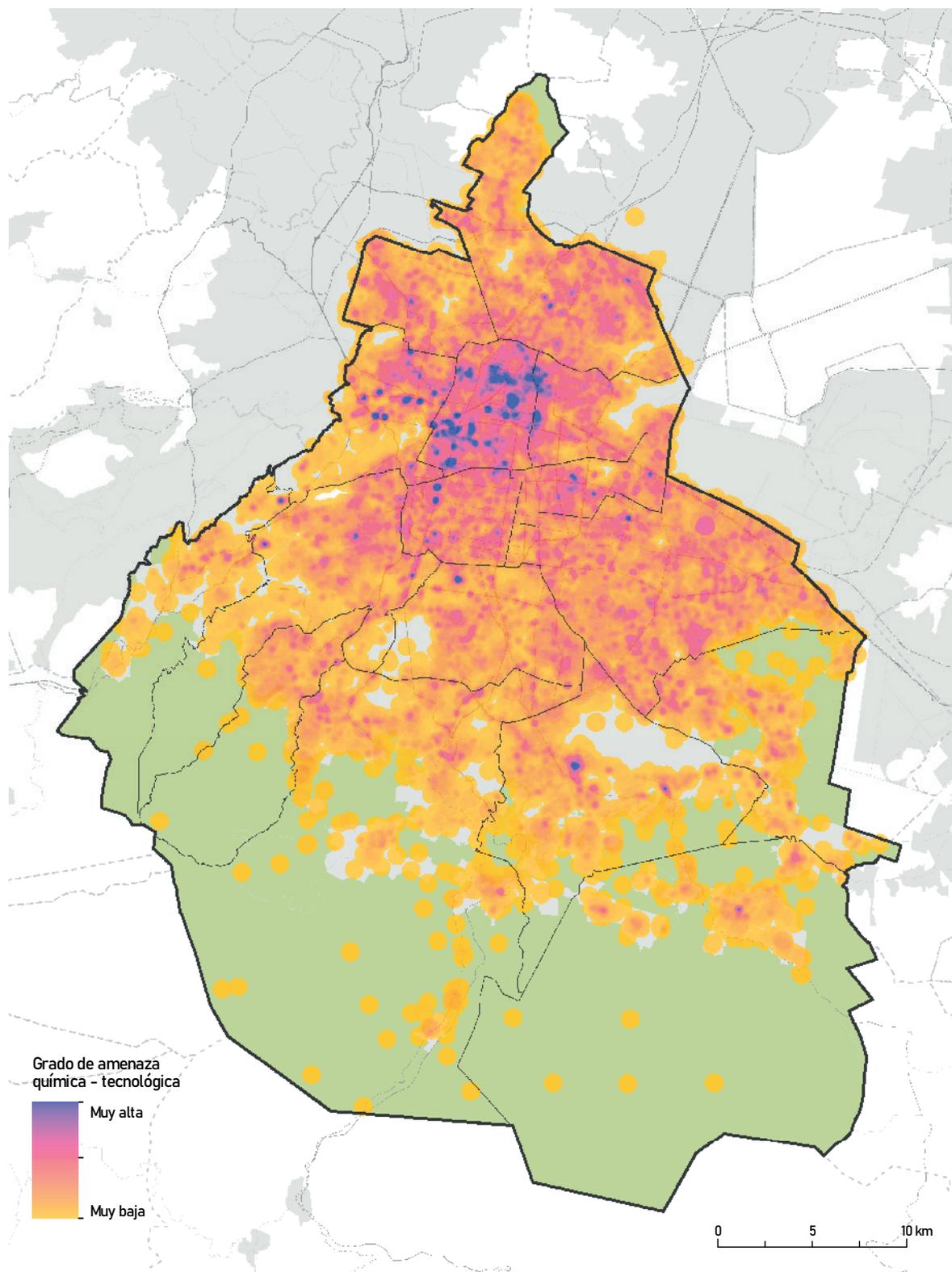


**Fuente:** Elaboración propia con base en Clasificación de Giros Económicos del DENUE, INEGI con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016). Disponible en: [http://www.atlasnacionalde-riesgos.gob.mx/descargas/Guia\\_contenido\\_minimo2016.pdf](http://www.atlasnacionalde-riesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf)

**Mapa 6b.** Giros de alto riesgo

**Fuente:** Elaboración propia con base en Clasificación de Giros Económicos del DENU, INEGI con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016). Disponible en: [http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia\\_contenido\\_minimo2016.pdf](http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf)

Mapa 6c. Riesgo de incidentes químico-tecnológicos



**Fuente:** Elaboración propia con base en Guía de Contenido Mínimo para Elaboración de Atlas de Riesgos, Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED (2016). Disponible en: [http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia\\_contenido\\_minimo2016.pdf](http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf)

## Escasez de agua

La distribución de agua en la CDMX es desigual. La mayoría de las fuentes que abastecen la demanda de agua se encuentran en el oeste, norte y sur, mientras que el oriente está sujeto a una distribución irregular y poco fiable para la población de esa zona de la Ciudad. Existe una parte de la población que tiene que comprar agua con costos que oscilan entre 6% y 26% de los salarios diarios. En hogares pobres o en condiciones de irregularidad, los costos de pagar agua pueden ascender hasta 500%.<sup>58</sup> Los costos también afectan de forma asimétrica a hombres y mujeres. En el oriente de la Ciudad, la alcaldía Iztapalapa es la que tiene la mayor cantidad de jefas de familia.<sup>59</sup>

Dado que actualmente se pierde cerca del 40% del agua potable que llega a la Ciudad debido a fugas de agua<sup>60</sup> y que las tendencias apuntan a un incremento en la demanda de la población y a una reducción en la precipitación, es necesario considerar que las zonas prioritarias para atención en materia de escasez de agua pueden incrementarse a aquellas que actualmente se encuentran en niveles medios de factibilidad hídrica.

### Método

La identificación de las zonas de escasez de agua se basó en los trabajos de la MRE Agua, particularmente en el índice de acceso al agua que se compone de: 1) factibilidad hídrica (SACMEX), 2) la diferencia entre el consumo real y el estimado, y 3) la razón de tubería por metro cuadrado en las distintas colonias de la Ciudad. La factibilidad hídrica se define como la capacidad de una zona para abastecer a su población con servicios hidráulicos de agua potable. Éste es un insumo que elaboró el SACMEX en 2015 en el que se establecen las zonas con déficit en la distribución de agua potable.

### Resultados

Las zonas de menor factibilidad hídrica corresponden a las zonas con menor capacidad de abastecimiento a la población y se encuentran en el sur de la Ciudad, particularmente en las zonas que colindan o se encuentran dentro del suelo de conservación (Mapa 7a). Los resultados del índice de acceso al agua muestran menor acceso al agua en colonias de las alcaldías Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Tláhuac y Xochimilco (Mapa 7b). Cabe resaltar que al menos 2 millones de viviendas que se encuentran en áreas de escasez de agua media, alta y muy altas no disponen de agua entubada al interior de la vivienda, conforme al

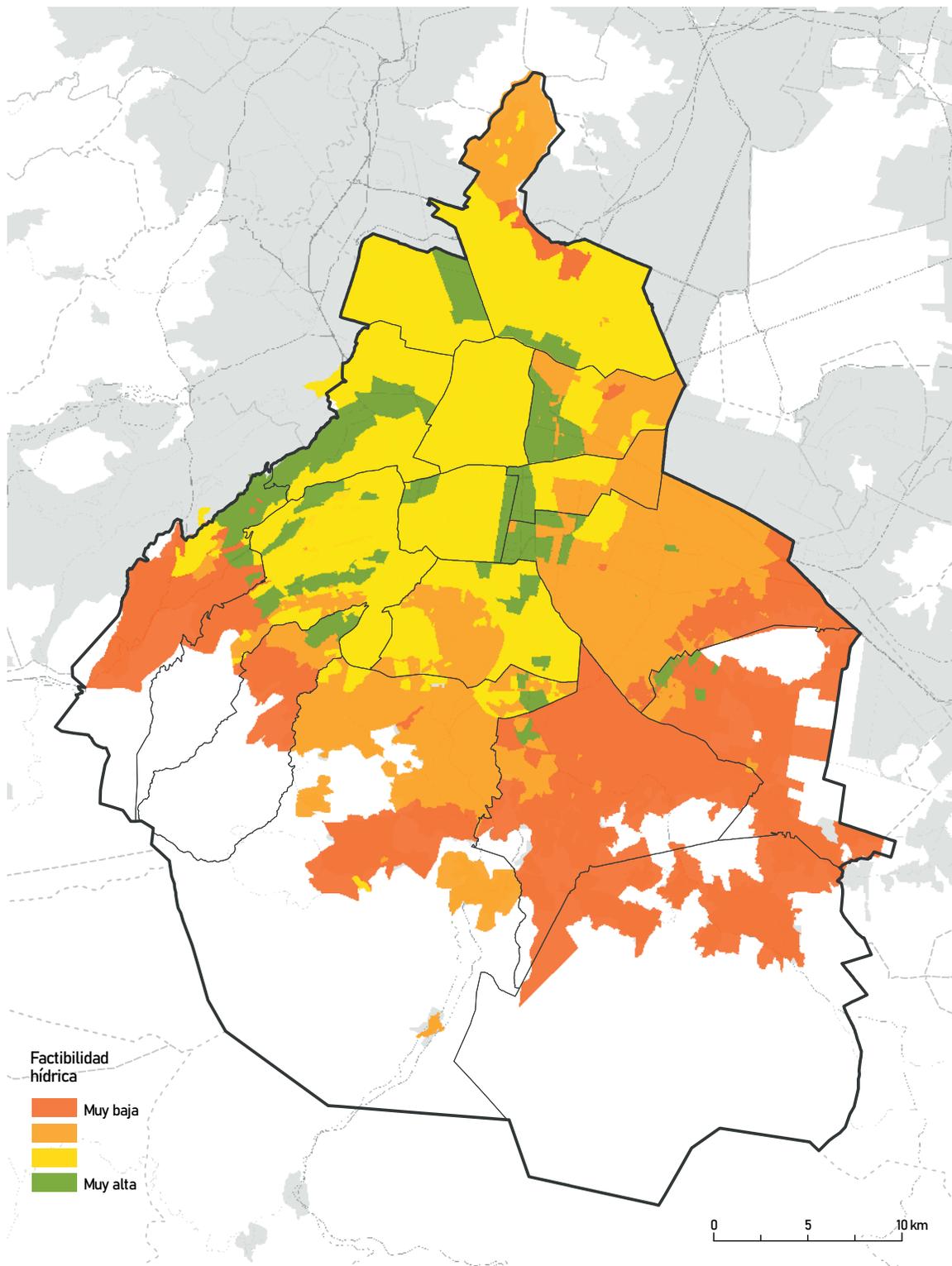
58 Tortajada, C. & Castelán, E. (2003). Water Management for a Megacity: Mexico City Metropolitan Area.

59 SGIRPC (2021). Ciudad Resiliente: Retrospectiva y proyección de una ciudad vulnerable.

60 Gobierno de la Ciudad de México (2016). Hacia una Ciudad de México sensible al agua.

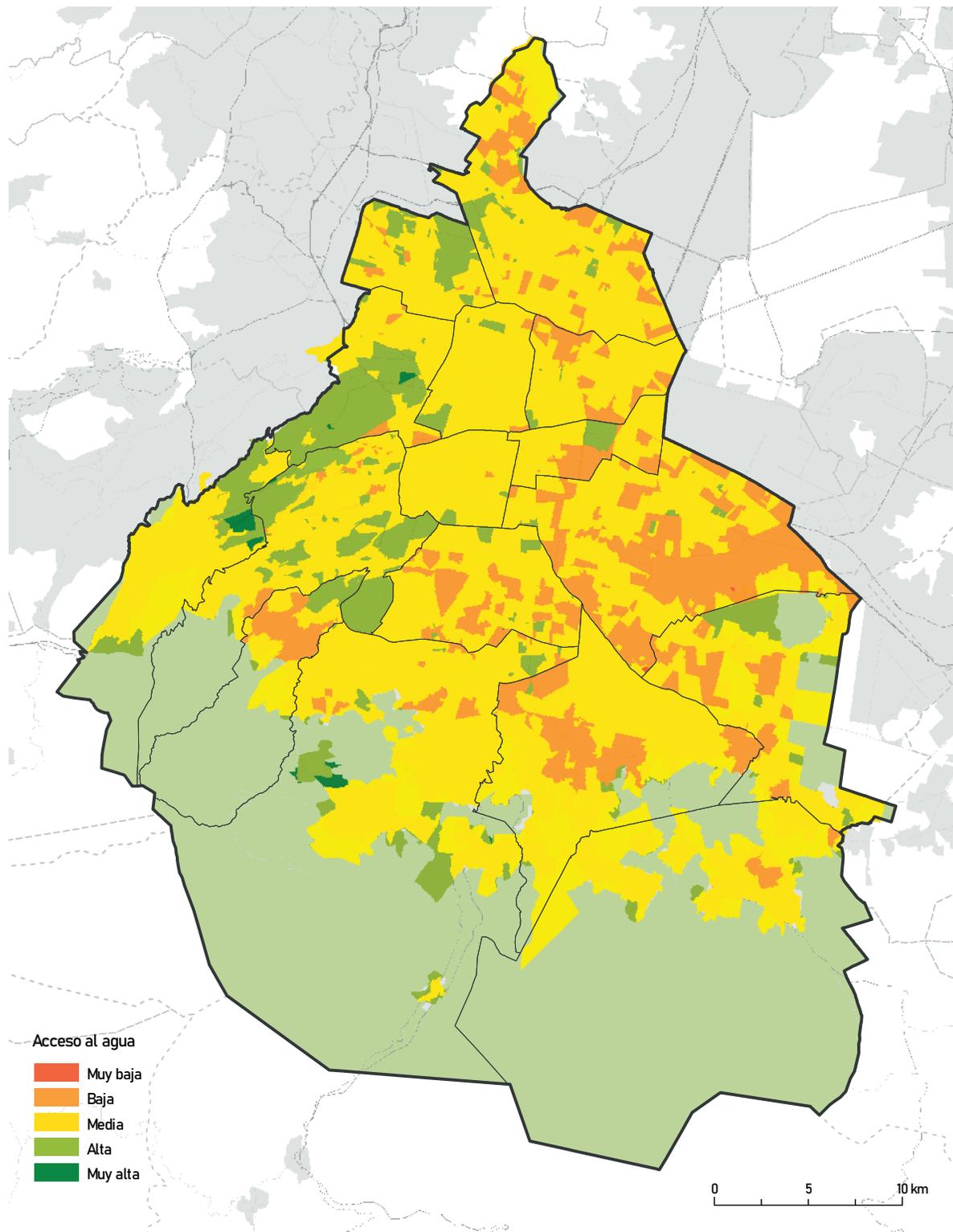
Censo de Población y Vivienda 2020. Además, resalta que, de las viviendas en condiciones medias, altas y muy altas de escasez de agua, más de 1.7 millones de viviendas cuentan con tinaco y 1.2 millones de viviendas cuentan con cisterna o aljibe.

Mapa 7a. Factibilidad hídrica



**Fuente:** Elaboración propia con base en Factibilidad Hídrica por Colonias, Sistema de Aguas de la Ciudad de México (2016). Disponible en: <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/sacmex/index.php/atencion-a-usuarios/factibilidad-hidrica>

Mapa 7b. Acceso a agua



**Fuente:** Elaboración propia con base en Índice compuesto a través del consumo estimado por manzana con base en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Tomo 4 y la información de consumo por bimestre reportada por SACMEX. Disponible en: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>

## Múltiples riesgos

Los riesgos generalmente no se presentan de manera aislada sino que tienden a ocurrir de forma simultánea o a exacerbar –o ser exacerbados– por otros riesgos. En este análisis se integró una síntesis de los riesgos. Para ello, se cruzaron las capas de riesgos de sismos, deslizamientos por inestabilidad de laderas, inundaciones, olas de calor y sequía, excluyendo las categorías de muy bajo (1) a medio (3), y sólo considerando las categorías de alto (4) y muy alto (5). El resultado de la suma se normalizó mediante intervalos geométricos y se generaron cinco clases de convergencia de múltiples riesgos (Tabla 1). Así, las categorías mayores (*i.e.* muy alta) representan aquellas zonas donde se presenta la mayor cantidad de riesgos.

