



CIUDAD DE MÉXICO
CAPITAL DE LA TRANSFORMACIÓN



SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL
DIRECCIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS

Actualización del
**INDICADOR DE PELIGRO POR
TEMPERATURAS MÍNIMAS
EXTREMAS A NIVEL AGEB**



2026

Román Valverde Delgado
Diana Laura Díaz Cruz



2026
año de
**Margarita
Maza**



2026
AÑO MUNDIALISTA

Índice

1. RESUMEN	1
2. OBJETIVO	1
3. ANTECEDENTES	2
5. BASE DE AGEB.....	4
6. DATOS CLIMATOLÓGICOS.....	5
7. METODOLOGÍA	9
I. OBTENCIÓN DE MÍNIMOS ANUALES.....	9
II. AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS	10
III. CÁLCULO DE PERIODOS DE RETORNO	11
IV. INTERPOLACIÓN	13
V. VINCULACIÓN CON AGEBS	14
8. COMPARATIVA	16
9. CONCLUSIONES.....	18
10. REFERENCIAS	19

1. Resumen

El presente informe describe el proceso de actualización del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas en el territorio de la Ciudad de México, con resolución a nivel Área Geoestadística Básica (AGEB).

La presente actualización se construyó a partir de los registros históricos de temperatura mínima diaria provenientes de las estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), seleccionadas por la relevancia que le asignan al área de estudio.

Para cada estación climatológica seleccionada se estimaron los mínimos extremos anuales, se ajustaron las distribuciones de probabilidad mediante el empleo del software AX, el cual fue desarrollado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), por el doctor Martín Jiménez Espinosa para llevar a cabo el análisis de frecuencia estadística de eventos hidrometeorológicos extremos. Posteriormente, a través de este mismo software, se obtuvieron los valores de temperatura mínima asociados a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Consecutivamente, los valores obtenidos fueron interpolados con apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), específicamente con el software de nombre Quantum Geographic Information System (QGIS), a fin de representar la distribución de las temperaturas mínimas estimadas. Esta información se integró con el marco geográfico de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), lo que finalmente permitió visualizar la clasificación del peligro asociada a cada una de estas áreas que conforman el territorio de la Ciudad de México.

2. Objetivo

Actualizar el indicador de peligro asociado a las temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB, mediante una clasificación en cinco categorías: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Este indicador permite reconocer las áreas donde la ocurrencia de eventos de frío severo es más probable, y a través de ello se puedan establecer y fortalecer las acciones de prevención y reducción de riesgos tanto por parte de los ciudadanos como de las autoridades y organismos de protección civil, de manera que facilite la toma de decisiones y el diseño de estrategias de respuesta ante emergencias dentro del territorio de la Ciudad de México.

3. Antecedentes

La Ciudad de México es una de las áreas más extensas, transitadas y pobladas del país, e involucra diversas condiciones físicas, sociales y urbanas que influyen en su exposición a distintos tipos de riesgos. Estas características inducen la necesidad de contar con instrumentos que permitan identificar los peligros que pueden afectar a la población y a los sistemas urbanos. Dentro de este contexto, la gestión integral del riesgo requiere del desarrollo de instrumentos de información que faciliten la identificación de zonas que sean más propensas a enfrentar condiciones adversas, que conlleven a planear e implementar medidas preventivas y de atención.

En particular, los fenómenos de origen hidrometeorológico representan un componente relevante del riesgo en la ciudad. Las temperaturas mínimas extremas constituyen un fenómeno que puede generar distintos impactos según las características físicas del territorio. La CDMX posee una topografía irregular, con una amplia variación altitudinal; algunas alcaldías y zonas periféricas alcanzan elevaciones superiores a los 2,500 metros sobre el nivel del mar. Estas condiciones influyen directamente en la distribución espacial de las temperaturas, provocando que algunas áreas presenten condiciones relativamente moderadas, mientras que otras pueden registrar temperaturas considerablemente más bajas.

En este marco, en 2019 esta Secretaría tuvo un avance significativo al realizar la integración del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB dentro del Atlas de Riesgos de la Ciudad de México. A partir de este precedente, la actualización que se desglosa en este informe tiene como objetivo incorporar información climatológica más reciente, además de que involucra el aprovechamiento de herramientas de análisis estadístico y geográfico.

4. Definición del fenómeno

La temperatura del aire es una de las variables meteorológicas más relevantes, puesto que esta impacta en la vida cotidiana de la población y en el funcionamiento de la ciudad. Esta variable influye directamente la forma en que las personas se visten, en cómo se desplazan y cómo realizan sus actividades diarias, incide en la operación de los servicios urbanos y puede repercutir en la salud. Asimismo, su análisis permite identificar condiciones térmicas que, por su intensidad o frecuencia, pueden representar un riesgo para las personas, especialmente cuando se presentan valores extremos.

Esta variable se mide con termómetros instalados en estaciones climatológicas. Dichos instrumentos se colocan dentro de una garita o caseta de abrigo que permite medir la temperatura sin que el sol directo o la lluvia alteren los valores. Inclusive, hoy en día, existen



CIUDAD DE MÉXICO
CAPITAL DE LA TRANSFORMACIÓN



**SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL**
DIRECCIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS

estaciones meteorológicas automáticas, que utilizan sensores electrónicos de temperatura conectados a sistemas de registro digital.



Figura 1. Representación gráfica de un termómetro instalado en un estación climatológica
Fuente: Elaboración propia

La temperatura es una de las variables meteorológicas fundamentales, que describe el estado térmico de la atmósfera. En los registros climatológicos diarios se distinguen tres medidas básicas: temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima, cada una de las cuales cumple una función específica en el análisis del clima y en la evaluación de riesgos.

Valores muy bajos de temperatura forman parte de los indicadores de extremos climáticos y resultan relevantes para caracterizar eventos de frío severo, heladas o descensos bruscos de temperatura. Estos valores se utilizan para identificar condiciones de peligro en diferentes rubros, tales como la salud humana, la agricultura, la infraestructura y los ecosistemas. (Temperatura mínima, s.f.)

Fenómenos de frío intenso, tales como olas de frío o frentes fríos, se caracterizan por descensos de temperatura que permanecen por debajo de determinados umbrales durante varias horas o días. Aunque las definiciones específicas de estos eventos varían según la región, el eje común es la presencia de temperaturas mínimas que actúan como detonante de diversos fenómenos naturales. Cuando la temperatura desciende puede provocar la presencia de heladas, escarcha, congelamiento superficial de cuerpos de agua, afectaciones fisiológicas en la vegetación,

mortalidad de fauna y disminución drástica en la humedad del aire. Estas condiciones no solo modifican los procesos naturales como la floración, germinación o disponibilidad de agua, sino que también incrementan la probabilidad de impactos en la vida cotidiana de la población, los servicios urbanos y las actividades productivas. (Olas de frío, s.f.)

