



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA

asa abierta al tiempo

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

ÁREA DE SUSTENTABILIDAD Y MEDIO AMBIENTE

## **Importancia del clima urbano en los estudios ambientales de la ciudad.**

Caso de estudio: Formación de islas de calor en zona chinampera de Xochimilco

### **TESIS DOCTORAL**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTORA EN CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO**

**P R E S E N T A:**

**Annette Lions Ramírez**

**TUTORA:**

**Dra. María Eugenia Castro Ramírez.**

## Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora, la Dra. María Eugenia Castro Ramírez, quien, con sus conocimientos, su apoyo y su paciencia, supo inspirarme, guiando mi trabajo a través de cada una de las etapas de este proyecto para lograr los resultados deseados y para impulsarme a ir más allá de lo que yo consideraba mis capacidades.

Mi agradecimiento a los integrantes del programa de Doctorado de la División en Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco por confiar en mí al aceptarme en este doctorado y permitirme realizar todo el proceso de investigación dentro de esta universidad.

A los lectores, el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet, el Dr. Sergio Amante Haddad, el Dr. Carlos Luis Delgado Castillo, el Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo y el Dr. Alberto González Pozo, que con sus comentarios y recomendaciones me ayudaron a la conclusión de mi tesis, detectando errores y detalles que era recomendable profundizar y clarificar.

A los investigadores académicos y meteorólogos que me dedicaron tiempo y paciencia para ayudarme a entender conceptos que salen de mi especialidad, como la climatología, la ecología y el uso de los software utilizados en mi investigación.

Agradezco especialmente a mi esposo, Miguel Ángel Carrillo Pineda, por siempre creer en mí, por poner este camino frente a mis ojos y apoyarme en todos mis sueños y ocurrencias.

A mis hijos Ana Elena y Francisco, por ser ese motor que me impulsa a la superación constante, por estar de mi parte en cada proyecto que emprendo, dándome su apoyo incondicional.

A mi madre Elena Ramírez Duarte que siempre ha estado ahí para respaldarme, aunque se que soy un enigma para ella.

A mi padre Raymundo Lions Fichot y a mis hermanos Elaine, Juan, Gisele, Moisés y Raymundo, que me apoyan desde lejos, a pesar de no siempre entenderme.

Por último, a César, Ana Karen, Boris y Polette, y a mis sobrinos Mariana, Juan José y Luisa, que siempre están ahí para aplaudir y festejar todos mis proyectos.

## Índice

Introducción.		1
Capítulo I.	Marco teórico conceptual y metodológico.	11
1.1.	La desaparición de espacios naturales y semiantropizados y su relación con el calentamiento global.	11
1.1.1.	Deterioro ambiental y cambio climático en el contexto mundial.	12
1.2.	Posturas ante la crisis ambiental desde la urbanización	19
1.3.	Metodologías utilizadas en la investigación para la obtención de datos	31
1.3.1.	Metodología para la detección de cambio climático con los indicadores del cambio climático	32
Capítulo II.	Antecedentes Físicos-ambientales de la Cuenca de México.	45
2.1	La conformación de la gran Cuenca de México.	49
2.2.	La influencia del ser humano en la cuenca de México.	55
2.3.	La zona de estudio en la Subcuenca de Xochimilco	66
Capítulo III.	Cambio climático y formación de islas de calor en la zona chinampera de Xochimilco	71
3.1	Resultados del estudio de existencia del cambio climático en la zona de estudio	72
3.1.1.	Indicadores de cambio climático en la zona de estudio	80
3.1.2.	Pruebas de correlación de Pearson	88
3.1.3.	Gráficas de aumento y disminución	101
3.1.4.	Gráficas de eventos extremos	107
3.2.	Generación de islas de calor en la zona de estudio.	112

3.2.1.	Evidencia de formación de islas de calor con indicadores del cambio climático en la zona de estudio.	113
Capítulo IV.	Resultados ambientales de los cambios en la relación sociedad naturaleza en la Cuenca de México.	135
4.1.	El siglo XX, resultados ambientales del crecimiento de una sociedad sin conciencia ambiental.	139
Capítulo V.	El impacto de los modelos de urbanización en la Cuenca de México	176
5.1.	Deterioro de la Subcuenca de Xochimilco	176
5.2	Declaratorias de protección	185
5.2.1	Declaratoria de Patrimonio de la Humanidad	185
5.2.2.	Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica.	188
5.2.3.	Suelo de Conservación	191
5.2.4.	Sitio Ramsar	194
5.2.5.	Sitio SIPAM	202
5.3.	Impacto de los asentamientos humanos y la urbanización en la zona chinampera de Xochimilco.	208
5.4.	Las zonas de vulnerabilidad y riesgo debido a las actividades humanas sobre la Cuenca de México.	210
Capítulo VI.	Relación socioambiental actual en la Subcuenca de Xochimilco	225
	Conclusión y propuestas	243
	Referencias bibliográficas	270
Anexo I.	Índice de imágenes, tablas y gráficos	
Anexo II.	Entrevistas	
Anexo III.	Estudio de cambio climático de la zona Chinampera de Xochimilco	

## Introducción

*Por primera vez el hombre ha comprendido realmente que es un habitante del planeta, y tal vez piensa y actúa de una nueva manera, no sólo como individuo, familia o género, Estado o grupo de Estados, si no también como planetario.*

*Vernadski.*

La situación ambiental en el planeta es cada vez más alarmante. La contaminación del aire, el deterioro de cuerpos de agua, la generación de desechos y el cambio climático, entre otros problemas provocados por el ser humano, han aumentado de forma alarmante en las últimas décadas.

Las ciudades son uno de los principales causantes de esta problemática, debido a las actividades que ahí se llevan a cabo y a los modelos de desarrollo que imperan en la actualidad, que priorizan el desarrollo económico sobre lo social y, especialmente, sobre lo ambiental.

Dentro de estas actividades destacan la edificación y la urbanización, a causa de los modelos y procesos predominantes que se han desarrollado en los últimos años enfocados principalmente al desarrollo económico. Esto ha ocasionado que se deteriore paulatinamente la relación que solía existir entre el ser humano y la naturaleza, al punto que, actualmente, muchos arquitectos, urbanistas, ingenieros civiles, políticos, planificadores, etc., que intervienen constantemente los espacios, no tienen una comprensión cabal de su funcionamiento ambiental que los haga concientes de la responsabilidad que recae sobre ellos y las consecuencias que tendrá su intervención en el ecosistema y en el ser humano que lo habitará.

En la Ciudad de México, por ejemplo, se viven constantemente problemas ambientales que van desde la falta de agua potable, inundaciones, contaminación y desaparición de cuerpos de agua, hasta la mala calidad del aire, desaparición de zonas arboladas, entre otros.

Pocos profesionistas fuera de la comunidad científica, climatólogos y geólogos, han estudiado los ciclos naturales que se llevan a cabo en la región, y por ende, al intervenir el espacio con sus edificaciones y planes de desarrollo no contemplan en qué medida sus proyectos pueden alterar el sistema ambiental.

Esta tesis centra su estudio en la zona chinampera de Xochimilco, que es un lugar *sui generis* debido a sus características particulares, que conjuntan relictos de gran valor cultural, espacios semi-antropizados que contienen una técnica agrotecnológica ancestral de las antiguas culturas nahuas de la Cuenca de México, donde se desarrollaron tradiciones mestizas que fusionaron la cultura local con la impuesta por los españoles durante la conquista.

Sin embargo, el veloz avance de la urbanización, con modelos que no contemplan la integración con el ambiente, entre otras causas, lo ha deteriorado, poniendo en riesgo su pervivencia junto con los ecosistemas que conforman.

Esta zona ha sido analizada por muchos investigadores y académicos, generando una gran cantidad de documentos, reportes, relatos, descripciones, planteamientos, etc., y con enfoques tan diversos desde lo ambiental lo histórico, lo social, etc.; que, para poder revisarlos todos, se requerirían de varios años y estudios – más de los que este doctorado permite –.

El tema de esta investigación es el análisis del impacto que tienen los modelos de urbanización realizados en Xochimilco, que han reducido considerablemente la zona chinampera, en el cambio climático de la región y la formación de islas de calor en esta zona.

Para abordar el tema, esta investigación se sustenta en el enfoque de la ecología profunda que trata la comprensión de lo ecológico a través de su estructura y su función ambiental y percibe al ser humano como parte de la tierra que habita y que tiene, por tanto, el deber de cuidar de ella (Lovelock, 1988, 2007; Naess, 1973; Ángel Maya, 2003; entre otros). Este enfoque nace entre los años sesenta y setenta como consecuencia de la creciente

preocupación por la degradación del medio ambiente provocada por las acciones del ser humano, que con el tiempo se ha convertido en tema de preocupación de instituciones tan importantes como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre otras, y propiciado la formación de nuevas organizaciones dedicadas únicamente a su estudio, como es el caso del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).

Uno de los temas que son recurrentes en las agendas de reuniones proambientales en el mundo es la interacción entre el desarrollo urbano y el medio ambiente y como los modelos de crecimiento de las ciudades que ha predominado en el mundo occidental, hoy globalizado, han provocado la crisis ambiental y climática actual debido a la velocidad de su crecimiento y a que es en las ciudades donde se llevan a cabo muchas de las actividades del ser humano que más impactan la naturaleza (SEMARNAP, 2006).

La Ciudad de México es un claro ejemplo de esta problemática. Su modelo de crecimiento, que no contempla sus características naturales ni sus condiciones ambientales y geofísicas como parte importante para su desarrollo, ha provocado el deterioro ambiental de toda la zona, al reducir drásticamente las áreas naturales y de cultivo (como los bosques, humedales y lagos que solían existir en la Cuenca de México, los cuales fueron desapareciendo de forma proporcional al crecimiento urbano), contaminando los cuerpos de agua, agotando los mantos acuíferos, provocando la reducción de la biodiversidad y generando un cambio en el clima, debido a la sustitución de espacios vegetales y cuerpos de agua por pavimentos y construcciones con materiales de alta masa térmica.

Lo anterior ha provocado que en la Ciudad de México se formen domos con temperaturas más altas que las zonas no urbanizadas de la región, a este fenómeno se le conoce como: isla de calor urbana.

Al sur de esta ciudad, se localiza la zona chinampera de Xochimilco que, junto con sus redes de canales e islas artificiales, es considerado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como "...un ejemplo excepcional de los trabajos de los aztecas para construir un hábitat en un medio hostil al

hombre” (UNESCO México, 2014). Contiene además el relicto del lago de Xochimilco, uno de los cinco lagos que conformaban el Sistema Lacustre de la Cuenca de México.

Estos lagos tenían una función ambiental importante dentro de la Cuenca de México, en la cual, cada uno de los elementos naturales de su ecosistema (lagos, bosques, pastizales, humedales, etc.) desempeñan diversas funciones ambientales, como la regulación del clima. Al disminuir o desaparecer algunos de estos elementos es inevitable que el clima de la región se vea afectado.

Xochimilco con su sistema chinampero cumple con funciones ambientales importantes dentro de la Cuenca de México, entre ellas los ciclos térmicos que regulan el clima de la región, pero los procesos de urbanización desarrollados en los últimos siglos y los cambios en los sistemas de cultivo han reducido su área. A pesar de esto, la zona sigue teniendo una función ambiental que, aunque reducida, continúa siendo de gran importancia.

Su desaparición puede significar que se reduzca drásticamente la recarga de los mantos acuíferos hasta su extinción, un aumento en la generación y acumulación en la atmósfera de CO<sub>2</sub> y, a su vez, una reducción importante en su absorción, a causa principalmente de la sustitución de bosques y cuerpos de agua por pavimentos y construcciones con materiales de gran masa térmica que ya han ocasionado un aumento en las temperaturas y variaciones en los ciclos hidrológicos, que puede significar que el clima de la región esté cambiando de manera importante y puede llevar al sistema climático a un punto de no retorno (COP21, Ramsar, Unesco, etc.).

Por tanto, los estudios ambientales y de cambio climático, como el realizado en esta tesis, se vuelven un asunto significativo que aportará elementos que ayuden a establecer estrategias que permitan a México cumplir con los compromisos adquiridos ante las instancias internacionales como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).

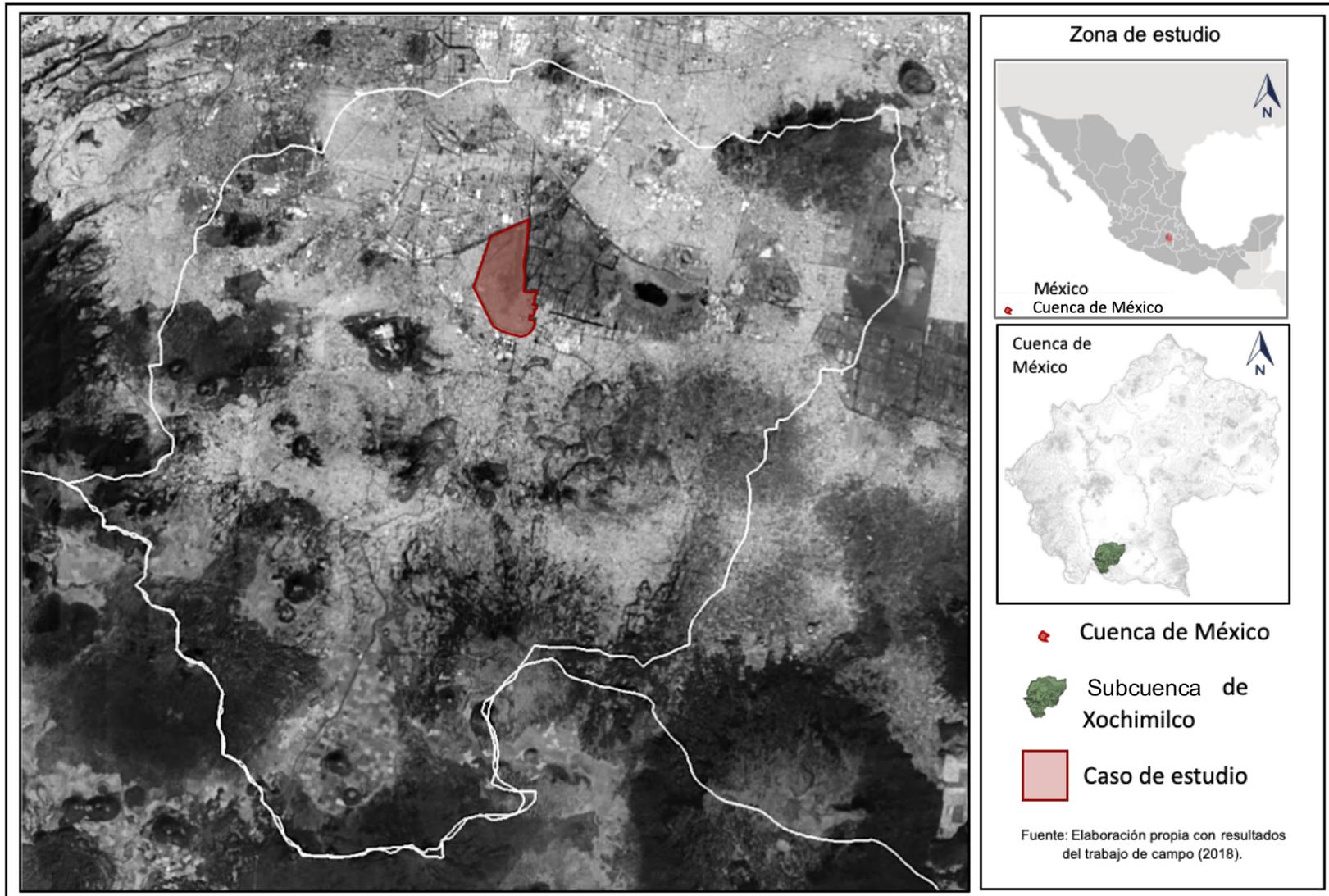
Parte de esta problemática origina esta investigación que centra su objetivo en Demostrar la existencia de islas de calor y cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco, entendiendo en el proceso la influencia que tienen en el ambiente local, la sustitución de

espacios naturales y semiantropizados por zonas urbanizadas, evidenciando con ello la importancia de los estudios ambientales profundos en los proyectos arquitectónicos y urbanísticos. Para ello se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- Identificar los principales actores que intervienen en la zona chinampera de Xochimilco, y cómo se interrelacionan entre sí y con su ambiente, recabando información mediante entrevistas, talleres y encuestas.
- Reconocer, mediante un estudio documental histórico los eventos significativos que fueron resultado del modelo de crecimiento urbano actual dentro de la Cuenca de México.
- Generar un acervo fotográfico en sitio y satelital que permita hacer un estudio comparativo a fin de verificar los cambios territoriales y paisajísticos ocurridos durante el siglo XX y XXI para relacionarlos con los cambios climáticos observados en la zona chinampera en las últimas décadas.
- Sistematizar los datos climáticos de la zona de estudio para poder hacer uso de los *softwares* ICC y Clic-MD, con el fin de poder identificar la existencia y las tendencias de cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco.
- Recabar las lecturas de temperatura mediante una cámara termográfica en los elementos urbanos como aceras, asfalto, vegetación, cuerpos de agua, etc. con el fin de documentar la formación de islas de calor y cotejarlas con los resultados del estudio de cambio climático en la zona.

Esta tesis comprende un estudio panorámico, no puntual, que se emprende con un enfoque cuali-cuantitativo, que utiliza para el estudio de la evolución del crecimiento urbano un método histórico-comparativo, que inicia desde el Porfiriato hasta el 2018 para extraer los hechos que propiciaron el rápido crecimiento de la Ciudad de México por su modelo de urbanización actual y el impacto sobre la Subcuenca de Xochimilco, tomando como caso de estudio una zona representativa dentro de esta unidad ambiental (ver mapa 1).

Mapa 1. Localización del caso de estudio dentro de la Subcuenca de Xochimilco



Fuente: Elaboración propia

Otro método utilizado durante la investigación es el deductivo, aplicado en el estudio de cada uno de los elementos que componen el funcionamiento ambiental y cultural actual de la zona chinampera de Xochimilco, con miras a establecer relaciones entre las variables y descubrir los mecanismos que explican estas relaciones, mediante una argumentación lógica, exponiendo las causas del deterioro ambiental de la zona chinampera y el cambio climático percibido por los pobladores y chinamperos, a fin de realizar una prospectiva, que permitirá generar una metodología para observar a largo plazo el futuro de la zona e identificar los elementos que puedan producir los mayores perjuicios (o beneficios) ambientales.

Como herramientas de apoyo se utilizaron los *software* ICC y Clic-MD, que ayudaron a procesar los datos climáticos en un periodo de tiempo establecido de 1954 a 2017, determinado por la existencia de datos en la zona de estudio, y que abarcan un período de más de 30 años que es lo mínimo recomendado por el IPCC para determinar la existencia de un cambio climático como tal; integrando los datos obtenidos en las estaciones climatológicas de Moyoguarda<sup>1</sup>, Santa Úrsula Coapa y la Gabino Barrera ENP-1 del sistema PEMBU de la Universidad Autónoma Metropolitana (UNAM), que se encuentran dentro de los cinco kilómetros de la zona de estudio, requisito recomendable para que los datos sean aplicables a la zona de interés.

También se utilizó una cámara termográfica modelo Flir One Pro para el registro de temperaturas irradiadas por materiales en elementos urbanos y un termómetro higrómetro Steren TER-150, que ayudó a determinar los aportes térmicos de zonas urbanas al medio ambiente local.

---

<sup>1</sup> Aunque el nombre correcto es Muyoguarda, la estación aparece registrada como Moyoguarda, probablemente por un error en la captura de la estación. Sin embargo, se mantendrá el nombre de Moyoguarda que es la forma como aparece en el registro del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) de CONAGUA.

Por último, se realizaron talleres comunitarios y entrevistas con vecinos y chinamperos que aportaron información valiosa de la relación socioambiental que se desarrolla en la zona de estudio.

Así mismo se percibe una influencia bidireccional entre los espacios semiantropizados que se encuentran dentro o en los bordes de las ciudades y el cambio climático global. Por tanto, es importante también responder a las preguntas: ¿cómo afecta al cambio climático global a las pequeñas zonas semi-antropizadas que se encuentran dentro o en los bordes de las ciudades, como el caso de la zona chinampera de Xochimilco? ¿qué impacto tiene los procesos de urbanización que se están presentando en zonas naturales y semi-antropizadas como los que se observa en la zona de estudio en el clima de la Subcuenca de Xochimilco? y ¿cómo afecta el deterioro y la desaparición de las pequeñas zonas semiantropizadas como la de la zona chinampera de Xochimilco en el cambio climático global?

La complejidad de Xochimilco incluye la intervención de gobiernos tanto locales, estatales y federales, así como de instancias internacionales que tienen intereses en la zona por su importancia cultural y natural, que no han logrado detener su deterioro, lo que, junto con algunas políticas cortoplacistas implementadas, pone en riesgo su preservación. Esto genera la pregunta: ¿qué impactos han tenido las políticas públicas implementadas hasta el día de hoy en la sustentabilidad de la zona chinampera de Xochimilco? y ¿qué relación tienen éstas con el deterioro y disminución de la zona chinampera de Xochimilco?

En esta tesis se plantea la hipótesis de que la Ciudad de México ha crecido bajo un modelo de urbanización que ha provocado una alteración profunda en la conformación natural de la Cuenca de México, propiciando su deterioro ambiental, y con ello, la desaparición de cuerpos de agua, y de áreas naturales y de agricultura chinampera, necesarios para la supervivencia de los ecosistemas de la Cuenca y de la vida humana. Esta alteración ambiental ha provocado un cambio en el clima local, que ha trastocado los ciclos de las lluvias y aumentado la temperatura ambiente con la generación de islas de calor entre otros, convirtiéndose en elementos que contribuyen al cambio climático global.

Los modelos de crecimiento y urbanización predominantes en los últimos siglos alejan al ser humano en su relación socioambiental y enajenan su conciencia hacia la importancia de lo ambiental para su propia supervivencia, lo que se vuelve de gran importancia para enfrentar la crisis climática global. Esto evidencia la importancia que tienen los relictos naturales y semiantropizados que sobreviven en la Cuenca de México, como la de la Zona Chinampera de Xochimilco, como mitigadores de la crisis ambiental, exponiendo las consecuencias de la pérdida de estos espacios.

La tesis que aquí se presenta consta de seis capítulos que documentan la investigación doctoral. En el primer capítulo se presenta el marco teórico metodológico, iniciando con síntesis de la problemática abordada, siguiendo con la exposición del marco conceptual que determina el enfoque con el que se aborda el estudio.

Con este enfoque se analiza la importancia que guardan para el medio ambiente los espacios naturales y agrícolas y el peligro que trae la pérdida de éstos frente al crecimiento urbano; incluye un marco conceptual que aborda el papel que juegan las islas de calor urbanas en el deterioro ambiental y en el cambio climático y viceversa, en un fenómeno de cambio bidireccional.

Una vez sentados los fundamentos que sostienen esta investigación se presentan las metodologías que se utilizaron para la realización de los estudios realizados en esta investigación para la detección de cambio climático local y la presencia de islas de calor en la zona de estudio.

En el segundo capítulo se realiza el estudio desde una escala mayor: la Cuenca de México, sus límites y su función ambiental. Se revisa cómo se conformó, cómo funciona ambientalmente, cuáles son sus ciclos naturales y socioecosistemas, así como las modificaciones del ser humano que alteraron su estructura y funcionamiento, para bajar a una escala menor, la Subcuenca de Xochimilco con su zona chinampera, donde se define la zona de estudio en la que se enfoca la investigación que se conformó por un polígono que contiene una zona de chinampas que se encuentran sometidas a una fuerte presión debido al avance de la mancha urbana.

El capítulo III se centra en los resultados y conclusiones obtenidos en la investigación documental y de campo, incluyendo el estudio térmico de los elementos urbanos llevado a cabo durante las visitas a la zona de estudio y el procesamiento de datos realizado con los *softwares* ICC y Clic-MD con relación al Cambio Climático local.

Este capítulo contiene una parte muy importante de la tesis, porque aquí se comprueba cuantitativamente el comportamiento del clima del polígono de estudio mediante el cálculo y análisis de los indicadores del cambio climático definidos por el Equipo de Expertos en Detección e Índices para el Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés), que permiten identificar cambios en el clima de una zona con base en la temperatura y la precipitación, registradas en estaciones meteorológicas del lugar.

Se exponen también los resultados del trabajo de campo en el que se realizó la medición de la temperatura de diversos elementos artificiales (asfalto, cemento, etc.) y naturales (tierra, pastos, áreas arboladas, etc.) en la zona limítrofe entre la zona urbanizada y las chinampas, en distintas condiciones de captación de radiación solar, identificando la diferencia de temperatura que alcanzan con relación a la temperatura ambiental – otro elemento presente en la formación de islas de calor –.

La parte final de este capítulo contiene los resultados obtenidos mediante una comparativa de los datos de la zona de estudio con los de zonas rurales cercanas, se determina la existencia de elementos que comprueban la formación de islas de calor en el polígono de estudio, al presentarse una diferencia perceptiblemente más alta en la zona de estudio.

El cuarto capítulo expone los antecedentes históricos relacionados con el crecimiento urbano de la Ciudad de México y con los cambios en la relación socioambiental de sus habitantes, resaltando los hechos que afectaron la zona sur de la Cuenca de México, donde se encuentra ubicado Xochimilco.

La limitación temporal parte de la época de la llegada del ser humano a la Cuenca de México, con el fin de comprender los procesos que llevaron a la relación socioambiental que se vive actualmente y que es considerada en esta tesis como causal importante del

deterioro ambiental de la zona. Sin embargo, hay una delimitación temporal más corta, debido a la existencia de datos climáticos confiables, que inicia en 1921 y que se refleja en este capítulo.

En el quinto capítulo se profundiza en los problemas ambientales causados por la intervención del ser humano en la Cuenca de México, específicamente de la Subcuenca de Xochimilco: incluye las distintas declaratorias de protección que existen y su efectividad para mantener protegida la zona chinampera. Aquí se explica además cómo los tipos de urbanización actual han alterado las funciones ambientales y la manera como se intenta enfrentar esas problemáticas desde una perspectiva antropocéntrica que sigue sin comprender el funcionamiento ambiental de la zona.

Por último, en el capítulo VI, se integran los resultados de las entrevistas realizadas en campo donde se expone la problemática percibida por los actores de la zona de estudio y se aborda cómo la degradación y desaparición de la zona chinampera y sus cuerpos de agua propician el Calentamiento Global y el Cambio Climático local y cómo repercute a nivel global.

Se finaliza la investigación con las conclusiones y tres anexos: uno, con los índices de imágenes, tablas, mapas y gráficos; el segundo, con algunas de las entrevistas realizadas en las visitas de campo; y el tercero, muestra el estudio completo de los indicadores de cambio climático, con el cálculo de todos los indicadores y todas las gráficas obtenidas, a fin de que puedan ser consultadas en caso necesario.

## 1. Marco teórico conceptual y metodológico.

*Sólo el sabio mantiene el todo en la mente, jamás olvida el mundo, piensa y actúa con relación al cosmos.*

*Groethuyensen.*

La Ciudad de México y su zona metropolitana es una de las diez metrópolis más pobladas del mundo con más de 20 millones de habitantes que equivale al 17% de la población nacional (OCDE, 2015), lo cual implica un enorme impacto a la región natural donde se encuentra emplazada. Al sur de ésta, se encuentra la zona chinampera de Xochimilco, uno de los pocos relictos del sistema lacustre que solía contener la Cuenca de México.

En esta zona aún sobreviven ciertos relictos de los ecosistemas lacustres que solían existir en la parte central de esta cuenca, entre los que se encuentran algunos humedales tan importantes para el funcionamiento ambiental en el mundo. Sin embargo, poco a poco estos han ido desapareciendo, y generando una problemática ambiental que se padece en toda la Ciudad de México.

Cabe decir que esta situación, antes descrita, no es exclusiva de la Ciudad de México. Este fenómeno se ha dado en muchas ciudades del mundo, siendo esta desaparición de espacios naturales y agrícolas un indicador de deterioro ambiental (Ramsar. Convención sobre los Humedales, 2015).

Aunque este estudio se centra en el impacto que las acciones del ser humano has tenido en la zona chinampera de Xochimilco y su relación con el cambio climático, es necesario entender la magnitud del problema a escala global, que dará fundamento a lo trascendental de la temática más allá de una escala local.

### 1.1. La desaparición de espacios naturales y semiantropizados y su relación con el calentamiento global.

Con el fin de entender la relación que tienen las ciudades con el cambio climático y asociar causas, consecuencias, alternativas y soluciones; es necesario entender la base conceptual en la que se fundamenta. Éste está sustentado en investigaciones y mediciones

meteorológicas de distintos fenómenos naturales, que abarcan muchos años e, incluso, varios siglos, basadas en evidencias obtenidas a partir el estudio de CO<sub>2</sub> atrapado en los glaciares a través de siglos o los troncos de los árboles.

Entender la problemática del cambio climático global es necesario para establecer la implicación de los fenómenos provocados a escalas locales y la importancia de implementar estrategias de adaptación y mitigación en los lugares donde se genera la problemática.

### **1.1.1. Deterioro ambiental y cambio climático en el contexto mundial.**

Según datos publicados en los últimos años por la NASA (Conde, 2013 e IPCC, 2016), en las últimas décadas se han venido registrando pruebas inequívocas que evidencian el cambio climático. La temperatura promedio mundial ha tenido ya un aumento de 1 °C en un período que va desde 1850 a 2018 (IPCC, 2019), los glaciares han disminuido de 1961 a 2018 más de 9.625 gigatonnes de hielo (un gigatón equivale a mil millones de toneladas), lo que ha provocado un aumento del nivel del mar de 27 milímetros (Zemp, M. et al. 2019), por citar algunos ejemplos.

Sin embargo, antes de abordar el tema del cambio climático es necesario conocer la definición de algunos términos y la explicación de ciertos fenómenos relacionados con esta cuestión; por ello, a continuación, se describen los más importantes.

Lo primero que se debe comprender es la diferencia entre el clima y el estado del tiempo, los cuales suelen ser utilizados confusamente. Sin embargo, el estado del tiempo es el conjunto de los fenómenos que ocurren en la atmósfera en un momento determinado, por ejemplo, la temperatura, la dirección de los vientos, la humedad del día de hoy, mientras que el clima es el promedio del estado del tiempo medido en períodos prolongados – de al menos 30 años – (IPCC, 2007), y es precisamente en las variaciones severas que se dan en estos largos períodos cuando se habla de cambio climático.

El planeta Tierra mantiene un sistema natural que le permite funcionar de la manera como se le conoce gracias a una serie de ciclos naturales que sostienen la vida de los seres que en él habitan; estos ciclos son procesos que mantienen el balance en los ecosistemas.

Algunos de los más conocidos son el ciclo del carbono, el del agua, el del nitrógeno, por nombrar algunos. Existen otros, como los relacionados con la regulación de la temperatura del planeta como el día y la noche, las estaciones y los ciclos glaciales, que son importantes, especialmente, cuando se estudian las islas de calor, que es el nombre que se usa para describir el calor característico tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades (o áreas urbanas), comparadas con sus entornos no urbanizados. Un ejemplo de modificación climática no intencional se produce cuando la urbanización cambia las características a la superficie y a la atmósfera de la tierra (Voogt, 2008), tema base de esta investigación.

Estos ciclos climáticos se relacionan con la termodinámica, especialmente con la transferencia de calor, ya sea positivo (el calor transferido hacia el ambiente) o negativo (calor retirado del ambiente) que se realiza por medio de la conducción, la convección o la radiación (Müller, 2002).

Por ejemplo, durante el día los elementos expuestos al sol reciben radiación directa, o difusa si existe algo que se interponga parcialmente con el sol (como las nubes o los árboles) y absorben energía calórica (transferencia negativa), y durante la noche estos lugares se enfrían al soltar la energía ganada hacia el ambiente (transferencia positiva); lo mismo sucede con las estaciones, en el verano la temperatura ambiental aumenta y durante el invierno se enfría derivado de la perpendicularidad con que la radiación solar es recibida por la superficie del planeta como causa de su inclinación con respecto a la eclíptica y, gracias al movimiento de translación, esto sucede en varios períodos de tiempo que pueden durar incluso varios milenios como las glaciaciones, a estos ciclos se les conoce como variabilidad climática y forma parte de los argumentos que utilizan los detractores del cambio climático para rebatir su existencia (Incropera & De Witt, 1999: 2-12, Müller, 2002).

Cuando las variaciones climáticas suceden en períodos de tiempo cortos, como las estaciones o el día y la noche, es fácil de comprender y estudiar, pero cuando los ciclos suceden en milenios, siglos o incluso décadas, su comprensión y estudio se vuelve sumamente complejo (Incropera & De Witt, 1999).

A diferencia de las variaciones climáticas que forman parte de los ciclos naturales del planeta, el cambio climático es causado por el ser humano y provoca que se registren cambios en el clima de gran magnitud en unas cuantas décadas, cuando éstos solían tardar siglos en producirse, además de manifestar una tendencia a crecer, tanto en intensidad como en frecuencia, sin visualizarse un punto de retorno que complete el ciclo (IPCC, 2007).

Ahora bien, el clima evoluciona de manera natural como consecuencia de varios fenómenos como erupciones volcánicas, variaciones solares o cambios en la composición de la atmósfera terrestre; entonces, ¿porqué tanto alboroto con el cambio climático?

La respuesta se encuentra en la relación que existe entre las actividades antrópicas (concernientes al ser humano) y la acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), mecanismo por el cual la Tierra regula su temperatura y permite la vida; sin estos gases la temperatura de la Tierra se mantendría por debajo del punto de congelamiento. Estos gases son básicos en el balance energético de la atmósfera al retener el 30 por ciento de la energía solar, reflejar el 20 por ciento directamente a la atmósfera, y dejar pasar el resto hacia la superficie de la Tierra (aproximadamente el 50 por ciento) donde es distribuida por circulaciones atmosféricas y oceánicas. Cuando la tierra se calienta, el exceso de esta energía es tramitada al espacio manteniendo un balance térmico. Este proceso es lo que permite la vida en el planeta tal como la conocemos (Mastrandrea *et al.*, 2010).

Los GEI están compuestos de vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y, desde la revolución industrial, se comenzaron a acumular también los gases fluorados que no se producen de forma natural, sino que han sido desarrollados por el ser humano.

Desde la revolución industrial, las actividades del ser humano han venido aumentando sus emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub> y gas metano, principalmente. En el caso de los gases fluorados, aunque estos representan menos del 15% de las emisiones de GEI, tienen una gran capacidad de atrapar el calor, hasta 22,000 veces más eficazmente que el CO<sub>2</sub>, pero además pueden permanecer en la atmósfera por miles de años. Esto ocasiona una mayor concentración de GEI que rompe con el equilibrio energético al reducir la posibilidad de reemitir la energía excedente a la atmósfera, lo que a su vez produce un aumento en la

temperatura promedio del planeta, que se conoce como calentamiento global (IPPC, 2013, European Commission, s.f.).

La evidencia es contundente. Se ha demostrado que el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) aumentaron 40, 150 y 20 por ciento, respectivamente, desde el año 1850, medido para el 2011, en forma paralela al aumento de la actividad industrial; y que ha sido absorbido cerca del 30 por ciento del bióxido de carbono por los océanos, causando su acidificación (Conde, 2016; IPCC, 2013).

Este aumento de los GEI es producido principalmente por el incremento poblacional, las actividades humanas, la eliminación de bosques y selvas y, en particular, la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), todas éstas, actividades que se relacionan con las ciudades y que han suscitado el calentamiento global y el cambio climático (IPCC, 2007).