**Tabla 1.** Esquema de clasificación de la convergencia de múltiples riesgos

Categoría de riesgo		Descripción
1	Muy baja	Sólo un riesgo con categoría alta o muy alta
2	Baja	Dos riesgos con categoría alta o muy alta
3	Media	Dos riesgos con categoría muy alta
4	Alta	Tres riesgos con categoría muy alta
5	Muy Alta	Tres o más riesgos

Las zonas expuestas a múltiples riesgos pueden tener afectaciones que no sólo sean acumulativas, sino sinérgicas, como la que ocurre entre riesgos de inundaciones y sismos. Por ejemplo, una de las consecuencias del sismo de 1985 fue la pérdida del 10% del abastecimiento de agua en la Ciudad, dejando a cerca de dos millones de usuarios sin servicio de agua.<sup>61</sup> Por otra parte, las fallas y deficiencias en la infraestructura asociadas al hundimiento diferencial pueden afectar los cimientos de edificios, haciéndolos más sensibles a los efectos de sismos e inundaciones.<sup>62</sup> Además, los fenómenos hidrometeorológicos, como lluvias torrenciales, pueden contribuir a desestabilizar laderas debido a que el agua juega el papel más importante en la inestabilidad de laderas.<sup>63</sup>

El análisis de las zonas de convergencia de múltiples riesgos es particularmente relevante para identificar zonas que van a requerir la articulación de políticas integradas de gestión integral de múltiples riesgos, reducción de la vulnerabilidad e incremento de la resiliencia. Los resultados del análisis de múltiples

61 SGIRPC (2021). Ciudad Resiliente: Retrospectiva y proyección de una ciudad vulnerable.

62 Romero-Lankao (2010). Water in Mexico City: What Will Climate Change Bring to Its History of Water-Related Hazards and Vulnerabilities?

63 SGIRPC (2021). Ciudad Resiliente: Retrospectiva y proyección de una ciudad vulnerable; Oficina de Resiliencia CDMX (2016). Estrategia de resiliencia de la CDMX.

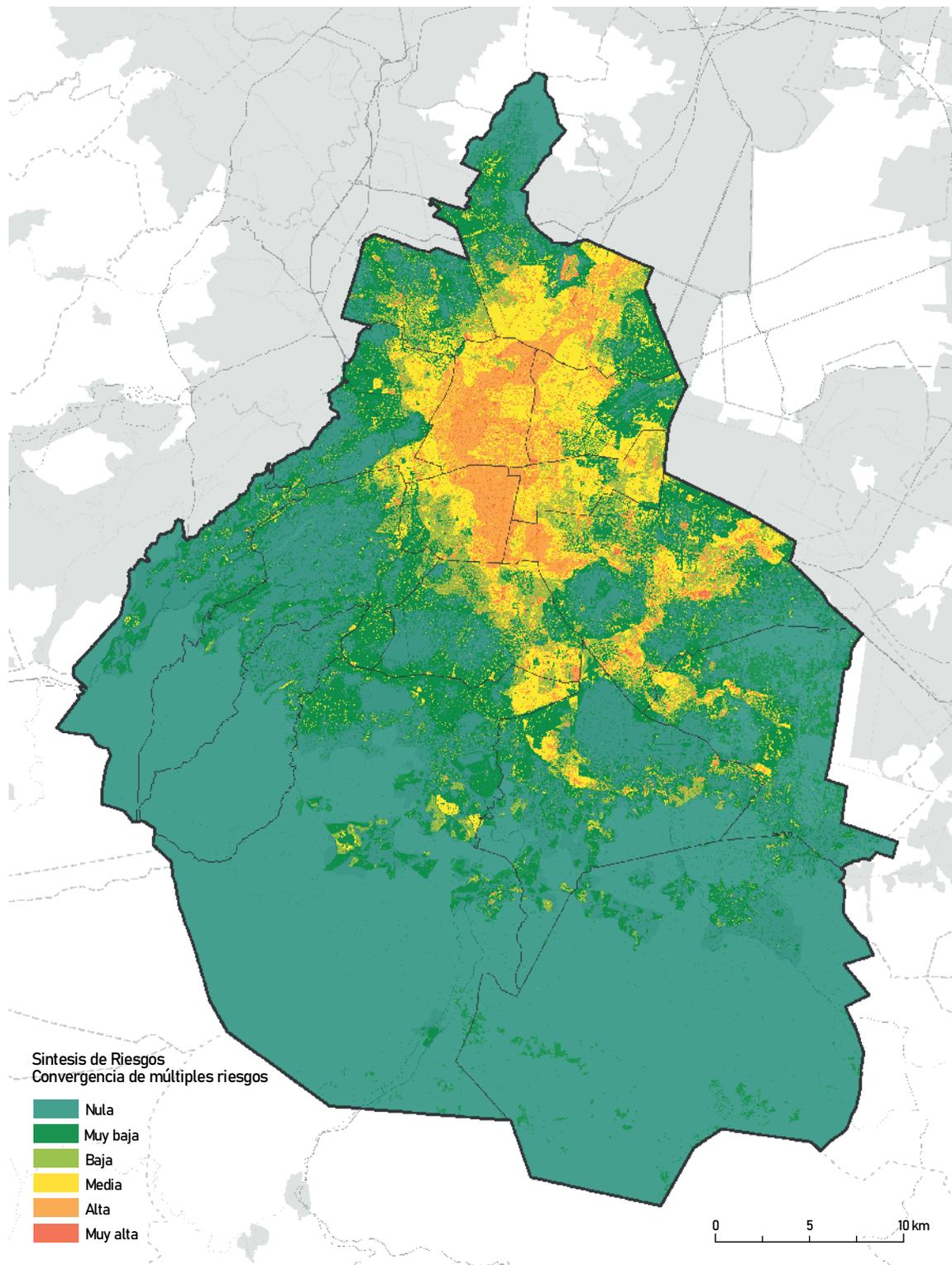
riesgos muestran que las alcaldías donde se observa la mayor convergencia de éstos son: Cuauhtémoc, Benito Juárez, Coyoacán, Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero (Mapa 8). En la mayor superficie con múltiples riesgos convergen riesgos de sismicidad e inundación, correspondiendo a 20,821 ha. En las zonas de mayor convergencia de riesgos (categoría media, alta y muy alta) habitan 1.8 millones de personas, de las que 53% (974,805 hab.) son mujeres, 18% (342,723 hab.) son personas mayores a los 60 años y 2% (42,661 hab.) son población indígena. El cambio climático va a generar mayor presión en un sistema que ya se encuentra vulnerable, dado que se espera una reducción de 5% a 10% del agua disponible para la Ciudad.<sup>64</sup>

Considerando que existen sectores de la sociedad que van a ser diferencialmente impactados por los efectos de los riesgos evaluados en este capítulo, se determinó la distribución de población femenina, adulta mayor (de 60 años en adelante) e indígena en las zonas de mayor riesgo, correspondientes a las categorías media, alta y muy alta de los riesgos evaluados. Se consideró la categoría media con el objetivo de capturar la incertidumbre de la posible evolución de los riesgos en el futuro, particularmente aquellos que pueden ser exacerbados por el cambio climático, como las sequías, inundaciones y olas de calor. El porcentaje representa la proporción de cada grupo con respecto al total de la población distribuida en las categorías de riesgo (media, alta y muy alta) y la sección de múltiples riesgos corresponde a inestabilidad de laderas, inundaciones, olas de calor y sequía en conjunto (Gráfica 1). Esta comparación muestra que la población femenina es la más afectada es la población femenina, particularmente en lo que respecta a inundaciones, olas de calor, sequías, deslizamientos y sismos. La población adulta mayor e indígena parece ser afectada de forma similar en cada uno de los riesgos comparados.

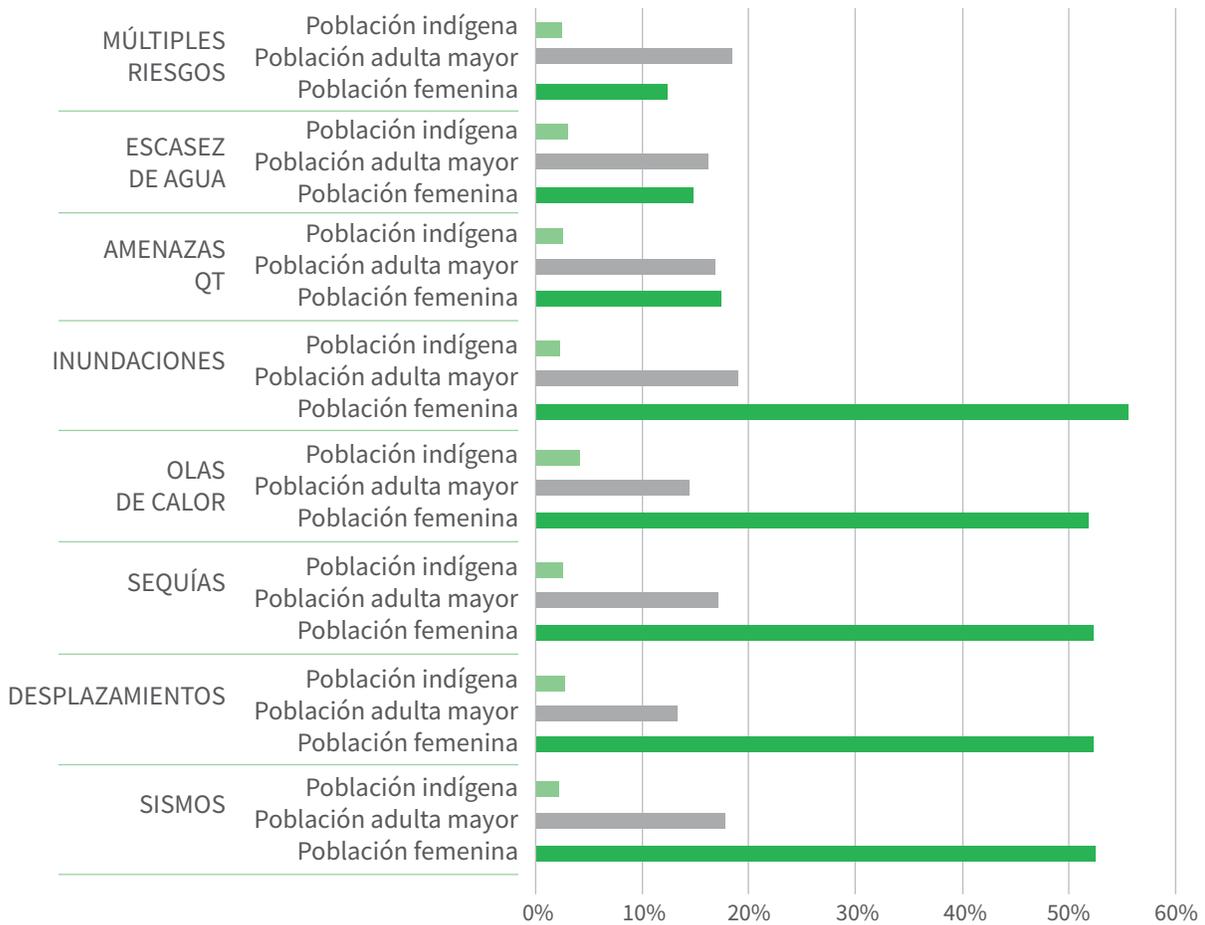
---

64 Romero-Lankao (2010). Water in Mexico City: What Will Climate Change Bring to Its History of Water-Related Hazards and Vulnerabilities?

**Mapa 8.** Convergencia de múltiples riesgos: sismos, deslizamientos por inestabilidad de laderas, inundaciones, olas de calor y sequía



**Fuente:** Elaboración propia con base en la sumatoria de las categorías de riesgos altos de los mapas 1c, 2c, 3c, 4c y 5.

**Gráfica 1.** Porcentaje de población de grupos vulnerables por riesgo.

### Enfoque metropolitano y de cuenca hidrográfica

La Ciudad de México mantiene una relación intensa y dinámica con la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) tanto en intercambio de población como en el uso de sistemas vitales como la movilidad, el agua y la energía, entre otros. Existen temas estratégicos con una perspectiva regional como lo son la gestión de los recursos hídricos, la conservación de recursos naturales y la biodiversidad, la movilidad, la planeación territorial y la gestión integral de riesgos.<sup>65</sup>

En la Ciudad de México, los procesos de urbanización han resultado en el deterioro de la calidad del aire, la subsidencia diferenciada por la sobreexplotación del acuífero, el incremento en el precio de la tierra y la expulsión de parte de la población de escasos recursos hacia el suelo de conservación y la periferia de la zona metropolitana.<sup>66</sup>

<sup>65</sup> Oficina de Resiliencia CDMX (2016). Estrategia de Resiliencia de la CDMX.

<sup>66</sup> Tellman, B., J. *et al.* (2018). Adaptive Pathways and Coupled Infrastructure: Seven Centuries of Adaptation to Water Risk and the Production of Vulnerability in Mexico City. *Ecology and Society* 23(1).

La cuenca del Valle de México es una cuenca expuesta a un fuerte proceso de urbanización y degradación. La urbanización es un proceso que ejerce una presión constante sobre las áreas rurales que se distribuyen en la cuenca y crea áreas fragmentadas en las que los medios de vida de las comunidades se reorganizan y transforman, desde una dependencia en actividades primarias y de subsistencia hasta una predominancia en actividades terciarias.<sup>67</sup> En este contexto, la falta de definición de derechos (*i.e.* sobre la tenencia de la tierra) genera condiciones de informalidad (*i.e.* vivienda y empleo) que dan lugar a la exclusión y marginación de las comunidades en términos de acceso a servicios públicos y fuentes de empleo. La cuenca del Valle de México ha estado sujeta a procesos de urbanización a lo largo de 700 años y actualmente alberga a cerca de 22 millones de habitantes.

La mitigación de riesgos asociados a las inundaciones y la escasez de agua supone la consideración del ciclo hidrológico urbano-regional de la ZMVM, que incluye las fuentes de abastecimiento de agua a la CDMX y las zonas de descarga del agua residuales que se generan en la Ciudad.<sup>68</sup> Por ejemplo, la sobreexplotación del acuífero del Valle de México reduce la humedad del suelo en las montañas colindantes, lo que incrementa la degradación de recursos forestales y reduce la integridad ecosistémica.<sup>69</sup>

La seguridad hídrica de la Ciudad de México y la ZMVM está en riesgo frente a impactos de cambio climático como una sequía intensa y prolongada que afecte la cuenca del Valle de México. La vulnerabilidad es alta debido a que los impactos del cambio climático se dan bajo un contexto de fuerte degradación de los recursos hídricos de la Cuenca, incluyendo sus aguas subterráneas. La sobreexplotación del acuífero de la Ciudad ha llevado a perder su balance hídrico, pues la extracción supera la capacidad de recarga por infiltración. Esto es clave ya que, en caso de una sequía extrema y prolongada, el acuífero será la principal reserva de agua para abastecer de agua a la población de la Ciudad de México y la ZMVM. En un contexto de cambio climático, los problemas de escasez de agua, inundaciones e inequidad social en la Ciudad de México y la ZMVM van a ser exacerbados.

Por estas razones es importante fortalecer la resiliencia desde una perspectiva metropolitana y de cuenca para atender los riesgos prioritarios e impulsar programas, proyectos y políticas a nivel regional con el fin de aumentar las capacidades adaptativas y la vulnerabilidad frente al cambio climático, así como los fenómenos perturbadores con afectaciones regionales.

67 Lerner, A. M., & H. Eakin. (2011). An Obsolete Dichotomy? Rethinking the Rural-Urban Interface in Terms of Food Security and Production in the Global South. *Geographical Journal* 177(4): 311-20.

68 SGIRPC (2021). Ciudad Resiliente: Retrospectiva y proyección de una ciudad vulnerable.

69 Tortajada, C. & Castelán, E. (2003). Water Management for a Megacity: Mexico City Metropolitan Area.

## Alineación con instrumentos de política pública

### Articulación entre marcos normativos en materia de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia en la Ciudad de México

Los riesgos que se abordan en este reporte tienen causas multifactoriales e implicaciones multidimensionales en el territorio. No obstante, se identifican dos rubros generales de marcos normativos pertinentes para la atención de riesgos: la reducción de la vulnerabilidad socioambiental y la construcción de resiliencia. Estos rubros se dividen en la gestión integral de riesgos y en la atención al cambio climático. Conforme a la Evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático,<sup>70</sup> existe una heterogeneidad de conceptualizaciones clave para la atención de riesgos y reducción de la vulnerabilidad que se refleja en la falta de articulación entre los enfoques de distintas leyes federales que aplican a los tres órdenes de gobierno: Ley General de Protección Civil<sup>71</sup> y Ley General de Cambio Climático<sup>72</sup> (Anexo 1). En esta evaluación se señala que no es suficiente la existencia de un marco normativo en materia de cambio climático o de gestión de riesgos, sino que es necesaria una articulación entre los marcos existentes. En particular, se requiere: a) la formulación de lineamientos para los programas municipales de cambio climático y b) la articulación de los enfoques de la LGPC y de la LGCC, en términos de la inclusión de escenarios de riesgo climático y criterios de vulnerabilidad en los atlas municipales de riesgo. En dicho contexto, en este reporte se emplean elementos susceptibles de ser integrados tanto en atlas municipales de riesgo como en las políticas municipales de cambio climático.