La cuantificación y análisis de las temperaturas mínimas extremas es fundamental debido a que permite anticipar situaciones en las que el frío representa un riesgo directo para la población. La convivencia con este fenómeno aumenta la probabilidad de hipotermia, intoxicación por monóxido de carbono debido al uso inadecuado de calefactores, exacerbación de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como el incremento en la demanda de servicios de emergencia y atención médica.

Contar con información precisa sobre dónde y con qué frecuencia pueden presentarse temperaturas mínimas extremas permite planificar con anticipación la habilitación de refugios temporales, emisión de alertamientos, distribución de insumos, organización de brigadas y priorización territorial de acciones preventivas.

5. Base de AGEB

Según la definición del INEGI (INEGI, 2020) un área geográfica básica (AGEB) corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales (AGEM), cuyos límites son trazados con base en rasgos físicos naturales (ríos, lagos, arroyos, cerros, etc.) o culturales (calles, brechas, carreteras, líneas telegráficas, etc.) para su fácil identificación en campo. Estas constituyen la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional y, dependiendo de sus características, se clasifican en área geoestadística básica urbana y área geoestadística básica rural.

El *área geoestadística básica urbana* está ocupada por un conjunto de manzanas perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera, y sólo son asignadas al interior de las zonas urbanas aquellas con población mayor o igual a 2,500 habitantes y en las cabeceras municipales. (INEGI, 2020)

Un *área geoestadística básica rural* tiene una extensión territorial variable y se caracteriza por el uso del suelo de tipo agropecuario o forestal. Están delimitadas, por lo general, por rasgos naturales (ríos, arroyos, barrancas, etcétera) y culturales (vías de ferrocarril, líneas de conducción eléctrica, carreteras, brechas, veredas, ductos, límites, prediales, etcétera). (INEGI, 2020)



CIUDAD DE MÉXICO
CAPITAL DE LA TRANSFORMACIÓN

**SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL**
DIRECCIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS

Con la finalidad de realizar la zonificación de la totalidad de la Ciudad de México, se realizó la unificación de las AGEB tanto urbana como rural, obteniendo como resultado la base de AGEB, tal como se muestra a continuación:

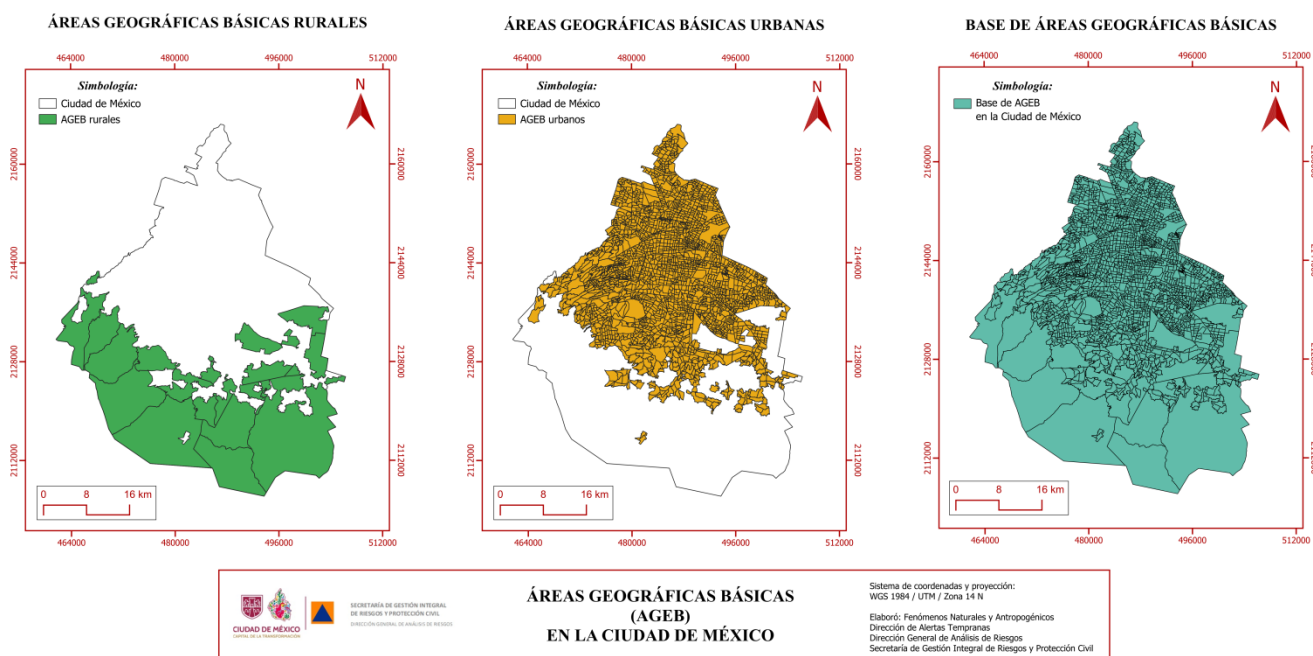


Figura 2. Áreas Geográficas Básicas (AGEB)

Fuente: Elaboración propia con base en el Atlas de Riesgos de la Ciudad de México

6. Datos climatológicos

Para actualizar el presente indicador se recurrió a la Información Estadística Climatológica publicada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual permite consultar datos históricos de las estaciones climatológicas convencionales que integran la Red Nacional de Estaciones Climatológicas. Esta información, proporcionada por los Organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la CONAGUA y sistematizada por el Sistema Meteorológico Nacional (SMN), comprende desde el primer dato registrado por cada estación hasta el más reciente disponible en las bases oficiales. Esta fuente resulta fundamental para validar y fortalecer la calidad de los insumos climáticos utilizados.

Las estaciones climatológicas son instalaciones diseñadas para medir y registrar variables climáticas y meteorológicas en un lugar específico. Estas suelen estar equipadas con instrumentos especializados para medir variables como las que se enlistan a continuación:



2026
año de
**Margarita
Maza**



2026
AÑO MUNDIALISTA



CIUDAD DE MÉXICO
CAPITAL DE LA TRANSFORMACIÓN

**SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL**
DIRECCIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS

- Temperatura del aire, del suelo y del agua.
- Cantidad y tipo de precipitaciones como lluvia, nieve o granizo.
- Humedad relativa del aire.
- Velocidad y dirección del viento.
- Cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre.
- Presión del aire en la superficie terrestre.