Esto es una realidad que – según se reconoció en la Convención Marco de Naciones Unidas contra el Cambio Climático alcanzado en París, Francia, en diciembre del 2015 –, se ha convertido en “una amenaza apremiante y con efectos potencialmente irreversibles para las sociedades humanas y el planeta” (Naciones Unidas, 2015). Los países asistentes acordaron mantener el incremento de la temperatura global por debajo de los 2.0 °C (aprobado después por el Senado de México el 14 de septiembre de 2016), y en un informe extraordinario en octubre del 2018, el IPCC hace hincapié en la necesidad de limitar el calentamiento a un valor de 1,5 °C (IPCC, 2018).

Para lograr esto, se debe reducir considerablemente la generación de los GEI. Su importancia en el control del calentamiento global radica en la relación entre el potencial de calentamiento de cada gas y su permanencia en la atmósfera, así como, el porcentaje relativo a las emisiones antropogénicas. En la *tabla 1*, se puede observar que el bióxido de carbono y el metano representan el 92% del total de GEI y, aunque su potencial de calentamiento es menor, la enorme producción antrópica ha producido una enorme concentración de éstos en la atmósfera (se calcula que el 80 por ciento de CO<sub>2</sub> es producido por el suministro y utilización de combustibles fósiles) (IPCC, 1992).

Tabla 1: GEI causantes del cambio climático regulados a nivel internacional por los protocolos de Kioto y de Montreal.

<b>Gases de efecto invernadero</b>	<b>Potencial de calentamiento mundial (PCM) (periodo de 100 años)</b>	<b>% del total de emisiones de GEI antropogénicas (2010)</b>
Dióxido de carbono	1	76
Metano	25	16
Óxido nitroso	298	6
Hidrofluorocarbonos (HFC)	124 - 14,800	<2
Perfluorocarbonos (PFC)	7,390 - 12,200	<2
Hexafluoruro de azufre	22,800	<2
Trifluoruro de nitrógeno	17,200	<2
Clorofluorocarbonos (CFC)	4,750 - 14,400	<2

Fuente: Naciones Unidas (UN CC. Learn, 2011)

La acumulación de los GEI se considera la primera causa del calentamiento global, sin embargo, hay otro fenómeno que está relacionado con el calentamiento global denominado las islas de calor urbano. Este es el nombre que se usa para describir el calor característico tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades (o áreas urbanas), comparadas con sus entornos no urbanizados. “La isla de calor es un ejemplo de modificación climática no intencional cuando la urbanización cambia las características de la superficie y la atmósfera de la tierra” (Voogt, 2008).

Las áreas urbanas en expansión son puntos de calor que impulsan el cambio ambiental a distintas escalas en todo el mundo, principalmente debido a la acumulación de GEI, pero también por el cambio de uso de suelo (Wouters, et al., 2017: 89-98), ambos elementos presentes en la creciente Ciudad de México.

Las islas de calor pueden definirse también como un domo de aire cálido que se forma en áreas urbanas, un calentamiento relativo de la atmósfera sobre la ciudad en relación con los alrededores. (López Moreno & S., 1994). Según Rondanelli & Bonatici (2013). Hay tres

pilares comparativos con respecto al promedio de la temperatura ambiental rural de la misma región:

1. La isla presentará una temperatura promedio mayor que en las zonas rurales que los circundan.
2. La desigualdad del ciclo térmico se acentúa en la noche.
3. Existe un retraso en la hora de llegada de la máxima térmica con respecto a la periferia.

Las islas de calor se forman principalmente por la concentración de población, el crecimiento de zonas edificadas, la disminución de áreas verdes, el entubamiento o desecación de los afluentes y cuerpos de agua, el aumento en el consumo energético y por superficies cubiertas con materiales con alta masa térmica (la capacidad de un material para almacenar calor) como el asfalto o el concreto; esto último, consecuencia del cambio en el uso del suelo (López Moreno & S., 1994).

Todos estos elementos están presentes de forma creciente en Xochimilco, que se encuentra al sur de la Cuenca de México en gran parte de lo que solía ser el lecho del antiguo lago de Xochimilco. Sus bosques, cuerpos de agua y zonas de cultivo han ido desapareciendo debido a acciones del ser humano, de tal forma que hoy sólo queda un pequeño relictos de lo que solía ser uno de los dos lagos de agua dulce del antiguo sistema lacustre de la Cuenca de México, y que hoy se encuentra en peligro de desaparecer.

A este respecto y con relación al cambio climático, un estudio realizado por la Sociedad Geológica Mexicana sugiere que la desaparición de los lagos ha contribuido de manera importante al aumento de temperatura de la zona. Al final del reporte, el estudio concluye:

“La Ciudad de México se ha desarrollado de una manera no sustentable y forzosa desde sus inicios (Mancebo, 2007). En aproximadamente los últimos 500 años las modificaciones antropogénicas en el sistema lacustre del Valle de México han resultado en un incremento irreversible en la temperatura, generando un microclima regionalmente. Los resultados de este trabajo sugieren que el impacto en la respuesta térmica debido a la extinción del sistema lacustre puede alcanzar los 5.78 °C, siendo mucho mayor que el promedio de las proyecciones globales debidas al cambio climático, 0.8°C (IPCC, 2013), en el mismo período de tiempo” (Ruiz-Angulo & López-Espinoza, 2015:17-18).

Según este estudio, el impacto del desecamiento de los lagos en el aumento de la temperatura registrada en la Ciudad de México ha sido muy grande, lo que a su vez contribuye a la evaporación de los cuerpos de agua restante, acelerando su desecación. Además, evidencia que una urbanización como la que se ha dado en la Ciudad de México puede impactar tanto al clima como la generación de CO<sub>2</sub>.

Los cuerpos de agua tienen un albedo<sup>2</sup> entre el 20% y el 60% (varía según la altitud de la radiación solar en las distintas épocas del año y latitudes donde se encuentre, así como la profundidad del cuerpo de agua), lo que ayuda a reflejar la radiación solar hacia el exterior de la atmósfera. Al desecarse los cuerpos de agua, la radiación solar impacta en la superficie seca que tiene un albedo entre el 5% y el 10% (Inzunza, 2007).

La otra característica de los materiales que afecta de manera importante la formación de islas de calor es la inercia térmica, que es la capacidad de un material de absorber calor, almacenarlo y posteriormente liberarlo o transferirlo a otro elemento (Pastormelo & Souza, 2013). Este fenómeno puede verse en las áreas urbanizadas de Xochimilco, como se comprueba en el estudio térmico de los elementos urbanos realizado en campo y descrito en el capítulo cinco de esta tesis.

Por otro lado, el cambio de uso de suelo de agrícola y área natural protegida a comercio y vivienda representa una disminución importante en las áreas verdes de los bordes de las ciudades y por ende en la absorción de CO<sub>2</sub>.

Las áreas naturales y semi-antropizadas que han quedado como relictos al interior de las ciudades, pueden ser elementos mitigadores para la formación de islas de calor y, por ende, para el cambio climático, y aunque pareciera que una acción en una zona tan pequeña no es muy significativa a nivel global, no hay que olvidar que es en las acciones locales donde

---

<sup>2</sup> El albedo es la fracción de la radiación solar reflejada por una superficie. Mientras menos albedo tenga una superficie, menos radiación solar reflejará y más será la radiación acumulada, lo que se traduce en energía térmica acumulada que después será radiada hacia el ambiente.

se genera la problemática y que, es en la suma de estas acciones, que se puede lograr un avance significativo en la lucha contra este fenómeno.

Siendo México parte de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), celebrada en París en diciembre del 2015, y habiendo firmado el acuerdo ahí celebrado, es importante tomar acciones que ayuden a detener los aportes al aumento de las temperaturas medias globales (INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

## **1.2. Posturas ante la crisis ambiental desde la urbanización**

Los modelos de urbanización actuales son una de las principales causas de gran parte del deterioro ambiental del planeta; en parte por el crecimiento de las ciudades, pero sobre todo por los modelos que rigen el desarrollo de la humanidad y la manera en que se han materializado en los territorios en forma de ciudades de consumo, fragmentadas, segregadas y separadas del campo y los sistemas agroalimentarios, así como de la naturaleza a la que han impactado más allá de su capacidad de regeneración (Castro, 2016).

El pensamiento de libre mercado actual, que busca el crecimiento económico y la acumulación de bienes, dejando de lado a la naturaleza y al bienestar común, es lo que se considera, por defensores del medio ambiente, como la principal causa de la crisis ambiental que vive el planeta (Barkin, 1999, Mansilla, 1997, Falk, 2002).

Con este modelo de urbanización que se comenzó a gestar desde hace varios siglos con una visión europea que fue impuesta en África, Asia y América por las conquistas, la ciudad de México llegó a convertirse durante el siglo XX en centro del poder político y económico donde la población podía encontrar oportunidades de trabajo y acceso a servicios como alcantarillado, abastecimiento de agua entubada, electricidad, salud, educación y el comercio, entre otros, enfocado fundamentalmente al funcionamiento del sistema económico.

Se intensifica la migración del campo-ciudad desde la década de 1940, durante el período de industrialización del país, en busca de trabajo y de mejores condiciones de vida (Oropeza, 2013), con lo que se genera una aglomeración de habitantes cada vez mayor que causan problemáticas ambientales que requieren atención y respuesta.

La concentración de población implica mantener un flujo creciente de alimentos e insumos, la construcción y mantenimiento constante del equipamiento y los servicios y una necesidad constante y progresiva de nueva vivienda. Genera centralización de servicios y esta centralización atrae a su vez más población en busca de la posibilidad de acceder a estos servicios, resultando en una migración constante de las zonas rurales a las urbanas, donde faltan estímulos para que la población permanezca en el campo (Warman, 2003; FAO, 2001; entre otros).

La Organización de Naciones Unidas (ONU) publicó un informe en el que se advierte que actualmente el 54 % de la población mundial vive en zonas urbanas y que para el 2050 este porcentaje puede llegar al 66 % (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015). Y según el Banco Interamericano de Desarrollo en América Latina (2012), esta cifra alcanza el 80 %.

De seguir esta tendencia la producción de alimentos y otros recursos que se lleva a cabo regularmente en el campo pondría en riesgo la seguridad alimentaria de las ciudades que son básicamente consumidoras. Al reducirse la población rural, se reduce también la producción de alimentos en el mundo, lo que se traduce en un aumento en el déficit alimentario y de materias primas para el modelo consumista actual (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015).

La concentración de población trae a su vez requerimientos de habitabilidad, lo que promueve los asentamientos humanos irregulares y lleva a los gobernantes a implementar estrategias para la construcción masiva de vivienda, en la mayoría de los casos en detrimento de zonas verdes urbanas y periurbanas y, en el peor de los casos, sobre zonas naturales o de preservación ecológica. Esto va minando las áreas naturales, altera los ecosistemas y disminuye la biodiversidad.

Por otro lado, las zonas urbanas son grandes fábricas de CO<sub>2</sub> (tan sólo la industria de la construcción genera más del 50% del CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera, COP21, 2015) y gas metano. Ambos elementos son parte de los GEI que cumplen la función de atrapar la energía calórica proveniente del sol dentro de la atmósfera, con lo que se mantiene una temperatura propicia para la vida del planeta. Sin embargo, el aumento principalmente de CO<sub>2</sub> más allá del requerido para esta función natural de regular la temperatura del planeta, ha causado un desequilibrio, provocando que se almacene mayor cantidad de energía calórica, aumentando gradualmente la temperatura del mundo (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015).

A este problema se suma el sistema de urbanización predominante que se caracteriza por la utilización de materiales con alta masa térmica para la construcción en la ciudad y pavimentación de suelos, poca atención a los espacios naturales y áreas verdes y concentración de uso de aparatos eléctricos, vehículos y tecnología que se alimenta de combustibles fósiles; por nombrar algunos, todos ellos responsables de la generación de islas de calor urbanas, aumentando la temperatura ambiental promedio de la región y a su vez, sumado a otros factores, la temperatura del planeta lo que da como resultado el calentamiento global.

A principios del 2016 la National Aeronautics and Space Administration (NASA) publica en un video una serie de fotografías termográficas satelitales. En ellas se observa la tendencia del calentamiento global desde 1880 hasta el 2015, con las temperaturas promedio registradas por bloques de cuatro años.

En el video se aprecia el comportamiento de las temperaturas del planeta, y destaca el aumento de las temperaturas registradas al norte del Ecuador, donde se concentran la mayoría de las grandes ciudades y, por ende, la mayor actividad industrial, mayor consumo de energéticos, pero, sobre todo, menor cantidad de zonas arboladas. En contraposición, al sur del planeta se encuentra la mayor concentración de vegetación, lo que se traduce en menores temperaturas. Esta es una de las razones de peso para cuidar los relictos de áreas naturales que sobreviven al interior de las ciudades.

Según la World Meteorological Organization (WMO por sus siglas en inglés), la década de 2001 al 2010 fue la más cálida en la historia desde que se comenzaron a llevar registros en 1850 (WMO, 2013). Al año siguiente la Administración para el Océano y la Atmósfera de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés), declaraba en la Conferencia del Cambio Climático en Lima, Perú (COP20), al 2014 como el año más caluroso en la historia (Corral, 2014, Excelsior, 2014,). Un año después, la ONU declaraba que el 2015 había superado todos los récords de temperatura registrados hasta esa fecha y consideraba que el 2011-2015 es el quinquenio más caluroso de la historia.

El 18 de enero del 2017 la (WMO) emite un comunicado de prensa donde se publica que el 2016 es el año más caluroso jamás registrado, con una temperatura media superior en aproximadamente 1,1 °C a la de la era preindustrial (WMO, 18), y para diciembre del 2017, declara que el 2017 se mantiene como el tercer año más cálido después del 2015 y el 2016, y según dijo el señor Omar Baddour, funcionario científico principal de la WMO, "... lo realmente importante no es la clasificación de un año particular sino la tendencia general a largo plazo del calentamiento seguida desde finales de 1970, especialmente la de este siglo" (WMO, 2017).

La situación ambiental en el planeta es cada vez más alarmante y pareciera que aún muchos de los arquitectos, urbanistas, ingenieros civiles, políticos, planificadores, etc., que intervienen constantemente en la naturaleza transformándola, no tienen un conocimiento ambiental que los haga conscientes de la responsabilidad que recae sobre ellos.

En la Ciudad de México, por ejemplo, se viven constantemente problemas ambientales que van desde la falta de agua potable, hasta inundaciones, contaminación y desaparición de cuerpos de agua, mala calidad del aire y la desaparición de zonas arboladas, así como aumento en las temperaturas ambientales y alteración de las precipitaciones, cambios climáticos que, a su vez, contribuyen a las problemáticas anteriormente mencionadas.

Al interior de muchas de las grandes ciudades del mundo existen relictos de zonas naturales o semiantropizadas que han quedado atrapadas en su interior y que se niegan a desaparecer, pero que poco a poco van perdiendo la batalla. En todo el mundo están

desapareciendo estos espacios de primera y segunda naturaleza<sup>3</sup>, que son valiosos ambientalmente y esto que repercuten en la crisis ambiental, mundial, existente. Mirar hacia ellos y la fuerza de su cultura local, que han logrado sobrevivir a pesar de la influencia del sistema económico neoliberal, puede ayudar a encontrar algunas respuestas que permitan dar soluciones al problema ambiental, encontrar el equilibrio de transmisión de energía entre los diferentes actores del ecosistema y entender cómo los pobladores que generaron esa cultura podían interactuar integrándose al ambiente.

Al abordar un estudio ambiental es necesario entender que el ser humano pertenece a un sistema en el que debe encajar como parte de un todo, sin ser protagonista ni ente dominante, sino como parte de un nicho ecológico al cual pertenece y con el que debe de integrarse: ser parte de los ciclos naturales que en él se desarrollan.

En alguna parte de la historia el ser humano perdió esta conexión y pasó a querer dominar todo lo que le rodea, mentalidad que ha ejercido sobre los ecosistemas y cuya intervención ha generado un estado de desequilibrio.

Como ya se comentó en la introducción, el enfoque de esta investigación está basado en la Ecología Profunda, un enfoque que considera al ser humano como parte de la tierra que habita y que tiene, por tanto, el deber de cuidar de ella para poder sobrevivir (Lovelock, 1988, 2007, Naess, 1973, Ángel Maya, 2003, entre otros). Nace entre los años 60 y 70 como consecuencia de la creciente preocupación por la degradación del medio ambiente provocada por las acciones del ser humano.

Uno de los pioneros en esta corriente es Arne Naess, (profesor de la Universidad de Oslo en los años 70), quien formula una serie de principios que sientan las bases en las que se construye la ecología profunda (Naess, 2007: 98-101).

---

<sup>3</sup> La primera naturaleza es aquella que no ha sido tocada por el ser humano y la segunda es la que sí ha sufrido algunas transformaciones ocasionadas por éste (Santos, 1986).

La postura de Naess intenta derrocar la pretensión del pensamiento occidental, que separa al hombre de la naturaleza y que toma un papel meramente de una simple plataforma biológica sobre la que se construye lo que llamamos cultura (Henriquez, 2011).

La ecología profunda de Naess tiene como base los siguientes principios, a partir de los cuales evolucionó con una preocupación cada vez más marcada por el deterioro que el ser humano ha ocasionado y sigue ocasionando en el planeta (Naess, 2007: 98-101):

1. Explorar soluciones técnicas y políticas, procura justicia social y una ética ecológica.
2. Cuestionar el estilo de vida empobrecido, hacinado, competitivo, con énfasis en el individuo que desvincula a los seres humanos entre sí, y lo desvincula de sus relaciones con otros seres. El problema no es puramente ambiental (fuera de nosotros), sino fundamentalmente cultural.
3. Inspirarse en el principio de exclusión y colaboración, que favorece la diversidad de modos de vida humana, cultural, ocupaciones, economías y de especies biológicas.
4. Enfatizar la capacidad de coexistir y cooperar en interrelaciones complejas.
5. Favorecer la conciencia de relaciones de interdependencia y el respeto por otras especies biológicas y diversos grupos humanos.
6. Tiene como objetivo central el cambio de percepción, políticas y valores ambientales.

Aunque el ser humano siempre ha interactuado con el medio ambiente, modificándolo, la preocupación por la crisis ambiental y el cambio climático que se vive actualmente en el planeta está basado en la aceleración de estas modificaciones, que ha llevado al planeta a registrar agotamientos de recursos naturales como el agua, desaparición de especies animales y vegetales, cambio en la composición química de la atmósfera, cambio en la climatología del planeta, aumento en la temperatura promedio mundial, entre otros fenómenos (PNUMA, 2003).

Miriam Alfie, en su libro: *Maquila y movimientos ambientalistas: examen de un riesgo compartido*, describe la Ecología Profunda como un movimiento con posturas de corte filosófico y resume sus principios en que "...la vida de los seres no humanos es un valor en sí..." (Alfie, 2000) y explica que, según esta postura, la intervención del ser humano

excesiva es la que ha llevado a la crisis ambiental actual y está destruyendo la vida, por lo que las reglas que rigen el comportamiento humano deben ser radicalmente modificadas desde lo económico, lo ideológico y lo cultural y son los miembros de este movimiento los que deberán contribuir de manera activa y obligada a realizar los cambios necesarios desde la educación, una acción que es indispensable si se quiere lograr un avance en la lucha contra la crisis ambiental de la que forma parte el cambio climático y el calentamiento global.

A este respecto, en las últimas décadas se han desarrollado diversas corrientes y escuelas enfocadas en la defensa del medio ambiente, cada una con aciertos y exageraciones, sin embargo, queda claro que el problema ambiental es hoy reconocido a nivel mundial y que los esfuerzos de la población, el gobierno, la academia y las empresas privadas deben ser conjuntados para poder alcanzar objetivos satisfactorios que ayuden a reducir o, incluso, detener el deterioro ambiental (Alfie, Miriam, 2000).

En cuanto a la Ciudad de México, esta requiere con urgencia respuestas a su problemática ambiental. Su modelo de crecimiento, que no contempla sus características naturales ni sus funciones ambientales y geofísicas como parte importante para su desarrollo, ha provocado el deterioro ambiental de toda la zona, al reducir drásticamente las áreas naturales y de cultivo (como el desecamiento del sistema lacustre que solía existir en la Cuenca de México, el cual fue desapareciendo de forma paralela al crecimiento urbano), contaminar los cuerpos de agua, agotar los mantos acuíferos, provocar la reducción de la biodiversidad, generar un cambio en el clima y propiciar el aumento de la temperatura del lugar debido a la sustitución de espacios vegetales y cuerpos de agua por pavimentos y construcciones con materiales de alta masa térmica.

Comprender lo que realmente significa este desequilibrio para la supervivencia del ser humano, es necesario para poder tomar acciones que ayuden a resarcir el daño causado

A partir de estos planteamientos es que James Lovelock (1992) percibe a la Tierra como un ente vivo, que va a apostar por la vida, sin importar que el ser humano este presente o no. Esto quiere decir que a la naturaleza no le importan las ideas de grandeza y dominación de una especie determinada, ella siempre reacciona a favor de la vida y eliminará a

cualquier agente que ponga en riesgo el equilibrio. ¿El Planeta va a desaparecer? Lo más seguro es que no, pero sí es probable que la especie humana sea eliminada si se sigue poniendo en peligro su equilibrio dinámico.

Esta postura enfatiza la necesidad de abordar los estudios urbanos a partir de una unidad ambiental y reduciendo la tendencia de la conciencia humana a la globalización, para intentar volver a tejer la red de las relaciones entre el ser humano y su medio ambiente. (Guimaraes R. 2001).

James Lovelock en su libro *La Venganza de la Tierra*, (2007: 35-75), explica su *Teoría de Gaia* y cómo la Tierra, como un ente vivo, reacciona a las actividades de los actores que intervienen en su sistema, prevaleciendo siempre la vida sin importar que esta esté relacionada o no con el ser humano. Según esta teoría, Gaia (la Tierra, no vista como espacio contenedor sino como un sistema complejo) reaccionará química y climatológicamente para preservar la vida (Lovelock, 2007: 35-75).

Gaia es una capa delgada, en comparación con la dimensión de la Tierra, que se encuentra entre el interior incandescente y la atmósfera que rodea la Tierra. Comprende el suelo, los océanos, la atmósfera y la biosfera terrestre e incluye los organismos vivos y la interacción que se lleva a cabo entre ellos. Recibe su energía del sol y se encarga de regular el clima y la composición química siempre buscando el beneficio de la vida (Lovelock, 2007: 35-41).

Percibir esto es preciso para comprender que las actividades del ser humano, que durante los últimos siglos han afectado tanto el medio ambiente, no llevarán a un caos del Planeta, sino de la especie humana. La Tierra (Gaia) buscará un equilibrio y aniquilará a los agentes que pongan en riesgo a la vida o a los factores que estén ocasionando los daños (Lovelock, 2007: 42).

Los sistemas de Gaia están actualmente vulnerables debido al estrés que se ha impuesto al planeta con las actividades antrópicas, una perturbación mayor podría provocar un caos en los sistemas más débiles (Lovelock, 2007: 68-75).

Esto significa que el ser humano debe hacer un esfuerzo acelerado para tratar de recuperar su lugar en la naturaleza como parte de un sistema complejo, reduciendo el excesivo consumo de recursos y la forma de concepción de sus ciudades, separadas del campo y la naturaleza. Se debe de reducir el ritmo de consumo, y encontrar modelos de vida que les permitan integrarse a los ciclos naturales, de tal manera que el planeta pueda recuperarse y salir de la crisis climática actual.

Si de verdad hay preocupación por el bien de la humanidad, se debe anteponer el equilibrio ambiental a las ambiciones materiales y económicas de regiones, países y grupos económicos, situación que en la realidad no sucede como se puede observar con la reciente salida de los Estados Unidos de los compromisos firmados en París en diciembre del 2015.

Desde los primeros intentos por entender la problemática ambiental, se presentaron dos corrientes filosóficas fundamentales para abordar la relación entre la especie humana y su entorno: el antropocentrismo y el ecocentrismo.

El antropocentrismo es definido por la Real Academia Española (RAE) como: “Filos. Doctrina o teoría que supone que el hombre es el centro de todas las cosas, el fin absoluto de la naturaleza y punto de referencia de todas las cosas...” está vinculado con la religión y la creencia de que el ser humano es de naturaleza divina. Y en el diccionario filosófico marxista (Rosental & Iudin, 1946:15) plantea que esta postura se acuñó en la escolástica y la teología medievales que se fundamenta sobre el sistema bíblico-ptolomérico de la estructura del mundo, según el cual la Tierra es el centro del Universo y el mundo fue creado por Dios para el hombre.

El problema ambiental que se vive actualmente no admite la postura antropocentrista donde el ser humano es el centro del universo, creado por un dios que lo puso en el mundo para gobernarlo y hacer uso de sus recursos, que son inagotables e ilimitados, pensamiento propiciado por las principales religiones que han imperado en el mundo occidental en los últimos siglos.

Su antítesis sería el ecocentrismo, sobre el cual, Foladori (2000) comenta que tiene sus raíces filosóficas en el pensamiento romántico de los siglos XVII y XVIII, cuando se presenta

como crítica al naciente capitalismo y una reivindicación de la naturaleza salvaje. Pepper, (1986: 28), citado por Foladori (2000: 24). Plantea que el ser humano:

“...tiene una obligación moral hacia la naturaleza no simplemente por el placer del hombre, si no como un derecho biótico (bioético)... Este argumento coloca al ser humano al interior de la naturaleza, como parte del ecosistema natural y plantea que las acciones del ser humano afectan siempre al resto del sistema global, lo que eventualmente recaerá sobre él. Por lo que no debe saquear ni destruir los ecosistemas por que está destruyendo los sustentos de su propia vida”.

Este planteamiento se ve reforzado a principios del siglo XIX con la tesis malthusiana sobre la población, que plantea que “...los impulsos sexuales naturales de las clases pobres conducían al crecimiento de la población, más allá de las posibilidades materiales de su manutención.” (Foladori, 2000: 25). Con esta declaración Malthus plantea la posibilidad de agotar los recursos naturales necesarios para la supervivencia del ser humano, debido a una sobreexplotación. Lo que no contempla es que los modelos de libre mercado, más que la sobrepoblación de “las clases pobres” como él lo llama, es lo que llevaría a los límites de la naturaleza.

Aunque existen distintas corrientes filosóficas dentro de cada una de estas posturas principales, como la Escuela de Límites de Crecimiento o la respuesta del Ecologismo de Mercado, así como diversas orientaciones del Romanticismo Verde (Alfie, 2011: 125), de manera general, estas dos (el antropocentrismo y el ecocentrismo) son las que engloban la relación que se ha desarrollado entre el ser humano y la naturaleza en los últimos siglos; donde en la primera (antropocentrismo), el ser humano es el centro del universo y la naturaleza una fuente de recursos para su desarrollo y, en la segunda (ecocentrismo), donde toda la naturaleza incluido el ser humano tiene un valor intrínseco (Castro M. E., 1998: 55) y las acciones de uno tienen efecto sobre la otra y viceversa.

Después de reconocer las dos posturas principales en la historia ambiental del ser humano, es importante analizar y entender bien el concepto de desarrollo sustentable desde un enfoque equilibrado sin caer en posturas radicales. Tan dañino es creer que el ser humano tiene la obligación de administrar el medio ambiente y el derecho a la explotación

descontrolada de los recursos naturales, como el pensar que el ser humano es un ente perjudicial y que el mundo estaría mejor sin él. Ambas posturas impiden el cambio a una conciencia de integración ambiental.

Maya plantea en su libro: *La Diosa Némesis: Desarrollo Sostenible o Cambio Cultural* (2003: 12), que no siempre es necesario que el orden humano coincida con el orden ecosistémico, ni tiene por qué coincidir; que el papel del ser humano no consiste tanto en el saber conservar, sino en el aprender a transformar correctamente, e interrelacionarse con el ambiente, integrando los conceptos de Arne Naess ya vistos.

Haciendo un análisis del ser humano, Ángel Maya dice que su adaptación no se realiza a través de transformaciones orgánicas, sino a través de un conjunto complejo de estrategias a las que conocemos como cultura, entre las que se encuentran las herramientas físicas de trabajo, las formas de organización social y económica y la red de articulación simbólica (Maya 2003: 12).

La naturaleza y el proceso evolutivo depende cada vez más del insumo tecnológico, desde el momento que se consolida la cultura, la naturaleza ha venido siendo sometida a una constante transformación, y el concepto de desarrollo sustentable como fue concebido y como se ha desarrollado en la última década, intenta paliar los profundos cambios culturales que exige la actual crisis ambiental. Prigogine (citado por Lovelock, 2007: 21) recomienda que el diálogo ambiental debe hacerse desde el interior de la naturaleza y no desde el Olimpo, desdeñando lo terrenal, y para lograrlo es tan importante comprender las especificidades de la cultura como las leyes que rigen el ecosistema.

Hay que esclarecer que, en cuanto a Desarrollo, Ángel Maya prefiere utilizar el término de cultura, ya que él expresa que *desarrollo* lleva consigo la connotación de *crecimiento continuo*, lo que no tiene fundamento en el proceso histórico de la humanidad, ya que lo que se observa realmente son procesos de auge productivo, de estancamiento y de recesión en forma alternada que reflejan momentos de centralización y descentralización de la producción cultural. En cambio, la cultura abarca cualquier estrategia adaptativa de la especie humana a lo largo de su historia. Entendiendo por cultura – de acuerdo con la definición de Taylor –, el conjunto de instrumentos técnicos, formas de organización

económica, social y política, y de acumulación científica y simbólica que una generación transmite a las siguientes (Ángel Maya, 2003:13, citando a Taylor).

Aclarado esto se puede comprender lo que afirma el autor al decir que la base adaptativa del ser humano no es solamente tecnológica, sino que incluye la totalidad de la estructura cultural, por lo que, para un análisis ambiental deben incluirse los instrumentos técnicos, así como la organización social y la adaptabilidad simbólica de una determinada cultura en su estudio (Maya, 2003:14).

No se puede esperar que una sociedad rechace los avances tecnológicos ya que estos forman parte de la naturaleza humana, tampoco se puede seguir viviendo con el esquema actual. Si bien el ser humano es un ser tecnológico y no es deseable ni es posible regresar a una vida completamente natural, no se puede pensar tampoco que toda la tecnología puede considerarse ambientalmente adecuada o socialmente justa, toda la tecnología trae consigo algún tipo de impacto ambiental y también algún tipo de segregación social.

Más aún, la tecnología constituye una característica definitoria del ser humano y siempre lo ha acompañado, ya que esta conforma la naturaleza humana (Capra, 2003). Lo importante sería realizar un análisis selectivo que permita reducir estos impactos a cero y que la tecnología sea encaminada hacia objetivos que beneficien al mundo de manera integral y sistémica, sin sobrepasar la capacidad de carga o resiliencia de la naturaleza.

En este desarrollo tecnológico se incluye a las ciudades, que, debido a los modelos de urbanización predominantes, han ido provocando una ruptura entre el ser humano y el campo y la naturaleza, corrompiendo la conciencia ambiental en la que el ser humano forma parte de un todo natural y que, por lo pronto, atender contra el medio ambiente es atender contra sí mismo.

Uno de los problemas que se presentan con los modelos de urbanización predominantes en la actualidad es que no contemplan una comprensión del funcionamiento ambiental de la zona donde se desarrollan. Las ciudades son sociedades que se desarrollan en un determinado ambiente natural, que intervienen y afectan conforme crecen, en muchos casos sin comprender su funcionamiento, lo que sienta las bases para la vulnerabilidad de los ecosistemas y de la misma sociedad.

La falta de comprensión de los ciclos naturales y la pérdida de una relación sociedad-naturaleza que ayude a mantener el equilibrio ambiental, se ve reflejada en las actividades del ser humano, que están enfocadas en el desarrollo económico y que ve la naturaleza como proveedora de recursos para su bienestar.

Esta forma de desarrollo se puede observar en la Cuenca de México, donde la intervención del ser humano ha modificado en mayor o menor medida los ecosistemas, y el funcionamiento de los ciclos naturales que son indispensables para el funcionamiento ambiental de una cuenca, entre ellos el clima.

### **1.3. Metodologías utilizadas en la investigación para la obtención de datos**

Para poder comprobar si la modificación al clima percibida representa un cambio climático en la zona seleccionada para el estudio, se utilizaron los Indicadores de Cambio Climático propuestos por el Equipo de Expertos en Detección e Índices para el Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés), descritos anteriormente, utilizando una metodología que se apoya en dos softwares: ICC con datos diarios y el Clic-MD que trabaja con datos mensuales cuyas metodologías se explican a continuación.

La obtención de datos durante la investigación se compone de tres partes, que se fueron realizando simultáneamente durante toda la investigación: la investigación documental y la investigación de campo y una tercera parte para la cual se desarrolló una metodología durante la investigación teniendo como base la metodología para el cálculo de Indicadores de Cambio Climático con los software ICC con datos diarios y el Clic-MD.

En esta metodología desarrollada se utilizan los siguientes instrumentos de apoyo:

- Software ICC con datos diarios;
- Software Clic-MD con datos mensuales;
- Cámara térmica Flix ONE Pro;
- Termómetro higrométrico marca STEREN modelo TER-150.

A continuación, se explica la metodología que sirvió para comprobar la existencia de cambio climático en la zona, y la existencia de evidencia generación de islas de calor en la zona.

### **1.3.1. Metodología para la detección de cambio climático con los indicadores del cambio climático**

Los indicadores del cambio climático (ICC) definidos por el Equipo de Expertos en Detección e Índices para el Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) son la herramienta adecuada para identificar la existencia del cambio climático en la zona de estudio.

Estos 28 indicadores están avalados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) para ser utilizados a nivel mundial con la finalidad de que los estudios realizados por diferentes países sean comparables y sirvan para cuantificar, identificar, registrar, conocer y hacer evidente el cambio en el clima (ETCCDI, 2001) (véase *tabla 2*).

Los indicadores se dividen en dos tipos: diecisiete indicadores relacionados con la temperatura y once con la precipitación pluvial (IPCC, 2013), se representan con letras y números. A partir de estos dos datos climáticos se pueden obtener resultados de los indicadores mediante la aplicación de fórmulas. Un dato importante es que los indicadores relacionados con la temperatura mínima se relacionan con los datos de la temperatura nocturna y los relacionados con la temperatura máxima con los datos de la temperatura diurna.

Se resaltan en rojo los indicadores que, para esta investigación, se consideraron de importancia para poder identificar la formación de islas de calor en la zona chinampera de Xochimilco, los cuales se explican más ampliamente en la *tabla 3*.

Actualmente existen distintos programas (*software*) con los que se pueden calcular los Indicadores del cambio climático de manera muy sencilla. Uno de estos es el Análisis del cambio climático con datos mensuales (Clic-MD) y el de Indicadores del Cambio Climático con datos diarios (ICC) (Bautista, Pacheco y Ayala 2018), creados en México por la Universidad Nacional Autónoma de México y que, por su fácil manejo, permiten que investigadores ajenos a la meteorología puedan realizar estudios sobre el cambio climático desde sus diferentes áreas profesionales, como es el caso de los arquitectos, urbanistas y

planeadores territoriales que se interesan por el estudio de la relación entre la ciudad y el clima.