La atención de riesgos en sistemas urbanos desde una perspectiva de resiliencia, vulnerabilidad y adaptación supone la consideración de instrumentos de política y planeación que se beneficien de enfoques de gobernanza que involucren una coordinación efectiva e innovadora entre diferentes órdenes de gobierno (vertical) y sectores de la sociedad (horizontal). Estos enfoques híbridos se benefician de la estabilidad que brindan la normativa y arquitectura institucional, característicos de un enfoque descendente (*top-down*), y de la flexibilidad que fomenta la participación de diversos actores de la sociedad que brinda un enfoque ascendente (*bottom-up*). Bajo estos enfoques híbridos, los gobiernos subnacionales, como el de la Ciudad de México, juegan un papel

70 D.O.F. (2019). Resultados y Recomendaciones de la Evaluación Estratégica del Avance Subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático. México. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5549585&fecha=05/02/2019](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5549585&fecha=05/02/2019)

71 D.O.F. (2012). Ley General de Protección Civil. México. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_190118.pdf)

72 D.O.F. (2012). Ley General de Cambio Climático. México. Disponible en: [file:///Users/Jordi/Documents/1.Articles/MexicanGovernment/MexicanLawonClimateChange2012\\_lgcc.pdf](file:///Users/Jordi/Documents/1.Articles/MexicanGovernment/MexicanLawonClimateChange2012_lgcc.pdf)

de coordinadores, implementadores y facilitadores de acciones y capacidades para la gestión integral de riesgos y de reducción de la vulnerabilidad socioambiental, en el marco de trayectorias de desarrollo sostenible y resilientes al cambio global.<sup>73</sup> A continuación se muestra una lista no exhaustiva de instrumentos de política, planeación, gestión, financiamiento y participación (Tabla 2).

**Tabla 2.** Relación de instrumentos pertinentes en materia de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia

Tipo de instrumento	Instrumento	Elementos de un enfoque:	
		Descendente (top-down)	Ascendente (bottom-up)
Política	Programa de Acción Estatal de Cambio Climático (PECC)		
Política	Programa Municipal de Cambio Climático		
Política	Programa Específico de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil		
Política	Estrategia de Resiliencia de la CDMX		
Política	Programa de Protección Civil		
Política	Estrategia Local de Acción Climática (2021-2050)		
Política	Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (2021-2030)		
Planeación	Programa de Manejo de ANP		
Planeación	Programa de Manejo de AVA		
Planeación	Planes de Áreas Comunitarias para la Conservación (ACC)		
Planeación	Atlas de Riesgos de la CDMX y Atlas de Riesgos por Alcaldía		
Planeación	Sistemas de información: - Sistema de Alerta Temprana (Gaceta Oficial de la Ciudad de México 5 de junio 2019) - Plataforma Digital (Gaceta Oficial de la Ciudad de México 5 de junio 2019) - Centro Virtual de Cambio Climático (México 2017)		
Gestión	Reglamento de Construcción de la CDMX		
Gestión	PROY-NACDMX-002-RNAT-2019 sobre producción agroecológica en suelo de conservación		
Fiscalización/ financiamiento	Fondo de Atención a Desastres y Emergencias (FADE) y Fideicomiso del FONADEN		
Participación	Programa de capacitación de extensionistas y otras capacitaciones con DGCORENADR		
Participación	Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC)		
Participación	Consejo de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de cada Alcaldía		

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>73</sup> PNUD-México-INECC (2017). Medición Multidimensional de Capacidad Institucional a Nivel Municipal que Fomenta la Adaptación al Cambio Climático. Proyecto #86487 "Plataforma de Colaboración Sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde Entre Canadá y México". Convenio de Colaboración: Transparencia Mexicana, A.C., C.D.M.X.

## Articulación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Marco de Sendai

El alcance de los impactos de riesgos climáticos y no climáticos va a ser modulado por las condiciones de desarrollo, particularmente aquellas asociadas con el bienestar social, la estabilidad económica y la integridad ambiental. En este sentido, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas adoptados en 2015, proveen un marco de análisis para evaluar las diferentes dimensiones del desarrollo sostenible, entre las que se encuentran los vínculos entre el cambio climático y los de desarrollo, y que incluyen la erradicación de la pobreza, la reducción de las desigualdades y la acción climática.<sup>74</sup> Los 17 ODS están integrados, pues reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad ambiental, económica y social. En particular, el ODS 13 se dirige a la acción por el clima, y una forma de evaluar su avance es a través de la implementación de Programas de Adaptación Nacionales (NAP, por sus siglas en inglés). Para 2019, 120 de los 153 países en vías de desarrollo habían llevado a cabo acciones para la formulación de sus NAP, de los cuáles 18 países habían completado y sometido sus NAP a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). No obstante, el avance en la planeación para la adaptación a nivel nacional aún se concentra principalmente en la preparación y hay muy poco avance en materia de implementación, monitoreo, reporte y verificación.

Las acciones de adaptación, particularmente de reducción de la vulnerabilidad de sistemas naturales y humanos, pueden tener sinergias con acciones dirigidas a alcanzar los ODS. Entre estas acciones se encuentran aquellas dirigidas a garantizar la seguridad alimentaria, reducir riesgos de desastres, mejorar las condiciones de salud, mantener los servicios ecosistémicos y reducir la pobreza y la desigualdad.

Además de coincidir con el Acuerdo de París aprobado en la Conferencia sobre el Cambio Climático (COP21) en 2015, los ODS coinciden con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres firmado en Japón en marzo de 2015. Este acuerdo tiene como objetivo reducir los riesgos de desastre existentes y nuevos a través de metas y prioridades para la acción, al brindar un conjunto de normas comunes y metas viables para gestionar los riesgos del cambio climático y los desastres naturales, así como para reconstruir después de una crisis. Las metas de este acuerdo se alinean particularmente a los ODS 1, 11 y 13 (Mapa 1). En particular, la meta de este acuerdo se dirige al establecimiento de estrategias de reducción de desastres nacionales y locales, teniendo el 2020 como fecha límite. Para abril de 2020, 85 países (cerca del 40%) habían

74 IPCC. (2019). Calentamiento Global de 1.5°C. Intergovernmental Panel on Climate Change.

reportado algún grado de alineación de sus estrategias de reducción de riesgo de desastres con el Marco de Sendai.

**Tabla 3.** Articulación de indicadores del Marco de Sendai con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Indicadores de los ODS		Indicadores del Marco de Sendai
<i>Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo</i>		
1.5.1	Número de muertes, personas desaparecidas y afectadas directamente	A1 y B1
1.5.2	Pérdidas económicas directas atribuidas a los desastres con relación al producto interno bruto (PIB) mundial	C1
1.5.3	Número de países que adoptan e implementan estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional, de conformidad con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030	E1
1.5.4	Proporción de gobiernos locales que adoptan e implementan estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel local, de conformidad con las estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional	E2
<i>Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles</i>		
11.5.1	Número de muertes, personas desaparecidas y afectadas directamente por los desastres, por cada 100,000 personas	A1 y B1
11.5.2	Pérdidas económicas directas con relación al PIB mundial, lo que incluye daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, atribuidas a los desastres	C1, D1, D5
11.b.1	Número de países que adoptan e implementan estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional, de conformidad con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030	E1
11.b.2	Proporción de gobiernos locales que adoptan e implementan estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel local, de conformidad con las estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional	E2
<i>Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos</i>		
13.1.1	Número de muertes, personas desaparecidas y afectadas directamente por los desastres, por cada 100,000 personas	A1 y B1
13.1.2	Número de países que adoptan e implementan estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional, de conformidad con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030	E1
13.1.3	Proporción de gobiernos locales que adoptan e implementan estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel local, de conformidad con las estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional	E2

**Fuente:** Elaboración propia con base en United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Disponible en: <https://www.undrr.org/es/implementando-el-marco-de-sendai/el-marco-de-sendai-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible>

## Apuntes para la transformación

Ante la incertidumbre y retos que supone el cambio climático, no se requieren sólo enfoques de adaptación que mantengan y aseguren la supervivencia y el funcionamiento del sistema socioambiental de la Ciudad, sino enfoques que incorporen componentes de equidad, inclusión y justicia social que detonen cambios fundamentales en el sistema socioambiental de la Ciudad.

La Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México<sup>75</sup> tiene como visión crear una sociedad equitativa a través de un proceso incluyente donde actores, sectores y grupos vulnerables diversos impulsen una transformación adaptativa ante los principales retos sociales, económicos y ambientales del siglo XXI.<sup>76</sup>

Los enfoques de transformación comprenden el surgimiento de nuevos sistemas socioambientales a partir de esquemas alternativos de gobernanza generados a través de procesos de innovación, aprendizaje social y cambio sistémico en prácticas, entendimientos e instituciones.<sup>77</sup> Con base en lo anterior, las acciones con potencial para fomentar transformaciones hacia la sostenibilidad generarían esquemas que, por un lado, cuestionen los modelos de desarrollo vigente y promuevan el diseño de nuevos paradigmas de sostenibilidad del sistema y, por otro lado, se basen en la creación de recursos y oportunidades para atender los efectos de las tensiones crónicas en la CDMX de forma innovadora y plural. El diseño e implementación de acciones con potencial de transformación hacia la sostenibilidad requiere de un marco de análisis teórico-metodológico. Pese a su relevancia, aún existe en la literatura una heterogeneidad de enfoques y propuestas para marcos de análisis que, además, no necesariamente son operacionalizados para su uso en el ámbito de planeación urbana y territorial.<sup>78</sup>

La MRE Vulnerabilidad y Resiliencia fortalece la integración de la planeación territorial y urbana con el análisis de las amenazas del cambio climático, múltiples estresores y riesgos socioambientales con el fin de impulsar una transformación adaptativa y resiliente del territorio de la Ciudad a través de la identificación de las principales zonas con riesgos prioritarios para atender con acciones de resiliencia y soluciones basadas en naturaleza, bajo un enfoque de sensibilidad al agua y de transformaciones hacia la sostenibilidad.

<sup>75</sup> Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2018).

<sup>76</sup> Oficina de Resiliencia CDMX (2016).

<sup>77</sup> Nelsson *et al.*, *Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework*; Olsson, P., *et al.* (2014). *Sustainability Transformations: A Resilience Perspective. Ecology and Society* 19(4): art 1; Redman, C. L. (2014). *Should Sustainability and Resilience Be Combined or Remain Distinct Pursuits? Ecology and Society* 19(2); O'Brien, K. (2012). *Global Environmental Change II: From Adaptation to Deliberate Transformation*.

<sup>78</sup> AR-CDMX, LANCIS-UNAM, *Local & Global Ideas* (2018). *Construcción del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de la Estrategia de Resiliencia de la CDMX y de las acciones de la Agencia de Resiliencia. Reporte Técnico*.

## Oportunidades emergentes en la recuperación post-COVID-19

Las pandemias son fenómenos perturbadores que emergen a partir de múltiples factores entre los que se encuentran la intensificación insostenible de la agricultura, el uso insostenible de recursos naturales acelerado por la urbanización, el cambio de uso de suelo, la industria extractiva y el cambio climático. Algunas de las medidas identificadas para reducir el riesgo que suponen las zoonosis o enfermedades compartidas entre humanos y otros animales involucran la inclusión de enfoques de gestión de riesgos en la regulación de sistemas alimentarios y de suministro.<sup>79</sup> Estos enfoques son particularmente relevantes en las ciudades, donde la densidad poblacional ha sido un factor determinante para la propagación de enfermedades.

Condiciones de acceso a seguridad social, dependencia de trabajo informal y marginación son elementos que exacerban los efectos de la pandemia por COVID-19.<sup>80</sup> Estas condiciones subyacen también a la vulnerabilidad de los sistemas humanos a riesgos abordados en este reporte, como la escasez de agua y los efectos de inundaciones. Por consiguiente, las estrategias de recuperación post-COVID-19 presentan la oportunidad de reducir las condiciones que subyacen a la vulnerabilidad de las personas en la Ciudad de México a múltiples riesgos, además de los efectos de la pandemia por COVID-19. En el marco de la recuperación post pandemia, las políticas fiscales verdes permiten dirigir recursos a la implementación de políticas de recuperación en el corto plazo que generen incentivos para incrementar la resiliencia a crisis futuras al abordar la reducción de la vulnerabilidad de poblaciones humanas y el mantenimiento de la integridad ambiental.<sup>81</sup> Entre las políticas verdes con mayores ventajas en el largo plazo se encuentra la construcción de acondicionamientos (*retrofit*) eficientes, la inversión en educación y capacitación y la inversión en capital natural para la regeneración y resiliencia de los ecosistemas.<sup>82</sup>

79 PNUMA. (2021). Informe sobre la Brecha de Adaptación de 2020. Resumen Ejecutivo. Nairobi.

80 SEDEMA. (2021). Estrategia Local de Acción Climática 2021-2050 / Programa de Acción Climática de La Ciudad de México 2021-2030. Gobierno de la Ciudad de México. Disponible en: [http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca\\_cc/Estrategia-Local-de-Accion-Climatica-de-la-Ciudad-de-Mexico-2014-2020.pdf](http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Estrategia-Local-de-Accion-Climatica-de-la-Ciudad-de-Mexico-2014-2020.pdf)

81 Westervelt, R. (2010). Sustainable Recovery. *Chemical Week*. Vol. 172.

82 Hepburn, C., et al. (2020). Will COVID-19 Fiscal Recovery Packages Accelerate or Retard Progress on Climate Change? *Oxford Review of Economic Policy*. Vol. 36.

## Anexos

### Anexo 1. Comparación entre conceptualizaciones de la Ley General de Protección Civil (LGPC) y la Ley General de Cambio Climático (LGCC)

Concepto	LGPC (2012)	LGCC (2012)
Adaptación		Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos –proyectados o reales o sus efectos–, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos
Peligro	Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado	
Resiliencia	Capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos	Capacidad de los sistemas naturales o sociales para recuperarse o soportar los efectos derivados del cambio climático
Riesgo	Daño o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador	Probabilidad de que se produzca un daño en las personas o en uno o varios ecosistemas originado por un fenómeno natural o antropógeno
Vulnerabilidad	Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un <i>agente perturbador determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales</i>	Nivel a que un sistema es susceptible o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad <i>está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación</i>

## Anexo 2. Fichas metodológicas de riesgos

### 1. Sismos

#### I. Amenaza por sismo

Identificación de las condiciones locales que definen los efectos de sitio de los sismos en la CDMX, entendidos como la razón de transmisión de energía sísmica proveniente de las aceleraciones por diversos tipos de sismos.

#### Metodología

Se empleó la información de la zonificación geotécnica de la CDMX como insumo básico para definición del mapa por amenaza sísmica. Dicha zonificación establece, con base en un análisis litológico, el coeficiente de transmisión sísmica que se refiere a la transmisión de energía en vertical en la Ciudad. La información del coeficiente sísmico se cruzó con la litología identificada por el Atlas de la CDMX de la SGIR-PC, clasificada con base en el origen de los materiales para generar una tipología para el reconocimiento de efectos de sitio.

ZONA	c	ao	Ta_1	Tb_1	r
Zona I	0.16	0.04	0.20	1.35	1.00
Zona II	0.32	0.08	0.20	1.35	1.33
Zona IIIa	0.40	0.10	0.53	1.80	2.00
Zona IIIb	0.45	0.11	0.85	3.00	2.00
Zona IIIc	0.40	0.10	1.25	4.20	2.00
Zona IIId	0.30	0.10	0.85	4.20	2.00

Adicionalmente, se mapearon los epicentros originados en la CDMX por magnitud para reconocer microsismicidad y sumarla al mapa de amenaza sísmica. Esto considerando que la microsismicidad es resultado de dinámicas tectónicas que le imprimen una mayor peligrosidad al territorio y que, ante eventos sísmicos costeros o intraplaca, pueden acrecentar los daños y pérdidas en la Ciudad.