Ante la necesidad de contar con información climática confiable y considerando la importancia de la calidad de los insumos utilizados, en el presente estudio se recurrió a los datos registrados en 27 estaciones climatológicas que cuentan con registros históricos que permiten un análisis profundo y de largo plazo.

El listado de las estaciones climatológicas empleadas en la presente actualización del indicador, se muestran a continuación:

No.	Estación	Nombre	X [UTM Zona 14]	Y [UTM Zona 14]
1	9010	COLONIA AMERICA	478827.42	2146483.07
2	9014	COLONIA SANTA URSULA COAPA	484445.61	2134397.81
3	9020	DESVIACION ALTA AL PEDREGAL	480855.38	2133694.29
4	9022	EL GUARDA	481800.58	2115712.55
5	9029	GRAN CANAL KM. 06+250	490409.05	2153573.48
6	9032	MILPA ALTA	497692.99	2121912.37
7	9036	PLAYA CALETA 454 COLONIA MARTE	489733.44	2144567.91
8	9041	SAN FRANCISCO TLALNEPANTLA	486479.67	2122593.41
9	9043	SAN JUAN DE ARAGON	491691.15	2152312.36
10	9045	SANTA ANA TLACOTENCO	499707.95	2120621.31
11	9048	TACUBAYA CENTRAL (OBS)	479409.57	2145498.82
12	9051	TLAHUAC	499620.53	2129903.65
13	9068	PUENTE LA LLAVE	494459.54	2148315.75
14	9071	COLONIA EDUCACION	486111.61	2137777.5
15	15020	CHALCO -SAN LUCAS-	510946.51	2129415.15
16	15039	JUCHITEPEC	512126.66	2110451.7
17	15041	GRAN CANAL KM 27+250	497960.44	2162976.65
18	15045	LA MARQUESA	461273.24	2133909.82
19	15047	LAS ARBOLEDAS	477360.98	2163113.76
20	15050	LOS REYES	500875.19	2140415.56
21	15059	MOLINO BLANCO	476824.37	2153678.04





CIUDAD DE MÉXICO
CAPITAL DE LA TRANSFORMACIÓN



**SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL**
DIRECCIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS

22	15077	PRESA TOTOLICA	470231.53	2150952.08
23	15094	SAN LUIS AMECA	513579.26	2121886.52
24	15098	SAN MARTIN OBISPO	479786.67	2169627.25
25	15298	SANTA CRUZ TEZONTEPEC E-21	459381.29	2107776.48
26	17039	SAN JUAN TLACOTENCO	490120.52	2105163.81
27	17047	HUITZILAC	471153.97	2107304.46

Tabla 1. Estaciones climatológicas empleadas en la actualización del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB para la Ciudad de México

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la Red Nacional de la CONAGUA

Si bien el área de estudio corresponde al territorio de la Ciudad de México, para el análisis se consideraron también estaciones climatológicas ubicadas en el Estado de México y en Morelos. La inclusión de estaciones localizadas en el entorno inmediato de la ciudad permite capturar de manera más adecuada la continuidad del fenómeno, ya que la influencia de las condiciones meteorológicas no se limita a los límites político-administrativos. De esta forma, se fortalece la cobertura de información en las zonas periféricas y se favorece una estimación más consistente de las temperaturas mínimas.



2026
año de
**Margarita
Maza**



2026
AÑO MUNDIALISTA

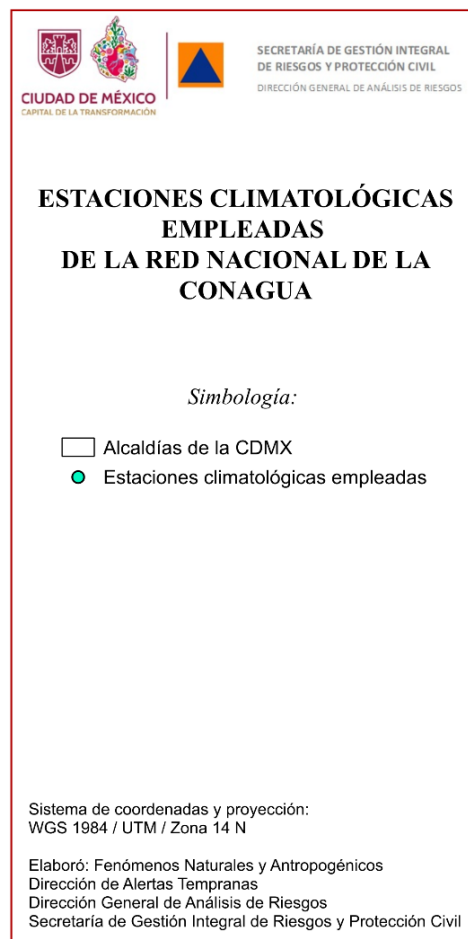
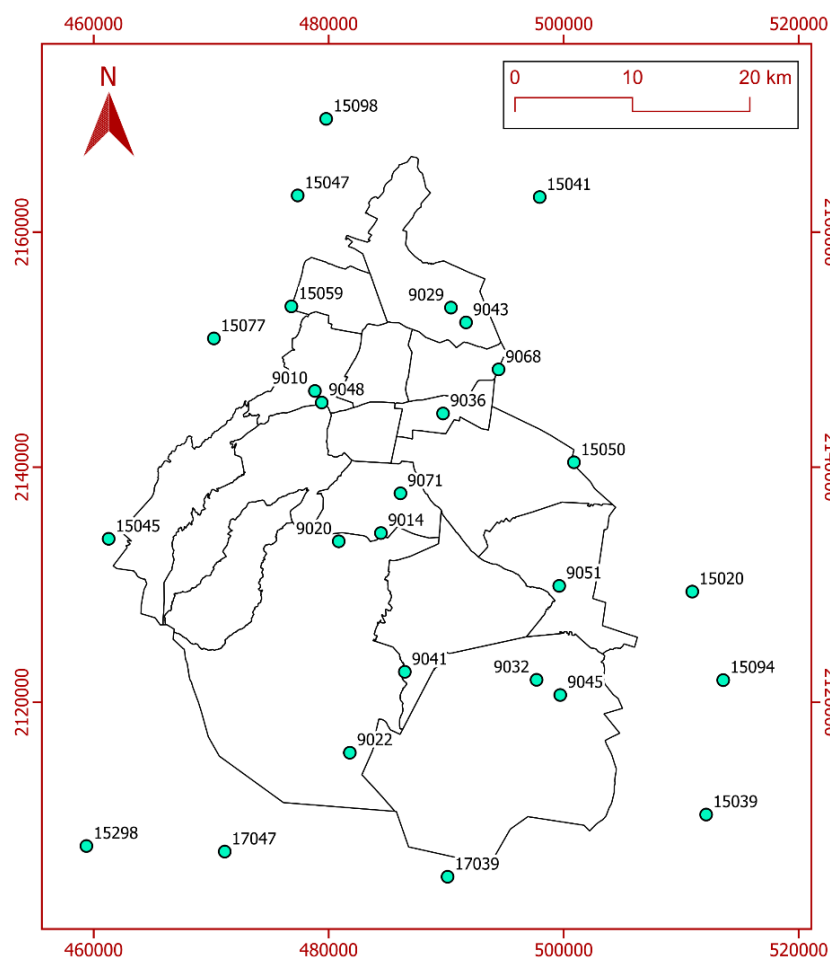