Tabla 2. Indicadores del cambio climático

Temperatura			Precipitación		
Siglas	Indicador	Fórmula	Siglas	Indicador	Fórmula
CSDI	Duración de los periodos fríos	$Tn_{ij} < T_n \text{ en } 10$	PRCTOT	Precipitación total anual	$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^j RR_{ij}$
SU	Días de verano (con temperaturas $>25^\circ\text{C}$ )	$Tx_{ij} > 25^\circ\text{C}$	RX1DAY	Precipitación máxima en un día	$Rx1day_j = \max(RR_{ij})$
FD	Días con helada (con temperaturas $<0^\circ\text{C}$ )	$Tn_{ij} < 0^\circ\text{C}$	RX5Day	Precipitación máxima en cinco días	$Rx5day_j = \max(RR_{ij})$
TR	Noches tropicales (con temperaturas mínimas $>20^\circ\text{C}$ )	$Tx_{ij} > 20^\circ\text{C}$	R10mm	Días con lluvia mayor a 10 mm	$RR_{ij} \geq 10\text{mm}$
ID	Días con hielo (con temperaturas máximas $<0^\circ\text{C}$ )	$Tx_{ij} < 0^\circ\text{C}$	R20mm	Días con lluvia mayor a 20 mm	$RR_{ij} \geq 20\text{mm}$
TN10p	Percentil 10 de noches frías	$Tn_{ij} < T_n \text{ en } 10$	Rnn50mm	Días con lluvia mayor a <del>10 mm</del>	$RR_{ij} \geq n\text{mm}$
TN90p	Percentil 90 de noches cálidas	$Tn_{ij} > T_n \text{ en } 90$	R95p	Días muy húmedos	$R95p_j = \sum_{i=1}^j RR_{ij} \text{ donde } RR_{ij} > RR_n 95$
TX10p	Percentil 10 de días frescos	$Tx_{ij} = T_x \text{ en } 10$	R99p	Días extremadamente húmedos	$RR99p_j = \sum_{i=1}^j RR_{ij} \text{ donde } RR_{ij} > RR_n 99$
TX90p	Percentil 90 de días calurosos	$Tx_{ij} > T_x \text{ en } 90$	CDD	Días secos consecutivos	$RR_{ij} < 1\text{mm}$
<del>TXp</del>	Temperatura máxima más baja	$TXn_{ij} = \min(Tx_{ij})$	CWD	Días húmedos consecutivos	$RR_{ij} \geq 1\text{mm}$
TXx	Temperatura máxima extrema	$TXx_{ij} = \max(Tx_{ij})$	SDII	Indicador simple de intensidad diaria	$SDII_j = \frac{\sum_{i=1}^j RR_{ij}}{i}$
TNn	Temperatura mínima extrema	$TNn_{ij} = \min(Tn_{ij})$			
TNx	Temperatura mínima más alta	$TXx_{ij} = \max(Tx_{ij})$			
DC40	Días con temperaturas mayores a los $40^\circ\text{C}$	$DC40 = \sum_{i=1}^j T_{ij} \geq 40^\circ\text{C}$			
DTR	Rango diario de temperatura	$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^j (Tx_{ij} - Tn_{ij})}{i}$			
WSDI	Duración de los periodos cálidos	$Tx_{ij} > T_x \text{ en } 90$			
GLS	Estación de crecimiento	$T_{ij} > 5^\circ\text{C}$			

Fuente: elaboración propia con datos del Equipo de Expertos en Detección e Índices para el Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) ETCCDI (2005).

Tabla 3. Indicadores relacionados con el estudio de las islas de calor.

Siglas	Indicador	Relación con la generación de islas de calor
TXn	Temperatura máxima más baja	Valor mínimo de la temperatura máxima diaria. El aumento en el valor de este indicador revela un aumento en la temperatura registrada durante el día
TXx	Temperatura máxima extrema	Valor máximo de la temperatura máxima diaria. El aumento en el valor de este indicador revela un aumento en la temperatura registrada durante el día
TNn	Temperatura mínima más baja	Valor mínimo de la temperatura mínima diaria. El aumento en el valor de este indicador revela un aumento en la temperatura registrada durante la noche
TNx	Temperatura mínima extrema	Valor máximo de la temperatura mínima diaria. El aumento en el valor de este indicador revela un aumento en la temperatura registrada durante la noche

Fuente: Elaboración propia con datos del manual de ICC (Bautista, Pacheco & Ayala, 2018).

Este tipo de programa es muy útil porque permite identificar en qué medida una región o localidad (según la escala de análisis) aporta elementos de temperatura y humedad en el ambiente, situación que se refleja en el cambio climático mundial, recordando que un fenómeno a gran escala como éste es la suma de condiciones generadas a escalas locales.

La diferencia entre los dos programas (ver *tabla 4*) es que mientras el ICC realiza el cálculo para obtener los valores de los indicadores del cambio climático de una zona o región, genera un resumen de tendencias y permite graficar el aumento, disminución y la estadística descriptiva de los elementos del clima, entre otros cálculos.

El Clic-MD se diseñó para realizar estudios más enfocados en el estudio de las condiciones de crecimiento y desarrollo de especies, lo que permite identificar los cambios que se generan en los ecosistemas, para su preservación, mitigación y adaptación a su vulnerabilidad, utilizando indicadores agroclimáticos y de evapotranspiración (en adelante ET, que es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y la transpiración); un dato primordial en esta investigación a causa de que un aumento en sus niveles representa un aumento en la cantidad de agua que se evapora a la atmósfera,

principalmente por la parte más superficial del suelo (Sánchez San Román, s/año), que es uno de los elementos que ha sufrido más cambios debido a la urbanización en la localidad y que puede significar un factor más en el cambio climático en la zona de estudio.

Un aumento en los niveles de ET, aunado a la reducción de áreas verdes y cuerpos de agua en la localidad, puede significar un factor más en el cambio climático en la zona de estudio.

Así pues, el objetivo de utilizar el ICC y el Clic-MD es para identificar las tendencias en el clima en la zona de estudio y poder definir la existencia o no del cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco.

Se toma como base el programa ICC que es específico para el estudio del cambio climático y se complementa el estudio con los datos gráficos obtenidos con el Clic-MD, para el que no está diseñado el ICC, según se explica en la *tabla 4*.

Los datos para el estudio se obtienen de las estaciones climatológicas instaladas en la zona que se va a estudiar, estos se cargan a los programas ICC y clic-MD, los cuales permiten, entre otros estudios, realizar cálculos de las tendencias del cambio climático de una zona, así como el análisis de las anomalías climáticas y de los eventos climáticos extremos, lo que puede ayudar a los tomadores de decisiones a generar políticas y acciones de adaptación y/o mitigación, determinar las vulnerabilidades y riesgos, y estar preparados para afrontar las catástrofes y los costos ambientales ocasionados por el cambio climático, así como generar los reportes que son necesarios para las instancias internacionales que estudian este fenómeno.

Después de la captura, los datos se revisan para detectar errores en la misma o en la generación de los datos por parte de las estaciones climáticas – a veces ocasionado por vandalismo o fallas en las estaciones – mediante tablas de datos y gráficas y una vez realizado este paso se genera el climograma de la zona de estudio, que es un gráfico en el que se representa el comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones promedio de un periodo de tiempo determinado.

Tabla 4. Funcionamiento de los programas ICC y Clic-MD.

ICC	Clic-MD
<b>Los dos programas pueden:</b>	
Almacenar y visualizar de manera ordenada los datos del clima de las estaciones meteorológicas automatizadas y georreferenciadas.	
Revisar la congruencia de los datos de las temperaturas mínimas, medias, máximas y de la precipitación.	
Hacer consultas rápidas sobre los elementos del clima almacenados (usando menús, ventanas, herramientas e íconos de fácil utilización).	
Realizar el cálculo de las tendencias del cambio climático para poder hacer prospectiva.	
Editar datos para corregir posibles errores al ingresar los datos y recalcular los datos faltantes en caso de ser necesario.	
<b>Se diferencian en que:</b>	
Trabaja con datos diarios.	Trabaja con datos mensuales.
Calcula indicadores del cambio climático.	Calcula resultados para los indicadores de evapotranspiración.
Elabora climogramas con dos periodos, uno que sirve como base y otro para comparación.	Elabora climogramas por periodos parciales y totales de estudio.
Realiza resúmenes de tendencias.	Permite calcular resultados de los indicadores agroclimáticos.
Gráfica de aumentos y disminuciones en los resultados de los Indicadores del cambio climático.	Gráfica la longitud del periodo de crecimiento.
Gráfica la distribución gaussiana y estadística descriptiva de los elementos del clima.	Gráfica la probabilidad de lluvia y de estadística descriptiva de los elementos del clima.

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del manual del Clic-MD (Bautista, Pacheco, Bautista-Hernandez & Bautista-Hernández, 2018: 8 y 9) y el manual de ICC (Bautista, Pacheco & Ayala, 2018: 8 y 9).

El siguiente paso es calcular los valores de los indicadores del cambio climático para la zona (el programa realiza los cálculos mediante algunos pasos) para comenzar a generar las gráficas.

La prueba Mann-Kendall permite identificar tendencias al alza o a la baja en series de datos, por lo que conviene realizar esta prueba primero. El resultado se despliega en tablas donde se resaltan en azul los indicadores que registran una tendencia igual o menor a -1.96 y en rojo si la tendencia es igual o mayor que 1.96, valores que se consideran críticos según el

IPCC, debido a que es a partir de estos puntos que se genera el cambio climático (Bautista, Pacheco & Ayala, 2018).

A partir de estos datos, se puede identificar cuáles indicadores son los que presentan tendencias al alza y cuáles a la baja, así como aquellos que se mantienen estables y así generar el coeficiente de correlación de Pearson, una prueba que mide el grado de relación entre dos variables, en este caso el valor del indicador analizado y el tiempo, con la ventaja de que acepta el procesamiento de datos intermitentes. Una vez más el programa ICC permite realizar los cálculos correspondientes para cada indicador y desplegar las gráficas que se le solicitan.

Para poder interpretar las gráficas de la prueba de coeficiente de correlación de Pearson se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros (Bautista, et al., 2018: 53):

- **$r = 1$**  - Existe una correlación positiva perfecta o relación directa. El indicador muestra una dependencia total entre las dos variables: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si  **$0 < r < 1$** , existe una correlación positiva. Existe una dependencia entre las dos variables: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace, aunque no en una proporción constante.
- Si  **$r = 0$** , no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si  **$-1 < r < 0$** , existe una correlación negativa. Existe una dependencia entre las dos variables pero de forma inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye, pero no en una proporción constante.
- Si  **$r = -1$** , existe una correlación negativa perfecta o relación inversa. El indicador muestra una dependencia total entre las dos variables: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Una vez comprobada la tendencia en los indicadores del cambio climático conviene generar las gráficas de aumento y disminución que se ejecutan para cada indicador. En este tipo de gráfica el programa calcula la media de un período de treinta años de referencia dado que, según recomendaciones del IPCC, debe ser anterior a 1990. Esta media servirá como base para calcular cuantas unidades (días, °C de temperatura, mm de precipitación, porcentaje, etc.) se registran, por encima o por debajo de este valor de referencia base, la media de cada año (Bautista, et al., 2018: 59). Al identificar las causas y magnitud de los cambios se

comprueba la existencia de cambio climático en la zona de estudio y su magnitud, con lo que es posible implementar acciones y políticas para la adaptación y de mitigación.

Una vez comprobada la existencia de evidencias del cambio climático en la zona de estudio, es importante para esta investigación contestar las preguntas ¿Se puede comprobar la existencia de islas de calor mediante el estudio de los indicadores del cambio climático? Y si es así, ¿existen evidencias de la generación de islas de calor en la zona chinampera de Xochimilco?

### **1.3.2. Metodología para la comprobación de la existencia de islas de calor mediante los indicadores del cambio climático y la termografía.**

Haciendo un análisis de las gráficas y los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que la prueba de correlación de Pearson se puede utilizar también para evidenciar la formación de islas de calor con el estudio de las gráficas de los indicadores de DTR (diferencia de temperaturas), TXx (temperatura máxima extrema), TNx (temperatura mínima más alta), TXn (temperatura máxima más baja) y TNn (temperatura extrema).

Tomando en cuenta que las temperaturas mínimas son nocturnas y las máximas diurnas y que DTR se refiere a la diferencia entre estos dos datos, los resultados positivos en los cuatro indicadores de temperatura y negativos en DTR son un primer indicio de existencia de islas de calor en la zona de estudio.

Recapitulando algunos conceptos sobre las causas que generan las islas de calor, se puede cotejar su existencia en la zona de estudio al corroborar la presencia de las causales expuestas por López Moreno & S. (1994):

- La concentración de población
- El crecimiento de zonas edificadas
- La disminución de áreas verdes
- El entubamiento de los afluentes y cuerpos de agua
- La desecación de los afluentes y cuerpos de agua
- El aumento en el consumo energético
- Superficies cubiertas con materiales con alta masa térmica
- El cambio en el uso del suelo

Para la siguiente parte del estudio es importante recordar la segunda ley de la termodinámica, que establece que para que un objeto se caliente, sea sólido, líquido o gaseoso, debe haber una transferencia de calor por parte de otro elemento que tenga mayor temperatura, ya sea por conducción (contacto directo), convección (a través de un fluido como el agua o el aire) o por radiación (ondas electromagnéticas como las del sol) (Incropera & De Witt, 1999: 4-8).

Esto aplica también a la temperatura de la superficie de la tierra y a sus ciclos climáticos, sus estaciones y los procesos de transmisión de energía, entre otros, que mantienen un balance térmico que permite la vida en el planeta tal como la conocemos.

El ambiente recibe energía térmica durante el día de su principal fuente de calor, el sol, y durante la noche al no recibir la radiación solar, los objetos, de manera natural, pierden calor hacia el ambiente y se enfrían, cuando su temperatura es menor que la del ambiente, comienzan de nuevo a absorber calor. Las temperaturas mínimas del ambiente se registran, por tanto, durante las primeras horas de la madrugada y las temperaturas máximas se registran durante las horas cercanas a las tres de la tarde, cuando el sistema, incluyendo los objetos que lo integran, han recibido radiación durante varias horas y cuando la radiación solar comienza a decaer y los elementos a irradiar el calor acumulado durante la exposición a la radiación solar al ambiente.

Según estos conceptos, la tendencia al aumento o descenso de temperatura debería ser mayor durante el día o, por lo menos, con una correspondencia del 100 % en referencia a la noche. Cuando la tendencia al aumento de temperatura es mayor durante la noche más que durante el día, se entiende que el sistema tarda más tiempo para enfriarse que las veinticuatro horas que ofrece el ciclo del día y la noche. Por tanto, se estarían creando condiciones para generar islas de calor como resultado de los cambios en los materiales que cubren la superficie del suelo y edificaciones ocasionados por los seres humanos a través de la urbanización, con el reemplazo de vegetación y agua por cemento, concreto y asfalto, entre otros.

Si se toma en cuenta que uno de los elementos que propician la formación de islas de calor es el uso de materiales con alta masa térmica que generan una acumulación de energía térmica mayor, significativa en las superficies, la hipótesis de esta tesis que afirma que la existencia de elementos generadores de islas de calor es consecuencia del avance de la

urbanización hacia la zona chinampera de Xochimilco, se comprobaría al verificar la temperatura de los elementos urbanos en la zona de estudio y su afectación en el ambiente.

Esto se demuestra al comparar los resultados del análisis (con el ICC y con el Clic-MD) en la zona de estudio con los de zonas rurales cercanas y con un estudio termográfico que permite medir la temperatura superficial de los materiales, el cual se realiza mediante un trabajo de campo en la zona de estudio y sus alrededores, con el fin de registrar las temperaturas en los elementos que cubren las superficies urbanas como banquetas, vialidades, explanadas de plazas y estacionamientos, etc., además de elementos naturales como áreas verdes, pastizales, ciénagas y cuerpos de agua para comprobar cómo afectan estos a la temperatura ambiente cercana.

Para este estudio se utilizó una cámara térmica Flix ONE Pro, aparato de medición de alta precisión, que consiste en una pequeña cámara con un adaptador para el celular y que sirve para medir la temperatura de las superficies de los materiales, así como un termómetro higrométrico marca STEREN modelo TER-150 que registra la hora, la temperatura y humedad ambiental a nivel local.

Es importante resaltar que lo que se mide con la cámara térmica es la temperatura a la que se encuentra el objeto medido y que la temperatura ambiental se mide con el termómetro higrométrico. Los datos de temperatura obtenidos en las lecturas tanto del ambiente como del material y las características del elemento que se mide (la ubicación, los datos de los materiales, las condiciones de sombreado etc.), se anotan en una tabla de trabajo de campo (*tabla 5*) para procesar después los resultados.

Estas lecturas se deben tomar cuidando que las condiciones sean lo más homogéneas posibles, por lo que se recomienda realizarlas a la misma hora, consultando las condiciones de temperatura y humedad en el ambiente con el sistema meteorológico local, de tal forma que coincidan con las tomas de todo el estudio. Así mismo, se debe cuidar que ni el viento ni el material que se está midiendo toquen el sensor del termómetro higrómetro, colocado a setenta centímetros del material, lo que permite detectar la transferencia de calor que se está llevando a cabo del material al ambiente. También es importante registrar todos los detalles de localización, cercanía con zonas verdes y cuerpos de agua, o con otros materiales de alta masa térmica, etc.

Tabla 5: Tabla para recabar datos de estudio de temperatura ambiental y de elementos en campo.

Tabla de captura de trabajo de campo					
UBICACIÓN	COMENTARIO	MATERIAL	SOMBREADO	TEMPERATURA MATERIAL	TEMPERATURA AMBIENTE
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		
			<input type="checkbox"/> Radiación total		
			<input type="checkbox"/> Sombreado parcial		
			<input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		

Fuente: elaboración propia con datos recabados en campo con la cámara térmica Flix ONE Pro y el termómetro Higrotérmico Steren, 2018.

La toma de lecturas de la temperatura de los materiales se busca identificar tres condiciones, con el fin de determinar la forma en que estos afectan a la temperatura ambiental. Las lecturas recabadas se grafican para poder observar sus relaciones y sacar conclusiones:

1. Mismo elemento con distintos tipos de radiación y sombreado.
2. Mismas condiciones de radiación y sombreado pero en distintos elementos y elementos naturales.
3. Mismo elemento y mismas condiciones de radiación y sombreado pero en distintos lugares y con distinta cercanía a áreas verdes y cuerpos de agua.

Después del primer cotejo y, habiendo comprobado la presencia de causales de formación de islas de calor en la zona de estudio mediante el estudio termográfico, es necesario comprobar de forma cuantitativa, es decir, con datos duros, tanto su presencia como su intensidad. Por tanto, el siguiente paso es comprobar la temperatura de los materiales que cubren actualmente la superficie del suelo de la zona de estudio y como están influyendo en el ambiente local.

Para la comprobación científica es importante recordar cuáles son los tres pilares comparativos con respecto al promedio rural de la misma región de las islas de calor, expuestas anteriormente en este capítulo (Rondanelli & Bonatici, 2013).

4. La isla de calor presenta una temperatura promedio mayor que en las zonas rurales que los circundan.
5. La desigualdad del ciclo térmico se acentúa en la noche.
6. Existe un retraso en la hora de llegada de la máxima térmica con respecto a la periferia.

Para demostrar la primera condición de generación de islas de calor en la zona de estudio, se comparan los resultados del estudio realizado con el ICC y con el Clic-MD, agregando un estudio con los mismos *software*, pero con datos de las estaciones ubicadas en zonas rurales cercanas.

Los resultados obtenidos ayudarán a comprobar o negar la existencia de islas de calor con datos duros, es decir, de forma científica.

Sin embargo, antes de realizar un estudio de este tipo que permita no solo descubrir la existencia de evidencias de cambio climático y de islas de calor, sino discernir cuáles pueden ser sus causas, es necesario entender su conformación y su funcionamiento ambiental en este caso de la Cuenca de México.

Este análisis se lleva a cabo en el siguiente capítulo en el cual se puede observar cual ha sido su evolución desde su formación en el mioceno inferior, hace aproximadamente 23.03 millones de años (Mooser, 1975) y los cambios que han afectado su conformación hasta la actualidad, incluidos los ocasionados por el ser humano.

## 2. Antecedentes Físicos-ambientales de la Cuenca de México.

*“¿Fronteras? Nunca he visto una. Pero he oído que existen en las mentes de algunas personas.”*

*Thor Heyerdahl*

Desde sus inicios, la vida en la Cuenca de México ha girado alrededor del sistema lacustre, los canales y chinampas que ahí se desarrollaron dependían (y dependen) de este vital líquido, que hace evidente la necesidad de tomar a la cuenca hidrográfica en la que se encuentra como unidad de estudio ambiental. La vida de sus habitantes ha estado marcada a través de la historia por las actividades de agricultura y el continuo intercambio económico, social y político, primero con Tenochtitlán y luego con la Ciudad de México, siempre teniendo como base el agua.

Las chinampas también dependen del agua que les rodea para existir. Sus humedales son el hogar de una diversidad de fauna consistente en peces, ajolotes, ranas, aves acuáticas endémicas y migratorias, etc., que aún se cuentan por cientos y que dependen también del vital líquido para su supervivencia. Especies que encuentran refugio y alimento en la vegetación y los cuerpos de agua de esta zona en medio de la ajetreada metrópoli mexicana.

Una cuenca es una unidad territorial con una delimitación basada en su topografía natural que permite estudiar un territorio y las interrelaciones que ahí se desarrollan (incluidas las del ser humano) desde lo ambiental. Esta es una unidad que basa la delimitación de un territorio en las aguas pluviales y las resultantes de posibles deshielos que fluyen desde los puntos más altos hasta un cuerpo de agua en común, que, en el caso de la Cuenca de México, es el sistema de lagos que solía existir antiguamente.

La forma en que se delimita una cuenca es mediante una línea imaginaria que une los puntos más elevados del territorio y que, debido a la elevación, provoca que las escorrentías fluyan en direcciones contrarias (*Imagen 1*). En el caso de la Cuenca de México, sus aguas fluían hacia un cuerpo de agua compuesto por cinco lagos.

Imagen 1. Parteaguas que delimitan una cuenca.



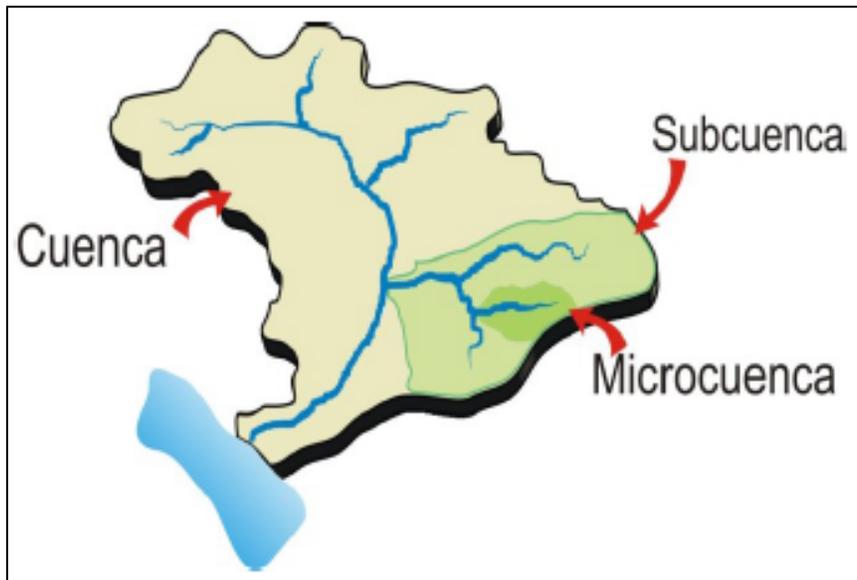
Fuente: Monterrosa.G. (2015)

Algunas cuencas, debido a su topografía interna, tienen cauces secundarios o, como en el caso de la Cuenca de México, cuerpos de agua de menor tamaño que forman pequeñas cuencas llamadas subcuencas y los pequeños ríos donde se inician las escorrentías que forman a su vez las microcuencas (Imagen 2) (Ordóñez, 2011).

Los territorios de las cuencas cumplen con funciones que contemplan una serie de servicios ambientales invaluable como la regulación del caudal de los ríos, el mantenimiento de los regímenes hidrológicos naturales, la regulación de la erosión o la respuesta a eventos naturales extremos, entre otros (Balvanera y Cotler, 2009: 188-190).

Es tal la importancia de entender y gestionar el territorio a través de sus cuencas que algunos países han definido sus límites acordes a ellas (Cotler, 2010), se considera necesario priorizarlas para planear actividades agrícolas o también utilizarlas como unidades de gestión para establecer soluciones integrales a problemas ambientales (Walker et al., 2002: 6).

Imagen 2. Cuenca, subcuenca y microcuenca.



Fuente: Ordoñez, J. (2012)

La primera delimitación que se hizo en México de las cuencas hidrográficas fue poco antes de iniciar la Revolución y, a partir de ahí, se siguieron realizando esfuerzos por delimitar, cada vez con más exactitud, estas unidades hidrográficas.

En México diversas instituciones han realizado esfuerzos propios por delimitar las cuencas del país. La delimitación que coincide con el enfoque de esta investigación es la realizada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), que delimita 1,424 cuencas hidrográficas (Mapa 2) con un criterio basado en el comportamiento natural del agua (cuencas exorreicas, endorreicas y arreicas) sin considerar factores antropogénicos (como el de la extracción del agua de la cuenca de México o su importación mediante el sistema Cutzamala).

Bajo este criterio, la cuenca se puede definir también como una unidad geográfica e hídrica delimitada naturalmente por los parteaguas y por donde transita el agua hacia una corriente principal y por ésta, hacia un punto común de salida o almacenamiento del cual toman su nombre (Cuenca de Río Bravo, Cuenca del Lago de Pátzcuaro, etc.). Son “concavidades que la naturaleza ha creado en la superficie de la tierra mediante las fuerzas tectónicas, la fuerza del agua, los tipos de suelos y la vegetación (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., 2015).

Mapa 2. Mapa de cuencas hidrográficas de México. Resaltado en amarillo, la Cuenca de México.



Mapa Interactivo de Consulta de las Cuencas Hidrográficas de México INECC (2018).

Existen tres tipos de cuencas: abiertas o exorreicas, que son aquellas cuyo vertimiento ocurre hacia otras cuencas, usualmente hasta llegar a algún litoral marino; arreicas, que suelen presentarse en desiertos o zonas áridas donde se forman pequeños cursos de agua de carácter temporal o intermitente que terminan evaporándose o infiltrándose en el terreno hasta desaparecer; y cerradas o endorreicas, aquellas cuyas laderas convergen en un punto central, sin verter a otras ni llegar al mar (Sánchez, 2007). A este último grupo es al que pertenece la Cuenca de México (INEGI, 2010).

A partir de esta explicación se puede continuar con el estudio de los datos necesarios para entender la estructura y funcionamiento de la Cuenca de México y después bajar la escala

de la Subcuenca de Xochimilco, donde se encuentra el sistema chinampero de Xochimilco y la zona de estudio de esta investigación.

## 2.1 La conformación de la Cuenca de México

Las cuencas, subcuencas y microcuencas, contemplan características similares para delimitarlas, solo que, a diferente escala; por ello, para poder identificar y entender la Subcuenca de Xochimilco, es importante la definición de las cuencas a fin de identificar la medida de estudio ambiental en esta tesis.

Las cuencas hidrográficas (también llamadas topográficas) son unidades territoriales naturales cuya forma cóncava permite que se realice su función fundamental del ciclo hidrológico, al captar el agua de las precipitaciones y conducir las por sus laderas mediante el escurrimiento de los ríos o aguas superficiales, hasta llevarlas a zonas menos elevadas llamadas áreas de captación. Parte de esa agua, dependiendo del tipo de suelo y la vegetación de la cuenca, es filtrada hacia el subsuelo (aguas profundas), para permitir así la recarga de mantos acuíferos. (Granados, Hernandez & López, 2005).

La importancia de la cuenca radica en la manera cómo el agua y su ciclo hidrológico conectan cada uno de sus elementos bióticos (vivos, como plantas, animales, bacterias, etc.) y abióticos (no vivos, como suelo, piedras, temperatura ambiental y precipitaciones, entre otros), mientras genera interrelaciones que mantienen los ecosistemas en equilibrio como los sistemas complejos que son, de tal modo que la alteración de uno solo de sus elementos cambia el funcionamiento de todo el sistema.

La cuenca puede ser estudiada desde la geomorfología<sup>4</sup>, tomando en cuenta su estructura geológica, orográfica, hidrográfica, con fauna y flora específica dentro de su geografía y una historia natural común.

El proceso geológico que determinó la conformación de la Cuenca de México se inició hace unos 60 millones de años mediante un proceso tectónico convergente entre la Placa de Cocos y la Placa Norteamericana, lo que dio origen a la Sierra Madre Occidental, la Sierra

---

<sup>4</sup> Geomorfología, Ciencia geológico-geográfica que estudia las formas de la superficie terrestre (el relieve) (Lugo, J. 2011:199).

Madre Oriental y al Eje Neovolcánico Transversal, seguido de un periodo de vulcanismo continental ininterrumpido a lo largo de 45 millones de años (*mapa 4*) (Mooser & Lorenzo, 1956, citado por Camarillo Sarabia, et al., 2014: 15-16).

Posteriormente en las zonas más bajas de la cuenca se acumuló una gruesa capa de arcilla con propiedades impermeables, constituidos por depósitos no consolidados de gravas y arenas volcánicas que forman el antiguo lecho lacustre, lo que permitió la formación de los acuíferos<sup>5</sup> que dieron origen a un sistema de cinco lagos de poca profundidad o someros.

El sistema lacustre quedó conformado por los lagos de Xaltocan y Zumpango; al norte, de agua salobre (aunque hay autores como el caso de Armillas, P. que sostienen que estos dos lagos podrían contener agua dulce ante la evidencia de existencia de chinampas. 1971); al centro, el Lago de Texcoco con agua salobre y al sur, los Lagos de Xochimilco y Chalco con agua dulce; para formar un área de más de 2,000 kilómetros cuadrados (*mapa 3*) (Mooser, 1975, citado por Camarillo Sarabia, et al., 2014: 17). Cada uno de estos lagos dan nombre a las cinco subcuencas que contiene la gran Cuenca de México.

Los parteaguas que delimitan la Cuenca de México están formados por la Sierra de las Cruces al poniente, La Sierra Nevada y la Sierra del Río Frío al oriente, la Sierra de Chichinautzin al sur, la Sierra de Guadalupe en el centro y la Sierra de Tezontlalpan al Norte. Estas elevaciones crean lo que se conoce como la Cuenca de México, que es una cuenca endorreica o cerrada (Camarillo et al., 2014: 20), como ya se mencionó.

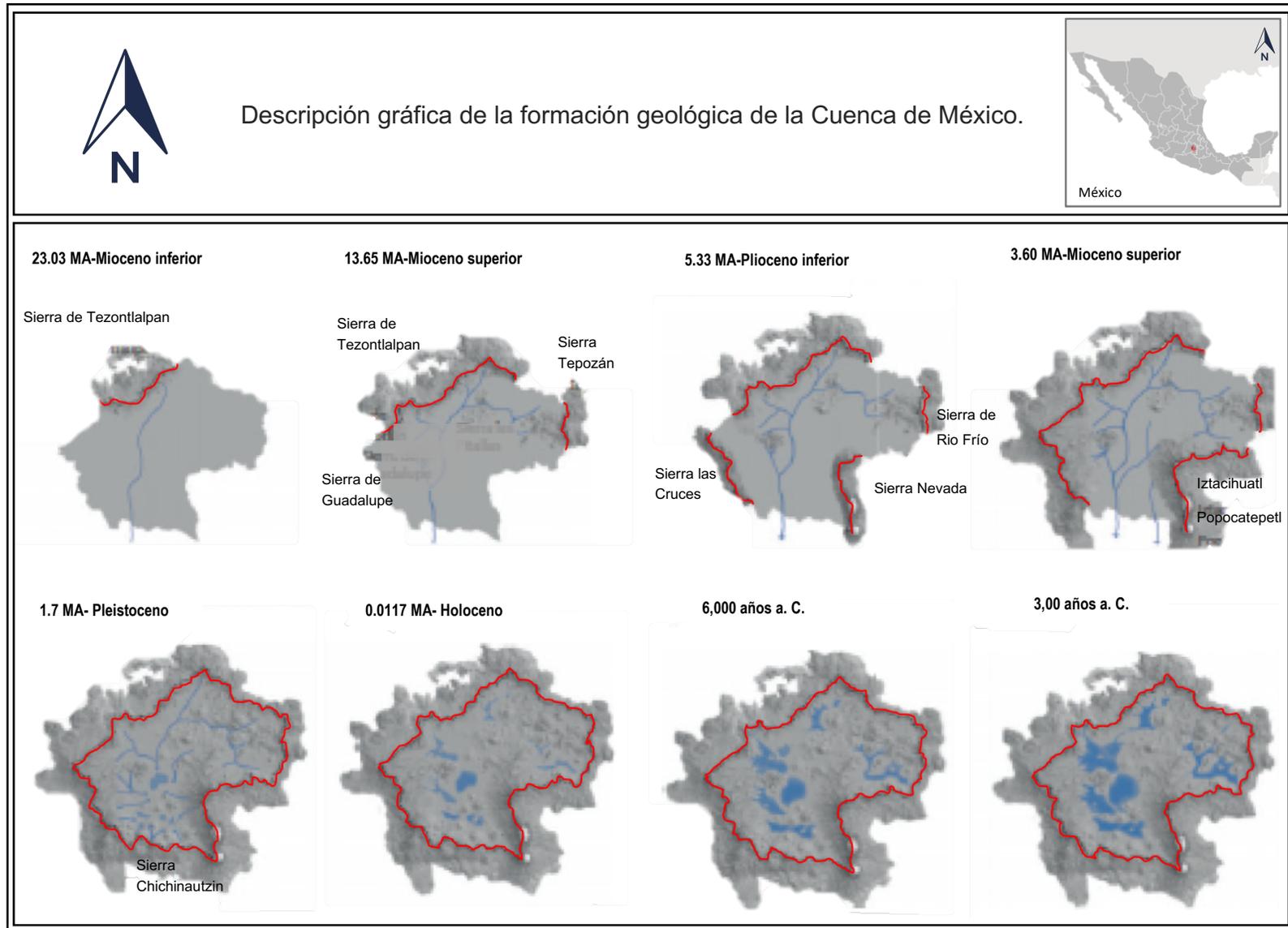
Las cuencas, subcuencas y microcuencas son elementos de gran importancia en el ciclo hidrológico, en su fase terrestre. La entrada del agua se puede captar mediante precipitación y/o derretimiento de nieve acumulada en las tierras altas, luego el recorrido se realiza mediante aguas superficiales o profundas hasta llegar a las áreas de captación que puede ser un lecho marino o un lago o laguna y la salida puede realizarse mediante drenaje natural, evaporación del suelo o evapotranspiración de la biocenosis<sup>6</sup> .