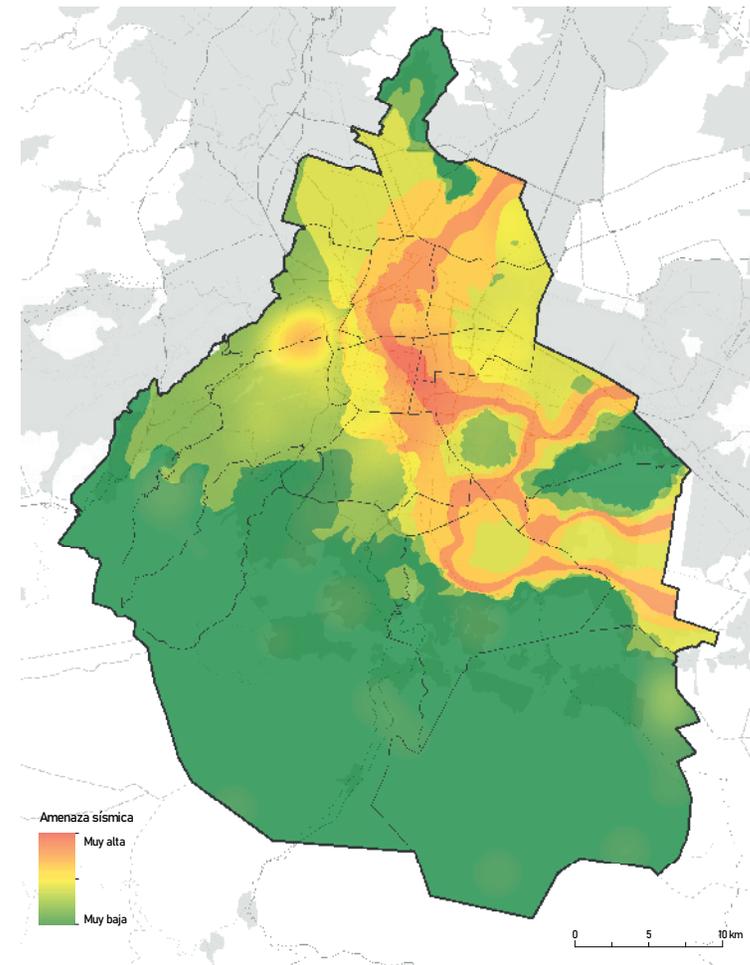
#### Datos específicos

El mapa establece un corredor que bordea el antiguo lago de Texcoco y que, coincidentemente, de acuerdo con datos referentes a la concentración de daños en la CDMX por el sismo del 19 de septiembre de 2017, tiene una relación bastante precisa con la siniestralidad observada en dicho evento.

De igual manera, al contrastar la información en el Atlas de Riesgo Sísmico, se observa una concordancia bastante precisa con la capa de riesgo sísmico en la Ciudad que también se asemeja a aquella de los espectros de aceleración estimados para el sismo del 19s de 2017 y procesados por el Servicio Sismológico Nacional.

#### Resultados

Mapa 1a. Amenaza por sismo



## II. Sensibilidad sísmica

Identificación de datos tipológicos sobre el sistema expuesto afectable a sismos –que son las construcciones en la CDMX– a través de dos variables principales: edad constructiva y niveles de construcción permitidos.

### Metodología

Se normalizaron dos capas en escala 1-5 para la construcción de la tipología para la sensibilidad sísmica.

#### *Edad constructiva*

La edad constructiva se infirió a partir de los polígonos de crecimiento urbano que se reclasificaron con base en el año de la mancha urbana; esto considerando que previo a 1987 las construcciones no integraban nociones de resistencia sísmica. De allí que el primer periodo, que comprende del año 1950 a 1987, se enmarca en una susceptibilidad muy alta y alta.

#### *Niveles permitidos*

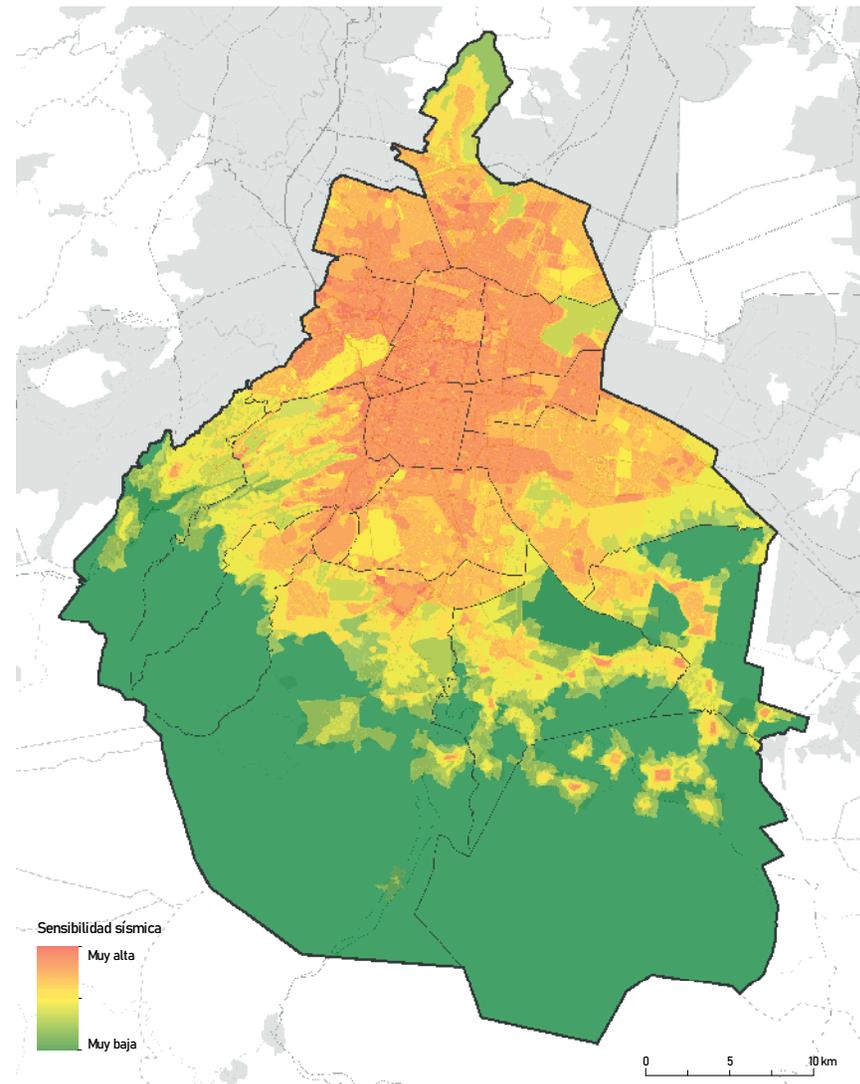
Obtenidos del Plan de Desarrollo Urbano de la CDMX, los niveles permitidos se reclasificaron en escala 1-5 considerando que, a mayores niveles construidos, mayor sensibilidad ante la energía sísmica. Sin embargo, considerando las tipologías y reglamentos para construcciones mayores a 20 niveles, a partir de dicha altura se considera una susceptibilidad baja dados los mecanismos que deben tener estos edificios para ofrecer resistencia sísmica. Las alturas constructivas consideran sismos provenientes de la costa para la clasificación de susceptibilidad, puesto que en estos sismos la energía que se transmite a la Ciudad se amplifica en periodos mayores de transmisión sísmica. Para sismos como el de 2017 con el epicentro cercano a la Ciudad, la energía vertical para periodos de transmisión menores es mayor; sin embargo, la baja probabilidad de estos eventos los descarta de la clasificación.

### Datos específicos

Los datos arrojados tienen una relación bastante clara con las afectaciones reportadas para ambos sismos significativos en la Ciudad –el de 1985 y el de 2017–, a la vez que identifica zonas fuera del centro de ésta que podrían verse afectadas ante la incidencia de otro sismo de gran magnitud. Es importante proponer la definición de una tipología constructiva en la Ciudad para reconocer la extensión de la autoconstrucción como factor que incrementa la susceptibilidad al daño de las construcciones y que incrementa el riesgo de desastres en ella.

## Resultados

Mapa 1b. Sensibilidad sísmica



### III. Riesgo por sismo

Cruce entre la amenaza sísmica definida por los efectos de sitio para la CDMX y las nociones de sensibilidad identificadas para el sistema expuesto afectable para este fenómeno perturbador: las construcciones.

#### Metodología

Se privilegió el dato de la sensibilidad sísmica y se multiplicó por la normalización del dato de la amenaza sísmica para reconocer las zonas con mayor potencial de afectaciones con base en las nociones tipológicas evaluadas y los efectos de sitio como la razón de transmisión de energía en vertical.

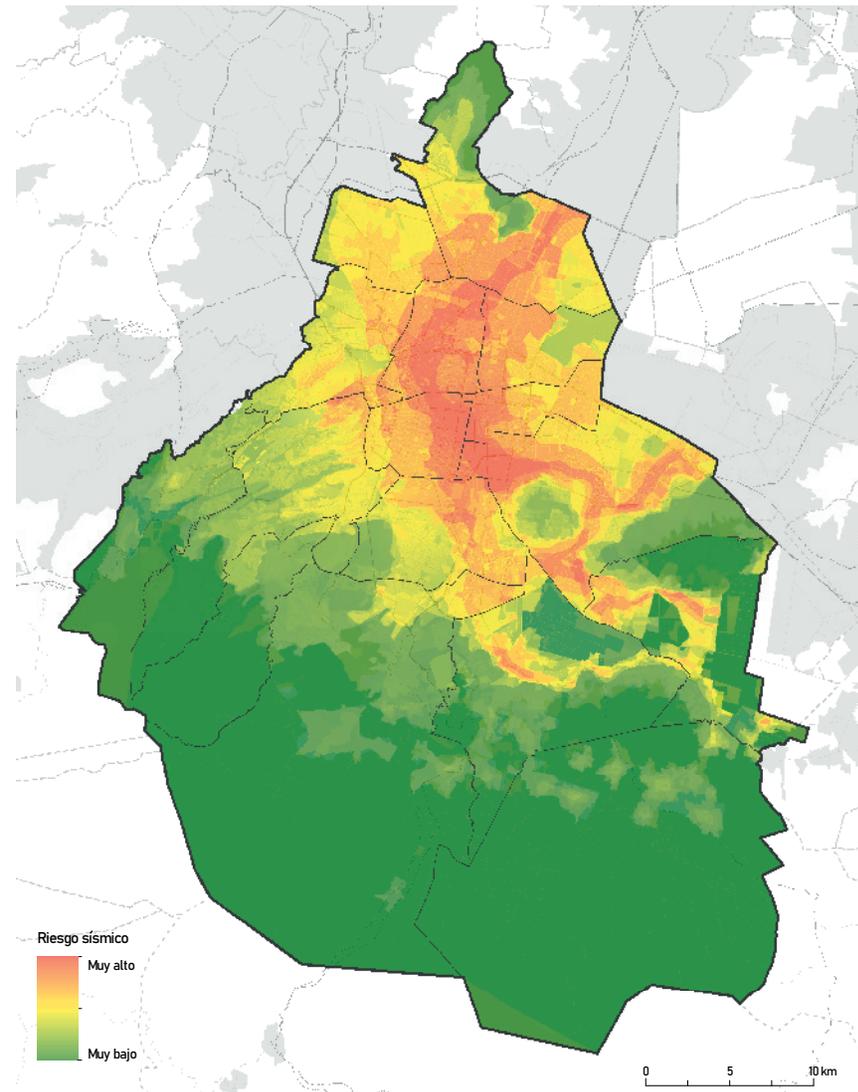
#### Datos específicos

El cruce identifica las zonas con mayor riesgo a sufrir afectaciones ante la incidencia de sismos sin importar el origen de la energía, puesto que el primer objetivo fue identificar las condiciones en la Ciudad que incrementan los efectos de sitio y que pueden derivar en daños estructurales. Primero, evaluando el suelo y la litología de la Ciudad y, posteriormente, las características constructivas disponibles para reconocer las zonas de mayor afectación potencial.

La zonificación coincide fielmente con la siniestralidad observada para el sismo de 2017 y reportada por la SGIR-PC.

### Resultados

Mapa 1c. Riesgo sísmico



## 2. Inestabilidad de ladera

### 1. Amenaza por inestabilidad de ladera

Modelo de identificación de la amenaza con base en la evaluación de las características que condicionan el fenómeno más la lluvia (PR 500 años) como factor detonante de los procesos de remoción en masa (PRM).

#### Metodología

El modelo de susceptibilidad a la *inestabilidad de laderas* se construyó identificando los factores condicionantes del fenómeno. Para esta evaluación multicriterio se realizó la herramienta de geoprocésamiento “superposición ponderada”, donde se tomaron como parámetros: la pendiente (28%), curvatura (25%), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (23%), geología (14%) y flujo preferencial de agua (10%). Los criterios de pendiente, curvatura y flujo preferencial de agua se extrajeron a partir del Modelo Digital de Elevación del Terreno (MDET) construido a partir de curvas de nivel a cada 10 metros. El criterio geología se obtuvo de los datos presentados en el Atlas de la CDMX y el criterio de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se obtuvo mediante imágenes satelitales del satélite Sentinel 2.

Posteriormente se integró la información del último periodo de retorno de las isoyetas del CENAPRED normalizadas a través del umbral de afectación identificado de 117 mm acumulados conforme a los estudios realizados por el CENAPRED como un indicador que puede detonar PRM en la región del Eje Neovolcánico.

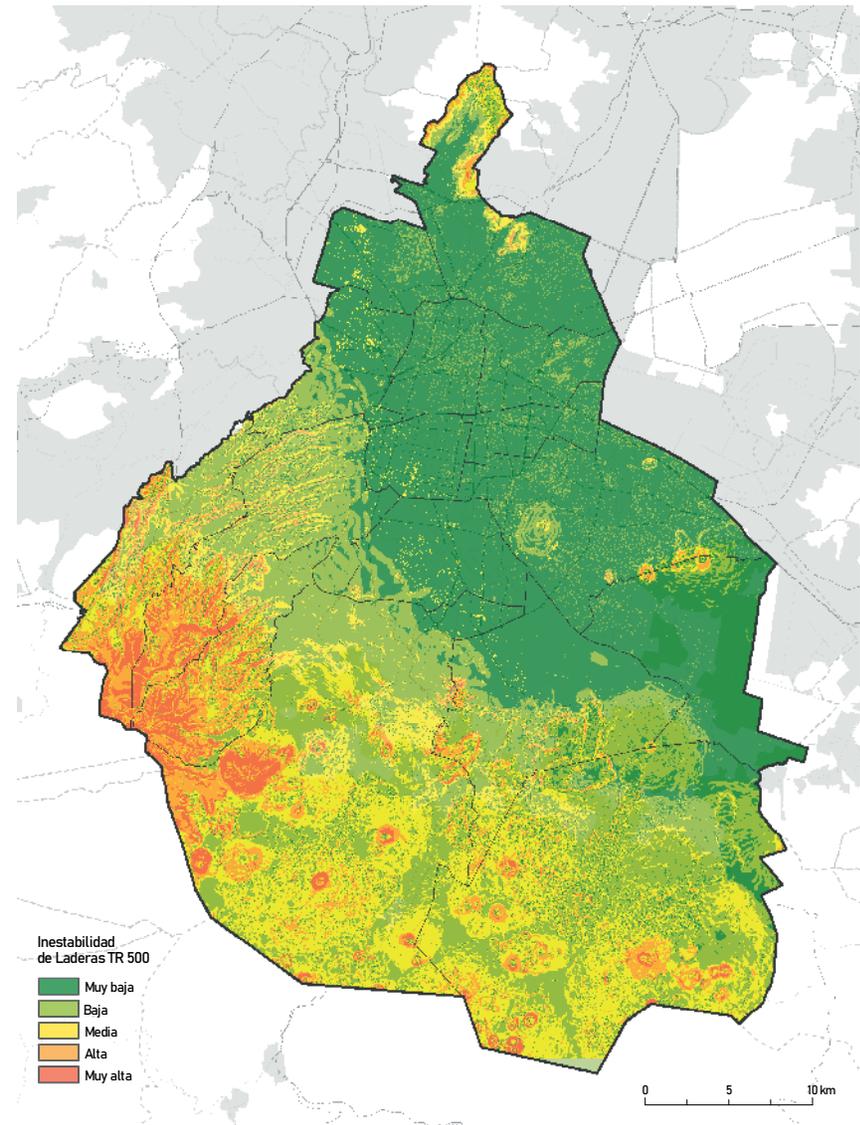
#### Datos específicos

El mapa arroja al poniente de la Ciudad como una zona con alto peligro a la inestabilidad de ladera tanto por las condicionantes como por la presencia del factor detonante. La capa elaborada corresponde fielmente a aquella que existe en el Atlas de la CDMX de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos.

Las alcaldías que más concentran el alto riesgo son las alcaldías La Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos, seguido de Tlalpan, Milpa Alta y Gustavo A. Madero.

## Resultados

Mapa 2a. Amenaza inestabilidad de laderas



## II. Sensibilidad a la inestabilidad de ladera

Identificación de las zonas con mayor crecimiento demográfico como indicativo del proceso de ocupación del suelo inferido a partir de datos de los Censos 2010-2020.

### Metodología

Se obtuvieron los datos por manzana de población total y viviendas totales para los Censos de 2010 y 2020.

Mediante una unión con base en la clave geoestadística de la manzana se integró una base con ambos periodos de tiempo y se estimó la diferencia entre el dato de 2020 y el de 2010 para identificar las zonas con mayor crecimiento demográfico.

Una vez estimado el dato, se condicionó la base de datos para excluir todos los negativos, aquellas zonas donde hubo pérdida de población para identificar únicamente la intensidad de ocupación de la Ciudad en los últimos 10 años.