Figura 3. Estaciones climatológicas empleadas en la actualización del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB para la Ciudad de México

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la Red Nacional de la CONAGUA

La selección de las estaciones se realizó tras una revisión detallada de sus registros diarios, con el objetivo de identificar los periodos de información disponibles por estación, detectar valores atípicos evidentes y verificar continuidad en los registros. A partir de esta revisión, se construyeron las series de datos adecuadas para el análisis estadístico de las temperaturas mínimas extremas.

7. Metodología

La construcción del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB se llevó a cabo mediante una metodología que integra el análisis estadístico de series climáticas y el procesamiento de datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

I. Obtención de mínimos anuales

Posterior a la selección de las 27 estaciones climatológicas descritas previamente, el primer paso consistió en la obtención de los registros de temperatura mínima diaria.

A partir de los registros diarios disponibles se identificaron, para cada estación, los valores mínimos anuales de temperatura, entendidos como el menor valor observado durante cada año. Estos mínimos anuales constituyen la base del análisis posterior porque representan los eventos de frío más intenso y, en consecuencia, aquellos con mayor potencial de generar afectaciones.

Durante esta etapa se realizó una verificación general de la coherencia de los registros, orientada a garantizar que las series utilizadas fueran consistentes y comparables en el tiempo. Con base en esta información, se consolidaron las series anuales que permitieron caracterizar el comportamiento de las temperaturas mínimas extremas en cada estación y sentar las bases para el ajuste de distribuciones de probabilidad y la estimación de periodos de retorno.

A manera de ejemplo, a continuación, se muestran los valores de temperaturas mínimas extremas registradas en la estación climatológica número 9029 de nombre "Gran Canal Km. 06+250":

Año	Tem_Mín	Año	Tem_Mín	Año	Tem_Mín	Año	Tem_Mín
1952	-5.0	1970	-1.0	1988	-3.0	2007	1.5
1953	-6.0	1971	0.0	1989	-1.0	2008	-2.0
1954	-3.0	1972	-1.0	1990	0.0	2009	1.5
1955	-5.0	1973	-5.0	1991	2.0	2011	-1.0
1956	-7.5	1974	-3.0	1993	2.0	2012	1.5
1957	-3.0	1975	-2.0	1994	4.5	2013	-3.0
1958	-1.5	1976	-3.0	1995	0.5	2014	0.0
1959	0.0	1977	0.0	1996	-4.0	2015	1.0
1960	-1.0	1978	0.0	1997	-1.0	2016	1.0
1961	-3.0	1979	0.0	1998	0.0	2017	-2.5
1962	-1.5	1980	-1.0	1999	-2.0	2018	-2.5
1963	-3.0	1981	-1.0	2000	1.0	2019	1.0
1964	0.0	1982	1.0	2001	1.5	2020	2.0
1965	-3.0	1983	0.5	2002	-6.5	2021	1.0
1966	-3.0	1984	1.5	2003	-2.5	2022	2.0
1967	-5.0	1985	2.0	2004	-1.0	2023	-1.0
1968	0.0	1986	-3.0	2005	0.0	2024	1.0
1969	-1.0	1987	0.0	2006	-2.0		

Tabla 2. Valores de temperaturas mínimas extremas registradas en la estación climatológica número 9029 de nombre "Gran Canal Km. 06+250"

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la CONAGUA

II. Ajuste de distribución de valores extremos

Una vez obtenidos los valores mínimos anuales se procedió a realizar el ajuste estadístico de dichas series, con el fin de modelar el comportamiento probabilístico de los eventos de frío extremo.

El análisis se llevó a cabo a partir del empleo del programa AX, herramienta especializada para estudios hidrometeorológicos y de valores extremos. Para cada estación se ingresó la serie de mínimos anuales y se evaluó su ajuste ante diferentes funciones de distribución de probabilidad comúnmente empleadas, tales como la Normal, Lognormal, Gumbel, Exponencial, Gamma y Doble Gumbel.

El programa AX realiza la estimación de los parámetros de cada distribución y aplica pruebas estadísticas y gráficas de bondad de ajuste, lo cual permite determinar qué distribución describe de mejor manera el comportamiento observado en los datos. Este procedimiento es indispensable porque no existe, a priori, una única distribución válida para todos los fenómenos; en cambio, la selección se basa en la concordancia entre los valores teóricos y los valores observados.

Como resultado del análisis comparativo, se identificó que, para la mayoría de las estaciones, la distribución Normal presentó el mejor ajuste a los mínimos extremos anuales de temperatura. Por lo anterior, y con el fin de mantener coherencia metodológica entre estaciones, se adoptó la distribución Normal como base para la estimación de valores extremos en el presente indicador.

III. Cálculo de periodos de retorno

El periodo de retorno se define como el intervalo de tiempo promedio en el que un evento de determinada magnitud puede igualarse o superarse, de esta manera, con la distribución de probabilidad seleccionada para cada estación climatológica, se procedió a realizar el cálculo de periodos de retorno de temperaturas mínimas extremas, por igual, mediante el apoyo del programa AX. A partir de los parámetros estimados del modelo probabilístico, el software permitió obtener los valores de temperatura mínima asociados a periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

El cálculo de varios periodos de retorno permite contar con una escala de severidad creciente, útil para analizar desde eventos frecuentes pero moderados, hasta eventos atípicos y potencialmente catastróficos. Los periodos de retorno cortos, como los de 2 y 5 años, representan la ocurrencia de eventos recurrentes. En términos prácticos, indican que para cada temporada invernal pueden presentarse temperaturas cercanas a esas magnitudes, las cuales son suficientemente intensas para generar afectaciones. Estos periodos son especialmente útiles para la emisión de alertamientos operativos y la implementación de medidas preventivas. Mientras que, por su parte, los periodos de retorno largos, como lo son los de 50 y 100 años permiten dimensionar eventos extremos poco frecuentes, pero de alto impacto.