---

<sup>5</sup> Formación geológica o estrato constituido por poros, pasajes o fisuras interconectadas capaz de almacenar agua y cederla con facilidad) (CONAGUA, 2004)

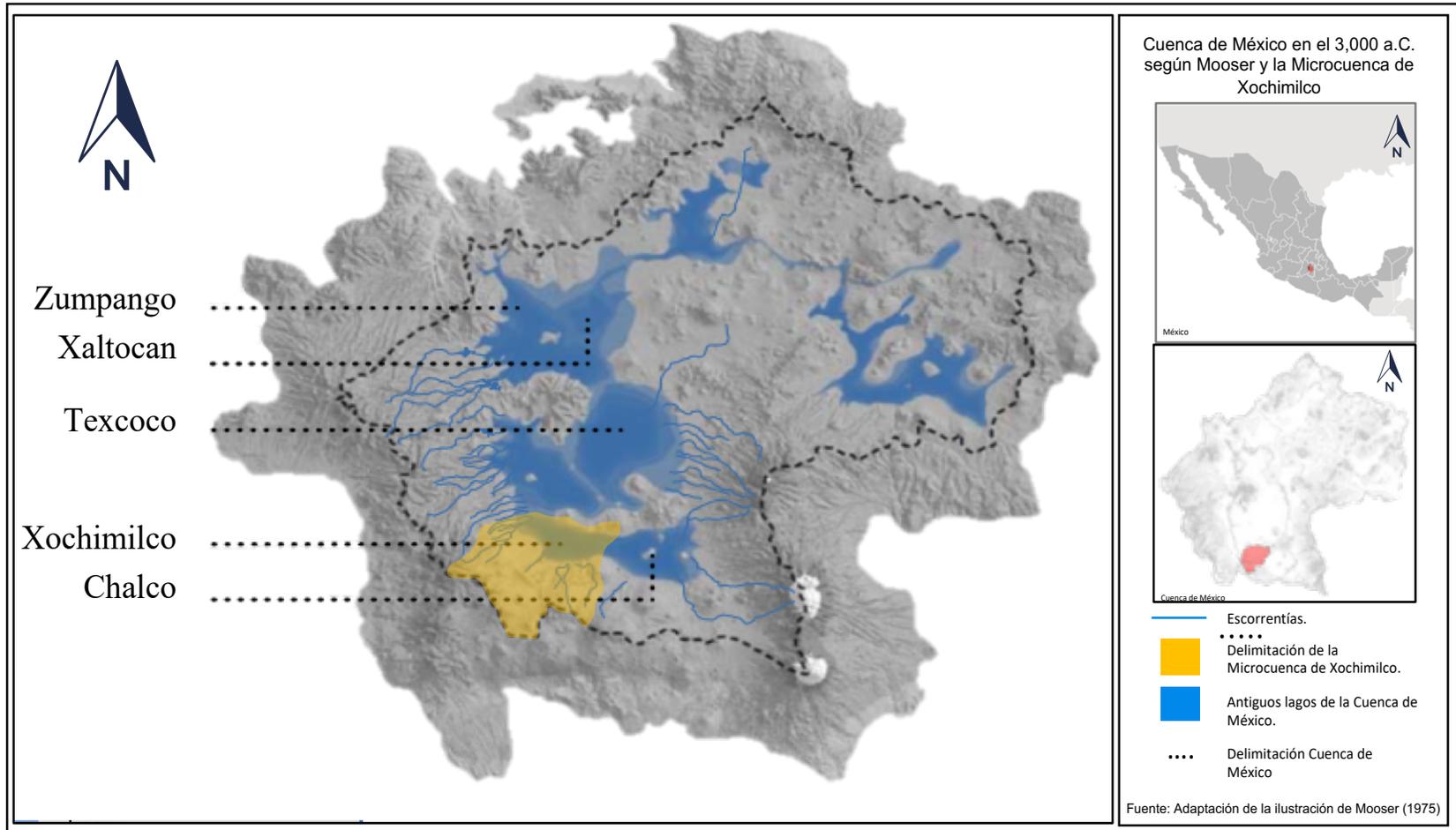
<sup>6</sup> Es el conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado biotopo (espacio geográfico con unas condiciones ambientales determinadas, como suelo, agua, atmósfera, etc., para el desarrollo de ciertas especies animales y vegetales). (Sánchez Sánchez-Cañete & Pontes Pedrajas, 2010).

Mapa 3. Descripción gráfica de la formación geológica de la Cuenca de México.



Fuente: adaptación de la ilustración de Mooser (1975).

Mapa 4. Cuenca de México en el 3,000 a.C. según Mooser y la Subcuenca de Xochimilco.



Fuente: Adaptación de la ilustración de Mooser (1975).

En la Cuenca de México, la captación de agua, en la cuenca alta, se llevaba a cabo mediante las precipitaciones pluviales y el derretimiento de las nieves de la Sierra Nevada que fluían desde el Oriente por los ríos Tlalmanalco y Amecameca y, desde el Poniente, los escurrimientos propios que bajaban de la Sierra del Chichinautzin. Ambas partes, oriental y occidental, se beneficiaban de los manantiales situados principalmente al oriente y al sur (González, A. 2016).

Al ser una cuenca endorreica, el agua se acumulaba en la parte baja, para formar los lagos, evaporarse parcialmente por la radiación solar y generarse un clima templado subhúmedo (Cw) no extremoso, según la clasificación del sistema W. Köppen, propicio para la proliferación de una rica biodiversidad, descrito por Jáuregui (1999: 5).

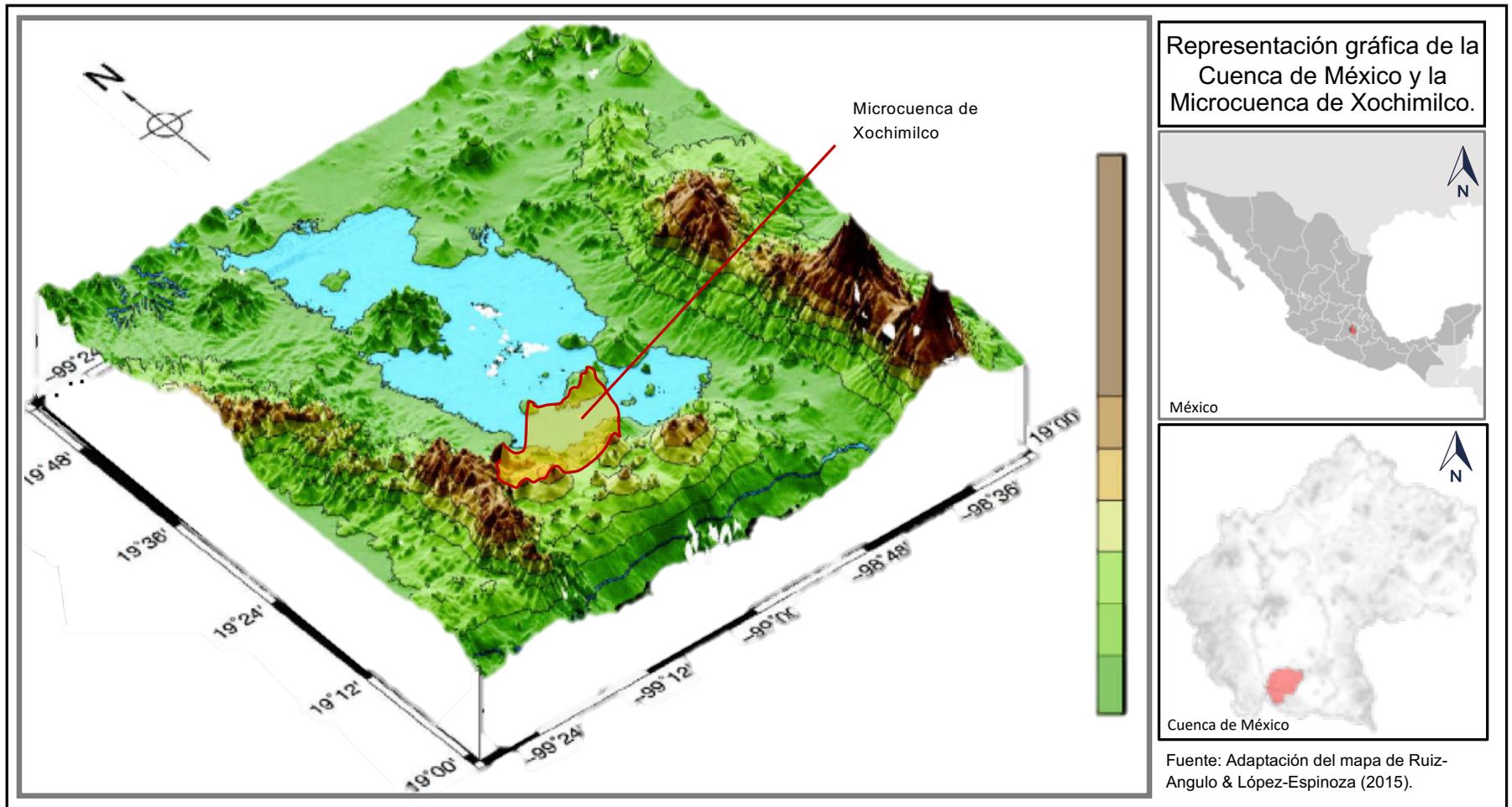
Por la importancia en los procesos hidrológicos y ecosistémicos y por su complejidad, la cuenca debe ser estudiada, tomando en cuenta todos sus elementos: sus aguas superficiales y profundas, así como el conjunto de sus interrelaciones entre afluentes, elementos bióticos, áreas de captación, clima, focos de contaminación, escorrentías, población, políticas que afectan la zona de estudio, tradiciones, turismo, migración, etc. Por supuesto, entre los elementos bióticos hay que incluir al ser humano que habita en el ecosistema y que se ha vuelto un causante de fuertes transformaciones al ambiente.

Esta extensión y cambios de altura representan diferentes tipos de bioclimas y, por ende, diferentes ecosistemas con los que el ser humano debe interactuar. La desaparición de alguno de los elementos de un ecosistema de la cuenca afecta las interrelaciones de sus componentes porque genera cambios en el clima que afectará a todos los seres que lo habitan.

En el *mapa 5* se observa una representación digital en tercera dimensión de cómo se pudo haber visto la Cuenca de México cuando los primeros seres humanos arribaron en busca de un lugar donde establecerse, y sombreado en color amarillo, la Subcuenca de Xochimilco, que, como ya se comentó anteriormente, es donde se localiza la zona de estudio de esta tesis.

En el *mapa 5*, se observa una representación de los lagos de la Cuenca de México como se encontraban en el año 1519 vista desde el poniente, en la que están señalados los elementos principales de su relieve, ahí se pueden identificar las principales elevaciones que definen los parteaguas de la cuenca y de las subcuencas que se encuentran en su interior, así como los cinco lagos y algunos poblados. Al sur de la Cuenca se observa la localización de Xochimilco.

Mapa 5: Representación gráfica de la Cuenca de México y la Subcuenca de Xochimilco.



Fuente: Adaptación del mapa de Ruiz-Angulo & López-Espinoza (2015).

## 2.2. La influencia del ser humano en la Cuenca de México

Las acciones del ser humano sobre la naturaleza, después de la conquista, han dejado tal huella que la estructura natural de lo que solía ser la Cuenca de México ha cambiado en los últimos siglos.

Como ya se comentó, la Cuenca de México se encuentra ubicada en el centro del país y es por naturaleza una cuenca endorreica, es decir, sin salida al mar, confluyendo hacia un cuerpo de agua al interior de la cuenca, en este caso el antiguo sistema lacustre de la Cuenca de México. Esta condición de endorreica indica que sus escorrentías no desaguan al mar, sino que se quedan dentro de la Cuenca de México y siempre tienden a dirigirse y depositarse en la parte más baja, en este caso donde solía estar el sistema de lagos y que es donde actualmente se encuentra la Ciudad de México.

Al realizar un estudio con origen en el aspecto ambiental, es importante entender cómo se comporta el entorno natural, o lo que es lo mismo, el medio ambiente que se está estudiando, y a partir de ahí, comprender las intervenciones humanas y cómo han impactado éstas el funcionamiento natural de la región.

Para cualquier estudio urbano que se precie de tener enfoque ambiental, es necesario comprender que las cuencas, subcuencas y microcuencas tienen importantes funciones ambientales. Estas pueden clasificarse en hidrológica, ecológica, ambiental y socio-económica (Conant & Fadem, 2011):

- ✓ Función hidrológica.- Comprende la captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos; el almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración; y la descarga del agua como escurrimiento.
- ✓ Función ecológica.- Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua a través de los cuales, proveen de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.

- ✓ Función ambiental.- Se constituyen sumideros de CO<sub>2</sub>; en ella se albergan bancos de germoplasma<sup>7</sup>, se regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos; se conserva la biodiversidad y se mantiene la integridad y diversidad de los suelos.
- ✓ Funciones socioeconómicas. - Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas, para dar sustento a la población y provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la misma (Conant & Fadem, 2011:156-160).

Una cuenca saludable cumplirá con todas estas funciones, para ayudar a mantener activos los ciclos biogeológicos (del agua, del carbono, del nitrógeno y del fósforo), que dan sustento a los ecosistemas propios del lugar. Cuando ocurre un cambio, se rompe el equilibrio y se altera la capacidad de la cuenca para sostener la vida, incluyendo la del ser humano, y el sistema busca restablecer el balance. Cuando el cambio sobrepasa la capacidad de carga del sistema, éste se vuelve insustentable (Conant & Fadem, 2011:156-160).

El estudio de estas funciones en las cuencas requiere dividir las en tres niveles: baja, media y alta. En la cuenca alta la topografía suele ser empinada y cubierta de bosque. La mayoría de las nacientes y de los ríos se encuentran en la parte alta y media, y en las partes bajas se encuentran las áreas más planas, por lo que suelen ser de gran importancia para la agricultura y los asentamientos humanos (SEMARNAT, 2013). Cada uno de estos tres niveles o zonas funcionales ya comentados, tiene una dinámica en el funcionamiento de la cuenca como se describe a continuación:

1. La zona de captación, o de cabecera o cuenca alta. Son áreas que se encuentran en la porción altimétrica más elevada de la cuenca, aledañas al parteaguas que delimita la cuenca. En esta zona se forman los primeros escurrimientos (arroyos) luego que los suelos han absorbido y retenido toda el agua según su capacidad de filtración.
2. La zona de almacenamiento y de transición o cuenca media. Es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja, donde los escurrimientos iniciales confluyen aportando diferentes

---

<sup>7</sup> Parte del protoplasma celular que tiene capacidad reproductiva o regenerativa, que conforma la base de la herencia y que se transmite de una a otra generación. En áreas naturales protegidas se busca conservar germoplasmas, con miras a la conservación y mejoramiento de diversas especies (Perú Ecológico, 2012).

caudales cuyas concentraciones de sedimentos, contaminantes y materia orgánica difieren en función de las actividades que se realizan en cada subcuenca; es un área de transporte y erosión.

3. La zona de descarga o de emisión, o cuenca baja. Es el sitio donde el río principal desemboca en el mar o bien en un lago. Se caracteriza por ser una zona de importantes ecosistemas, como los humedales terrestres y costeros, además de muy productiva para el uso agrícola y donde se acumulan los impactos de toda la cuenca (SEMARNAT, 2013: 7-9).

Estas tres zonas, además de aportar acciones que logran el funcionamiento adecuado de la cuenca, cuando el ser humano interviene sin responsabilidad, aportan acciones negativas que ponen en riesgo la preservación de los ciclos naturales y la vida en los bioecosistemas de los tres niveles.

En la Cuenca de México, la acumulación de arcillas en las zonas más bajas, arrastradas por las aguas pluviales de la cuenca media y alta, formaron una capa gruesa con la suficiente impermeabilidad que provocó la acumulación de agua en esa zona y que dio lugar a los lagos de la cuenca (Ezcurra, 2009: 13).

Estos eran lagos someros (de poca profundidad) que propiciaron la formación de extensos humedales ricos en biodiversidad y de gran importancia para el funcionamiento ecosistémico. Los pueblos originarios de la Cuenca se establecieron a las orillas de estos lagos, muchas veces en zonas de humedales y hacia el interior de los lagos mediante las chinampas, que les permitían interactuar con el agua y generar terreno artificial donde construir sus poblados y cultivar sus alimentos (Ezcurra, 2009: 14).

La situación hídrica de la Cuenca de México se vuelve compleja cuando se percibe que tiene un funcionamiento y estructura natural propios que el ser humano ha alterado, por un lado, al intentar cambiar su condición endorreica en un intento de controlar las inundaciones que la afectan, y por otro, al explotar sus mantos acuíferos y manantiales que han ocasionado el hundimiento de la ciudad; la alteración de su topografía y sus pendientes; la tala de sus bosques y alterando la superficie del suelo al cubrirlo con pavimentos de materiales impermeables, dificultando con ello el drenado del agua al subsuelo para la recarga de los mantos acuíferos.

Para explicar mejor esta situación, se debe tomar en cuenta que existen factores que influyen en la capacidad de infiltración del suelo (Universidad del Noreste. Facultad de Ingeniería, 2007):

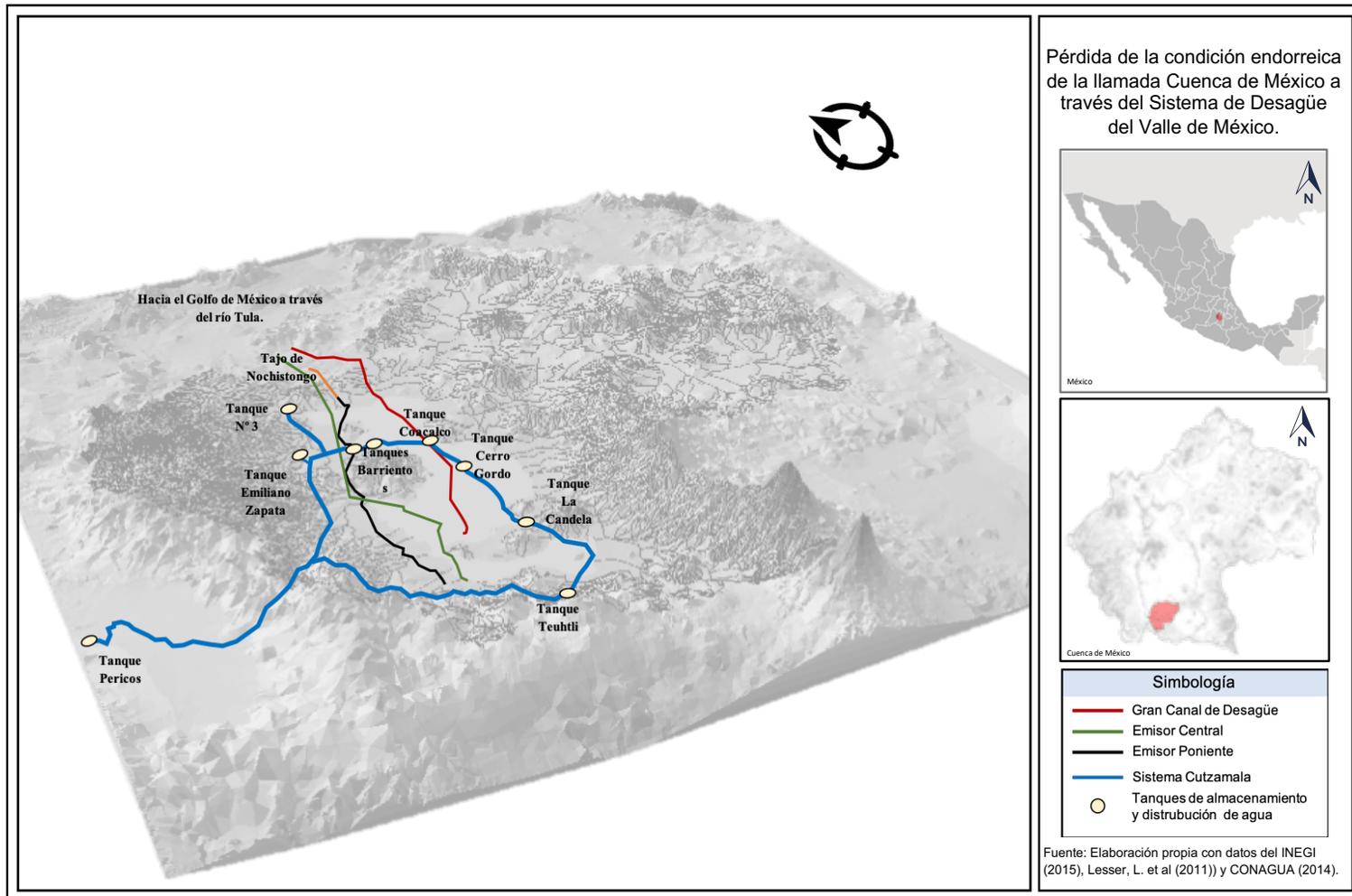
- Entrada superficial: La superficie del suelo puede estar cerrada o ir acumulando partículas que impidan o retrasen la entrada de agua al suelo.
- Transmisión a través del subsuelo: el agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.
- Características del medio permeable: la capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo –arenoso, arcilloso, etc.-, la vegetación, la estructura y capas de suelos.
- Características del fluido: la contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva (Universidad del Noreste. Facultad de Ingeniería, 2007:1).

Cuando el ser humano comienza a cambiar el material del suelo por pavimentos con materiales impermeables, talando los bosques de la cuenca alta y media, alterando la composición química del agua con desperdicios, etc., se traza el camino que ha llevado a la crisis ambiental que se vive en Xochimilco.

Al comprender el complejo funcionamiento de la cuenca se comienza a vislumbrar la razón de los diversos problemas y la magnitud de los riesgos de los seres que viven en la Ciudad de México.

Con la construcción de las obras de desagüe llevadas a cabo para intentar evitar las inundaciones en la Ciudad de México iniciadas en el año 1608, cuando se abrió por primera vez la Cuenca de México hacia el norte con la construcción del primer canal de drenaje que medía 15 kilómetros y que atravesaba una serie de galerías subterráneas hasta la Cuenca del río Tula para descargar sus aguas en el Golfo de México; la condición endorreica se perdió temporalmente, convirtiéndola en una cuenca exorreica artificial (*mapa 6*).

Mapa 6: Pérdida de la condición endorreica de la llamada Cuenca de México a través del Sistema de Desagüe del Valle de México.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2015), Lesser, L. et al. (2011) y CONAGUA (2014).

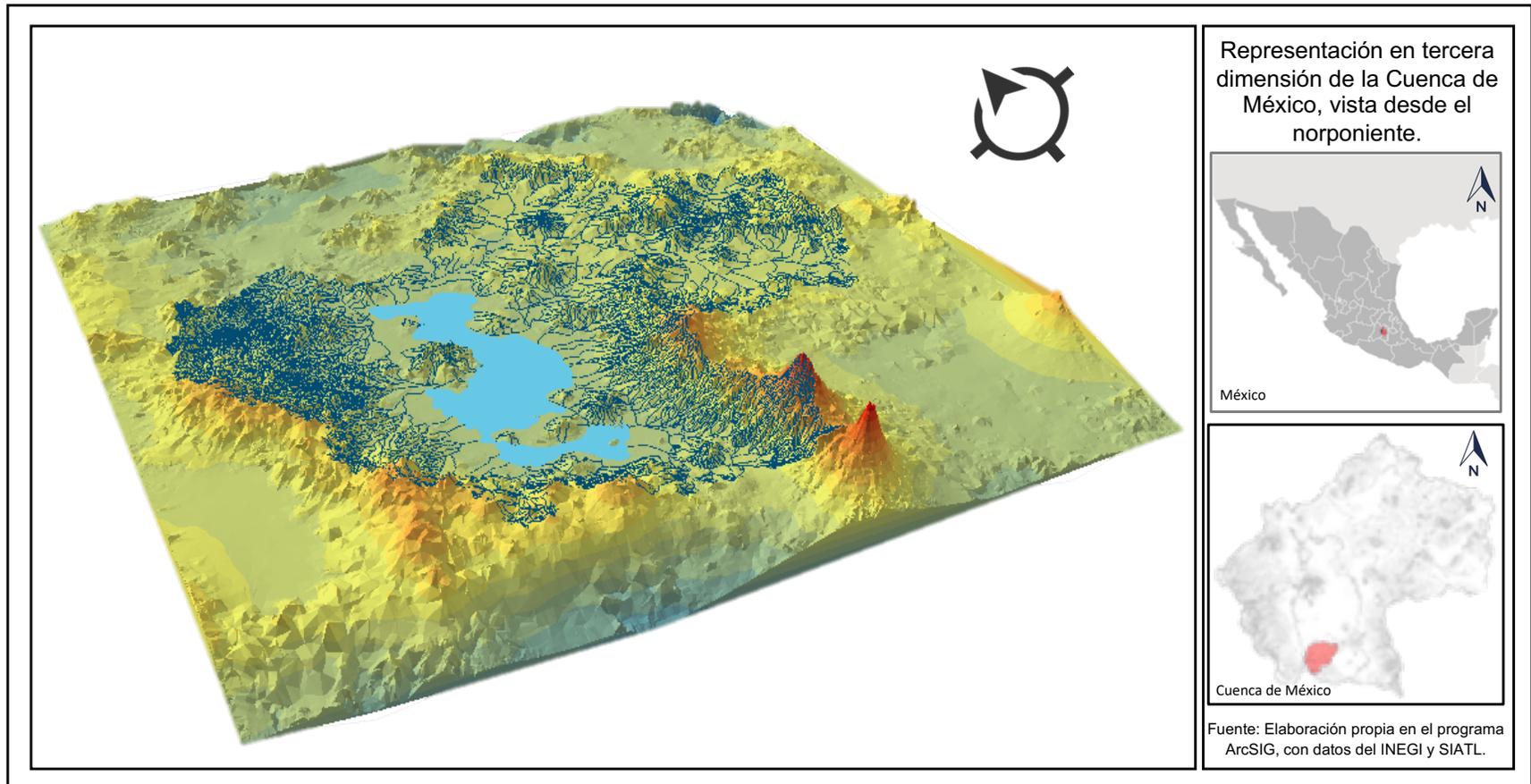
Sin embargo, el hundimiento de la ciudad, provocado por la pérdida de presión en acuíferos por a la perforación de gran cantidad de pozos y el bombeo para la extracción de agua potable del subsuelo (Marsal & Sáinz Ortiz, 1956:4-5), ha dificultado el funcionamiento de este sistema de desagüe artificial al generar una contrapendiente en el sistema de colectores del drenaje profundo y dirigir el agua de nuevo hacia la Ciudad de México, regresando a su condición endorreica natural. Debido a esto, lo que en un principio funcionó con la gravedad, actualmente requiere de bombeo para poder dirigir las aguas fuera de la cuenca (Diamant, et al., 2014: 148), lo que hace que mantenga la condición exorreica de manera artificial.

En la *mapa 7* se muestra una representación en tercera dimensión de la Cuenca de México en la que se pueden observar las escorrentías que confluyen hacia las zonas de depósito lacustre, donde solían estar los lagos, representados en color azul. En ella es fácil identificar cómo todos los afluentes de la cuenca dirigen sus aguas hacia los lagos, representados en color azul, que es donde actualmente se encuentra asentada actualmente la gran Ciudad de México.

El ciclo hidrológico de la Cuenca de México se ha alterado, debido a la tala de árboles llevada a cabo en los últimos siglos, el desecamiento de cuerpos de agua y a la pavimentación de los suelos realizada durante la urbanización con materiales altamente impermeables que dificultan la recarga de los acuíferos, entre otras causas, rompiendo con esto con el delicado equilibrio ecológico.

En los últimos años, se han registrado cambios climáticos, no sólo en la temperatura ambiental, que es fácilmente perceptible por la población, sino también en las precipitaciones de la zona. Según el M.C. Julio Nemorio Martínez Sánchez (en entrevista realizada a M.C. Julio Nemorio Martínez Sánchez. Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. Gerencia de Meteorología y Climatología. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional) sigue cayendo en promedio la misma cantidad de agua anualmente pero en un menor tiempo, lo cual se comprueba con los estudios del cambio climático en la zona, cuyos resultados se presentan más adelante, provocando inundaciones y alteraciones en las cosechas, entre otras consecuencias.

Mapa 7: Representación en tercera dimensión de la Cuenca de México, vista desde el norponiente.



Fuente: Elaboración propia en el programa ArcSIG, con datos del INEGI y SIATL.

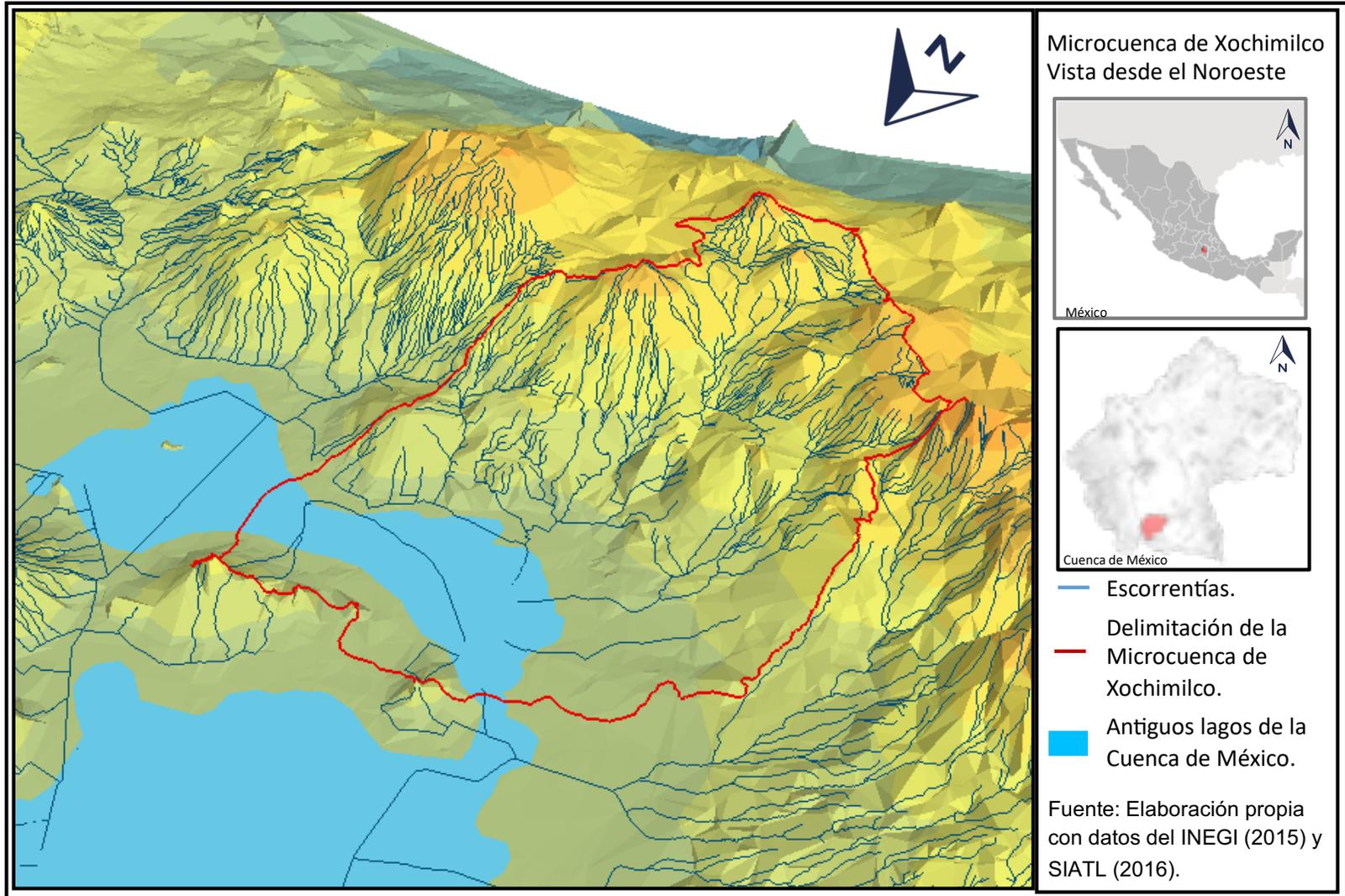
Al descender a la escala de la subcuenca, en el *mapa 8* se puede observar a la Subcuenca de Xochimilco y las escorrentías que se vierten actualmente hacia la zona baja, es decir, el relicto del Lago de Xochimilco. Se presenta la vista desde el norponiente ya que, al encontrarse en el sur las elevaciones más altas, esta vista permite poder estudiar su estructura geológica y funcionamiento hídrico. También se puede ver en el mapa que esta subcuenca tiene un punto de desagüe hacia el norponiente, donde vierte sus aguas en la microcuenca del río Magdalena, por donde el lago de Xochimilco se conectaba con el Texcoco. Ambientalmente, esto quiere decir que todas las acciones contaminantes y mitigadoras relacionadas con el agua que se generen en la Subcuenca de Xochimilco, afectarán a la Microcuenca del río Magdalena.

La Subcuenca de Xochimilco se encuentra al suroccidente de la Cuenca de México, en las coordenadas 19°13' N, 99°08' O (imagen 3) y a una altitud de 2240 msnm. Está limitada al Norte por el cerro de la Estrella y la sierra Santa Catarina, al Este por la divisoria que corre entre la Sierra Santa Catarina y el Volcán Teuhtli, al Sur por los conos y otras estructuras volcánicas de la Sierra del Chichinautzin; y al Suroeste por el Volcán Ajusco. La cuenca de Xochimilco solía contener un cuerpo lacustre del que solo queda un relicto, que en épocas de lluvia y deshielo que aumentaba los niveles de los cuerpos de agua se conectaba al Norte con el lago de Texcoco y al Este con el Lago de Chalco.

En la antigüedad, la planicie lacustre ocupa 130 km<sup>2</sup> aproximadamente. Actualmente los remanentes del lago se limitan a la zona de las chinampas que solamente ocupan un área de un aproximado de 16 km<sup>2</sup>.

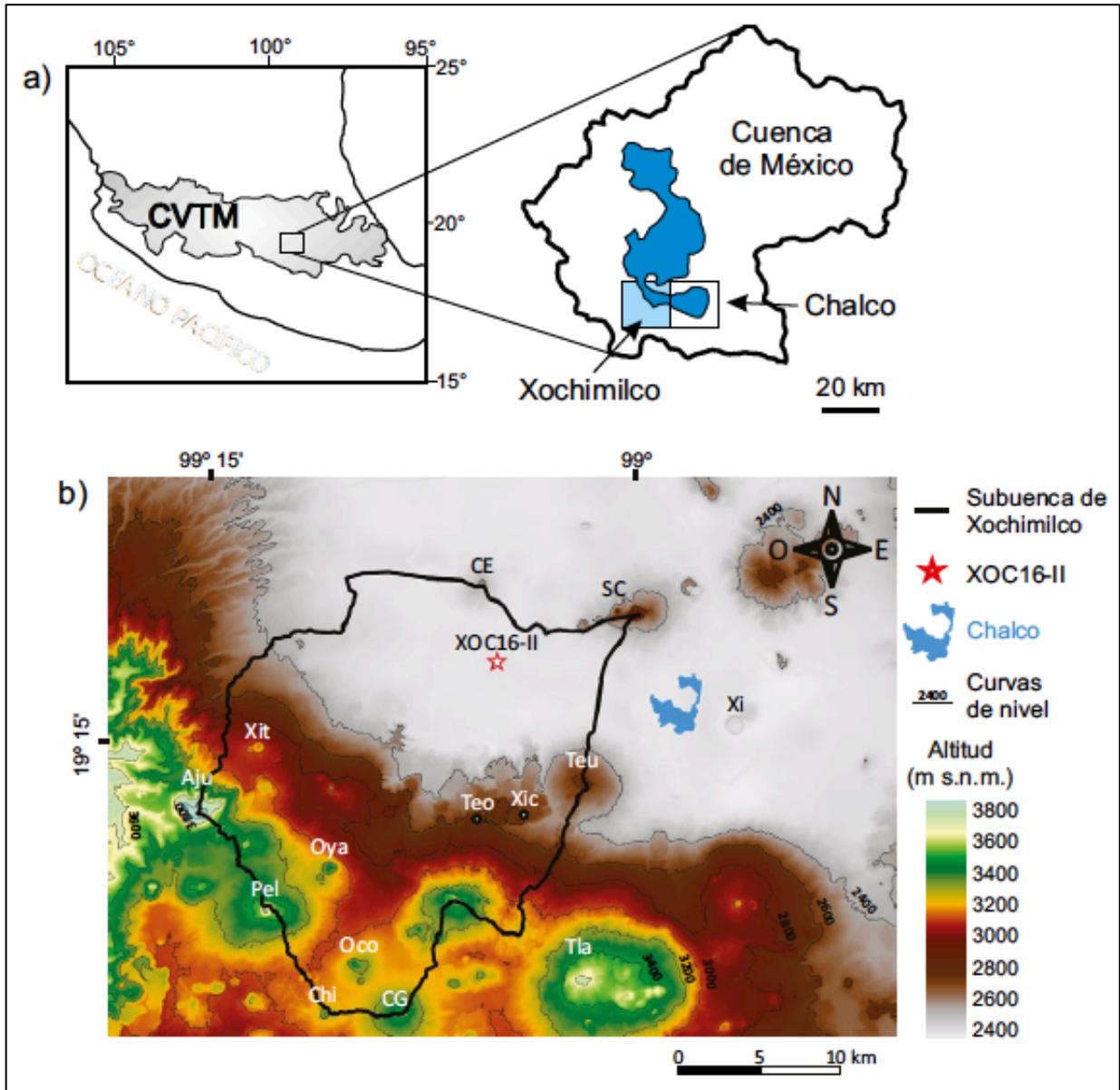
Junto al estudio hidrográfico de la zona, es importante incluir en los estudios ambientales la estructura geofísica, la cual, en el caso de la Cuenca de México, se compone de tres tipos de suelo que a su vez están relacionados con su hidrología. En el *mapa 9* se observa una representación de las clasificaciones de tipos de suelo por relieve de la zona de Xochimilco que se obtuvo de la página publicada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en el que se identifican con colores los tipos de suelo según su relieve. La zona de montaña en color café, la zona de piemonte o transición en color naranja; y en amarillo, la zona de planicie lacustre, que coincide con la ubicación de los antiguos lagos junto con su planicie aluvial.