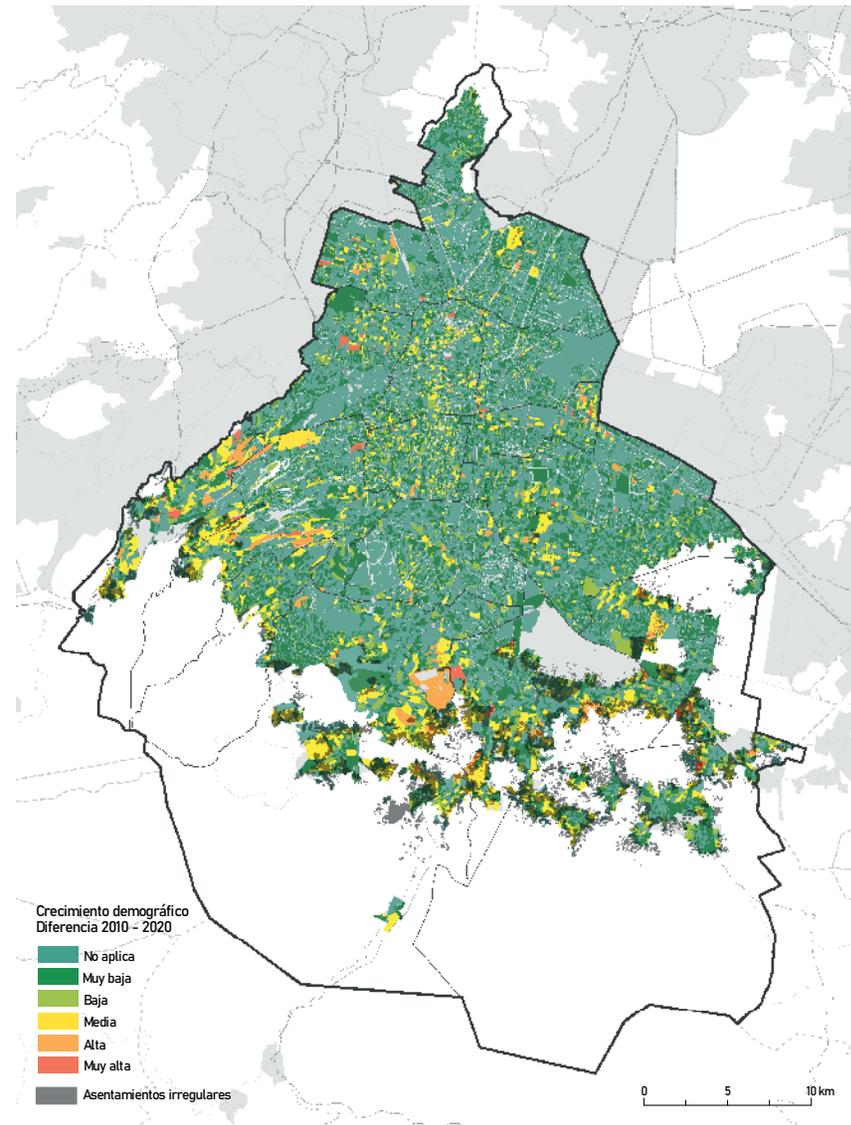
### Datos específicos

La Ciudad continúa teniendo un mayor crecimiento horizontal en las zonas periféricas, principalmente al sur y poniente, lo que refleja una falta de regulación territorial al considerar que el crecimiento se está dando sobre el suelo de conservación de la CDMX.

El sistema afectable expuesto ante la inestabilidad de laderas son las edificaciones. De allí que reconocer hacia dónde está creciendo la Ciudad en términos físicos ayuda a definir zonas donde, pese al peligro existente en el territorio, se está asentando la población, invadiendo espacios no seguros y construyendo riesgos.

## Resultados

Mapa 2b. Sensibilidad a inestabilidad de ladera



### III. Riesgo por inestabilidad de laderas

Relación entre la expansión de la Ciudad inferida a través del cambio demográfico en manzanas del Censo 2020 y 2010 y el peligro de inestabilidad de laderas.

#### Metodología

Se cruzó geográficamente la capa de peligro por inestabilidad de ladera con la de sensibilidad a la inestabilidad de ladera para reconocer la expansión de la Ciudad a zonas de peligro.

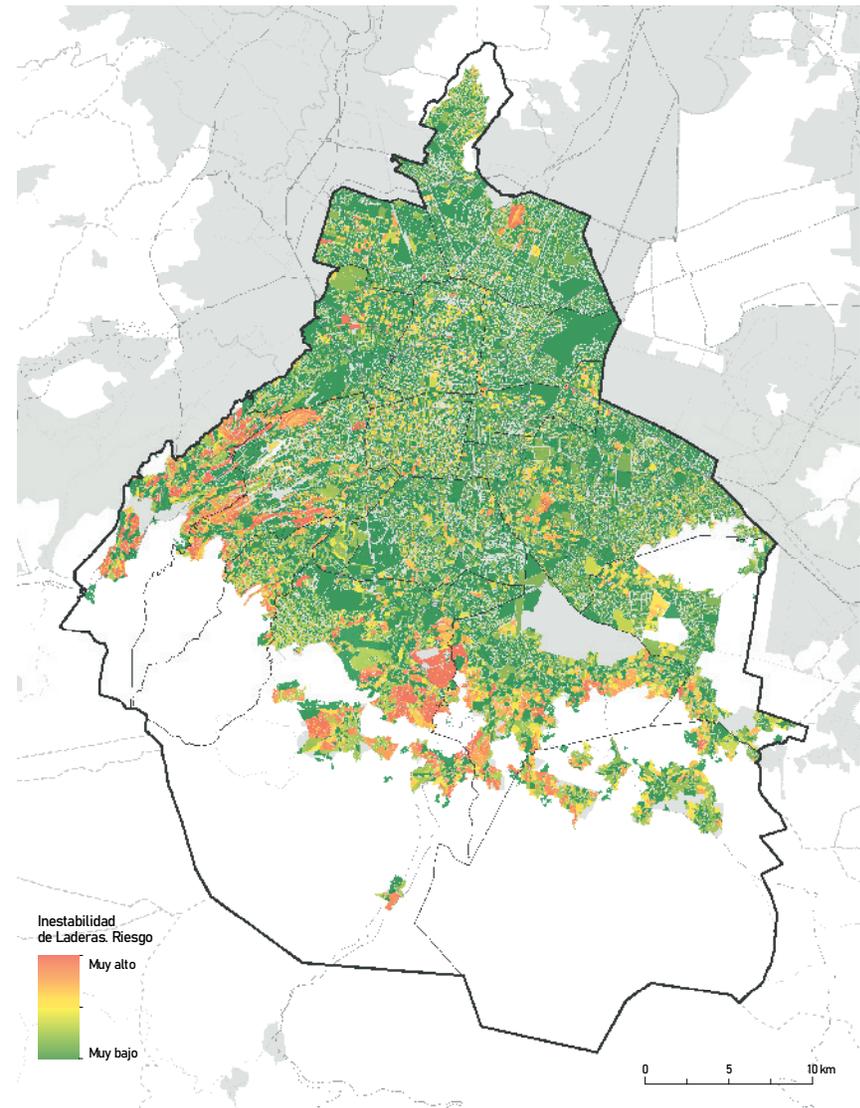
Para la ecuación se privilegió el valor de la sensibilidad y se normalizó la capa de peligro para representar las zonas donde convergen ambas condiciones territoriales.

#### Datos específicos

El crecimiento en zonas de peligro refleja una falta de regulación territorial que incrementa el riesgo de la población y sus viviendas de manera importante. El crecimiento en las zonas periféricas al sur-poniente de la Ciudad imprime un grado de riesgo significativo que no ha podido ser regulado por las autoridades en ésta.

### Resultados

Mapa 2c. Riesgo de inestabilidad de laderas



### 3. Sequías

#### 1. Amenaza por sequías

Estimación de la susceptibilidad a sequías para distintos periodos de retorno considerando las temperaturas extremas como factores detonantes del fenómeno.

##### Metodología

El desarrollo metodológico del fenómeno de sequías realizado para este estudio involucra el mapeo del índice Estandarizado de Precipitación como elemento para definir la propensión a sequías del territorio y su relación con la humedad del suelo, identificada a través del NVDI, índice geoespacial empleado para reconocer la calidad vegetativa. Para este caso específico, se empleará para reconocer la vegetación expuesta al déficit de humedad identificado por el índice climatológico.

Se promedió el índice de todos los años en la base de datos para establecer el comportamiento de la lluvia en el territorio del municipio con relación a la media climatológica y se cruzó, previa normalización, para identificar las zonas actual y mayormente propensas a desecamiento y ausencia de humedad atmosférica.

Posteriormente, y como factor detonante del fenómeno, se mapearon las temperaturas extremas durante los meses más cálidos en el área delimitada, proyectadas para diferentes periodos de retorno a 5, 10, 20, 50 y 100 años a través del método Gauss Gumble, temperaturas superiores a los 30°C con un índice estandarizado de precipitación deficitario, que implica una mayor probabilidad de desarrollo del fenómeno.

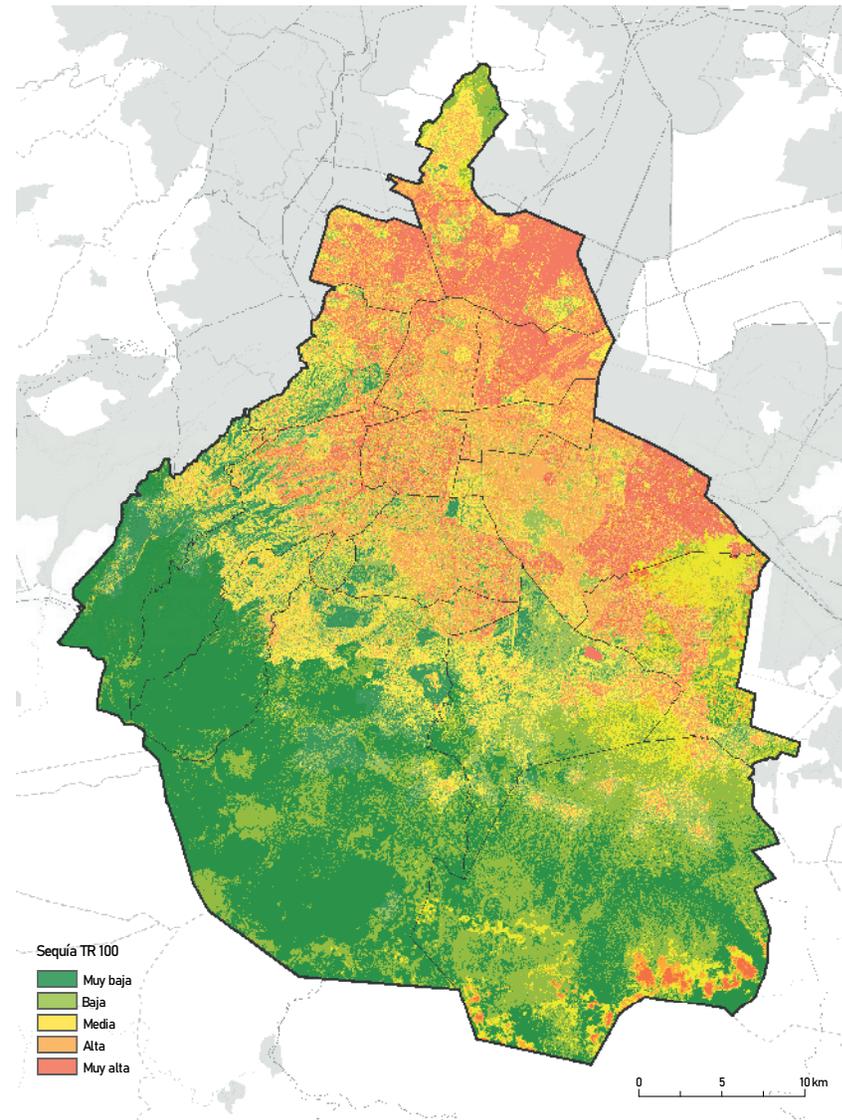
Finalmente, y como factor de vulnerabilidad al fenómeno, se integró el NVDI como reconocimiento de carga de humedad o cuerpos vegetales. El índice de vegetación diferencial normalizado o índice NDVI, responde a uno de los parámetros calculados mediante el juego de bandas para el estudio de cubiertas vegetales. Su fundamento radica en el análisis de los valores de reflectancia de longitudes de onda en diferentes secciones del espectro electromagnético. Más concretamente, en la banda visible del rojo y en la banda del infrarrojo cercano.

##### Datos específicos

Las zonas más afectables al fenómeno se encuentran hacia el noreste de la mancha urbana que, coincidentemente, se encuentran en las zonas de mayor temperatura superficial del suelo y hacia el poniente de la alcaldía Iztapalapa.

#### Resultados

Mapa 3a. Amenaza por sequías



## II. Sensibilidad a sequías

El sistema afectable del fenómeno perturbador es la vegetación, por lo que la sensibilidad es la identificación de las características vegetales (su estado fenológico) para reconocer qué tan susceptible es a ser afectada por el fenómeno de sequías.

### Metodología

Se retomó el mapa de calidad vegetal desarrollado para la LE de Corredores Ambientales que es la relación entre el inventario de vegetación en el área urbana y de conservación ecológica en la CDMX, clasificada con base en la relación geoespectral de diversos índices pensados para evaluar la calidad de los servicios ambientales: NVDI, NDWI y GCI, que definen un grado de calidad vegetal.

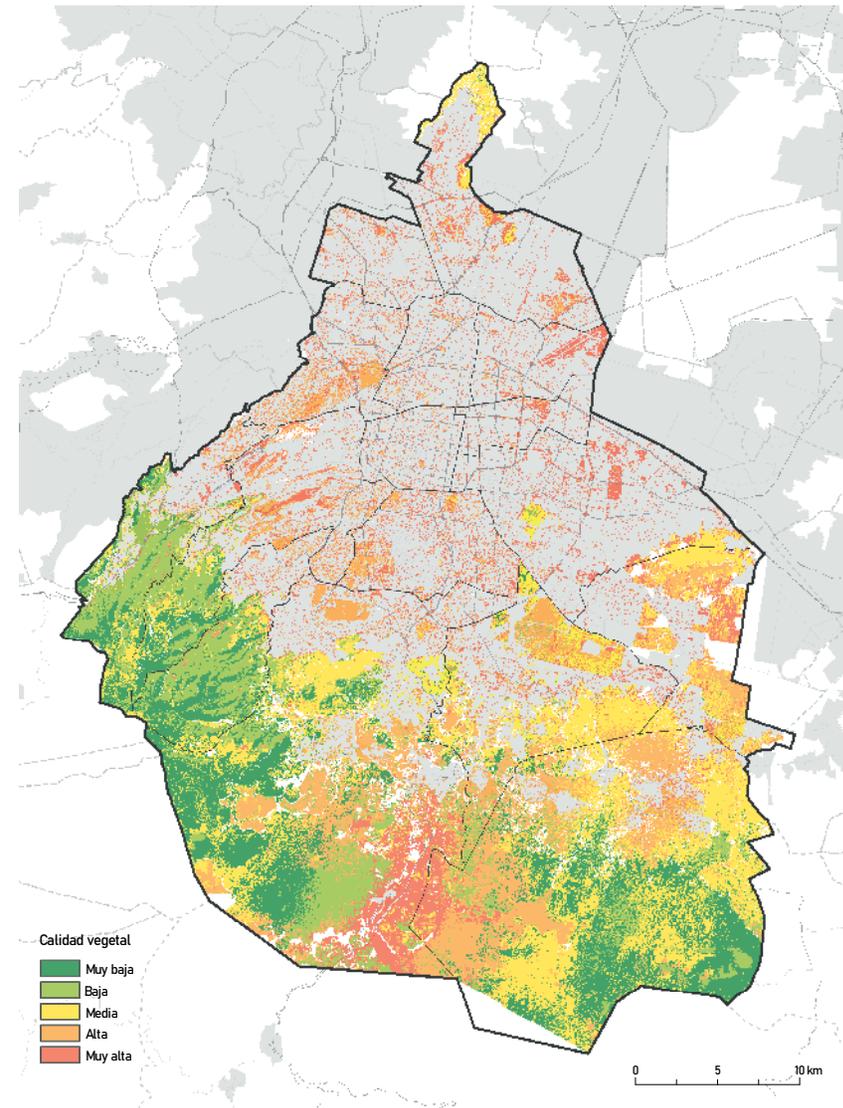
La calidad vegetal representa el nivel de “salud” de la vegetación, por lo que se emplea como indicador para reconocer qué tan sensible es la vegetación a ser dañada ante la incidencia de dichos fenómenos.

### Datos específicos

La calidad vegetal se relaciona con el continuo y la fragmentación de los sistemas vegetales. Por ello, en los núcleos de vegetación en la zona de conservación es donde se posee mayor calidad vegetal y, por el contrario, donde más antropizado se encuentra el suelo, menor calidad vegetal.

## Resultados

Mapa 3b. Sensibilidad a sequías



### III. Riesgo por sequías

Cruce entre la amenaza por sequías y la sensibilidad de la vegetación identificada por la calidad vegetal.