A continuación, se muestra una tabla con los valores obtenidos de temperatura mínima extrema, asociados a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años:



Estación	Nombre	Temperaturas mínimas extremas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C]					
		Tr2	Tr5	Tr10	Tr20	Tr50	Tr100
9010	COLONIA AMERICA	1.5	-0.1	-1.0	-1.7	-2.5	-3.0
9014	COLONIA SANTA URSULA COAPA	1.4	0.1	-0.7	-1.3	-1.9	-2.4
9020	DESVIACION ALTA AL PEDREGAL	0.8	-1.3	-2.4	-3.3	-4.3	-5.0
9022	EL GUARDA	-0.6	-3.8	-5.5	-6.8	-8.4	-9.5
9029	GRAN CANAL KM. 06+250	-0.4	-2.0	-2.9	-3.7	-4.5	-5.0
9032	MILPA ALTA	0.5	-0.7	-1.4	-1.9	-2.6	-3.0
9036	PLAYA CALETA 454 COLONIA MARTE	1.8	0.2	-0.7	-1.4	-2.1	-2.7
9041	SAN FRANCISCO TLALNEPANTLA	-1.9	-1.6	-2.5	-3.2	-4.0	-4.5
9043	SAN JUAN DE ARAGON	-0.9	-3.0	-4.0	-4.9	-6.0	-6.6
9045	SANTA ANA TLACOTENCO	0.8	-0.4	-1.0	-1.5	-2.1	-2.4
9048	TACUBAYA CENTRAL (OBS)	2.3	0.9	0.2	-0.5	-1.1	-1.6
9051	TLAHUAC	-1.1	-4.2	-5.8	-7.2	-8.7	-9.7
9068	PUENTE LA LLAVE	-0.4	-1.6	-2.2	-2.7	-3.2	-3.6
9071	COLONIA EDUCACION	1.4	-0.1	-0.9	-1.5	-2.2	-2.7
15020	CHALCO -SAN LUCAS-	-4.0	-5.8	-6.8	-7.5	-8.4	-9.0
15039	JUCHITEPEC	0.3	-1.8	-2.8	-3.7	-4.7	-5.3
15041	GRAN CANAL KM 27+250	-4.2	-7.1	-8.6	-9.8	-11.2	-12.2
15045	LA MARQUESA	-6.8	-9.1	-10.3	-11.2	-12.3	-13.1
15047	LAS ARBOLEDAS	-1.2	-3.2	-4.2	-5.1	-6.1	-6.7
15050	LOS REYES	-0.1	-2.0	-3.0	-3.8	-4.7	-5.4
15059	MOLINO BLANCO	1.1	-0.2	-0.9	-1.5	-2.1	-2.6
15077	PRESA TOTOLICA	-2.7	-4.1	-4.9	-5.5	-6.2	-6.7
15094	SAN LUIS AMECA	-4.8	-6.8	-7.8	-8.7	-9.7	-10.3
15098	SAN MARTIN OBISPO	-1.9	-4.2	-5.4	-6.4	-7.6	-8.3
15298	SANTA CRUZ TEZONTEPEC E-21	0.9	-0.8	-1.7	-2.5	-3.3	-3.9
17039	SAN JUAN TLACOTENCO	3.7	2.0	1.2	0.4	-0.4	-0.9
17047	HUITZILAC	-1.1	-2.8	-3.6	-4.3	-5.1	-5.7

Tabla 3. Valores de temperatura mínima extremas asociados a periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años
Fuente: Elaboración propia con base en el programa AX

Si bien se calcularon los seis periodos de retorno mencionados, para la construcción del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas, se seleccionó el periodo de retorno de 5 años. La elección responde a criterios operativos puesto que la probabilidad de ocurrencia anual es del 20%, es decir, es lo suficientemente frecuente como para representar una amenaza recurrente para la población y los sistemas urbanos.

IV. Interpolación

Una vez estimados los valores de temperatura mínima extrema, asociados al periodo de retorno seleccionado para cada una de las estaciones climatológicas, fue necesario transformar esta información puntual en una superficie continua para todo el territorio de la Ciudad de México. Para lograrlo se empleó una técnica de interpolación espacial dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

La interpolación espacial parte del principio de que los puntos cercanos entre sí tienden a presentar valores similares, mientras que las diferencias aumentan conforme crece la distancia. Bajo este supuesto, los valores obtenidos en las estaciones climatológicas se emplean como nodos de referencia, a partir de los cuales se estiman valores en lugares donde no existen mediciones directas, produciendo un campo continuo de temperatura mínima asociada, en este caso, para el periodo de retorno de 5 años.

Entre los procedimientos de interpolación comúnmente usados se encuentran los polígonos de Voronoi (Thiessen); isoyetas; interpolación lineal; método de Cressman; método de Barnes; método de Kriging; método de las distancias inversas ponderadas (IDW), entre otros.

La interpolación de distancia inversa ponderada (IDW) supone explícitamente que los elementos cercanos entre sí son más parecidos que los que están más alejados. Para predecir un valor para cualquier ubicación sin medición, IDW usa los valores medidos que rodean a la ubicación de predicción. Los valores medidos más cercanos a la ubicación de predicción tienen más influencia en el valor predicho que los que están más alejados. IDW supone que cada punto medido tiene una influencia local que disminuye con la distancia. Otorga ponderaciones más altas a los puntos más cercanos a la ubicación de predicción y las ponderaciones disminuyen como una función de distancia, es por ello que se le da el nombre de distancia inversa ponderada. (Cómo funciona la interpolación de distancia inversa ponderada, s.f.)

Este procedimiento se realizó en el software Quantum Geographic Information System (QGIS). El resultado de este proceso fue la elaboración de un modelo espacial continuo de las temperaturas mínimas extremas estimadas para el periodo de retorno seleccionado. Dicho modelo permite identificar zonas más frías y más cálidas dentro de la ciudad y su entorno inmediato.