Mapa 8: Representación en tercera dimensión de la Subcuenca de Xochimilco vista desde el norponiente.

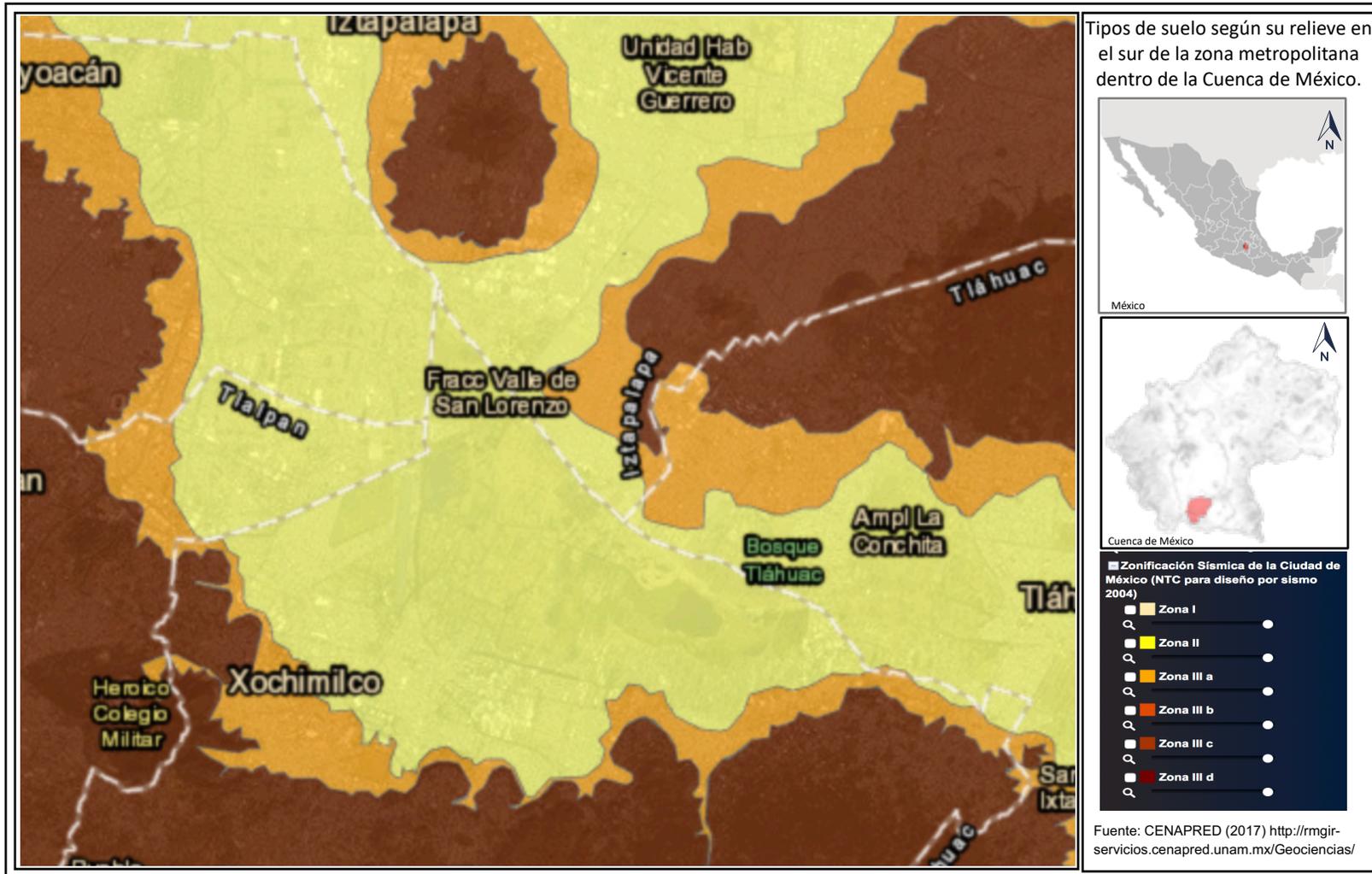


Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2015) y SIATL (2016).

Imagen 3: a) Mapa de localización de las subcuencas de Xochimilco y Chalco en la Cuenca de México y dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM). b) Límite de la Cuenca de Xochimilco con la ubicación de algunos de los volcanes más importantes: Ajusco (Aju), Cerro de la Estrella (CE), Complejo Guespalapa (CG), Chichinautzin (Chi), Sierra Santa Catalina (SC), Teoca (Teo)Tehutti (Teu), Tláloc (Tla), Ocopiaxco (Oco), Oyameo (Oya), Pelao (Pel), Xico (Xi), flujos de lava Xicomulco (Xic), Xitle (Xit), así como el sitio del sondeo XOC16-II dentro de los viveros de Netzahualcóyotl y la actual extensión del lago de Chalco.



Mapa 9: Tipos de suelo según su relieve en la zona metropolitana dentro de la Cuenca de México.



El estudio de estos tipos de suelo es importante para el desarrollo de las ciudades, ya que de ello dependerá la viabilidad y los tipos de construcción y urbanización que se podrán de llevar a cabo en las distintas zonas identificadas, así como el nivel de riesgo sísmico y de inundaciones (debido a la permeabilidad de los suelos como a la ubicación con relación a la altitud en la ciudad) que existe para los seres humanos que ahí se asienten. Según el tipo de suelo se deberá evitar la construcción en determinadas zonas o prever los sistemas estructurales y de cimentación adecuados para resistir los sismos.

Todos los elementos descritos hasta ahora conforman el sistema complejo de la Cuenca de México y deben ser estudiados con sus interrelaciones, empero siempre previendo integrar tanto la parte geofísica, la ambiental y la social, de esta forma se reducirán las probabilidades de alterar el ambiente y sufrir daños durante los eventos que se presenten, ya sea sísmicos o meteorológicos.

Una vez que es comprendido la conformación natural de la Cuenca de México se puede proceder con la realización del estudio de cambio climático y de evidencia de generación de islas de calor en la zona con la metodología que se explicó en el primer capítulo de esta tesis. Para ello es necesario delimitar la zona de donde se llevará a cabo el estudio.

### 2.3. La zona de estudio en la Subcuenca de Xochimilco

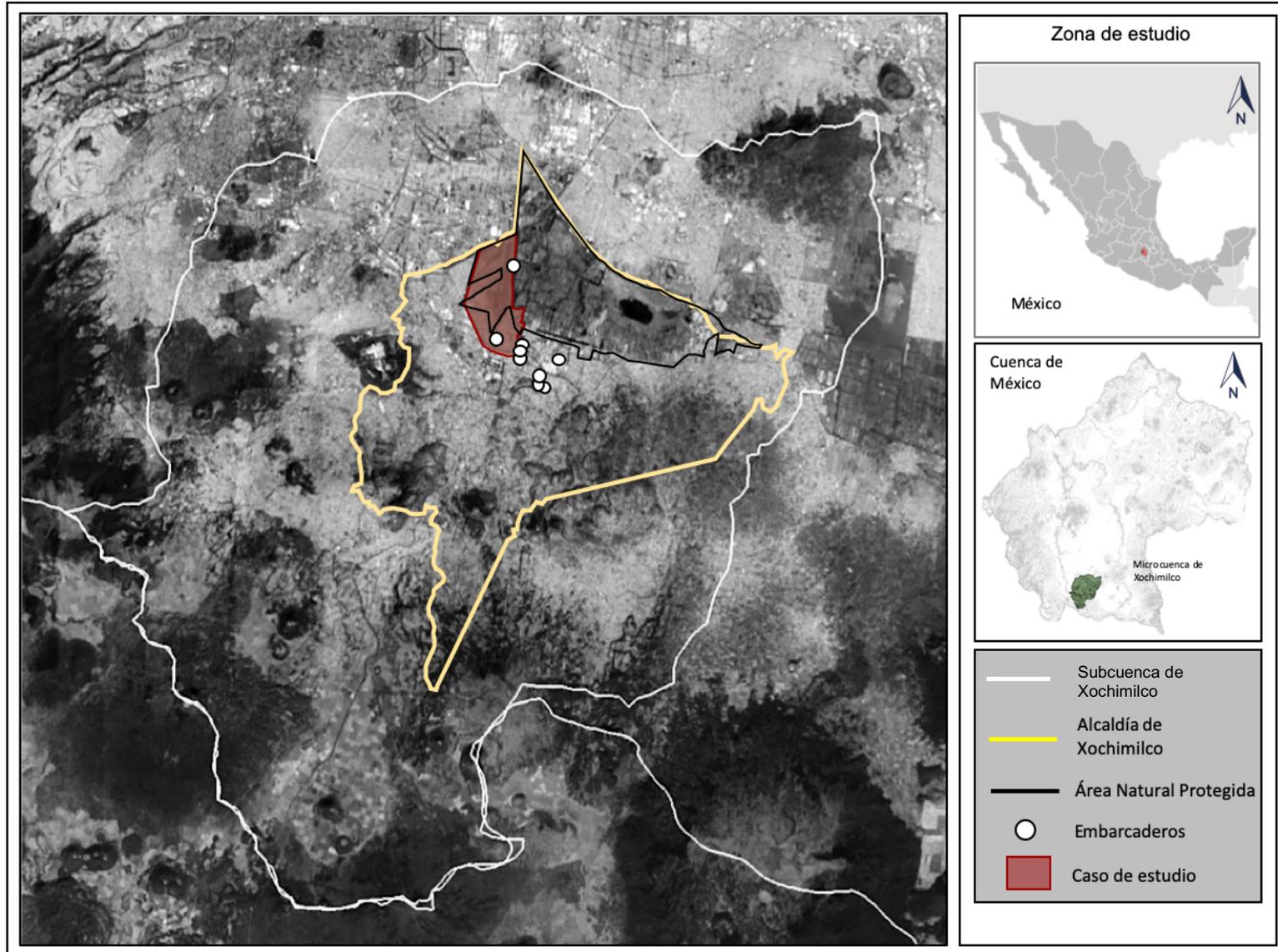
La zona de canales de Xochimilco es representativa de la problemática abordada al presentar, por un lado, territorios dedicados al cultivo y por otro, áreas semi-antropizada con biodiversidad importante y un alto índice de cambio de usos de suelos y más asentamientos irregulares.

Una de las partes que está teniendo mayor invasión hacia las chinampas es la que se encuentra en los límites al sur y al este de la zona chinampera de Xochimilco, ahí se localiza también algunos de los pueblos y barrios originarios, así como los embarcaderos que sirven al turismo que llega a visitar los canales y es en esta zona donde se seleccionó el polígono de estudio que se muestra en el mapa 10 con su ubicación dentro de la Subcuenca de Xochimilco y la relación con la delimitación política de la alcaldía de Xochimilco.

En el *mapa 11* se muestra un acercamiento a la zona de estudio que se encuentra ubicado al este de la zona chinampera de Xochimilco. Se seleccionó esta zona debido a que cuenta con las características que se requieren para la investigación: el vaso regulador conocido como la Ciénega Chica (zona de aguas temporales), chinampas semiantropizadas, áreas urbanizadas, asentamientos irregulares, embarcaderos para el turismo, así como por ser una zona que recibe fuerte presión sobre la zona de chinampas y hacia el relicto del Lago de Xochimilco.

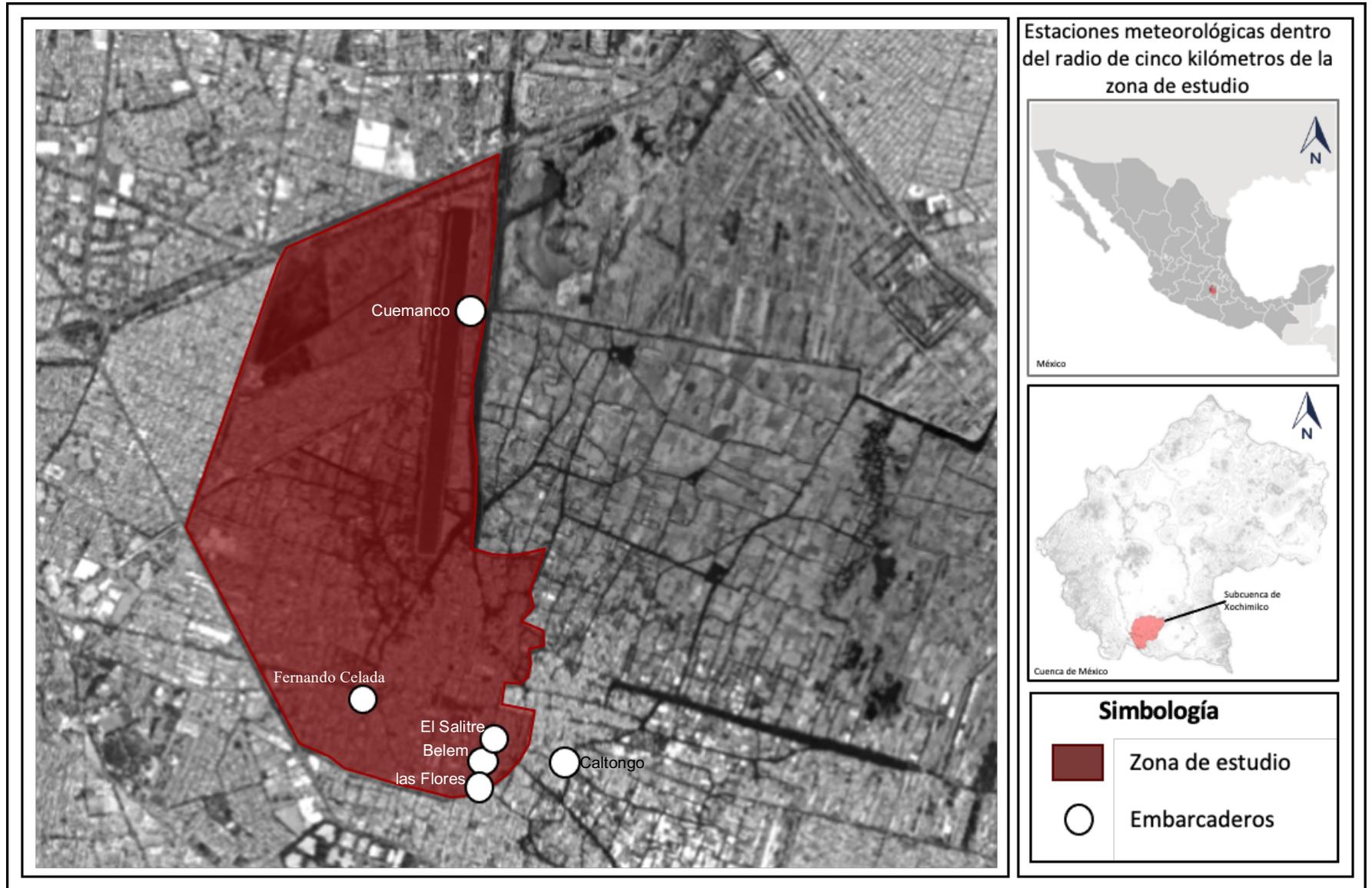
Esta zona además tiene, dentro de los 5 kilómetros entorno a su perímetro, tres estaciones meteorológicas (*mapa 12*) que permiten realizar el estudio de la existencia de cambio climático y la comprobación de generación de isla de calor que se mostrarán en el siguiente capítulo.

Mapa 10. Ubicación del polígono de la zona de estudio en la Subcuenca de Xochimilco.



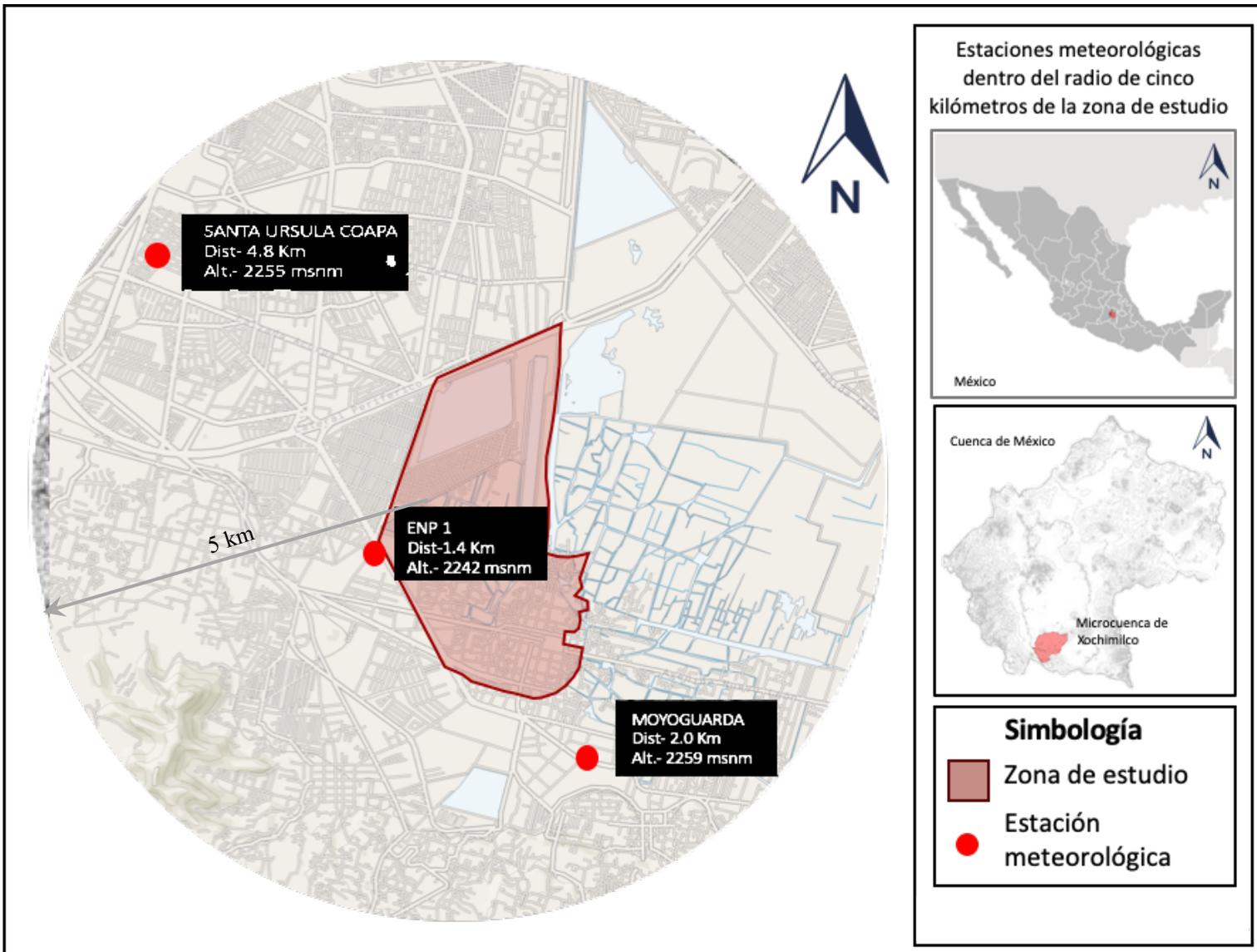
Fuente: Elaboración propia con ayuda de GoogleEarth y resultados del trabajo de campo (2018).

Mapa 11. Polígono de la zona de estudio con los embarcaderos cercanos y dentro de la zona.



Fuente: Elaboración propia con ayuda de GoogleEarth y resultados del trabajo de campo (2018).

Mapa 12. Polígono de la zona de estudio y estaciones meteorológicas dentro de los 5 kilómetros de la zona de estudio utilizadas en esta tesis.



Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones meteorológicas Santa Úrsula Coapa, ENP

### **3. Cambio climático y formación de islas de calor en la zona chinampera de Xochimilco**

“Con el aumento de la urbanización, entender los impactos del cambio climático sobre el medio urbano será un aspecto cada vez más importante. Las pruebas están dando a conocer que el cambio climático presenta desafíos únicos para las áreas urbanas y su creciente población.”

UN-HABITAT. Cumbre de Río de 1992

Cuando se realizaron las entrevistas a vecinos ubicados dentro del polígono de estudio de caso, fue constante la queja, especialmente entre los chinamperos, de percibir un aumento en la temperatura y una alteración en las precipitaciones de la zona que dificulta su trabajo, ya que depende del ciclo de las lluvias para manejar sus cosechas.

Sin embargo, percibir cambios en la temperatura o las precipitaciones no es suficiente evidencia de que realmente exista un cambio climático, ni para determinar el tipo de acciones y medidas que serán necesarias llevar a cabo para su mitigación y adaptación al fenómeno. Hace falta métodos científicos que sustenten este planteamiento, es por ello, que realizar este tipo de estudios que recaba y sistematiza los datos meteorológicos existentes y los procesa para obtener datos duros es indispensable para poder así comprobar y exponer la existencia real o no de un cambio climático en un lugar determinado o en el planeta.

El estudio del cambio climático es necesario para verificar los impactos que la ciudad pueda estar ocasionando en el clima de la región. Identificar evidencia del cambio climático local es importante para poder diseñar estrategias y políticas de mitigación y adaptación.

Acorde a la metodología propuesta en capítulo uno de esta tesis, se realiza el estudio de cambio climático con los Indicadores de Cambio Climático y de existencia de Isla de Calor.

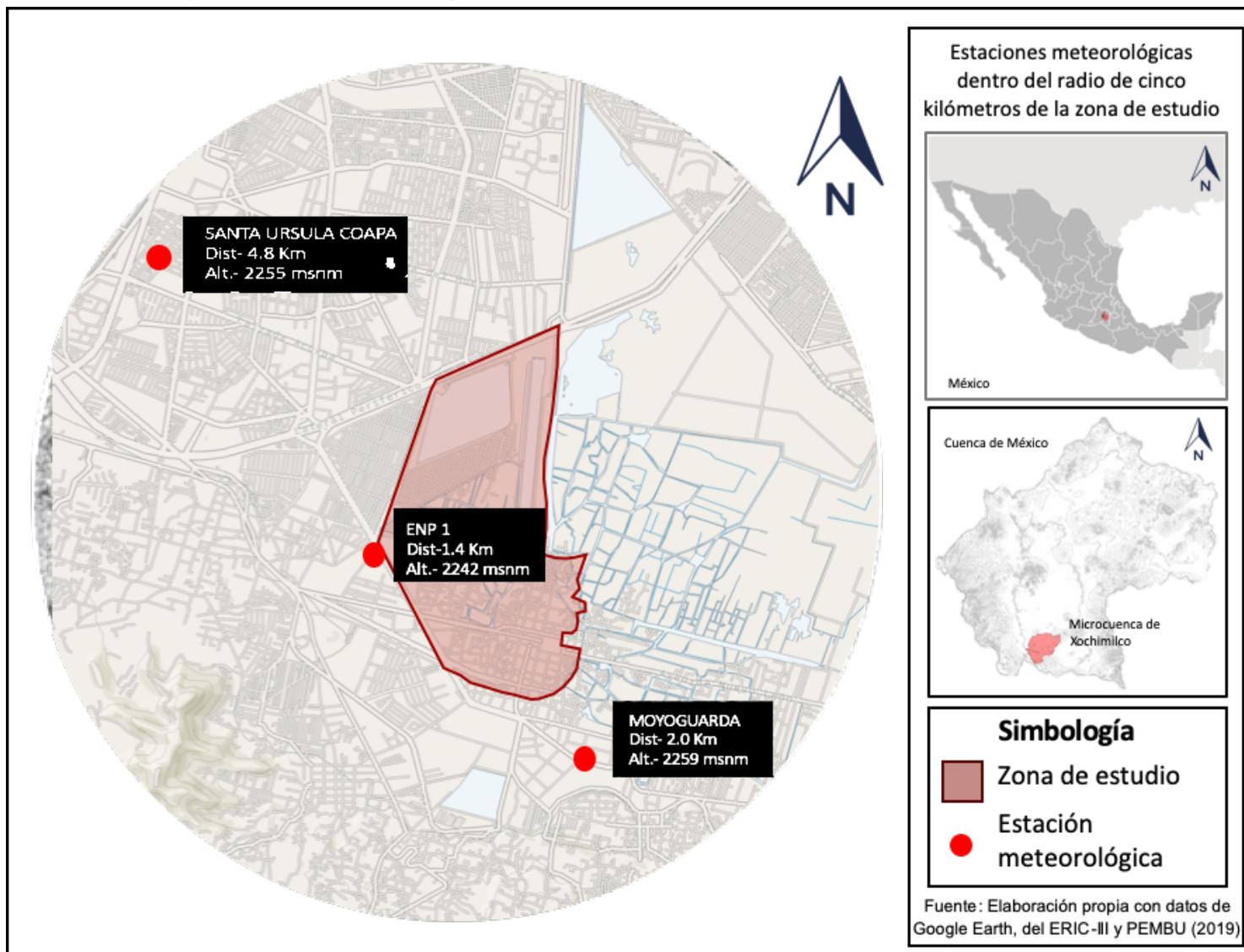
### **3.1. Resultados del estudio de existencia del cambio climático en la zona de estudio**

Para el estudio de cambio climático en la zona de estudio se seleccionaron tres estaciones climatológicas que se encuentran dentro de un radio de cinco kilómetros, como recomienda el IPCC. También recomienda que para este tipo de estudios se utilicen periodos de tiempo de al menos veinte años, aunque un periodo de mínimo treinta años es más recomendable. Un periodo menor podría arrojar conclusiones parciales o inexactas, pese a esto, en esta investigación se realiza un estudio por periodos, comenzando con uno de quince años, que solo sirve como base para continuar agregando décadas con el fin de identificar relaciones entre el comportamiento del clima y la evolución del crecimiento de la Ciudad de México.

Para el caso de la zona chinampera de Xochimilco, tras un análisis de las estaciones existentes, en función de su localización, en cuanto a cercanía con el área de estudio y altura, se encontraron, dentro de un radio de cinco kilómetros a la redonda, tres estaciones; sin embargo, ninguna de las tres cuenta por sí sola con datos suficientes que puedan abarcar el periodo de tiempo adecuado para poder realizar un estudio de cambio climático, por lo que se decidió integrar sus datos, previo análisis de sus características, para comprobar que las condiciones de éstas dieran como resultado datos suficientes que se pudieran utilizar, sin afectar su fiabilidad.

Estas estaciones tienen una diferencia en altitud de 17 msnm entre la de la Escuela Nacional Preparatoria 1 (ENP1) y la del Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU), con una altitud de 2248 msnm, y la de Moyoguarda de CONAGUA, de mayor altitud, con 2259 msnm. Partiendo del hecho que la troposfera en lugares cercanos al Ecuador, como México, tiene una altitud aproximada de dieciocho kilómetros en los cuales la temperatura disminuye paulatinamente hasta  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  en su límite superior o tropopausa (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004: 9), una diferencia de 17 metros en las estaciones climatológicas equivale a una disminución de  $0.066\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que no representan un cambio significativo en las mediciones registradas, por lo que se considera factible la integración de datos (*mapa 13*).

Mapa 13. Estaciones meteorológicas dentro del radio de cinco kilómetros de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth, del ERIC-III y PEMBU (2019)

Después de este análisis se consideró factible integrar los datos de las tres estaciones para poder obtener datos suficientes para un periodo de sesenta y cuatro años (de 1954 a 2018), más un periodo inicial de ocho años (de 1921 a 1929) que se utiliza sólo como referencia en algunos estudios, debido a que existe una ausencia de datos de 1930 a 1953. Con un periodo de 64 años es posible realizar un diagnóstico más confiable sobre la existencia de cambio climático a más largo plazo en la zona.

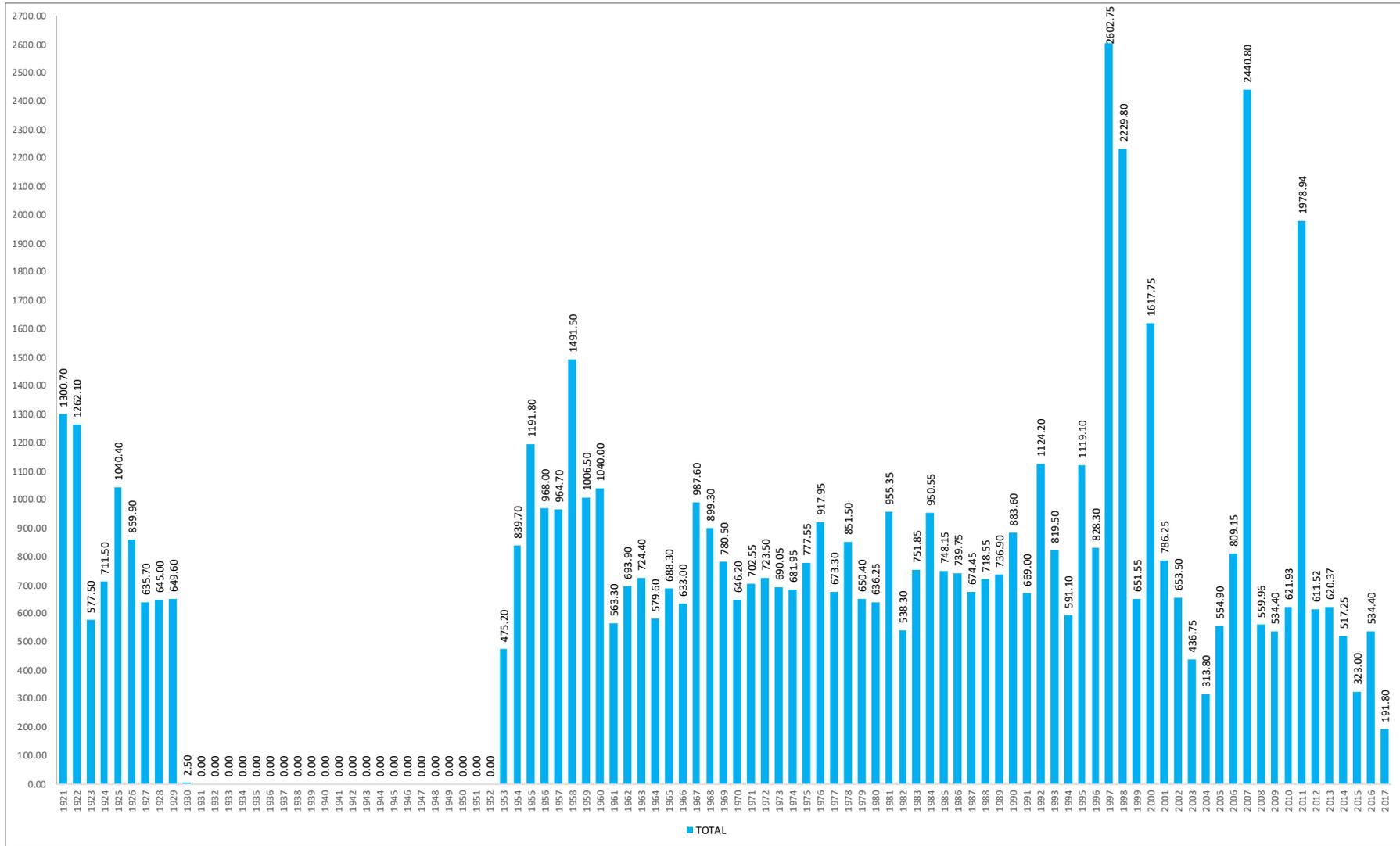
Con estos datos se realizaron gráficas de la precipitación (gráfica 1) y las temperaturas mínimas (gráfica 2) y máximas anuales (gráfica 3), con el fin de obtener un panorama general de los datos que después se cargaron a los programas ICC con datos diarios y clic-MD para realizar el estudio y obtener evidencias de cambio climático, así como, comprobar la formación de islas de calor en la zona.

Después de revisar los datos para detectar posibles errores, se generaron los climogramas, primero con el Clic-MD, que elabora el climograma de un periodo de tiempo (gráfica 4), y con el ICC, que permite comparar climogramas del mismo sitio, pero en dos periodos de tiempo diferentes (gráfica 5).

En la *Gráfico 4* se puede observar en las barras azules el comportamiento promedio de la precipitación durante el año, donde se aprecia que la temporada de lluvia se presenta entre los meses de mayo a octubre, y con mayor intensidad en los meses de julio, mientras que en agosto y septiembre la cantidad de lluvia se mantiene entre los 70 mm/mes y los 178 mm/mes, y las temperaturas se mantienen dentro del rango de tres grados a 28°C.