#### Metodología

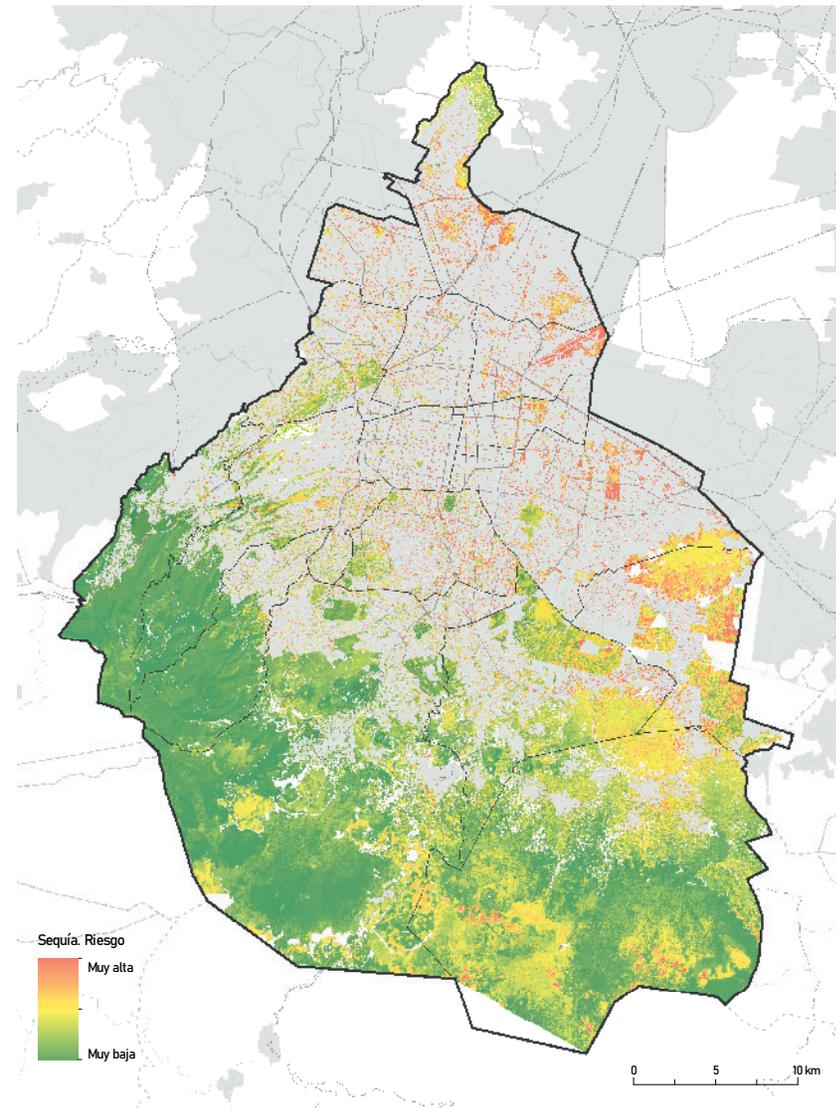
Se normalizó la amenaza por sequías y se multiplicó por la sensibilidad del sistema vegetal para identificar la vegetación con más riesgo a verse afectada por sequías. La distribución de la amenaza por sequía en la extensión urbana de la CDMX definió un menor grado de riesgo hacia la zona de conservación ecológica.

#### Datos específicos

Las zonas más afectables son las que se encuentran continuas a la mayor densidad urbana y son las que se abordan en la LE de Corredores como prioritarias para la transferencia de servicios ambientales de las zonas de conservación ecológica a las más afectables en la CDMX.

### Resultados

Mapa 3c. Riesgo de sequías



## 4. Olas de calor

### I. Amenaza por olas de calor

Estimación de las temperaturas máximas para distintos periodos de retorno y territorialización con base en la temperatura superficial del suelo como indicativo de islas de calor.

#### Metodología

Para la identificación de las temperaturas máximas se proyectaron los datos de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA con más de 30 años en distintos periodos de retorno a través del método de Gauss Gumble. Éste, expresando la probabilidad de ocurrencia en periodos de retorno, permitió estimar las temperaturas máximas incidentes en la Ciudad.

Para identificar el efecto de isla de calor en la CDMX y poder territorializar las proyecciones de temperaturas, se estimó la temperatura superficial del suelo (LST) a partir de una imagen Landsat 8 que reconoce la distribución de la temperatura estimada a partir de la emisión de radiación captada por el satélite y que depende de la cobertura de suelo.

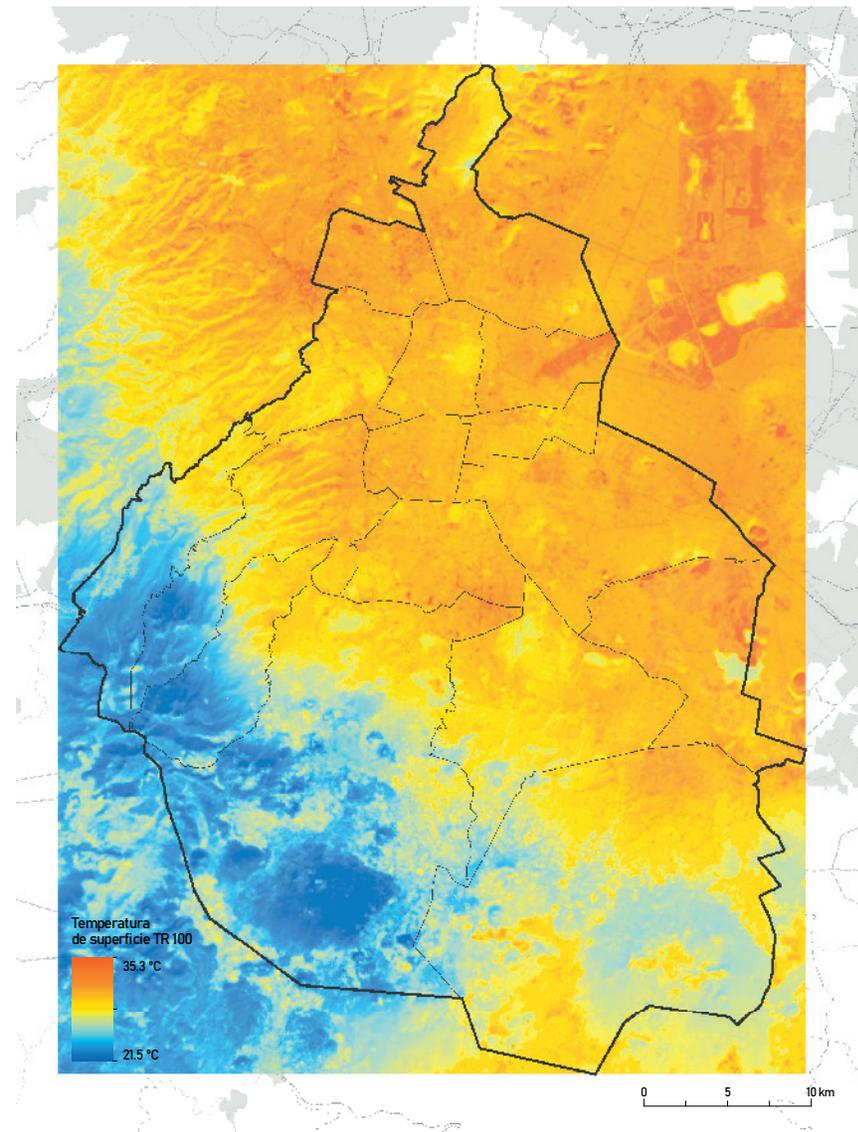
Ambos insumos se integraron mediante un promedio simple y permite el reconocimiento del ajuste de las temperaturas con base en la respuesta espectral de los materiales consolidados en la Ciudad.

#### Datos específicos

El mapa resultante identifica claramente las zonas desprovistas o con poca densidad vegetal y la relación que existe con la incidencia de temperaturas máximas potencialmente dañinas que, en la CDMX y de acuerdo con la literatura propuesta por SEDATU, inicia a partir de los 25 grados centígrados con una sensación de incomodidad y tiene una amenaza mayor al llegar a los 30 grados.

## Resultados

Mapa 4a. Amenaza por olas de calor



## II. Sensibilidad a olas de calor

Identificación del perfil probabilístico del sistema expuesto afectable al fenómeno que es la población, y la identificación del grado de sensibilidad que tiene la población ante la incidencia de olas de calor.

### Metodología

Se construyó un indicador estadístico con información del Censo de Población y Vivienda 2020 que contiene la información de población susceptible identificada con las variables de población menor a 12 años y mayor a 65, así como el porcentaje de población por manzana con derechohabiencia a servicios de salud y el dato de disponibilidad de agua potable identificado en el Censo. El índice compuesto tiene por objetivo reconocer la población más susceptible a sufrir daños por la incidencia de olas de calor.

El indicador se cruzó con la información de la MRE de Agua sobre déficit en el acceso al agua, identificado a través de la diferencia entre el consumo estimado y el consumo reportado por SACMEX, para identificar las zonas con menor suficiencia de los servicios de agua potable.

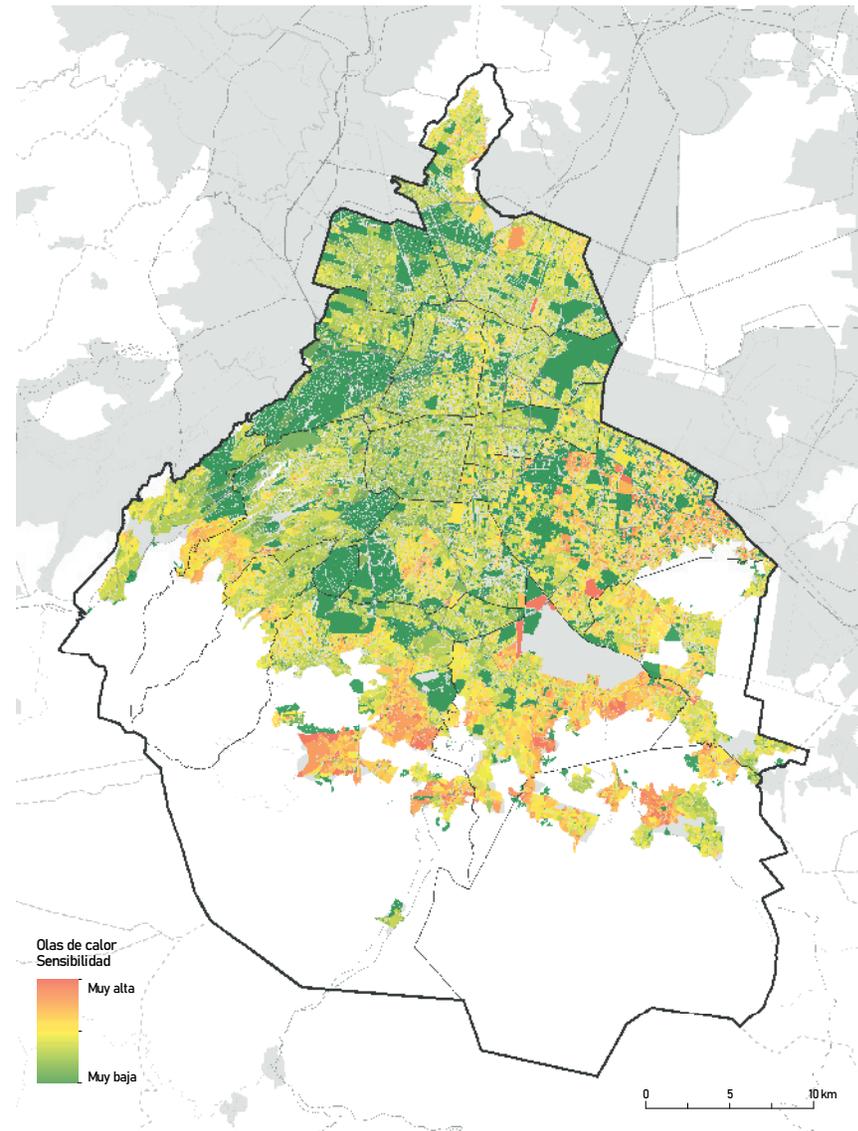
El perfil probabilístico del sistema afectable se refiere a la población susceptible de ser afectada en su salud y con dificultad para el acceso al agua potable.

### Datos específicos

De manera muy directa, el indicador reconoce las zonas con marginación en la periferia de la Ciudad donde es bien reconocido el grado de carencia y déficit en el acceso al agua. Sin embargo, también reconoce algunas zonas en Coyoacán y en Gustavo A. Madero con una sensibilidad alta, que indica dónde se concentra la mayor población sensible ante ondas de calor.

## Resultados

Mapa 4b. Sensibilidad a olas de calor



### III. Riesgo por olas de calor

Cruce entre la amenaza definida por la temperatura superficial y las proyecciones de temperaturas extremas en la CDMX y el índice de sensibilidad construido para el sistema expuesto afectable: la población.

#### Metodología

De igual manera, se privilegió el indicador de sensibilidad para el cruce de riesgo. Una vez normalizado, se multiplicó para reconocer las zonas con mayor amenaza y sensibilidad en la Ciudad, lo que reduce las zonas sensibles con base en la distribución de temperaturas máximas extremas.

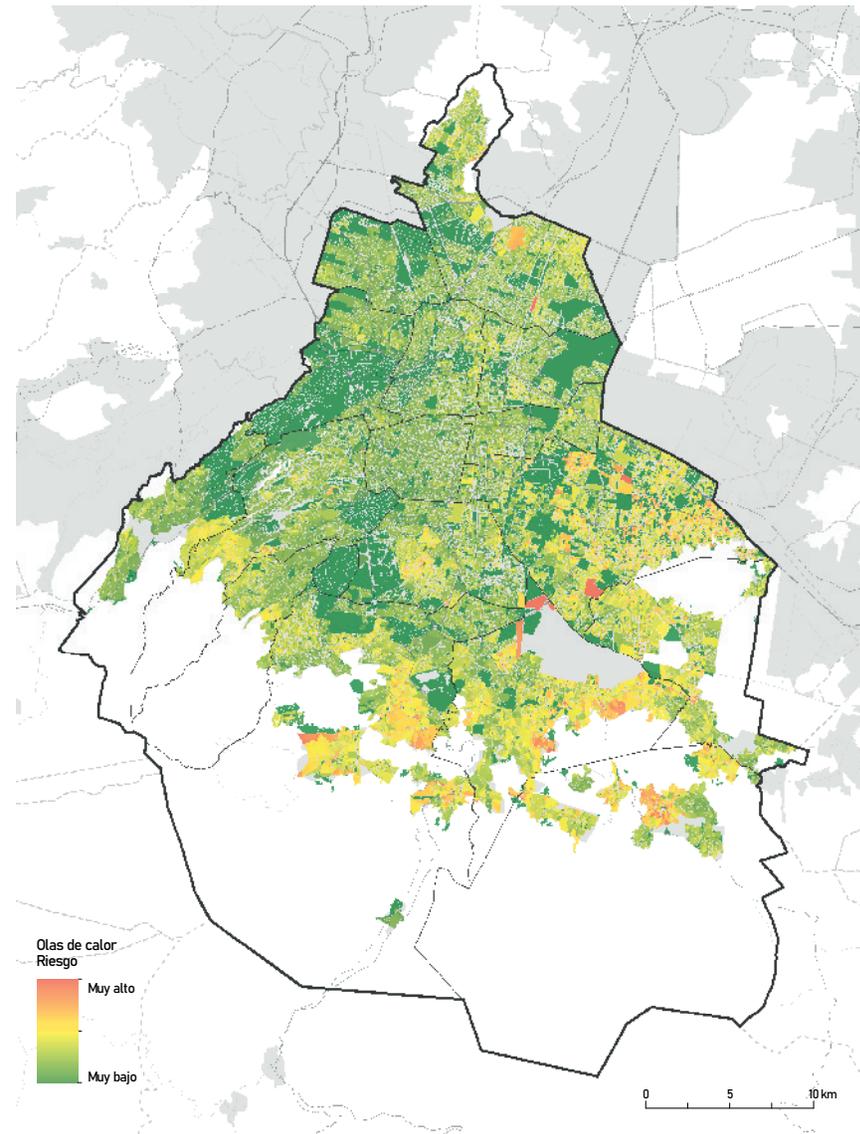
#### Datos específicos

Las zonas con menor sensibilidad pero mayor temperatura quedan normalizadas con un menor riesgo por olas de calor, lo que es interesante para distinguir la diferencia entre el riesgo y la amenaza. Esto dado que, por ejemplo, para la amenaza, la zona industrial de Vallejo se encuentra en un rango muy alto; sin embargo, el proceso demográfico de dicha zona no es lo suficientemente sensible para ser relevante cuando se interpone el sistema afectable que se definió: la población.