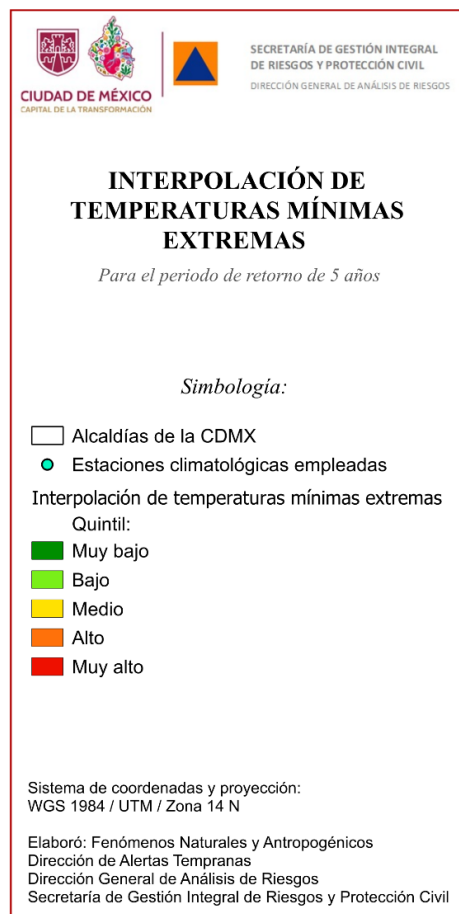
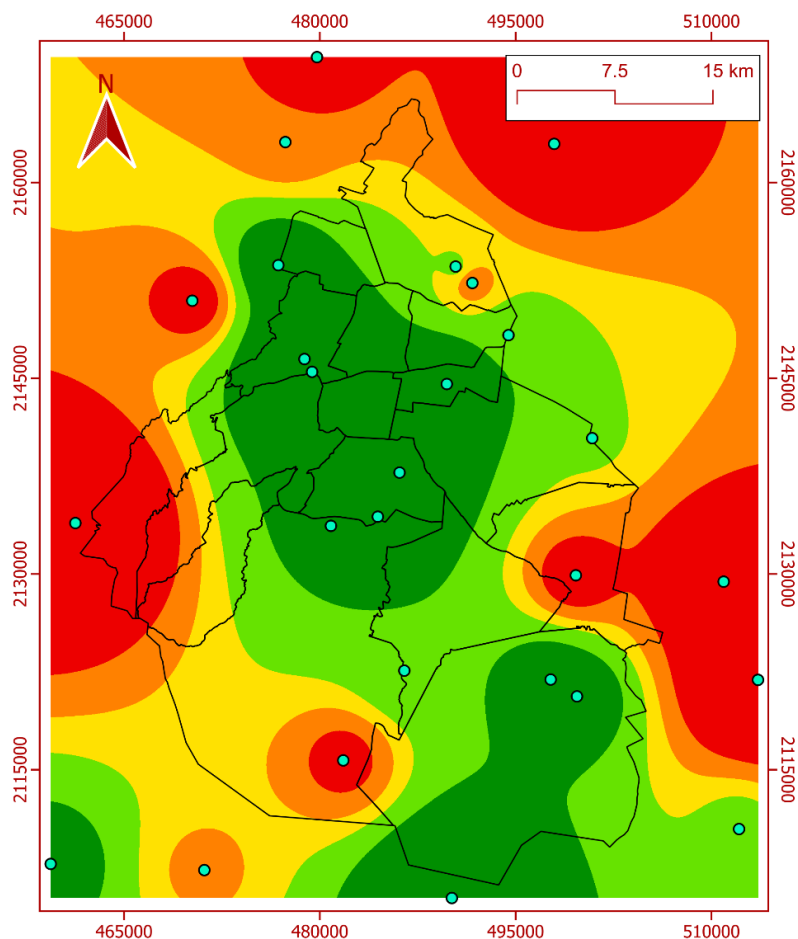


Figura 4. Interpolación de temperaturas mínimas extremas correspondiente al periodo de retorno de 5 años
Fuente: Elaboración propia

V. Vinculación con AGEBS

Una vez generada la superficie continua de temperaturas mínimas extremas asociadas al periodo de retorno de 5 años, fue necesario vincular dicha información con las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB), con el fin de asignar un nivel de peligro a cada una de ellas. Para ello se realizó un proceso de análisis dentro de QGIS, mediante el cual los valores de la superficie interpolada fueron resumidos y asociados a cada polígono de AGEB.

El procedimiento consistió en superponer la capa continua de temperaturas mínimas extremas sobre la cartografía de AGEBS. Posteriormente, se calcularon valores representativos del comportamiento térmico en su interior, tomando en cuenta los valores de la superficie interpolada que se encuentran contenidos en su delimitación.



CIUDAD DE MÉXICO
CAPITAL DE LA TRANSFORMACIÓN



**SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL**
DIRECCIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS

El resultado de este cruce espacial fue una base de datos en la que cada AGEB cuenta con un valor de temperatura mínima estimada para el periodo de retorno analizado. A partir de estos valores se construyó una clasificación del peligro mediante quintiles, es decir, dividiendo el conjunto de AGEB en cinco grupos con igual número de unidades. Cada quintil fue asociado a un nivel de peligro y a un color para su representación, las cuales se clasifican en muy alto (rojo), alto (naranja), medio (amarillo), bajo (verde claro) y muy bajo (verde intenso). Con ello es posible diferenciar las zonas de la ciudad con mayor propensión a presentar temperaturas mínimas extremas y facilita su interpretación para fines de planeación y toma de decisiones en materia de Protección Civil.