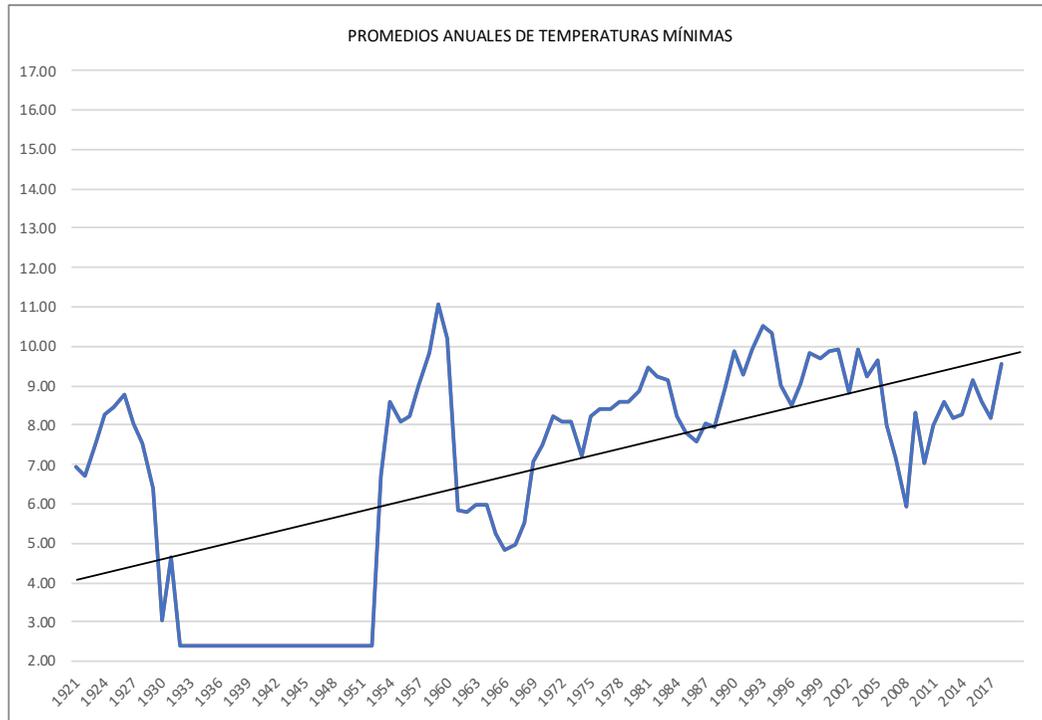
Con el fin de realizar una primera comprobación de la presencia de cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco, se realizó un climograma de los primeros y los últimos treinta años del periodo total, manteniendo el periodo mínimo y la ubicación temporal del primer periodo, anterior a 1990, como recomienda el IPCC, para poder obtener resultados fiables (IPCC, 2007). Se logró observar un cambio en los resultados de los dos climogramas comparados (*Gráfico 5*).

Gráfica 1. Datos anuales de precipitación.



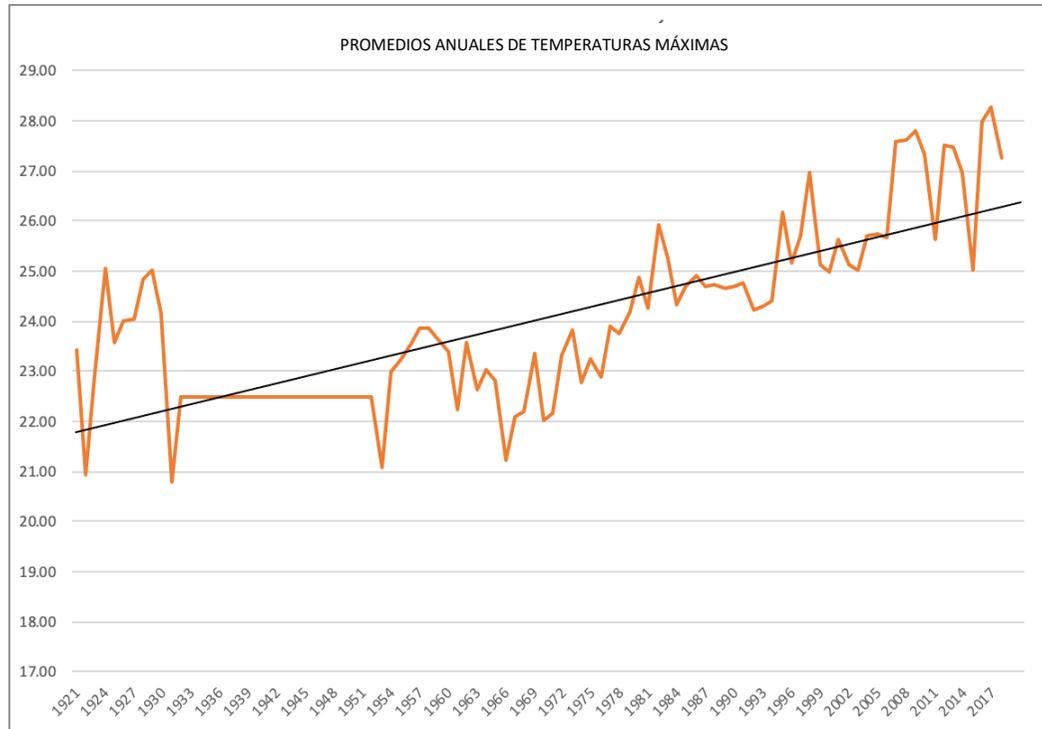
Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Coapa y ENP1, 2019.

Gráfica 2. Gráfica de promedios anuales de temperatura mínima



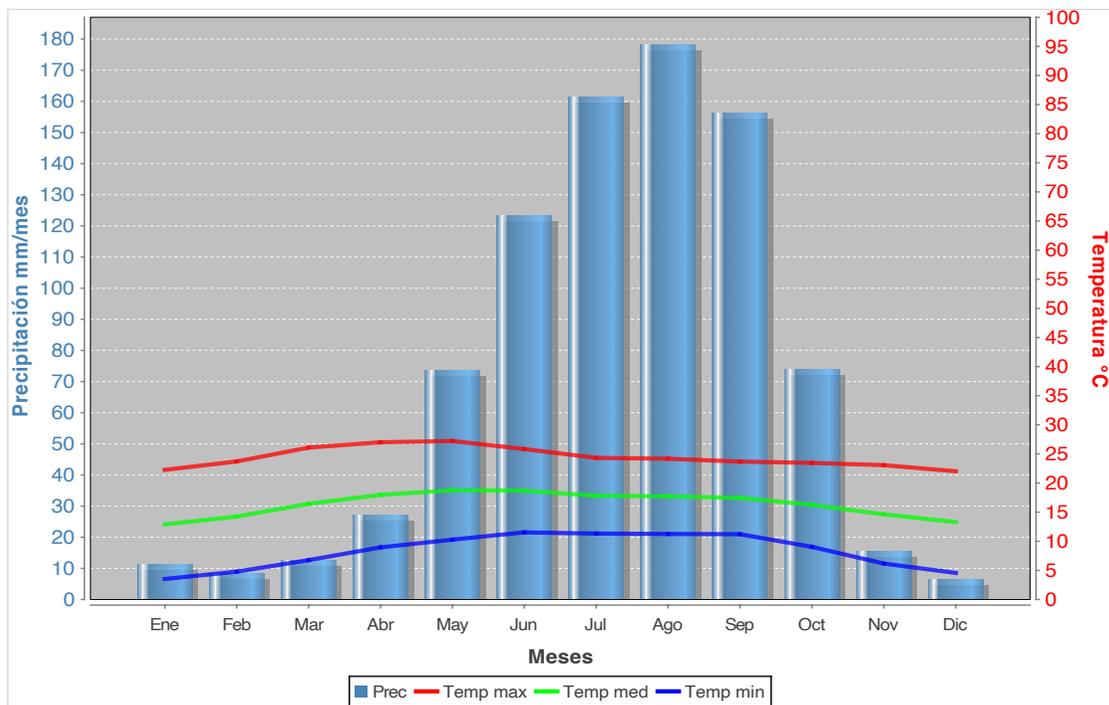
Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Coapa y ENP1, 2019.

Gráfica 3. Gráfica de promedios anuales de temperatura máxima



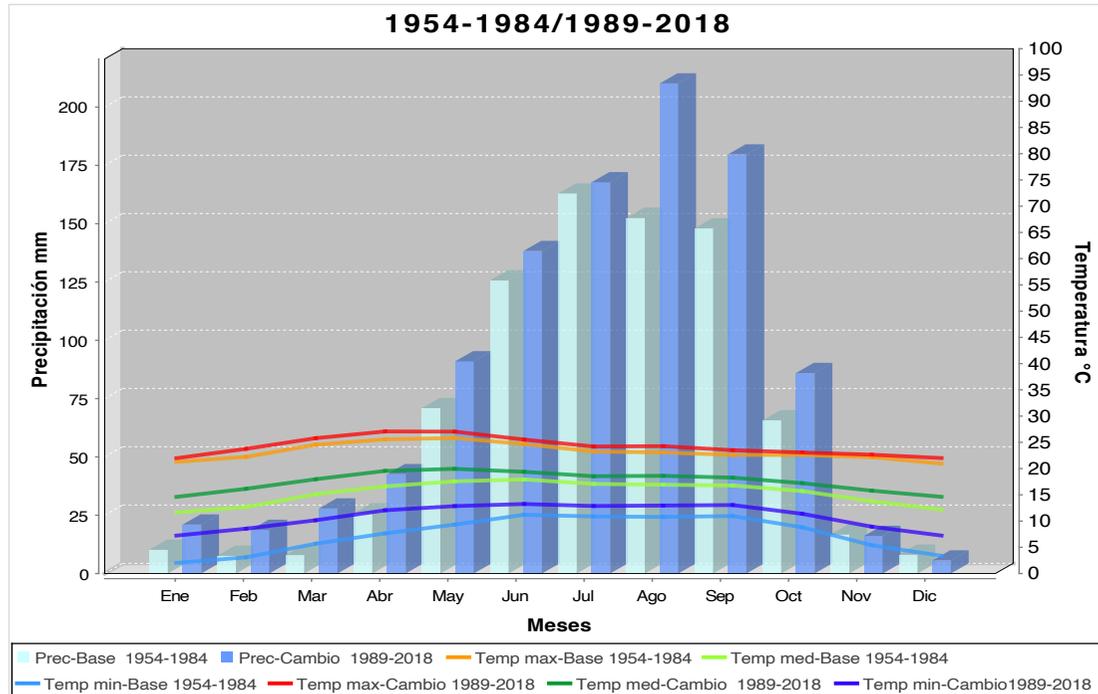
Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Coapa y ENP1, 2019.

Gráfica 4. Climograma de la zona de estudio del periodo 1954 a 2018



Fuente: Elaboración propia con ayuda del Clic-MD y datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Coapa y ENP1, 2019.

Gráfica 5. Climograma de la zona de estudio de los periodos 1954 a 1984 y 1989 a 2018



Fuente: Elaboración propia con ayuda del programa ICC y datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Caopa y ENP1 (2019).

En el primer periodo (de 1954 a 1984) la temporada de lluvias se mantiene dentro de los meses de mayo a octubre cuya precipitación máxima registrada en un mes no rebasa los 155 mm, julio es el mes con mayor precipitación y las temperaturas que registra oscilan entre de 2 °C y 26 °C aproximadamente.

Sin embargo, en el climograma correspondiente a los últimos treinta años (1998 a 2018), se observa un cambio: la precipitación aumenta, manteniéndose entre los meses de mayo a octubre, pero la máxima registrada en un mes sube de poco más de 155 mm a más de 200 mm, sustituyendo el mes de julio por el de agosto con mayor registro de precipitación de julio al mes de agosto y, en cuanto a la temperatura, esta presenta un aumento significativo con un rango entre los cinco y los 29 °C.

Estos resultados coinciden con las declaraciones hechas en febrero del 2019 por científicos de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio y de la Oficina Nacional de Océanos y Atmósfera (NASA y NOAA respectivamente por sus siglas en inglés), donde informan que nueve de los 10 años más cálidos en el mundo han ocurrido desde 2005 y que los últimos cinco años han sido los más cálidos desde 1880 (National Aeronautics and Space Administration, 2019).

Estas gráficas son sólo un primer acercamiento a la situación climática en la zona, pero se requiere profundizar más en el estudio para poder determinar la existencia o no del cambio climático en la zona, para esto existen los indicadores de cambio climático (ICC) elaborados por el IPCC como ya se comentó anteriormente.

En el anexo II se puede consultar el estudio completo de los datos que se utilizaron, las tablas de resultados de todas las pruebas realizadas y todas las gráficas obtenidas, sin embargo, lo que a continuación se muestra es una síntesis en la que se extrajeron sólo los más significativos que permiten dar respuesta al objetivo propuesto.

### **3.1.1. Indicadores de cambio climático en la zona de estudio**

Una vez calculados los indicadores de cambio climático para la zona de estudio, se procedió a realizar las pruebas y generar las gráficas que sirven para comprobar o desechar la existencia de cambio climático. La primera prueba a la que se sometieron los datos fue la prueba Mann-Kendall cuyos resultados se pueden observar en la *tabla*

6, recordando que se resaltan en azul los indicadores que registran una tendencia con un valor crítico igual o menor a -1.96 y en rojo cuando es igual o mayor que 1.96.

Para observar como han evolucionado las tendencias de los indicadores del cambio climático y para poder realizar la comparación con el crecimiento urbano de la Ciudad de México, que se requiere para esta investigación, se hicieron cálculos utilizando como base cero 1954, el primer año de inicio del periodo de estudio, para agregar posteriormente décadas, hasta alcanzar el 2018, para agruparlos con base en su relación con la temperatura o la precipitación (*tabla 7*).

Para una mejor visualización de estas tendencias se decidió graficar los datos obtenidos, empero, debido a la cantidad de indicadores, fue necesario separarlos en grupos para una mejor comprensión, y graficar sólo los indicadores que el programa resalta con una tendencia significativa, para clasificarlos en los siguientes grupos y representar cada grupo en una gráfica:

- Indicadores con tendencia a la baja en un grupo (menor o igual que -1.96) (*gráfica 6*),
- Indicadores con tendencia al alza (mayor o igual que 1.96) en otro (*gráfica 7*).
- Indicadores con una ligera tendencia al alza (mayor o igual que 1.0 pero menor que 1.96) (*gráfica 8*).
- Indicadores con una ligera tendencia a la baja (menor o igual que 1.0 pero mayor que -1,96) (*gráfica 9*).

Iniciando con el grupo de tendencias a la baja, el indicador con mayor tendencia es el de días fríos (FD) con -6 puntos, seguido por la diferencia entre la temperatura mínima y la máxima (DTR) con -5.2 puntos (*gráfica 6*), el cual se analizará más adelante en su relación con las tendencias a la alza.

Los otros indicadores que muestran una tendencia a la baja están relacionados con la humedad, lo que puede significar una disminución en la transferencia de partículas de agua a la atmósfera. ¿Hay una relación con la reducción de cuerpos de agua en la zona de estudio causada por la urbanización y la desecación de canales? Es muy posible, como se verá en la conclusión de este estudio, cuando se hayan analizado y expuesto todos los resultados de las tendencias.

Tabla 6. Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio por décadas.

Dato	FD	DTR	CSDI	GSL	ID	DC40	TR	TN10p	TN90p	WSDI	TXx	TXn	SU	TX10p
S	-1060	-916	60	-27	0	0	8	181	303	254	260	307	576	350
V	31195.33	31200	31190	29505	31200	31200	26241.67	31190.33	31197	31199	31195	31195	31198	31193
N	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Z	-6	-5.18	0.33	-0.15	0	0	0.04	1.02	1.71	1.43	1.47	1.73	3.26	1.98

TX90p	TNn	TNx	R10mm	R20mm	Rnn 50mm	CWD	PRCPTOT	R95p	R99p	RX1Day	RX5Day	CDD	SDII
496	1091	730	-438	-272	-465	-339	-318	-264	7	167	-106	96	-42
31187.67	31191.33	31184.67	31195.33	31192.33	31198	31192.33	31200	31199	31200	31200	31199	31199	31200
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
2.8	6.17	4.13	-2.47	-1.53	-2.63	-1.91	-1.79	-1.49	0.03	0.94	-0.59	0.54	-0.23

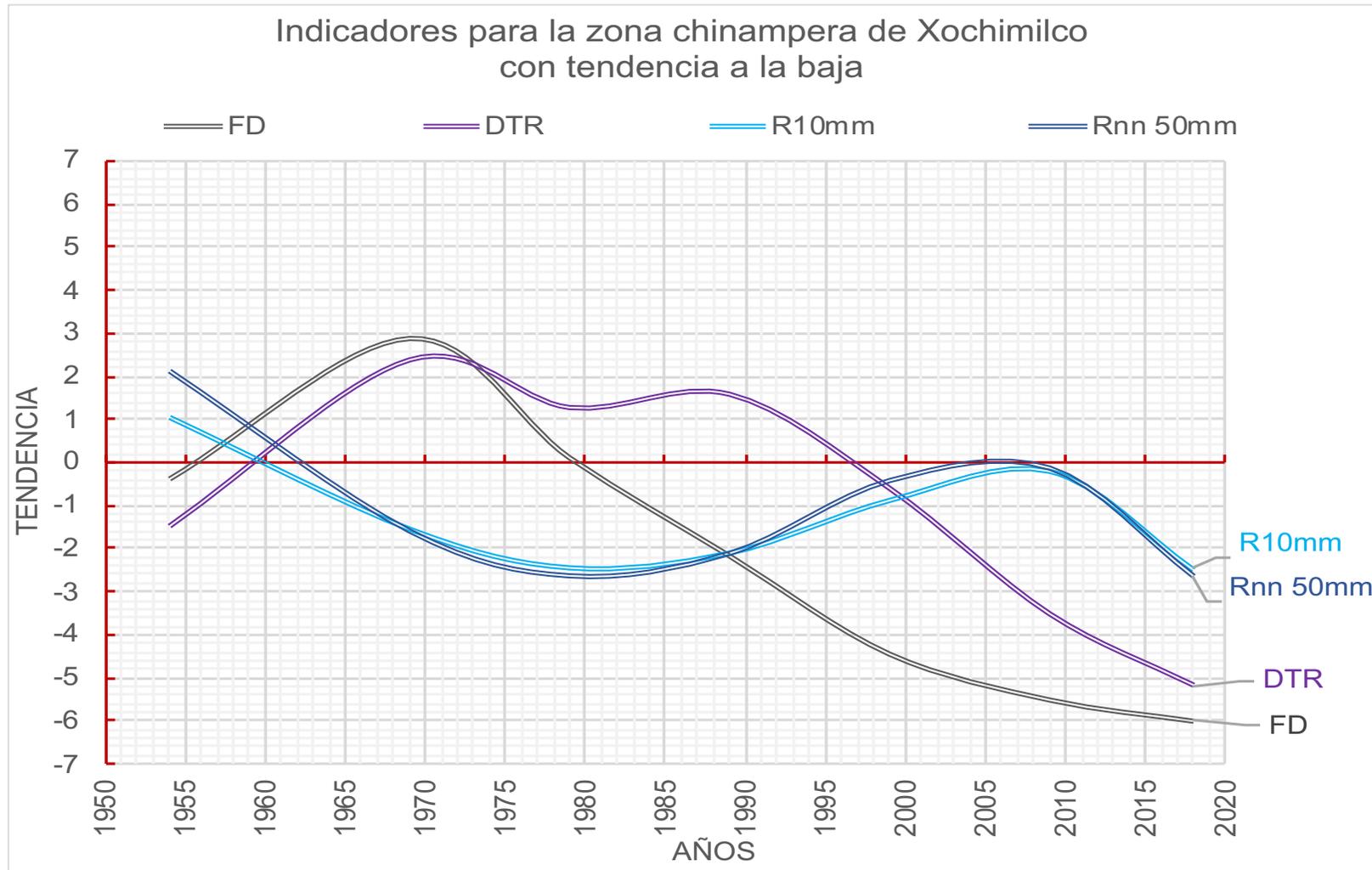
Fuente: Elaboración propia con ayuda del programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1

Tabla 7. Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio por décadas.

	Proyección de la tendencia anual de los indicadores climáticos relacionados con temperatura															Proyección de la tendencia anual de los indicadores climáticos relacionados con precipitación												
	FD	DTR	CSDI	GSL	ID	DC40	TR	TN10p	TN90p	WSDI	TXx	TXn	SU	TX10p	TX90p	TNn	TNx	R10mm	R20mm	Rnn 50mm	CWD	PRCPTOT	R95p	R99p	RX1Day	RX5Day	CDD	SDII
1954	-0.4	-1.5	1.54	0.31	0	0	0	1.14	-0.55	0.25	1.29	0.74	1.39	0.5	0.84	1.34	0.4	1.04	-0.64	2.13	2.14	0.79	-0.3	-0.49	-0.55	1.48	-1.44	-0.45
1969	2.85	2.39	-1.04	-0.1	0	0	0	0.14	1.53	1.58	-1.89	0.36	-1.94	0.27	0.14	-2.21	-2.52	-1.53	-0.5	-1.58	-0.86	-1.58	-0.45	-1.4	0.72	0.54	-0.23	-0.68
1979	0.09	1.28	-1.3	-0.54	0	0	0	-1.39	-0.79	1.54	-0.42	-0.68	-0.99	-0.79	-0.4	-0.22	-0.84	-2.42	-2.18	-2.62	-1.77	-2.47	0.07	-1.41	-0.26	-0.99	-2.2	-2.47
1989	-2.2	1.59	-0.94	-0.57	0	0	0	-2.19	-0.9	1.43	1.24	0.54	0.89	0	0.4	1.16	0.48	-2.08	-1.99	-2.1	-2.73	-2.19	0.48	-0.6	-1.33	1.12	-1.77	-0.53
1999	-4.5	-0.6	-0.28	-0.2	0	0	0.33	-0.49	-0.63	-0.58	2.99	3.32	3.57	-0.53	-0.57	4.17	1.39	-0.87	-0.37	-0.41	-0.85	-0.08	1.09	1.07	2.1	0.4	0.18	0.35
2009	-5.5	-3.5	0.44	-0.01	0	0	0.13	0.82	0.5	0.3	2.66	2.25	3.08	0.12	1.41	5.17	3.29	-0.2	0.34	-0.12	-0.22	0.22	0.57	1.27	0.98	2.06	0.2	1.21
2018	-6	-5.2	0.33	-0.15	0	0	0.04	1.02	1.71	1.43	1.47	1.73	3.26	1.98	2.8	6.17	4.13	-2.47	-1.53	-2.63	-1.91	-1.79	-1.49	0.03	0.94	-0.59	0.54	-0.23

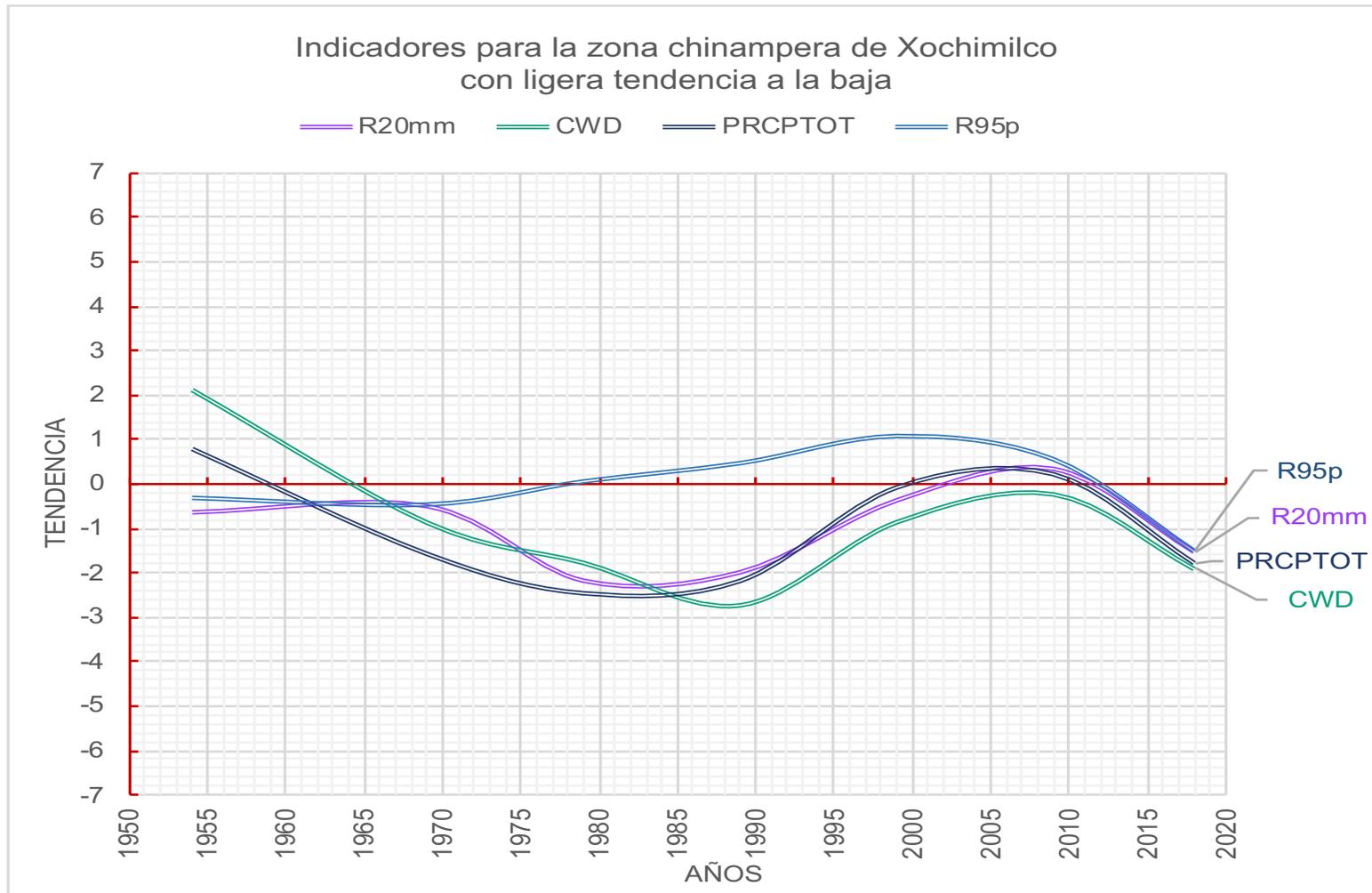
Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos del estudio con el ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1

Gráfica 6. Indicadores para la zona de estudio con tendencia a la baja.



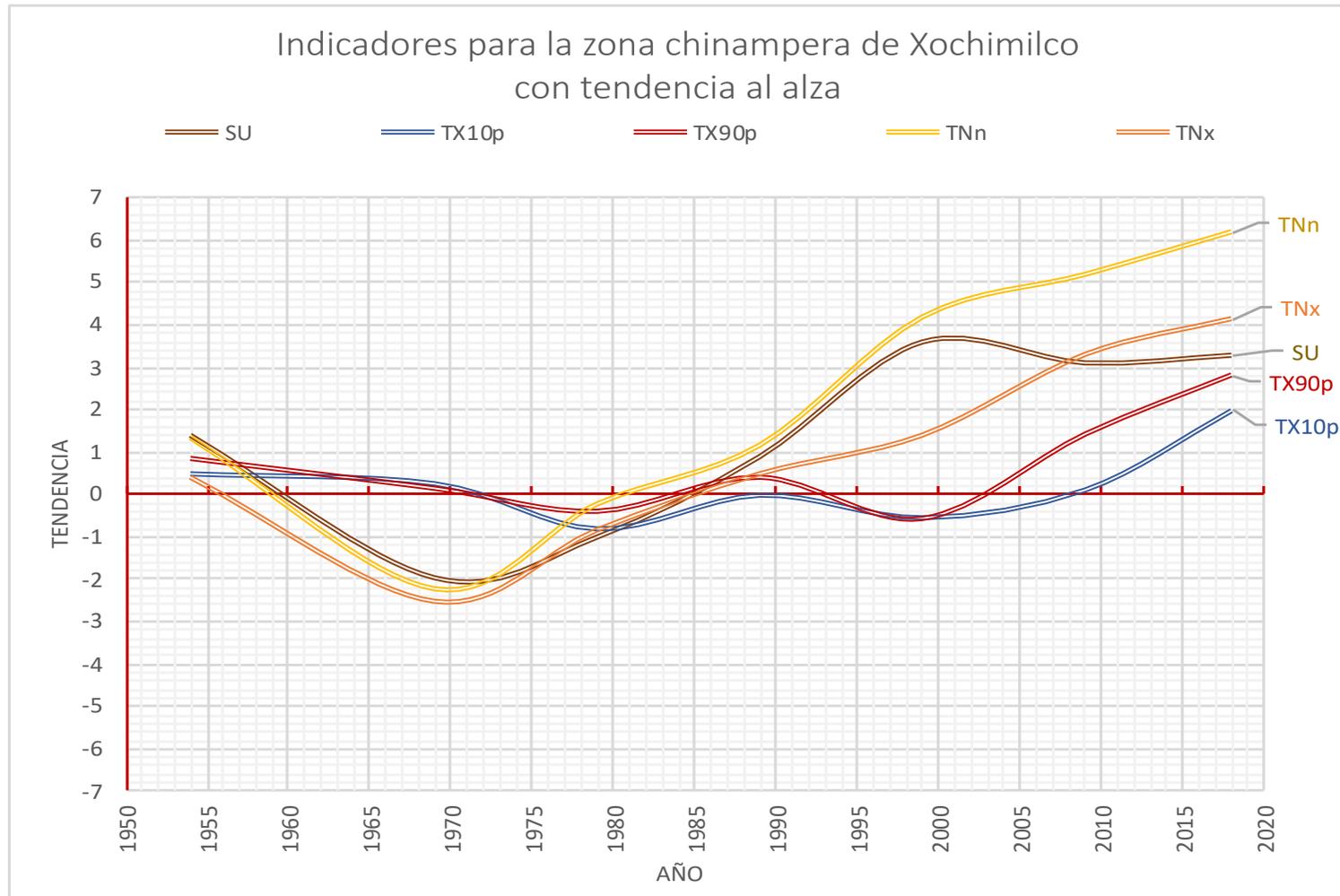
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC y con datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1

Gráfica 7. Indicadores para la zona de estudio con ligera tendencia a la baja.



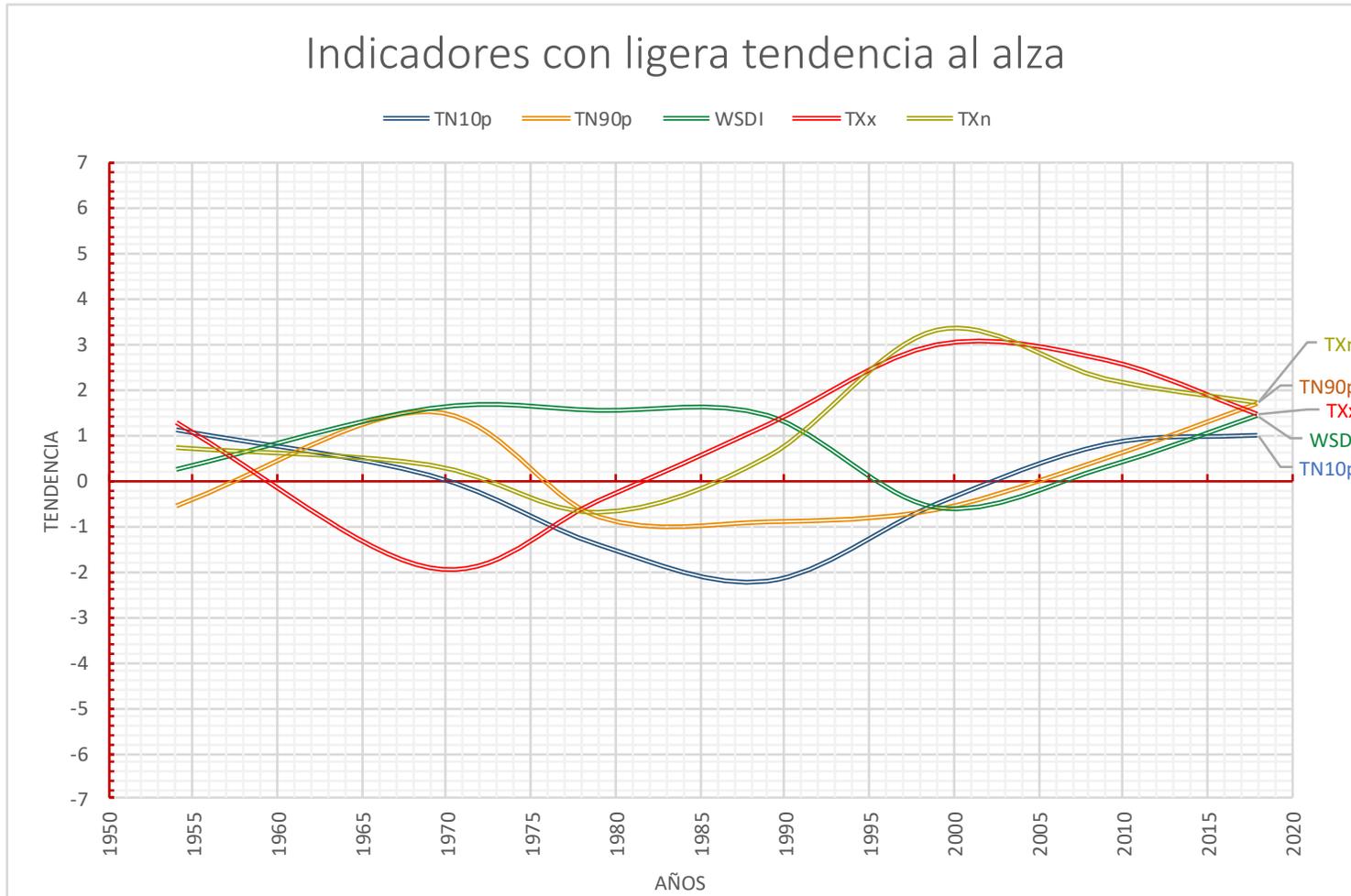
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC y con datos de las estaciones climáticas Santa Ursula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 8. Indicadores para la zona de estudio con tendencia al alza.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC con datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 9. Indicadores para la zona con ligera tendencia al alza.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC y con datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

En la gráfica de indicadores con ligera tendencia a la baja (*gráfica 7*), se puede observar de nuevo indicadores relacionados con la precipitación. El que presenta mayor tendencia a la baja es el de días húmedos consecutivos (CWD) con un valor de -1.91, a cuatro centésimas de volverse crítico; prosigue el de precipitación total (PRCPTOT) con 1.79 a diecisiete décimas de volverse crítico; por último se encuentran el de días con precipitación mayor a 20 mm (R20mm) con 1.53 y el de días muy húmedos (R95p) con 1.49 puntos, que determina el 95 % de los días más húmedos.

Si se revisa de nuevo el climograma de comparación (*Gráfica 5*), parecería que la precipitación hubiera aumentado, mas a la hora de cuantificar los valores totales de los indicadores, se observa que en realidad la precipitación anual tiende a la baja con valores que son o están cercanos a lo crítico. Esta es la importancia de realizar estudios cuantitativos que permitan observar con datos duros, qué es en realidad lo que sucede.

Con relación a los indicadores que muestran tendencia al alza (*gráfica 8*), todos se relacionan con la temperatura, y la que muestra la mayor tendencia es la de la temperatura mínima extrema (TNn) con 6.17 puntos, seguido por el de la temperatura mínima máxima (TNx) con 4.13 puntos; ambos indicadores con valores muy críticos y, que al ser valores de temperaturas mínimas, se relacionan con el registro de la temperatura ambiente nocturna, donde se llevan a cabo procesos de enfriamiento del sistema. Al tener estos indicadores una tendencia mucho mayor al alza que los de temperaturas diurnas, se concluye que los procesos de enfriamiento se entorpecen, muy probablemente, por los elementos utilizados en la urbanización de la zona que acumulan calor y por la reducción de áreas verdes y cuerpos de agua de la zona que ayudan a estos procesos de enfriamiento.

Como se mencionó al inicio de este capítulo, la temperatura mínima es un indicador del comportamiento térmico ambiental nocturno, que es cuando los sistemas naturales llevan a cabo la pérdida de calor diaria para regular la temperatura, por tanto, un aumento en sus valores mayor a las tendencias en los indicadores relacionados con temperaturas nocturnas, se puede considerar como evidencia de la existencia de fuentes de energía calórica que están irradiando calor hacia el ambiente, que resulta en la formación de islas de calor en la zona chinampera de Xochimilco.