El sistema afectable es lo que define finalmente el grado de riesgo, delimitado zonas de atención inmediata para la generación de políticas a corto plazo de reducción de riesgos e incremento de resiliencia, mientras que el peligro es un insumo que podría usarse para establecer cambios al mediano y largo plazo.

### Resultados

Mapa 4c. Riesgo de olas de calor



## 5. Inundaciones

### I. Índice de riesgo a inundaciones

Mapa síntesis de las zonas en riesgo a inundaciones.

#### Metodología

Cruce cartográfico entre la información de encharcamientos históricos, la susceptibilidad física y un modelo de flujos superficiales.

Normalización de cada variable en escala 0-1.

Ponderación de variables con un peso del 70% para la capa de encharcamientos históricos y un 30% para los criterios físicos en conjunto.

Reclasificación del resultado por el método de cortes naturales y normalización de la capa en escala 1-5.

El grado de riesgo a inundaciones, al considerar los antecedentes como la variable de mayor peso, trata de integrar todas aquellas variables no mapeables sobre las características de la red de drenaje y que van a definir finalmente el riesgo para la presencia e intensidad de inundaciones pluviales.

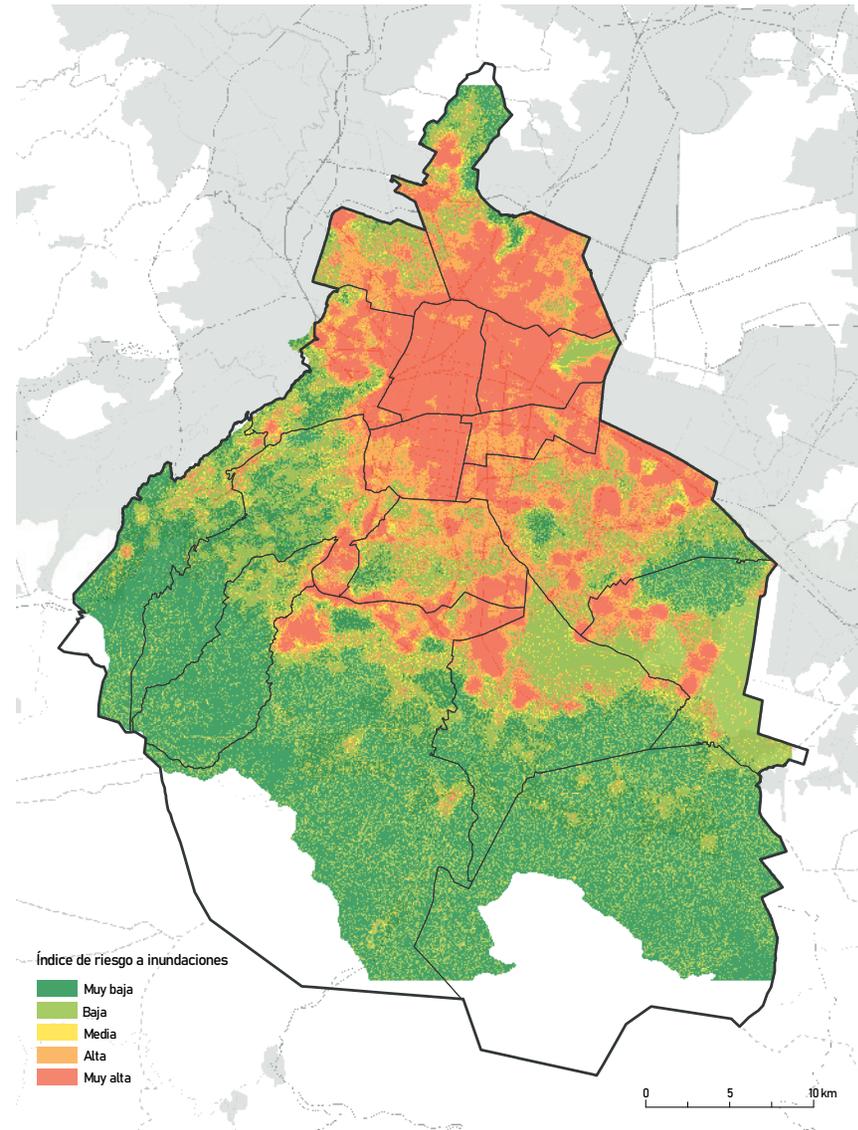
#### Datos específicos

El antiguo Lago de Texcoco que se emplazaba en la zona baja de la cuenca del Valle de México es, sin duda, donde se posee mayor riesgo para inundaciones pluviales dentro de la Ciudad de México; razón obvia considerando los factores topográficos e hidrológicos de la captación de la cuenca hacia la parte central-nororiente de la Ciudad, como se observó en la red de flujos superficiales LIDAR.

Intensidad	Área
Muy baja	417.12
Baja	395.40
Media	46.13
Alta	187.73
Muy alta	241.27

### Resultados

Mapa 5. Índice de riesgo a inundaciones



## 6. Químico-tecnológicas

### I. Amenaza por incendios urbano-forestales

Modelo que reconoce la disponibilidad de combustible vegetal al identificar a los mayores núcleos de vegetación más los factores atmosféricos como los desecanantes de la combustión.

#### Metodología

Para evaluar la ocurrencia de incendios forestales existen propuestas metodológicas de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) que será necesario considerar. El Centro Nacional propone la “Estimación Simplificada de la Amenaza por Incendios”, que se deberá seguir para la determinación de un índice de peligro que señala la posibilidad de ocurrencia de incendios en una región determinada. Para ello se consideran tres componentes que son: combustibles forestales, condiciones meteorológicas y factores antropogénicos.

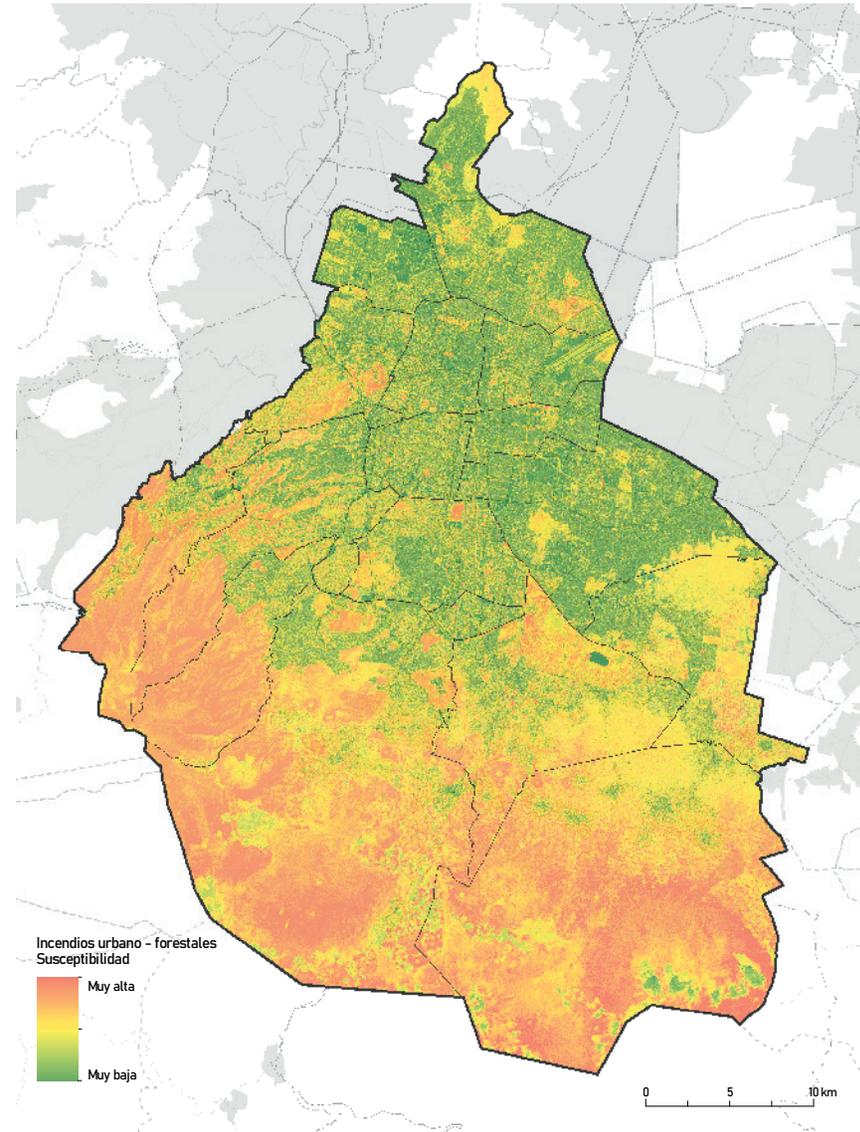


#### Datos específicos

El mapa identifica las zonas con mayor susceptibilidad a inundaciones forestales y urbanas al sur de la Ciudad donde, en conjunto con la sierra de Guadalupe, se concentra año con año la mayor incidencia de estos eventos que impactan negativamente en la vida y salud de la población de la CDMX.

## Resultados

Mapa 6a. Riesgo de incendios urbano-forestales



## II. Giros de alto riesgo con base en el CENAPRED

Identificación de los giros de alto riesgo clasificados conforme al CENAPRED con base en los giros del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas DENUE.

### Metodología

Las personas, los bienes materiales y el medio ambiente que se encuentran próximos a un establecimiento industrial en el que se utilizan sustancias peligrosas, están expuestos al riesgo por la sola presencia de dicha instalación y de las sustancias que se manejan. Por ello es importante estimar el nivel de peligro potencial de una actividad industrial para las personas (principalmente), mediante la estimación de la magnitud del daño y la probabilidad de su ocurrencia (CENAPRED, 2007).

Hasta la fecha se han publicado en el Diario Oficial de la Federación dos listados sobre las sustancias tóxicas, explosivas e inflamables, cuyo manejo dentro de instalaciones industriales, comerciales y de servicio de las sustancias sea igual o superior a la cantidad de reporte establecida en los listados que determinan la actividad como altamente riesgosa. El primer listado se refiere al manejo de sustancias tóxicas y se publicó el 28 de marzo de 1990, el segundo listado se refiere al manejo de sustancias inflamables y explosivas, y fue publicado el 4 de mayo de 1992.

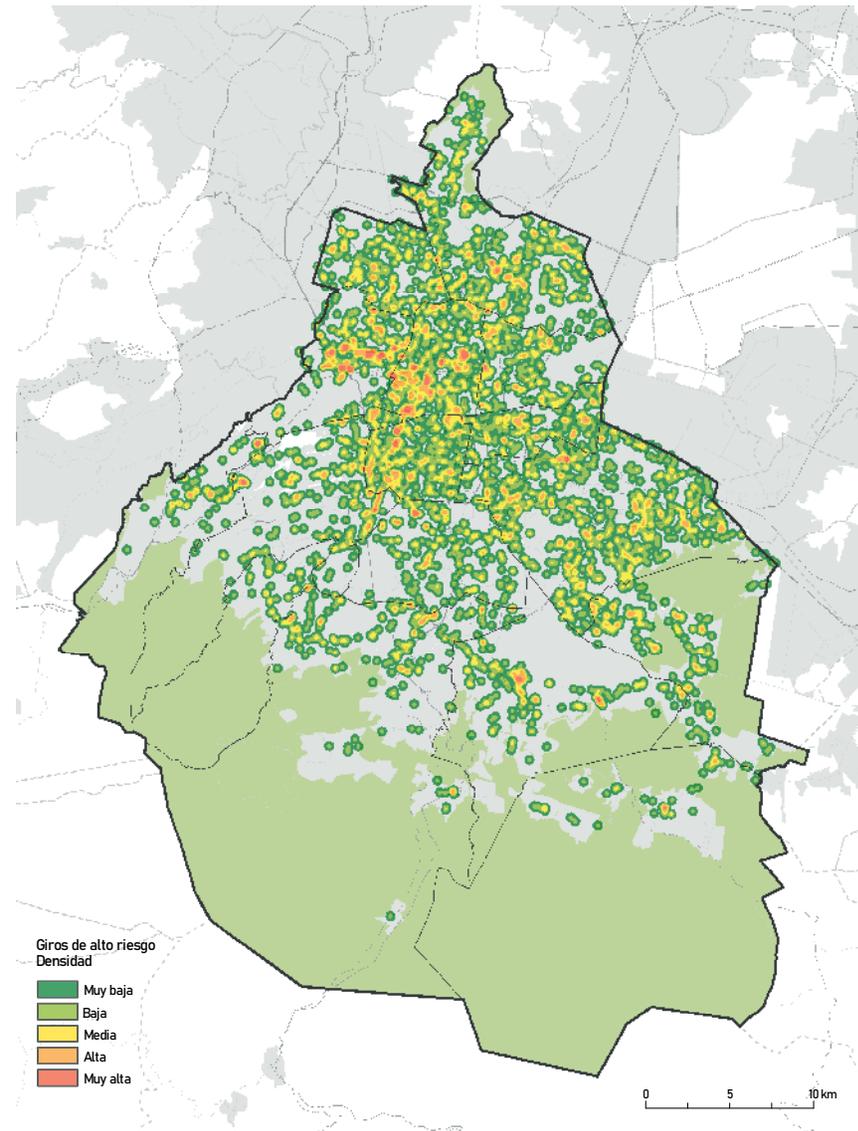
Por último, el CENAPRED y la Coordinación Nacional de Protección Civil de México, determinaron las actividades e instalaciones que deberán incluirse en los Atlas de Peligro y Riesgo, destacando algunas normativas (principalmente en materia de hidrocarburos) tales como la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012 “Terminales de almacenamiento de gas natural licuado” y actividades de instalación con uso de suelo correspondiente a comercio e industria, consideradas zonas de riesgo medio y alto, debido a la presencia de sustancias y materiales peligrosos que se encuentren indicadas en las disposiciones legales emitidas por los estados y municipios correspondientes.

### Datos específicos

La distribución de actividades económicas peligrosas en la Ciudad de México se ubica donde se concentra la mayoría de las actividades económicas: el corredor Insurgentes-Reforma-Polanco, con diversos núcleos en todas las alcaldías.

## Resultados

Mapa 6b. Giros de alto riesgo



### III. Amenaza por incidentes químico-tecnológicos

Mapa que define las actividades económicas peligrosas y la siniestralidad registrada para definir el índice de amenaza por eventos químico-tecnológicos.

#### Metodología

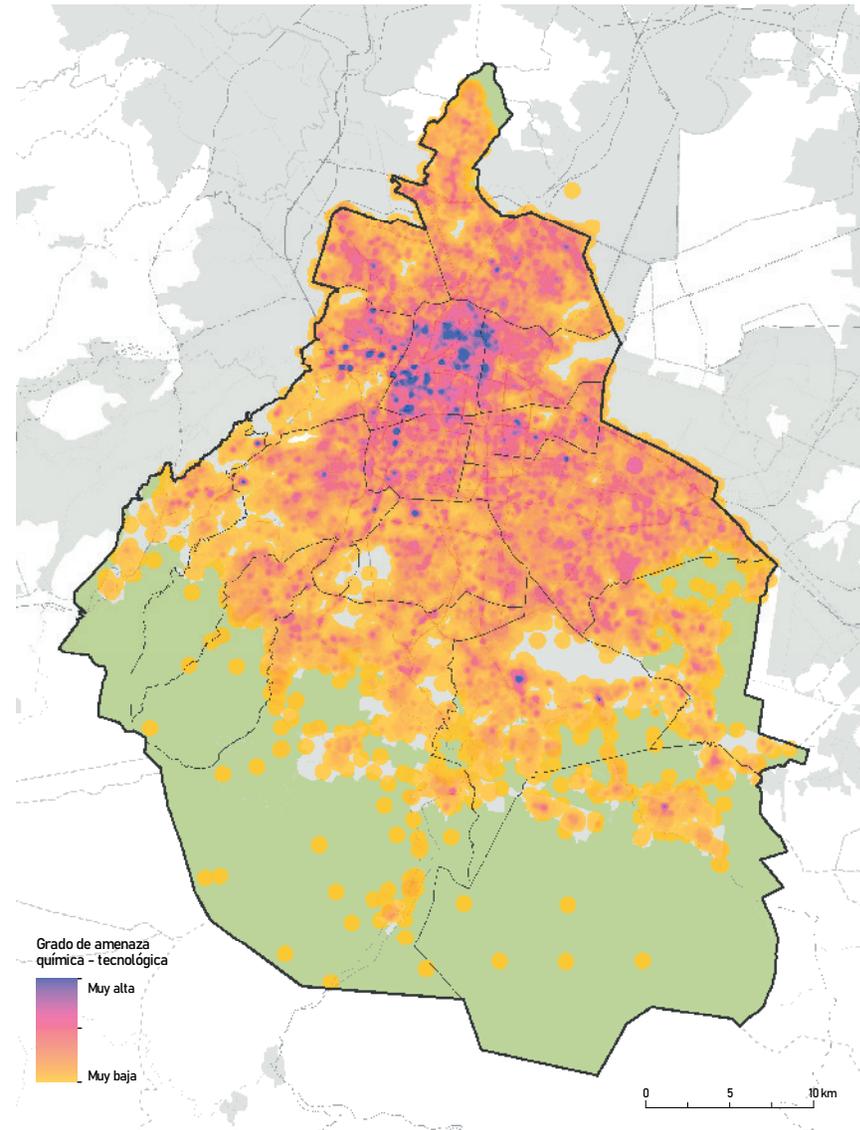
Se cruzó la información de las actividades económicas peligrosas con la siniestralidad identificada en el RUSE para eventos químico-tecnológicos.