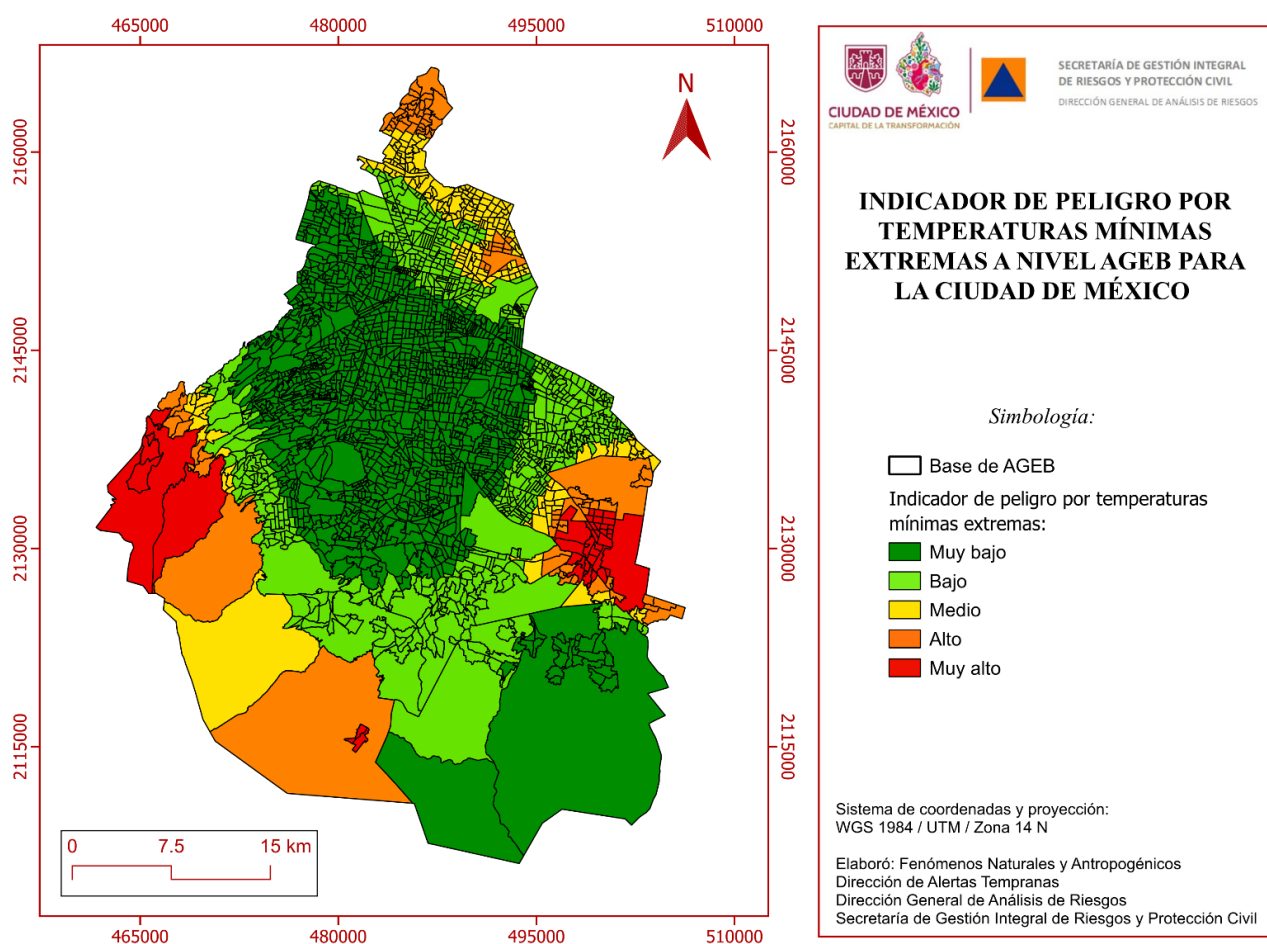


Figura 5. Actualización del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB para la Ciudad de México

Fuente: Elaboración propia

8.Comparativa

El indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas elaborado en el presente estudio, representa una actualización del indicador desarrollado en el año 2019, el cual constituyó un antecedente fundamental para la identificación de zonas con mayor exposición a temperaturas bajas a nivel AGEB en la Ciudad de México. Ambos ejercicios comparten un enfoque metodológico orientado a la gestión del riesgo.

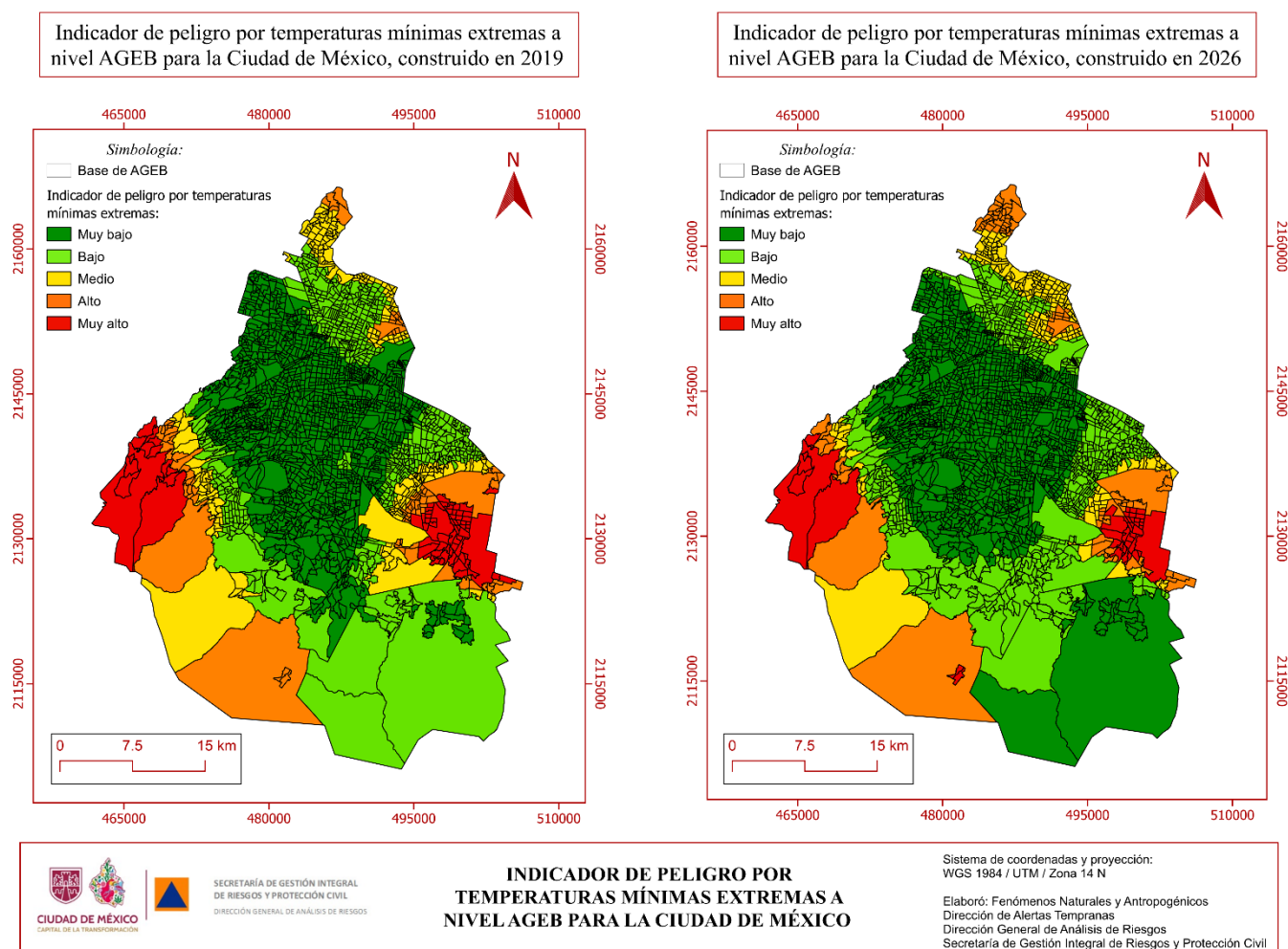


Figura 6. Comparativa del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB para la Ciudad de México
Fuente: Elaboración propia

Las diferencias apreciables entre el indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas responden, principalmente, a la evolución natural de las series climatológicas utilizadas y al incremento en la información disponible para el análisis. Al incorporar registros más recientes y ampliar el periodo de tiempo, se modifica la base estadística a partir de la cual se estiman los valores extremos y sus respectivos periodos de retorno.