Como siguiente indicador, en los valores de las tendencias al alza, se encuentra el de los días de verano (SU) con 3.26 puntos, seguido por el de los números de días calurosos (TX90p) con 2.8 puntos y el de la duración de los periodos cálidos (WSDI), todos

relacionados con un aumento en los periodos de altas temperaturas por la acumulación diaria de éstas que indican una alteración en los ciclos estacionales. Esto representa un riesgo directo a los ecosistemas que dependen de las estaciones para llevar a cabo sus ciclos naturales, como la reproducción y las migraciones.

En la gráfica de tendencias ligeramente a la alza (*Gráfica 9*), de nuevo los indicadores se relacionan con las temperaturas, y, aunque estos no están sobre el rango crítico de 1.96 al alza, algunos de ellos están muy cerca de llegar a este valor.

Con el valor más alto se encuentra el de las temperaturas máximas más bajas (TXn) con un valor de 1.73, apenas veintitrés décimas por debajo del rango crítico, relacionado con las temperaturas diurnas. En seguida aparece el indicador de la frecuencia de noches cálidas (TN90p), que registra la temperatura del noventa y cinco por ciento de las noches más cálidas, de nuevo relacionado con las temperaturas nocturnas. Después se encuentran los indicadores de duración de los periodos cálidos (WSDI) y el de la frecuencia de noches frías (TN10p) con 1.02, que determina el diez por ciento de las temperaturas más bajas.

El aumento en este valor no significa que existen un mayor número de noches frías, sino que la temperatura del 10% de las noches más frías registradas, va en aumento. Una vez más se refiere al aumento en las temperaturas nocturnas.

Los datos son preocupantes. La tendencia al aumento de la temperatura, sumado a la disminución de la precipitación anual, contribuye a acelerar el desecamiento de los cuerpos de agua, como se planteó en el estudio *Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: un experimento numérico*, publicado en la revista de la Sociedad Geológica Mexicana (Ruiz-Angulo & López-Espinoza, 2015:17-18) citado en el capítulo uno de esta tesis.

---

### **3.1.2. Pruebas de correlación de Pearson**

A partir de estos datos, se puede identificar qué indicadores son los que se mantienen estables, cuáles presentan tendencias al alza y cuáles a la baja, para poder generar el coeficiente de correlación de Pearson.

Una de las ventajas de esta prueba es que permite el procesamiento de datos, inclusive en series intermitentes, como es el caso de los datos meteorológicos obtenidos para la zona de estudio que tiene un vacío de 1930 a 1953, lo que permitió que, para esta prueba, se utilizara un periodo más extenso (97 años) que va desde 1921 hasta 2018, para observar un rango más amplio del comportamiento de los indicadores de cambio climático. Con estos elementos como base se procede a mostrar los resultados obtenidos del ICC y del Clic-MD para identificar cuál es la intensidad del fenómeno del cambio climático que está afectando la zona de estudio.

En las *gráficas de la 10 a la 22* se muestran los resultados de los indicadores que alcanzaron una tendencia crítica que evidencia la existencia de cambio climático en la zona de estudio y el comportamiento de este cambio, así como, su intensidad. Para cada indicador se muestra la gráfica correspondiente y se menciona la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendal.

De los once indicadores relacionados con la precipitación, se sometieron a la prueba de correlación de Pearson el de R10mm y Rnn 50mm. Los dos indicadores que obtuvieron una tendencia a la baja por debajo del valor crítico de -1.96 en la prueba Mann-Kendall:

- R10mm con tendencia a la baja de -2.47 (*gráfica 10*).
- Rnn 50mm con tendencia a la baja de -2.63 (*gráfica 11*).

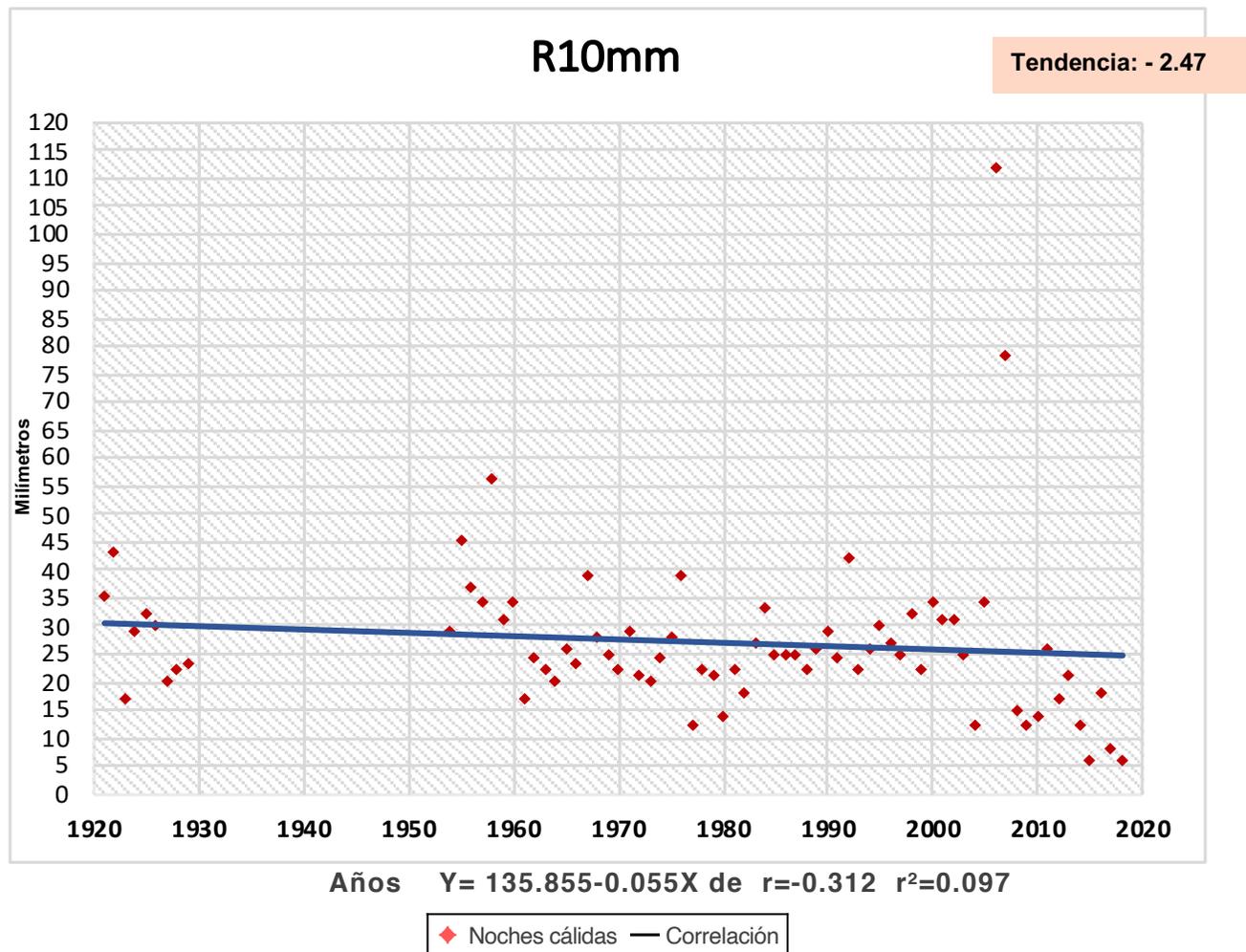
El resultado de la prueba de correlación de Pearson muestra una disminución tanto de la cantidad como en la duración de los periodos de lluvia al alcanzar una correlación negativa con un valor para  $r$  en estos dos indicadores de:

- R10mm con  $r = -0.312$  para (*gráfica 10*).
- Rnn 50mm con  $r = -0.275$  para (*gráfica 11*).

Además, hay que recordar que en la prueba Mann-Kendall se obtuvieron cuatro indicadores más que tienen una tendencia a la baja cercana al valor crítico de -1.96 puntos:

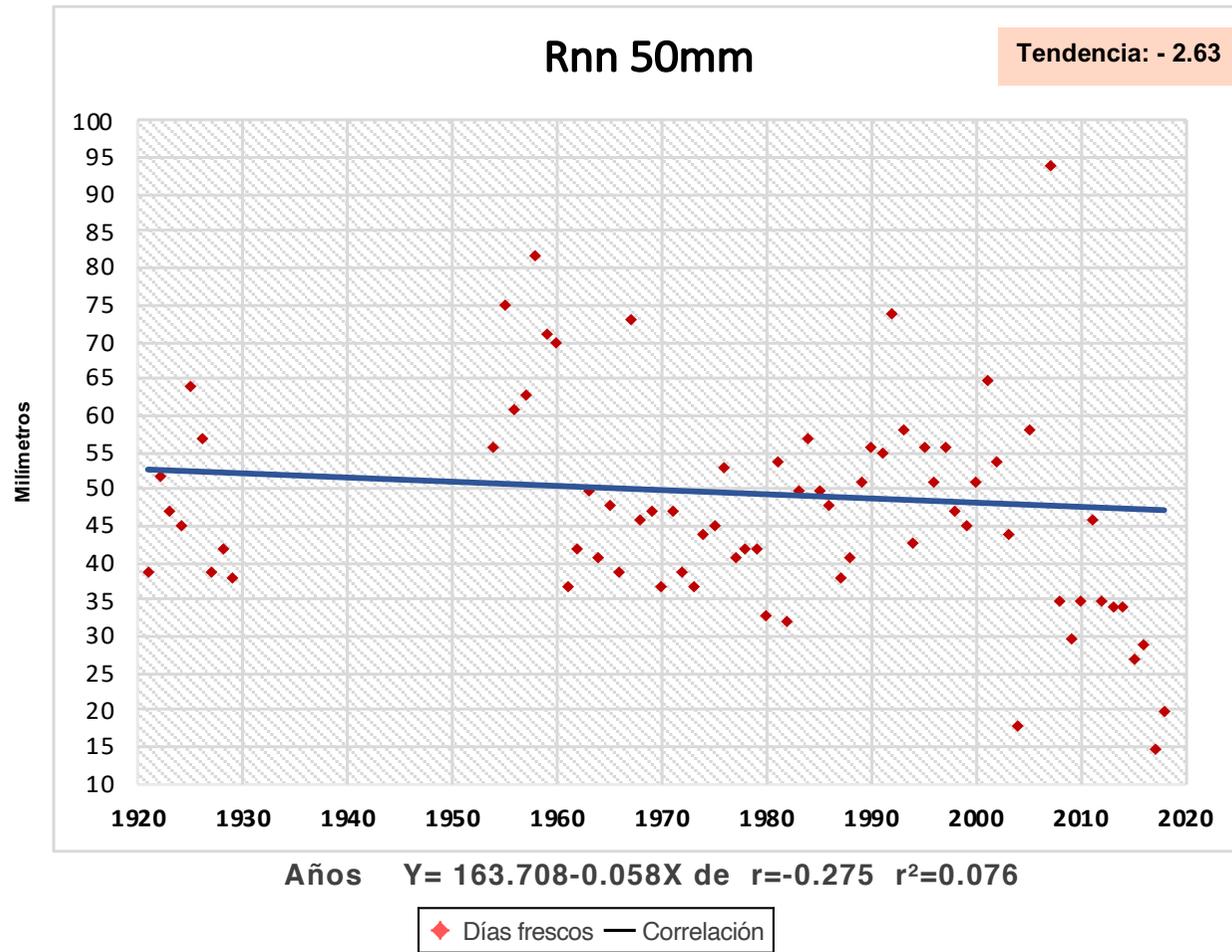
- R20mm con tendencia a la baja de -1.53
- CWD con tendencia a la baja de -1.91
- PRCPTOT con tendencia a la baja de -1.79
- R95p con tendencia a la baja de -1.49

Gráfica 10. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador R10mm.



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 11. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador Rnn 50mm,



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Esta tendencia a la baja de la precipitación indica cambios en los ciclos de la lluvia que ya están afectando las cosechas, como se pudo constatar en los resultados de las entrevistas realizadas a chinamperos en la zona de estudio.

Este dato es importante porque permite implementar medidas de mitigación que eviten que esta tendencia continúe, así como medidas de adaptación que facilite a las comunidades agrícolas de la zona mantener productivas sus cosechas.

En cuanto a los diecisiete indicadores relacionados con la temperatura, casi todos presentan una correlación positiva, que indican que las temperaturas están aumentando de manera importante, que los periodos de calor son cada vez más largos y los frescos cada vez más cortos.

Sólo dos de estos indicadores presentan tendencias críticas a la baja:

- FD con tendencia a la baja -6.
- DTR con tendencia a la baja -5.2.

El primero, indica la reducción de los días con helada hasta su desaparición, como lo muestra el resultado de la prueba de correlación de Pearson en la *gráfica 12*, en la que se observa una correlación negativa con valor para  $r$  de  $-0.679$ , sin embargo, también se percibe que no se registran heladas desde finales de la década de los ochenta, lo que coincide con un aumento en las temperaturas y con los años posteriores a la llegada de la urbanización a Xochimilco, que como ya se verá en el siguiente capítulo, ocurre a finales de los sesenta y principios de los setenta. El segundo, muestra una reducción en la diferencia de temperatura entre la máxima y la mínima. La pendiente obtenida en la prueba de correlación de Pearson resulta, por consiguiente, en una correlación negativa con valor para  $r$  de  $-0.585$  (*gráfica 13*), que se puede traducir como una disminución en la capacidad del sistema para regular la temperatura en el ciclo del día y la noche.

Del resto de los indicadores de temperatura, cinco rebasan el valor crítico de 1.96, siendo TNn el que presenta el valor más alto, rebasando por mucho el valor crítico:

- SU con tendencia al alza de 3.26;
- TX10p con tendencia al alza de 1.9;
- TX90p con tendencia al alza de 2.8;
- TNn con tendencia al alza de 6.17;
- TNx con tendencia al alza de 4.13.

Los resultados de la prueba de correlación de Pearson muestran correlaciones positivas para estos indicadores (*gráficas de la 14 a la 18*) con valores para r de:

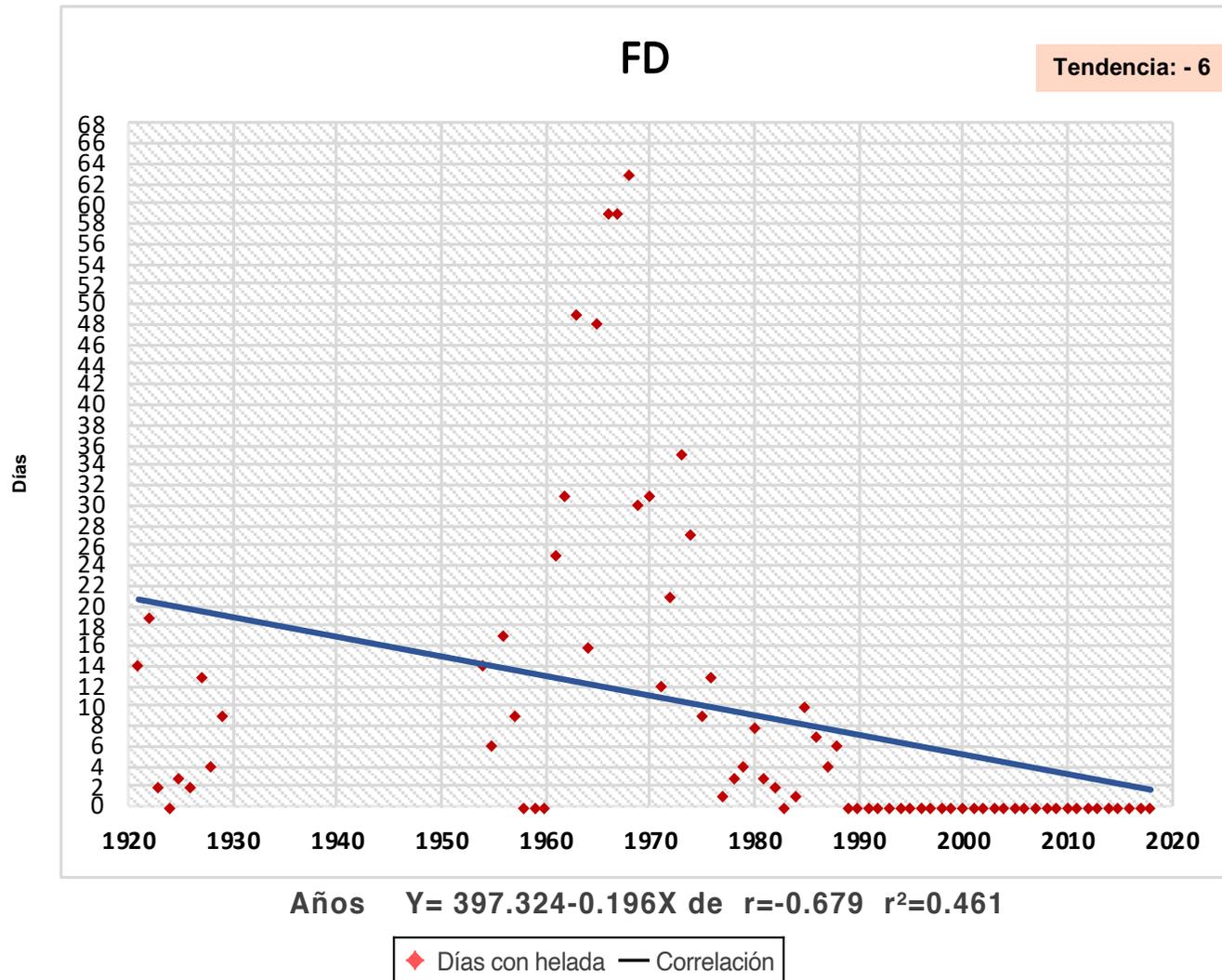
- SU con valor de 0.287;
- TX90p con valor de 0.374;
- TX10p con valor de 0.215;
- TNn con valor de 0.688;
- TNx con valor de 0.343.

Aunado a esto, cuatro indicadores más están cerca de alcanzar este nivel crítico

- TN90p con 1.71;
- WSDI con 1.43;
- TXx con 1.47;
- TXn con 1.73.

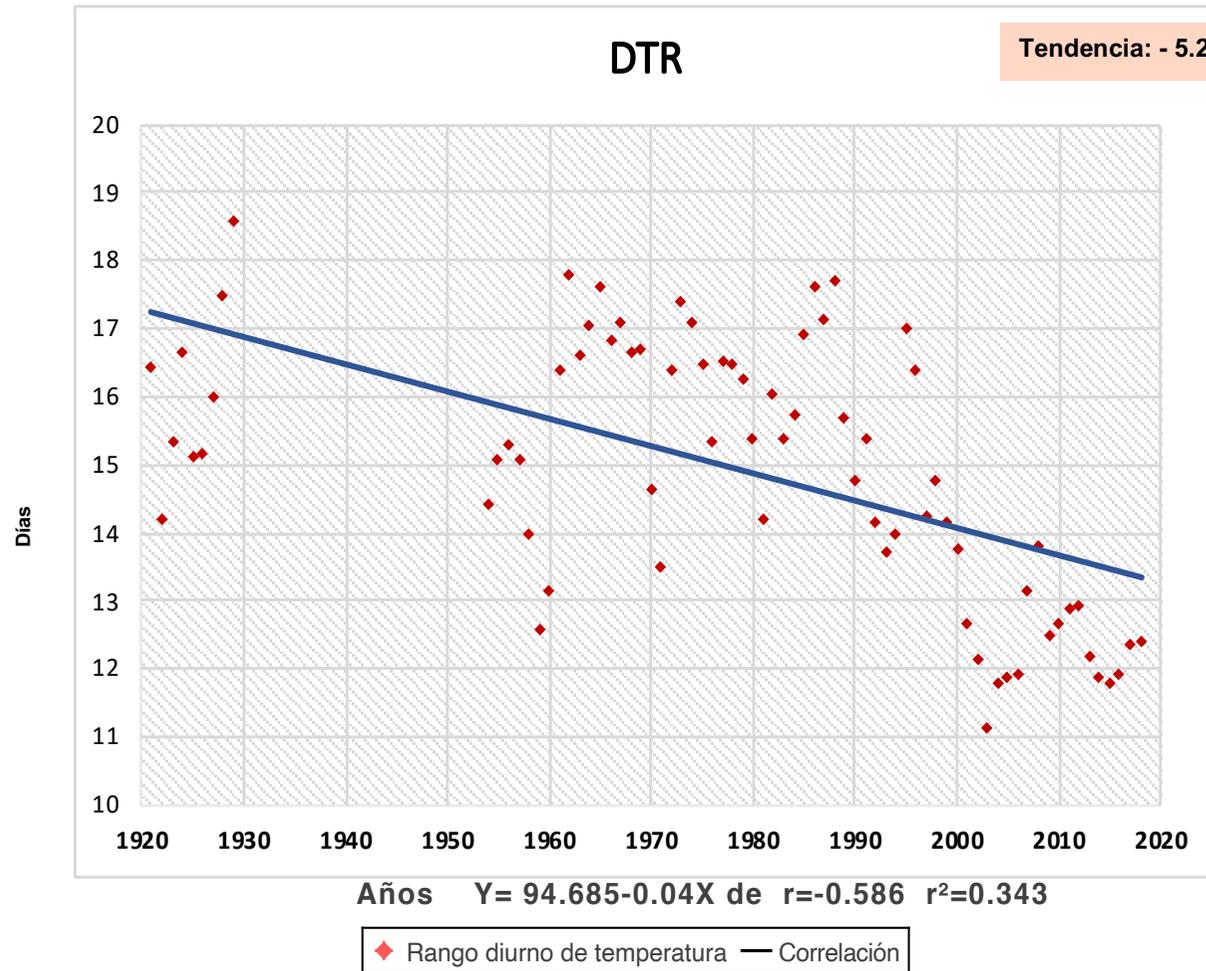
Estos indicadores se deben continuar monitoreando, ya que son una herramienta para valorar si las acciones implementadas para mitigar el cambio climático están dando resultado al verificar que no alcanzan el valor crítico de 1.96, en el caso de los que aún están bajo este valor y de reducir o al menos que no sigan aumentando en los que ya lo rebasaron.

Gráfica 12. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador FD.



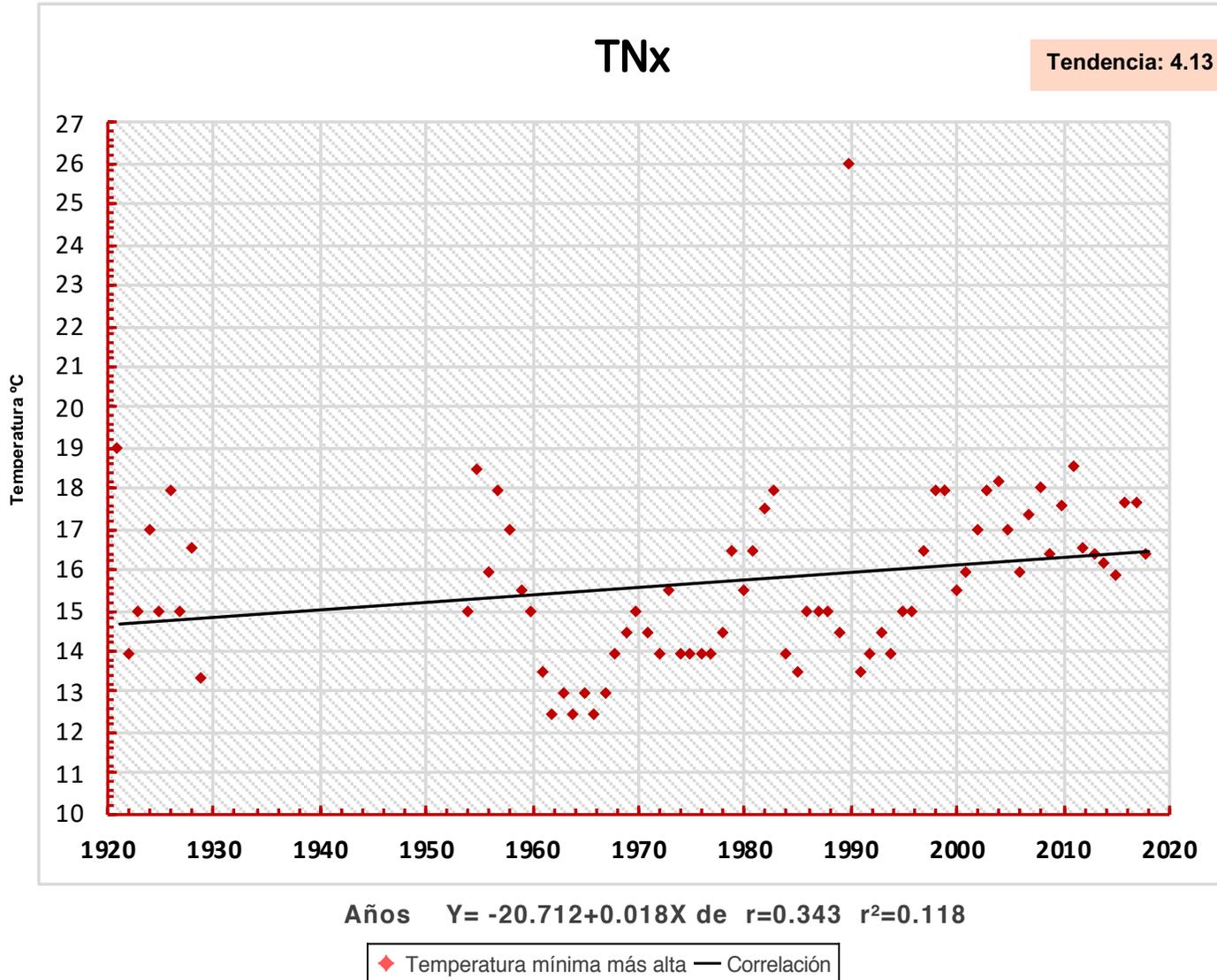
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 13. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador DTR.



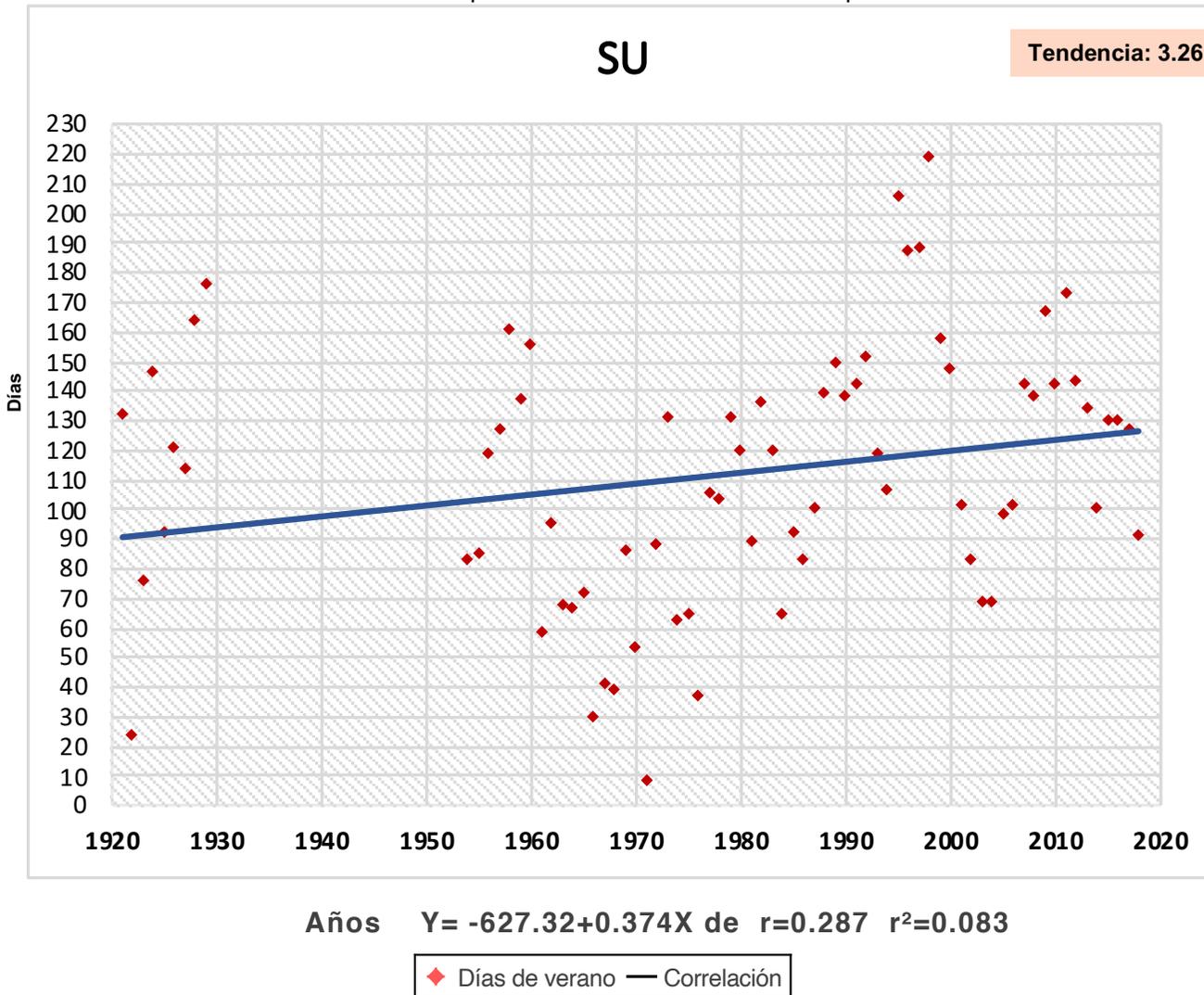
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 14. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TNx.



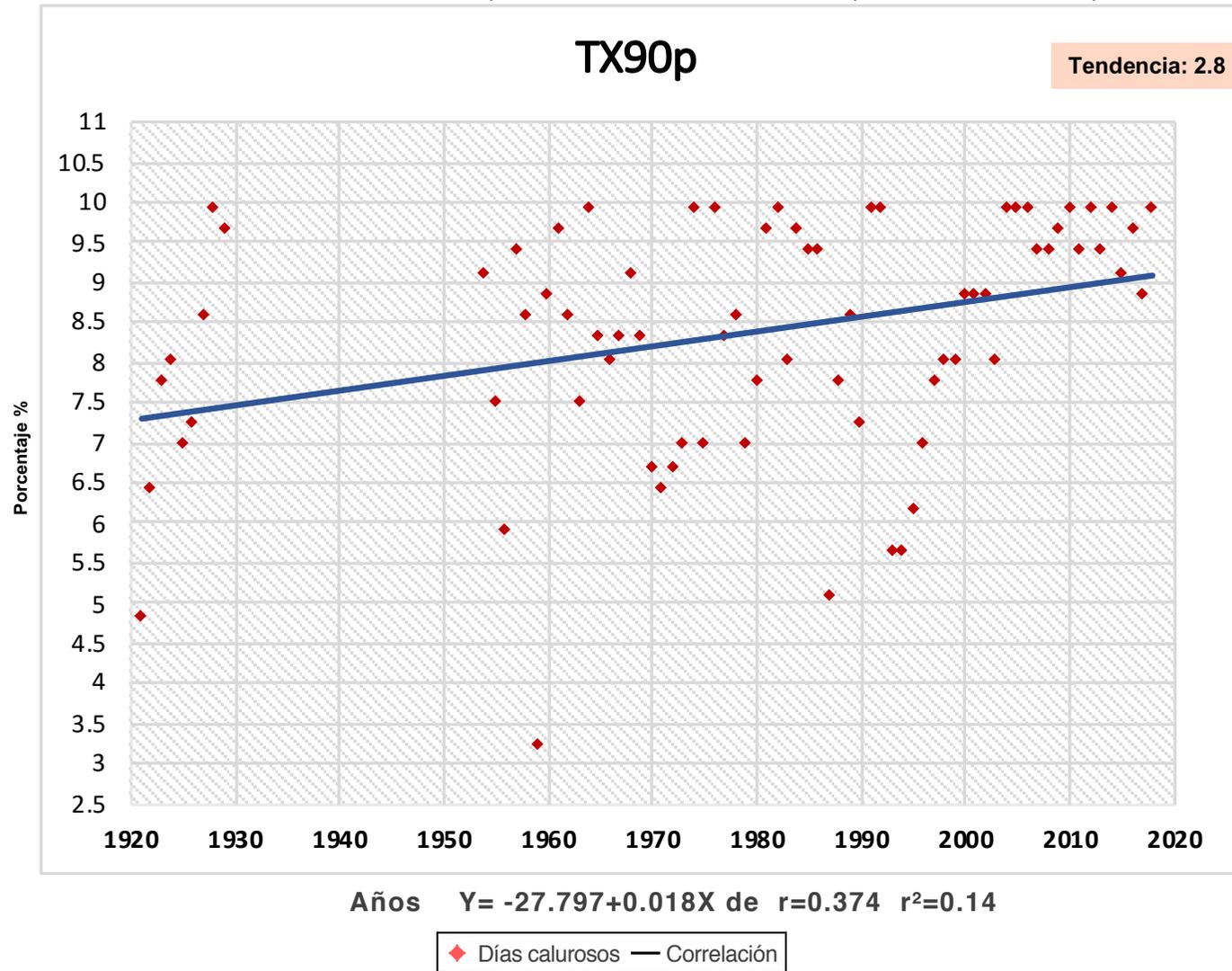
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa. Movouarda v ENP1.

Gráfica 15. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador SU.



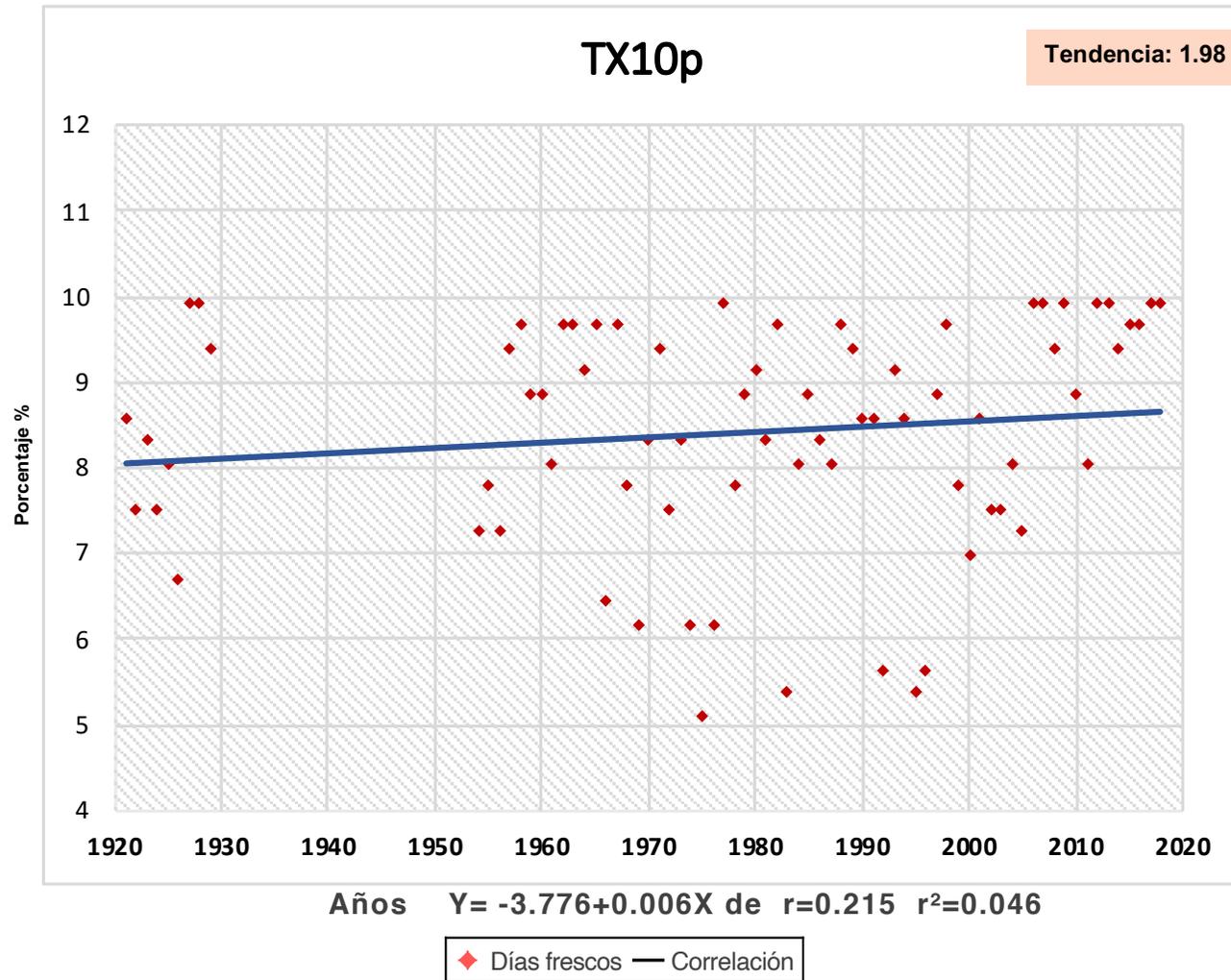
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 16. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TX90p.