#### Datos específicos

La definición de zonas con mayor incidencia de eventos y mayor concentración de actividades económicas peligrosas define en el centro de la Ciudad el mayor riesgo frente a actividades químico-tecnológicas.

### Resultados

Mapa 6c. Riesgo de incidentes químico-tecnológicos



## 7. Agua

### I. Transversal naturaleza

Identificación del ciclo hidrológico existente en el territorio de la CDMX integrando el análisis de la vegetación por núcleos, calidad y aporte de lluvia.

#### Metodología

La capa construida de densidad y calidad vegetales (densidad identificada con base en el Censo de áreas verdes para la CDMX, y calidad a través de un ejercicio mediante indicadores geoespectrales para reconocer servicios ambientales) se sumó con aquella sobre potencial de infiltración en zona de conservación para identificar las zonas con mayores servicios de captación e infiltración de agua.

Posteriormente, una vez normalizado el mapa, se multiplicó por la lluvia para el mes más lluvioso considerando éste como una razón de distribución normal de precipitación en la Ciudad, lo que permitió generar el mapa de relación lluvia-captación para la definición de zonas prioritarias para el ciclo hidrológico de la CDMX.

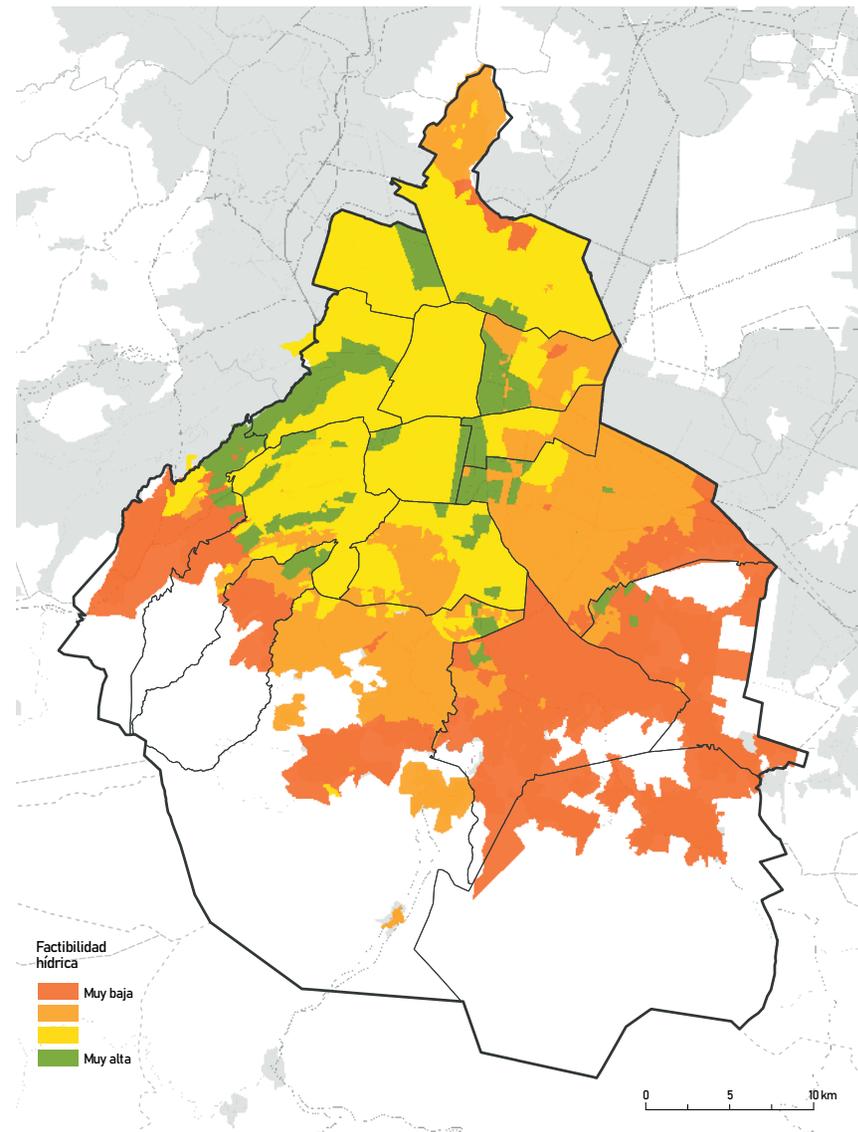
Adicional a la información, se integró la información del mapa Agua como Recurso para reconocer la relación entre dicho ciclo y la infraestructura dispuesta actualmente en la CDMX.

#### Datos específicos

Se observa una alta aptitud de infiltración principalmente al sur-poniente de la Ciudad de México, dentro de los suelos de conservación en la zona del volcán El Pelado y el parque nacional Cumbres del Ajusco, así como en la frontera del volcán Tláloc y el parque nacional El Tepozteco, al sur de la alcaldía Milpa Alta. Destacan de sur a norte algunos sitios en el área urbana como son el bosque de Tlalpan, el cerro de La Estrella, el bosque de Chapultepec y, al norte, el parque nacional El Tepeyac y cerro Zacatenco.

## Resultados

Mapa 7a. Factibilidad hídrica



## II. Transversal servicios

Mapeo de la distribución del consumo de agua tota (doméstico, no doméstico y mixto) por manzana registrado para el tercer bimestre del año 2019, obtenido de datos abiertos de la CDMX agrupado por colonia.

### Metodología

Con base en los mapas derivados de la caracterización sobre la diferencia entre el consumo de agua potable registrado y el estimado, el mapa de factibilidad hídrica de SACMEX y la construcción del mapa por colonia de tubería de agua potable primaria por metro cuadrado, se construyó un índice de acceso al agua tomando con el mismo peso las tres variables definidas.

Dichas variables tienen el objetivo de reconocer las zonas donde tanto por instalación de la red de agua potable como por el consumo de agua se reconozca déficit en el acceso al recurso.

La relación entre red construida y el área por colonia se realizó considerando la información provista por SACMEX referente a la red de distribución primaria de agua potable.

Cada variable fue reclasificada previamente con el método cortes naturales como método para normalización estadística en escala 1 a 5.

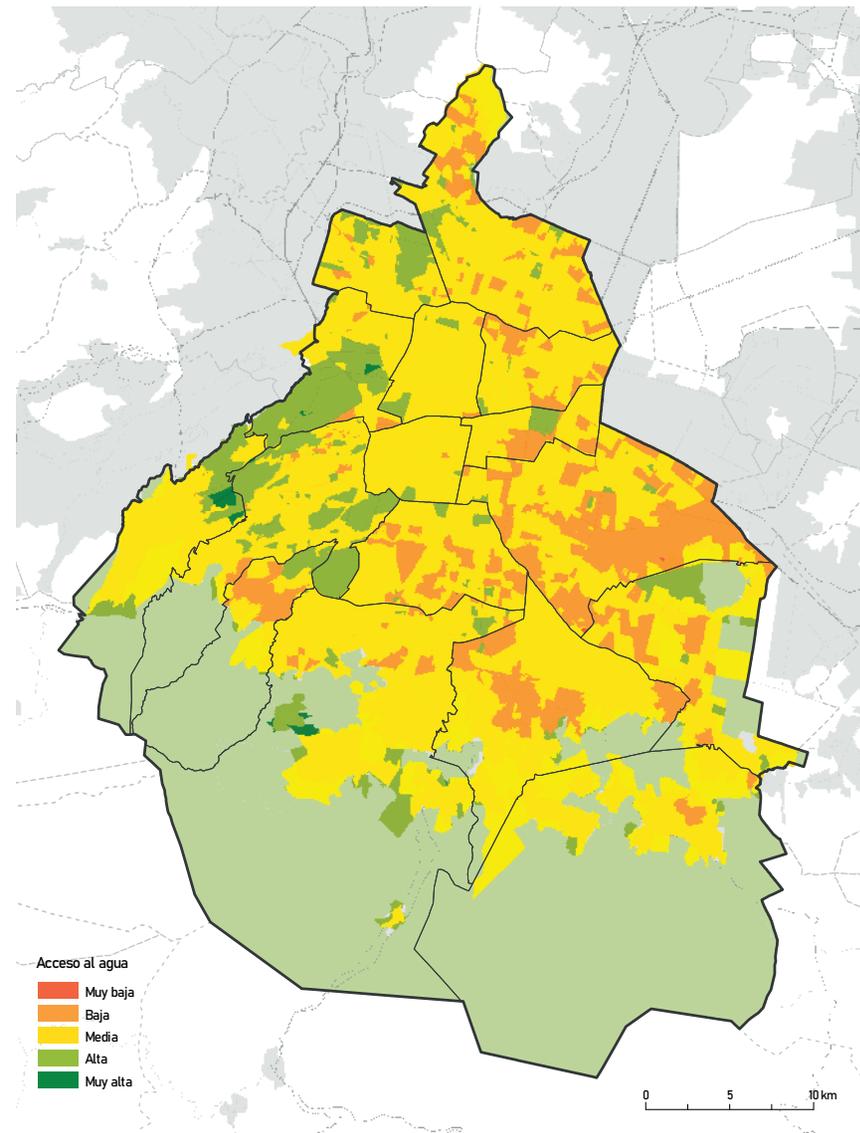
### Datos específicos

Los datos arrojan un mayor consumo de agua relacionado con el corredor económico Insurgentes-Polanco, donde se concentra la mayoría de la actividad económica en la CDMX. De igual manera, se evidencian aquellas colonias con menor consumo de agua en las zonas periféricas de la Ciudad, especialmente en los suelos de conservación acentuados al oriente de la capital.

Alcaldía	Consumo total	Alcaldía	Consumo total
Alvaro Obregón	3,271,355.10	Iztapalapa	2,780,001.62
Azcapotzalco	3,086,224.87	La Magdalena Contreras	430,106.35
Benito Juárez	4,714,489.18	Miguel Hidalgo	5,002,592.50
Coyoacán	2,631,782.65	Milpa Alta	51,684.70
Cuajimalpa de Morelos	1,011,189.64	Tláhuac	284,101.80
Cauhtémoc	6,304,826.82	Tlalpan	1,733,674.30
Gustavo A. Madero	4,624,393.03	Venustiano Carranza	2,414,448.77
Iztacalco	2,135,032.11	Xochimilco	708,970.84

## Resultados

Mapa 7b. Acceso a agua



A continuación se presentan las colonias que según el índice de acceso al agua presentaron los peores resultados. Dichas colonias se encuentran principalmente en las alcaldías Iztapalapa, Tláhuac y Xochimilco.

En estas colonias con rezago en el acceso al agua, el 63% de la población total es población femenina.

Alcaldía	Colonia	Población total 2010	Población total 2020	Población femenina 2020	Población masculina 2020
Iztapalapa	Jardines de San Lorenzo	6865	7198	3738	3460
Iztapalapa	Palmitas	10226	10323	5327	4989
Gustavo A. Madero	Malacates	6640	6995	3616	3379
Gustavo A. Madero	Tlalpexco	11842	12728	6405	6314
Iztapalapa	2a Ampliación Santiago Acahualtepec II	14301	14889	7669	7215
Iztapalapa	Cananea (U Hab)	5466	5597	2920	2647
Iztapalapa	Citlalli	13631	14152	7344	6808
Iztapalapa	Emiliano Zapata (Ampl)	8880	9895	5100	4795
Iztapalapa	Ixtlahuacan	17510	17052	8745	8307
Iztapalapa	Leyes de Reforma 3a Seccion II	13808	13688	6986	6692
Iztapalapa	Lomas de La Estancia II	15035	15939	8136	7803
Iztapalapa	Lomas de Zaragoza	16369	17876	9217	8659
Iztapalapa	Paraje Zacatepec	10790	10011	5198	4813
Iztapalapa	Polvorilla (Ampl)	5670	5589	2845	2744
Iztapalapa	Presidentes de México	15637	15406	8029	7370
Iztapalapa	San Miguel Teotongo I	13493	12968	6660	6301
Iztapalapa	San Miguel Teotongo II	17865	17976	9330	8624
Iztapalapa	San Miguel Teotongo IV	9363	9181	4727	4454
Iztapalapa	Santa Cruz Meyehualco (Pblo)	12428	13272	6850	6418
Iztapalapa	Santiago Acahualtepec (Pblo)	7708	7369	3803	3564
Iztapalapa	Tenorios	12973	12892	6652	6240
Iztapalapa	Xalpa I	7334	7807	3984	3812
La Magdalena Contreras	Potrerrillo	2968	3016	1546	1470
Xochimilco	San Lorenzo La Cebada I	10689	10873	5585	5288
Xochimilco	San Lucas Xochimanca (Pblo)	12891	12257	6281	5963
Xochimilco	San Pedro (Barr)	3321	2918	1492	1426
Milpa Alta	San Jerónimo Miacatlán (Pblo)	3264	3824	1971	1844
Tlalpan	Mirador I	1656	1871	950	921
Tláhuac	La Conchita I	10626	11454	5871	5560
Tláhuac	Miguel Hidalgo Ote	11412	13286	6940	6346
Tláhuac	Selene 2da Secc	7958	8585	4424	4157
Xochimilco	Los Cerrillos I	1818	1823	950	873
Xochimilco	Los Cerrillos II	5962	6581	3348	3233
Xochimilco	Xaltocan (Barr)	10993	10717	5591	5101
Tlalpan	Tepetongo	1603	1867	975	892
Tláhuac	Santa Catarina (Ampl)	773	1647	818	809
<b>TOTAL</b>		<b>339768</b>	<b>349522</b>	<b>180023</b>	<b>169291</b>

## 8. Síntesis de riesgos

Sumatoria de las categorías de riesgos altos para la definición del mapa síntesis final.

### Metodología

Los mapas de los cinco riesgos generados se cruzaron espacialmente excluyendo las categorías de riesgo muy bajo, bajo y medio (1 a 3 en la normalización). Una vez unidos, se sumó el campo de cada uno para la definición de un campo de sumatoria que fue normalizado en escala 1-5 para identificar las zonas más riesgosas en la CDMX.

### Datos específicos

La tabla de atributos final identifica la intensidad de la sumatoria de riesgos y también el tipo de riesgo que converge en el territorio. De esta manera, se genera una matriz que identifica dónde se tiene la mayor sumatoria y confluencia de riesgos. En la tabla se aprecia que es en el centro de la CDMX donde convergen las inundaciones y la sismicidad como principales riesgos.

R_G1	R_G2	R_H1	R_H2	R_H3	AREA
Sismicidad	Inestabilidad de laderas	Inundaciones	Olas de calor	Sequía	0.76
Sismicidad	Inestabilidad de laderas	Inundaciones	Olas de calor		4.94
Sismicidad	Inestabilidad de laderas	Inundaciones		Sequía	19.88
Sismicidad	Inestabilidad de laderas	Inundaciones			322.20
Sismicidad	Inestabilidad de laderas		Olas de calor		0.09
Sismicidad	Inestabilidad de laderas			Sequía	0.56
Sismicidad	Inestabilidad de laderas				16.34
Sismicidad		Inundaciones	Olas de calor	Sequía	41.21
Sismicidad		Inundaciones	Olas de calor		443.34
Sismicidad		Inundaciones		Sequía	1,759.67
Sismicidad		Inundaciones			20,821.39
Sismicidad			Olas de calor	Sequía	4.42
Sismicidad			Olas de calor		72.94
Sismicidad				Sequía	269.25
Sismicidad					2,319.60
	Inestabilidad de laderas	Inundaciones	Olas de calor	Sequía	6.32
	Inestabilidad de laderas	Inundaciones	Olas de calor		40.42
	Inestabilidad de laderas	Inundaciones		Sequía	46.02
	Inestabilidad de laderas	Inundaciones			491.76
	Inestabilidad de laderas		Olas de calor	Sequía	95.80
	Inestabilidad de laderas		Olas de calor		866.59
	Inestabilidad de laderas			Sequía	189.36
	Inestabilidad de laderas				4,482.80
		Inundaciones	Olas de calor	Sequía	59.80
		Inundaciones	Olas de calor		747.40
		Inundaciones		Sequía	1,775.65
		Inundaciones			16,319.28
			Olas de calor	Sequía	164.10
			Olas de calor		2,443.71
				Sequía	3,953.87
					91,601.61

## Resultados

**Mapa 8.** Convergencia de múltiples riesgos: sismos, deslizamientos por inestabilidad de laderas, inundaciones, olas de calor y sequía