Este tipo de ajustes es esperable en estudios de peligros de origen hidrometeorológico, ya que los indicadores se construyen con base en el comportamiento observado del fenómeno a lo largo del tiempo. A medida que se dispone de más años de información, las estimaciones se vuelven más representativas y estables, lo que puede derivar en cambios en la clasificación del peligro.

Los mapas de peligro constituyen una herramienta fundamental para la gestión integral del riesgo, ya que permiten identificar las zonas con mayor probabilidad de enfrentar condiciones adversas. En el caso de las temperaturas mínimas, estos productos apoyan la planeación de acciones preventivas, la distribución de recursos y la focalización de estrategias de atención a la población vulnerable.

La actualización de estos mapas resulta esencial para mantener su vigencia y utilidad operativa, ya que de lo contrario estos podrían dejar de reflejar adecuadamente el comportamiento reciente del fenómeno, mientras que un indicador actualizado permite fortalecer la toma de decisiones con base en evidencia más reciente. Así, la actualización del indicador no sustituye al ejercicio previo, sino que lo complementa y lo fortalece, asegurando su alineación con las condiciones actuales y con las necesidades institucionales de Protección Civil.

Una diferencia relevante entre ambos ejercicios es la incorporación de la estación climatológica 9048, de nombre "Tacubaya Central (OBS)", ubicada en la alcaldía Miguel Hidalgo de la Ciudad de México. Dicha estación, a la fecha, se encuentra en operación y posee un registro de datos diarios, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), desde el 6 de marzo de 1877. Al tener un registro tan grande de datos, la convierte en una referencia clave para el análisis del comportamiento térmico de largo plazo en la región.

La inclusión de esta estación aporta un valor significativo al estudio, ya que su extensa serie histórica permite capturar una mayor variabilidad de las temperaturas mínimas y mejora la estimación de los valores extremos asociados a los distintos periodos de retorno. La construcción del indicador del 2019 se realizó con base en 26 estaciones climatológicas de las que se obtuvieron los datos desde la plataforma en línea desarrollada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), CLICOM (Sistema de Información Climatológica) publicados en la página del CICESE; sin embargo, en la presente actualización fue posible integrarla a partir de los datos publicados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la CONAGUA.

El aporte de esta estación no radica únicamente en el incremento del número total de estaciones, sino en la calidad y profundidad de su registro, lo que fortalece el sustento estadístico del indicador y contribuye a una mejor representación del comportamiento térmico en zonas centrales de la ciudad.

Al analizar la evolución del indicador, se observan ajustes en la clasificación del peligro en distintas zonas de la Ciudad de México. En términos generales, estos cambios pueden asociarse a una mejor resolución espacial del fenómeno, derivada de una base de datos más robusta y a la interpolación ejecutada.

En algunas zonas periféricas y de transición urbano-rural, los cambios en la clasificación pueden estar relacionados con la forma en que las temperaturas mínimas responden a factores locales como la altitud, la topografía y la cercanía a zonas abiertas o de conservación. Por su parte, en áreas más urbanizadas, contribuyen a ajustar los gradientes térmicos y a redefinir de manera más precisa las zonas con mayor o menor propensión a presentar temperaturas mínimas extremas.

9. Conclusiones

El presente informe permitió la construcción y actualización del indicador de peligro por temperaturas mínimas extremas a nivel AGEB para la Ciudad de México, a partir del análisis de información climatológica observada y del uso de herramientas estadísticas y geográficas. El resultado constituye un insumo técnico relevante para la identificación de zonas con mayor propensión a presentar condiciones de frío intenso y aporta elementos objetivos para la planeación preventiva y la toma de decisiones en materia de Protección Civil.

La metodología empleada, basada en la selección de estaciones climatológicas, el análisis de valores extremos de temperatura mínima, la estimación de periodos de retorno y la interpolación espacial, permitió transformar datos puntuales en un producto cartográfico.

La actualización del indicador refleja la importancia de contar con series climatológicas más extensas, además de la incorporación de información adicional. En particular la integración de la estación "Tacubaya Central (OBS)" contribuyó a fortalecer la representación de las temperaturas mínimas extremas y a refinar la estimación de los valores asociados a los periodos de retorno. Este ejercicio confirma que la cantidad y calidad de la información disponible influyen directamente en la precisión y utilidad de los indicadores de peligro.

Asimismo, la clasificación del fenómeno mediante quintiles y su representación cartográfica a través de una escala de colores, facilita la interpretación del indicador tanto para instancias operativas como para el público en general. Este enfoque permite identificar de manera clara

las áreas con peligro muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, favoreciendo la priorización territorial de acciones preventivas, la focalización de recursos y la comunicación del riesgo.

Finalmente, durante el proceso de elaboración del indicador se identificó un aspecto relevante relacionado con la sensibilidad de los resultados, inherente a los procesos de interpolación. En este contexto, los valores asociados a una estación climatológica pueden reflejarse en variaciones en la representación del indicador, incluso en zonas alejadas del punto de medición directa, debido a que las estaciones actúan como nodos que influyen sobre áreas amplias del territorio.

10. Referencias

Cómo funciona la interpolación de distancia inversa ponderada . (s.f.). Obtenido de ArcGIS Pro: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/3.3/help/analysis/geostatistical-analyst/how-inverse-distance-weighted-interpolation-works.htm>

INEGI. (2020). *Manual de Cartografía Censo de Población y Vivienda 2020*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Olas de frío . (s.f.). Obtenido de +CIFRC: https://www.ifrc.org/our-work/disasters-climate-and-crises/what-disaster/cold-waves?utm_source

Temperatura mínima . (s.f.). Obtenido de Climate ADAPT Sharing Adaptation knowledge For A Climate Resilient Europe: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/es/metadata/indicators/minimum-temperature>