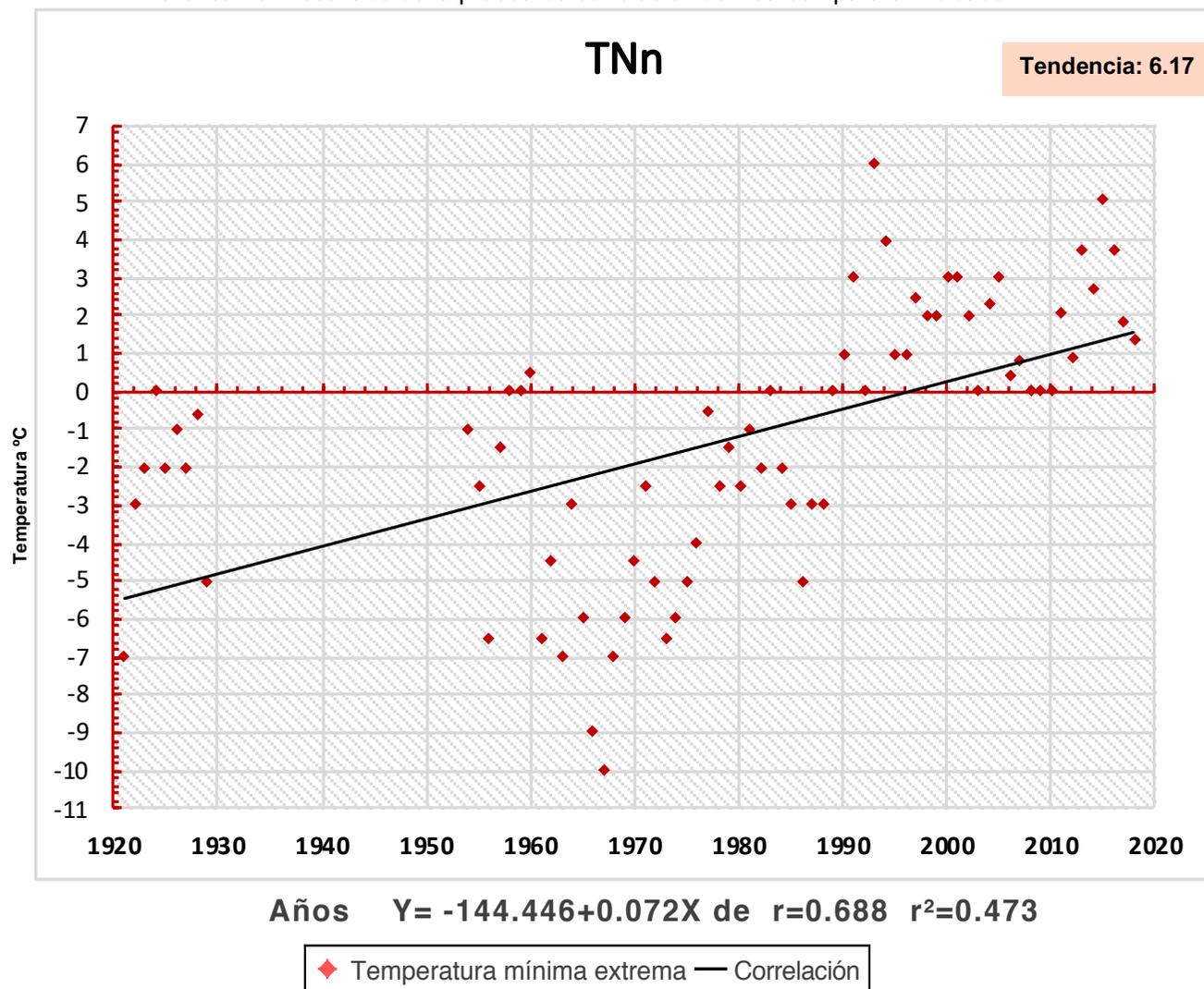
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 17. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TX10p.



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 18. Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TNn.



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

### 3.1.3. Gráficas de aumento y disminución

Una vez comprobada la existencia del cambio climático en la zona, conviene generar las gráficas de aumento y disminución para cada indicador. Como ejemplo de los resultados obtenidos, a continuación se muestran algunas gráficas de los indicadores que registraron tendencia al alza en la prueba Mann-Kendall (para ver las gráficas de todos los indicadores, ver el anexo III de esta tesis).

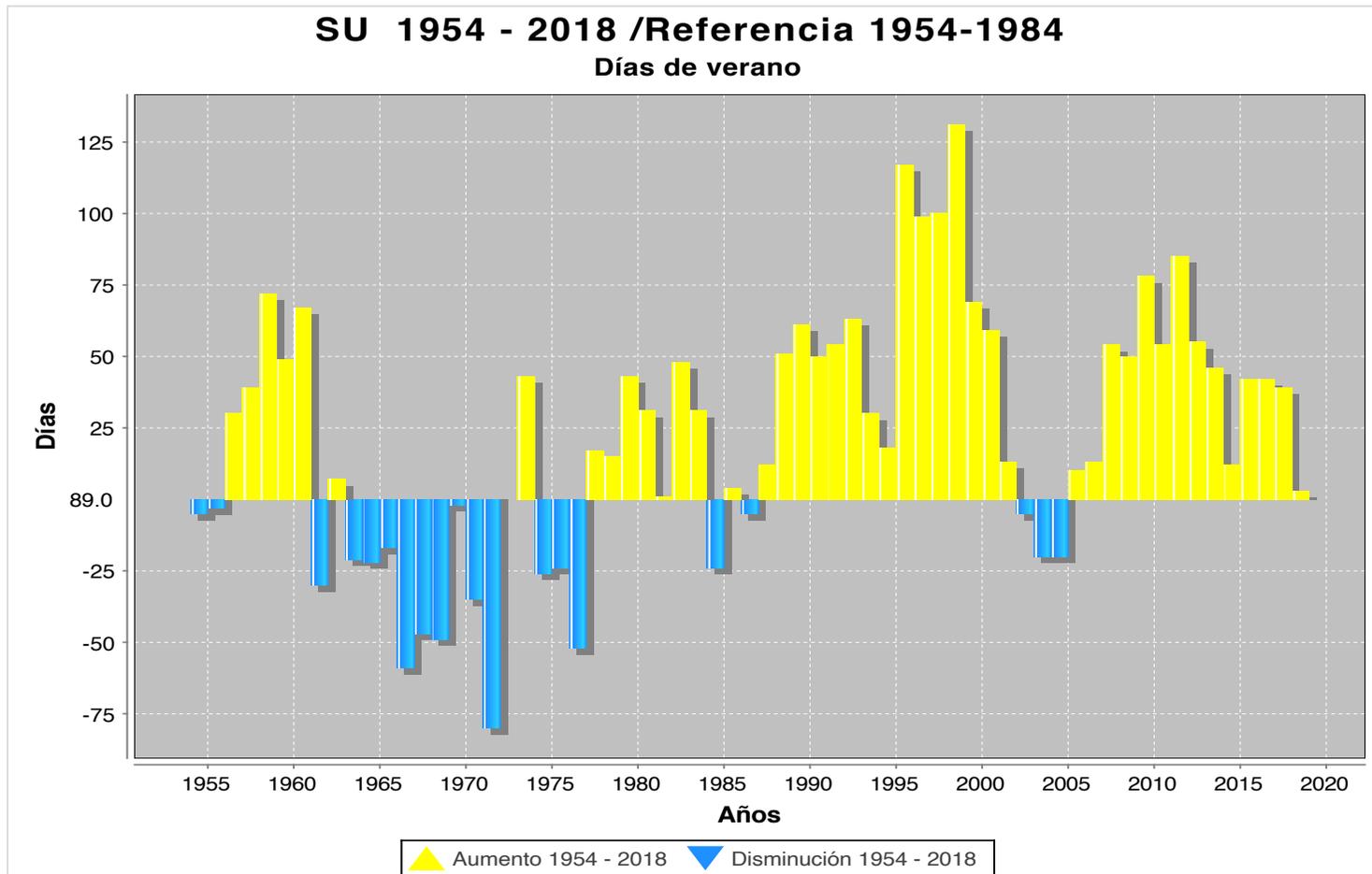
La media de referencia para el periodo de 1954 a 1984 para el indicador de días de verano (SU), es de 89 días. Los valores se mantienen en ciclos de aumento y descenso hasta 1990, donde comienzan a mostrar un aumento en la media anual que alcanza un valor máximo de 126 días más que en el periodo de referencia (*gráfica 19*).

Para el indicador de Frecuencia de días frescos (TX10p), la media que se obtiene es de 8.19, aquí se observa como los valores de disminución van reduciéndose hasta casi desaparecer: en los últimos 20 años sólo se registra un año con una media en disminución de 0.22 puntos porcentuales (*gráfica 20*), que además coincide con el registro del fenómeno de La Niña en el que suelen registrarse bajas de temperatura (Costas, 2014).

En el caso del Indicador de Frecuencia de Días Calurosos (TX90p), la media de referencia es de 8.18 puntos percentiles, registrando una media anual de hasta 1.5 puntos por encima de la referencia y una disminución que va en descenso hasta desaparecer, registrando aumentos en la media anual hasta de 1.7 puntos porcentuales, lo que indica que el porcentaje de días calurosos al año ha aumentado (*gráfica 21*).

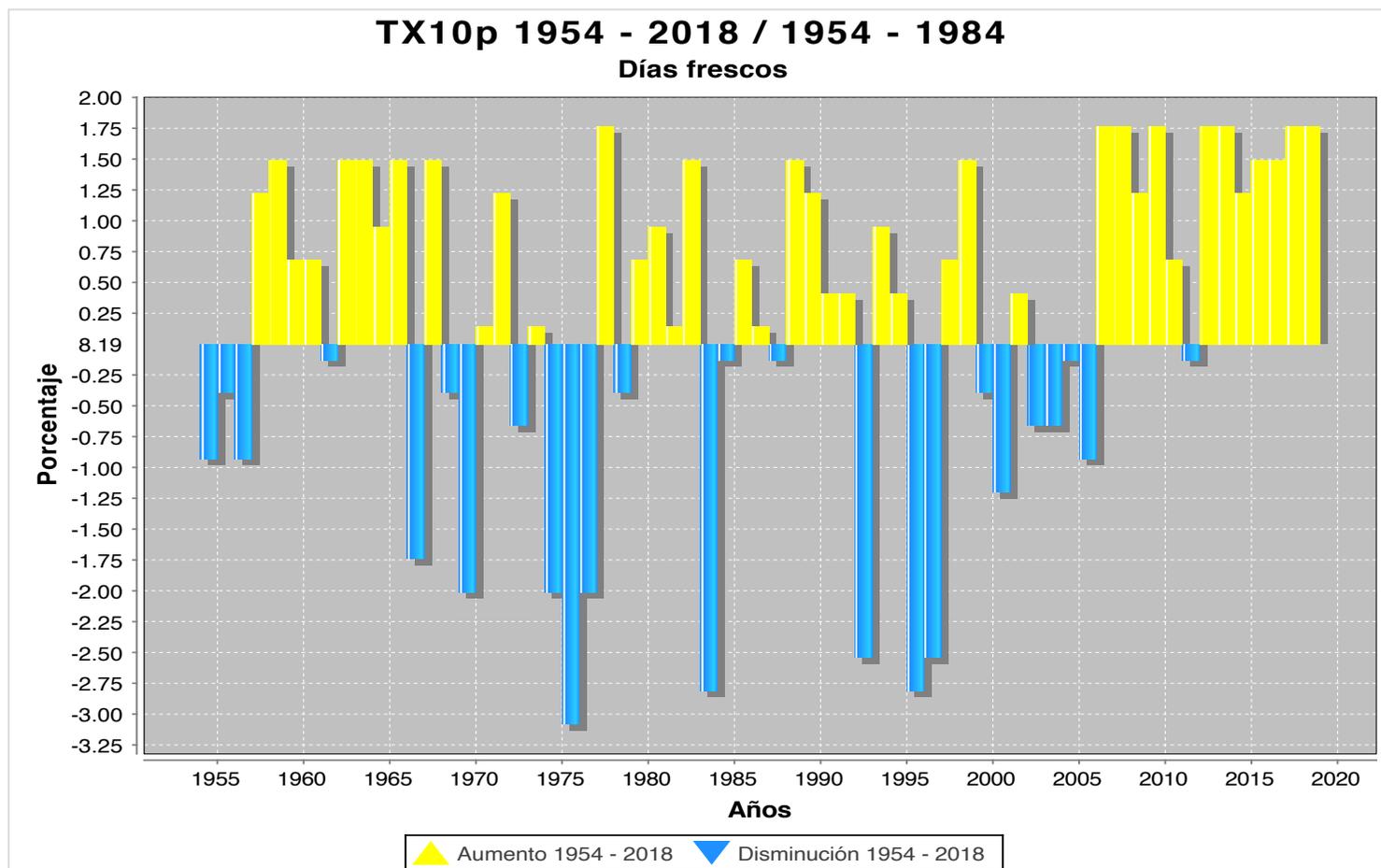
Se puede observar como los indicadores mostrados aquí son señales de alerta con base en el aumento que registran. En el caso del indicador Temperaturas mínimas extremas (TNn) y Temperaturas mínimas más altas (TNx) los resultados se vuelven alarmantes. TNn obtiene una media de referencia de  $-3.73\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en las últimas décadas registra un aumento continuo que se mantiene entre los  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (*gráfica 22*), mientras que TNx, se obtiene una media de  $14.87\text{ }^{\circ}\text{C}$  y presenta un aumento continuo en las últimas décadas que se mantiene entre  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (*gráfica 23*), en ambos casos, muy por encima del  $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  de aumento obtenido en la temperatura media mundial, reportado por el IPCC (2018).

Gráfica 19. Aumento y disminución para el indicador días de verano (SU).



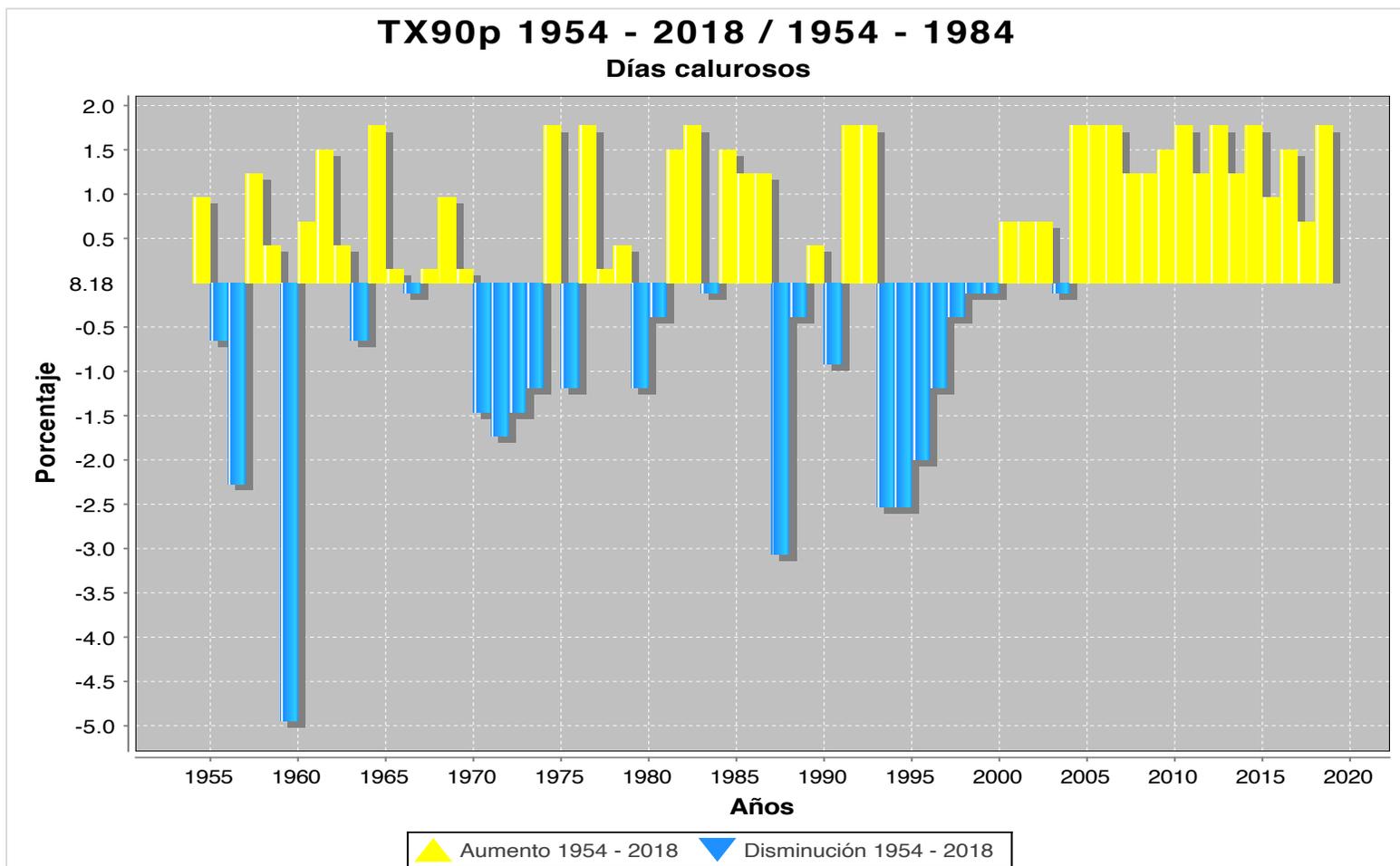
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 20. Aumento y disminución para el indicador Frecuencia de días frescos (TX10p).



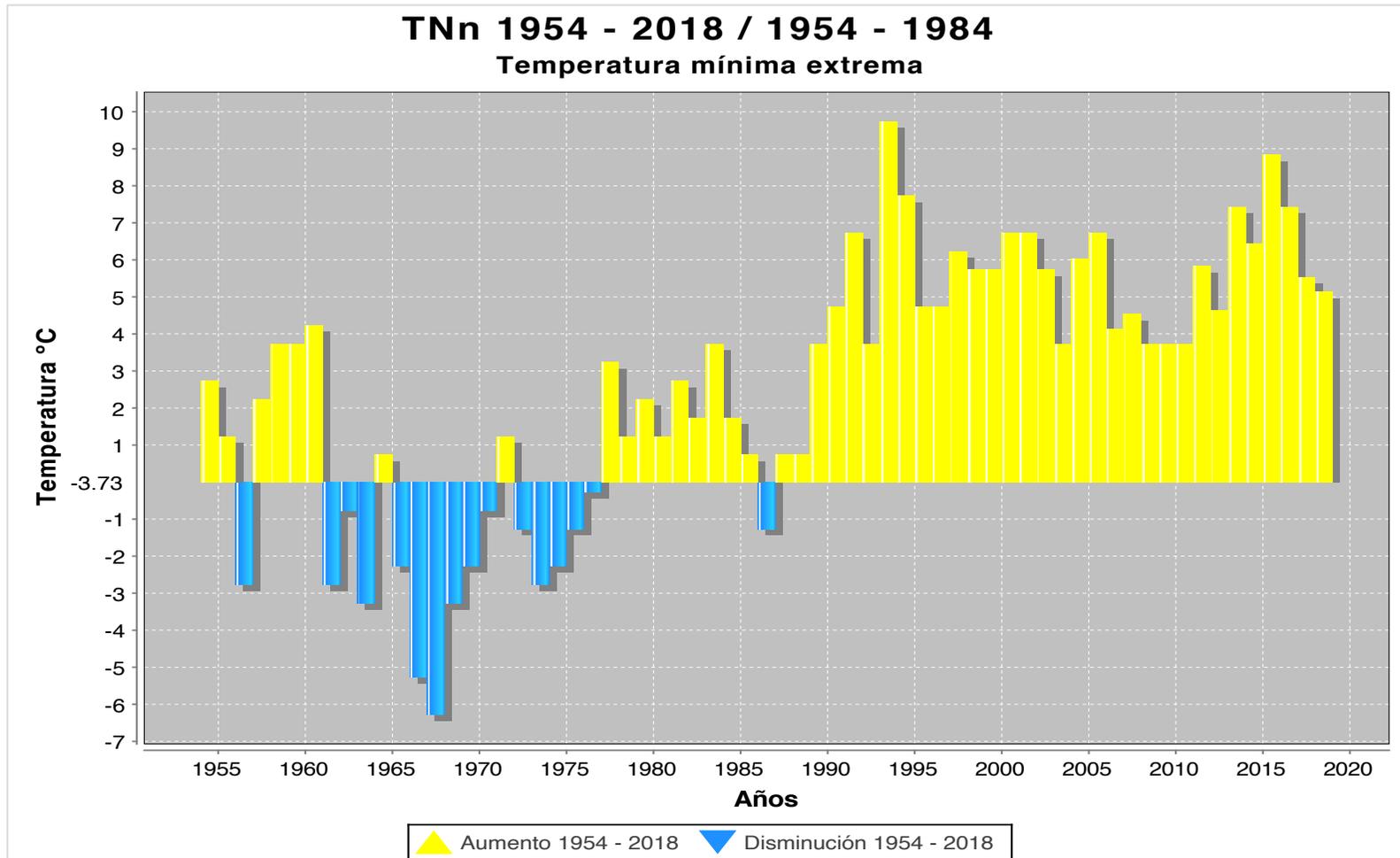
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 21. Aumento y disminución para el indicador Frecuencia de días calurosos (TX90p).



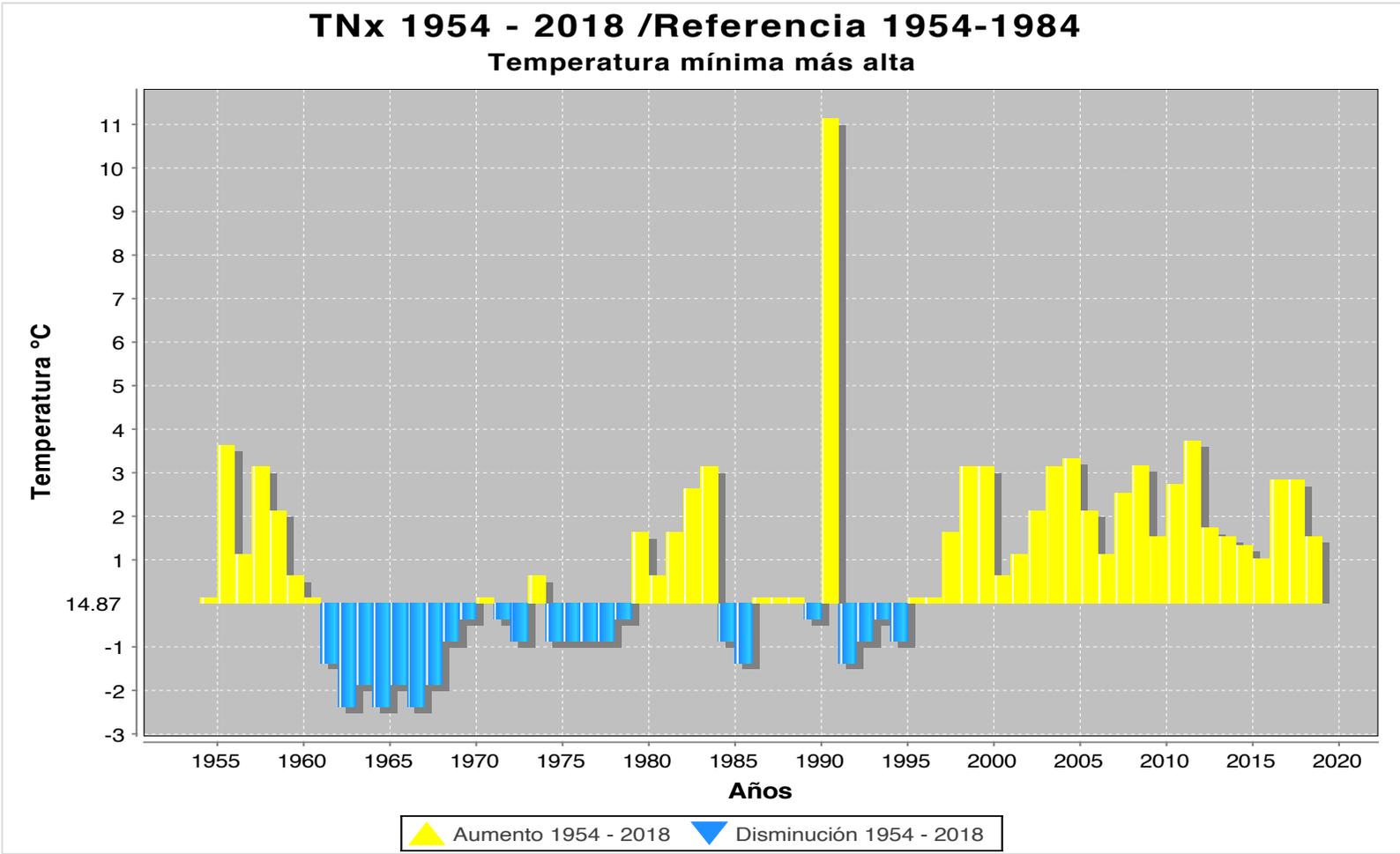
Fuente: elaboración propia con resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 22. Aumento y disminución para el indicador Temperatura mínima extrema (TNn)



Fuente: elaboración propia con resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 23. Aumento y disminución para el indicador Temperatura mínima mas alta (TNx)



Fuente: elaboración propia con resultados del estudio con el programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

El siguiente grupo de resultados corresponde a las gráficas de eventos extremos que se detalla a continuación.

#### 3.1.4. Gráficas de eventos extremos

En el estudio también se obtuvieron gráficas de eventos extremos pero para poder interpretarlas primero se expondrán algunos conceptos.

El IPCC, define “un evento meteorológico extremo” como “... un episodio, suceso o evento meteorológico que es raro, o infrecuente, según su distribución estadística para un lugar determinado”. Según esta definición, por “raro” debe entenderse todo episodio que se encuentre por debajo del percentil 10<sup>8</sup> o por encima del 90 en la función de probabilidad observada.

Para este caso solo se mostrarán las gráficas de los resultados de eventos extremos obtenidas para los indicadores de temperaturas máximas y mínimas, que se consideran representativas para comprobar de forma científica el aumento de eventos extremos.

Se realizan utilizando dos periodos de treinta años, que es lo que recomienda el IPCC y pueden mostrar los cambios en el promedio de la variable (imagen 4-a), la varianza<sup>9</sup> (imagen 4-b) o la forma de la distribución de probabilidad observada de una variable (imagen 4-c). Una vez explicado esto se muestran algunas gráficas obtenidas en el estudio de cambio climático realizado con el programa ICC con datos diarios.

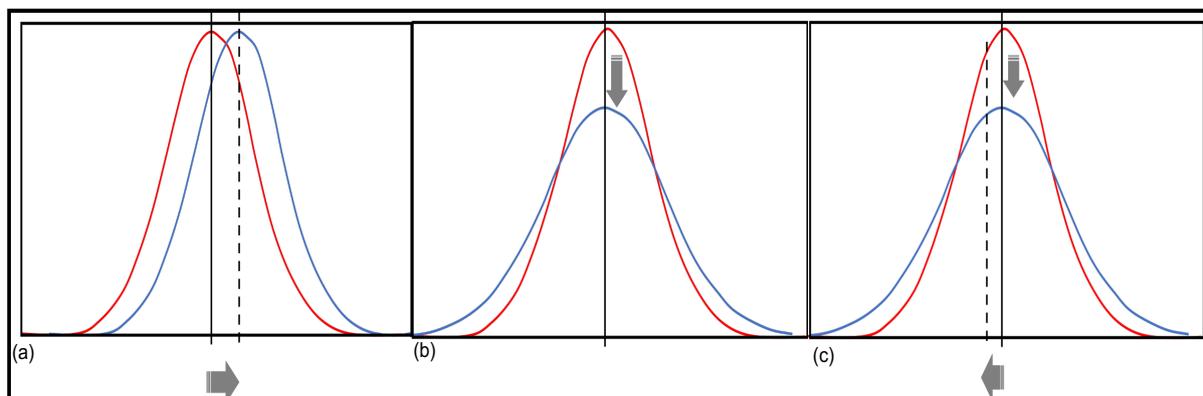
Por ejemplo, para el indicador de cambio climático TXx que indica las temperaturas máximas extremas (*gráfica 24*), se muestran los cambios en la forma de distribución de probabilidad, lo que representa un aumento de eventos extremos de 3°C en los datos registrados en el segundo periodo (línea azul) comparado con los del primer periodo (línea roja), aunque la probabilidad de ocurrencia desciende de 0.158 a 0.105, lo que indica que los datos registrados por arriba del percentil 90 son más altos que en el primer período.

---

<sup>8</sup> En un listado de datos ordenados de menor a mayor, el 10 percentil son los datos que se encuentren por debajo del 10% de los valores

<sup>9</sup> La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media.

Imagen 4. Gráficas de eventos meteorológicos extremos. Cambios en el promedio de la variable (a), la varianza (b) y forma de la distribución de probabilidad observada de una variable (c).



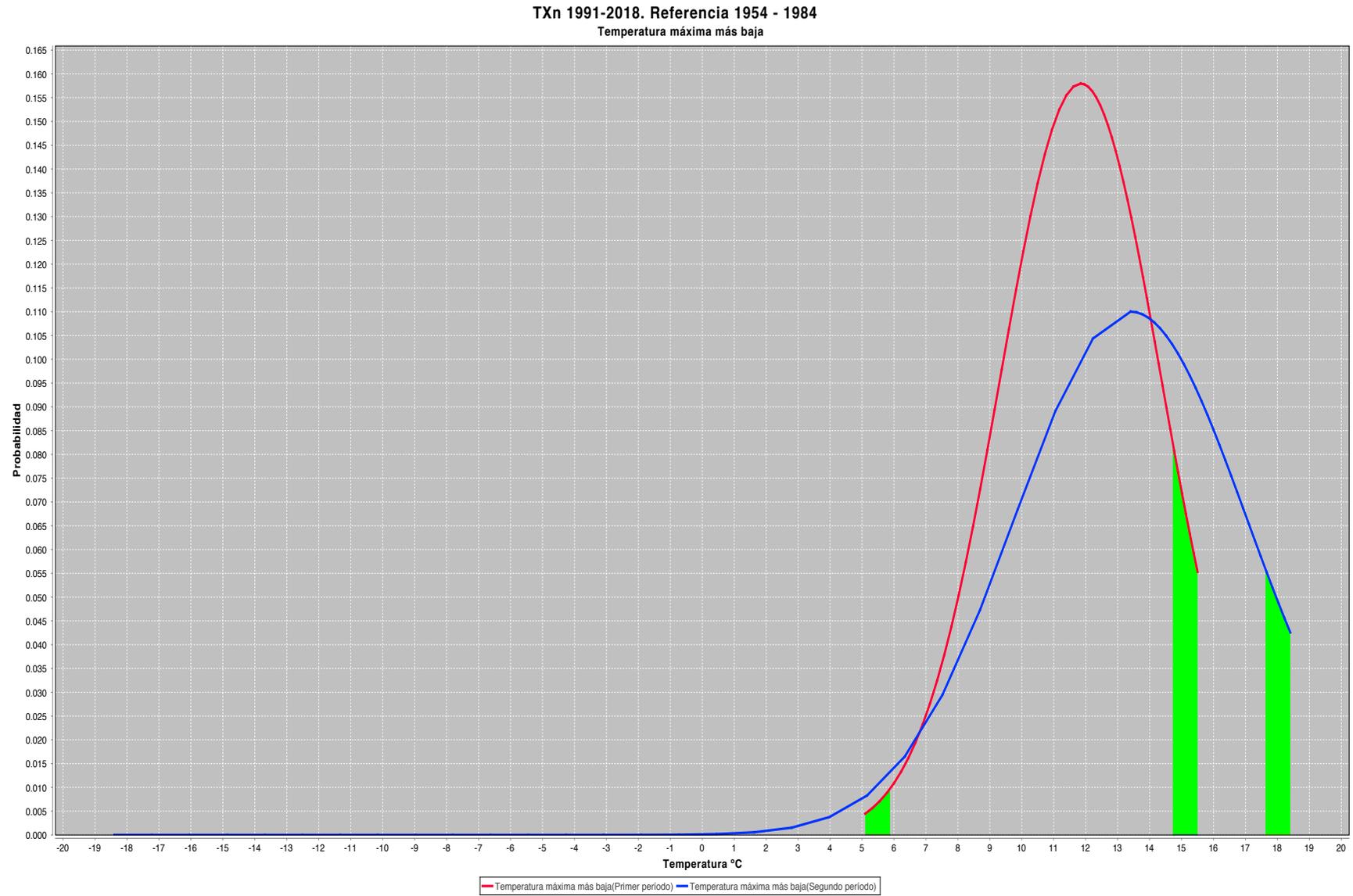
Fuente: elaboración propia con base en Bautista, Pacheco & Ayala (2018).

En el caso del indicador de cambio climático TNx que indica las temperaturas mínimas extremas (*gráfica 25*), también se muestra cambios en la forma de distribución de probabilidad que muestra un aumento de eventos extremos de  $2.5^{\circ}$  en los datos registrados en el segundo periodo (línea azul) comparado con los del primer periodo (línea roja), pero la probabilidad de ocurrencia aumenta de 0.23 a 0.442, lo que indica que los datos registrados por debajo del percentil 10 son más altos que en el primer periodo.

En ambos casos se registra que hay mayores temperaturas en los datos extremos, por tanto, se pueden visualizar veranos más cálidos y la desaparición de heladas, así como inviernos más cortos, confirmando con esto lo dicho por la investigadora Amparo Martínez Arroyo (2017) que indica que “las temperaturas han ido en aumento al punto que cada década los récords que se superan son más frecuentes. Esto trae como consecuencia cambios en las temporadas de lluvia y de siembra y cosecha, como lo expresan los chinamperos entrevistados en el trabajo de campo.

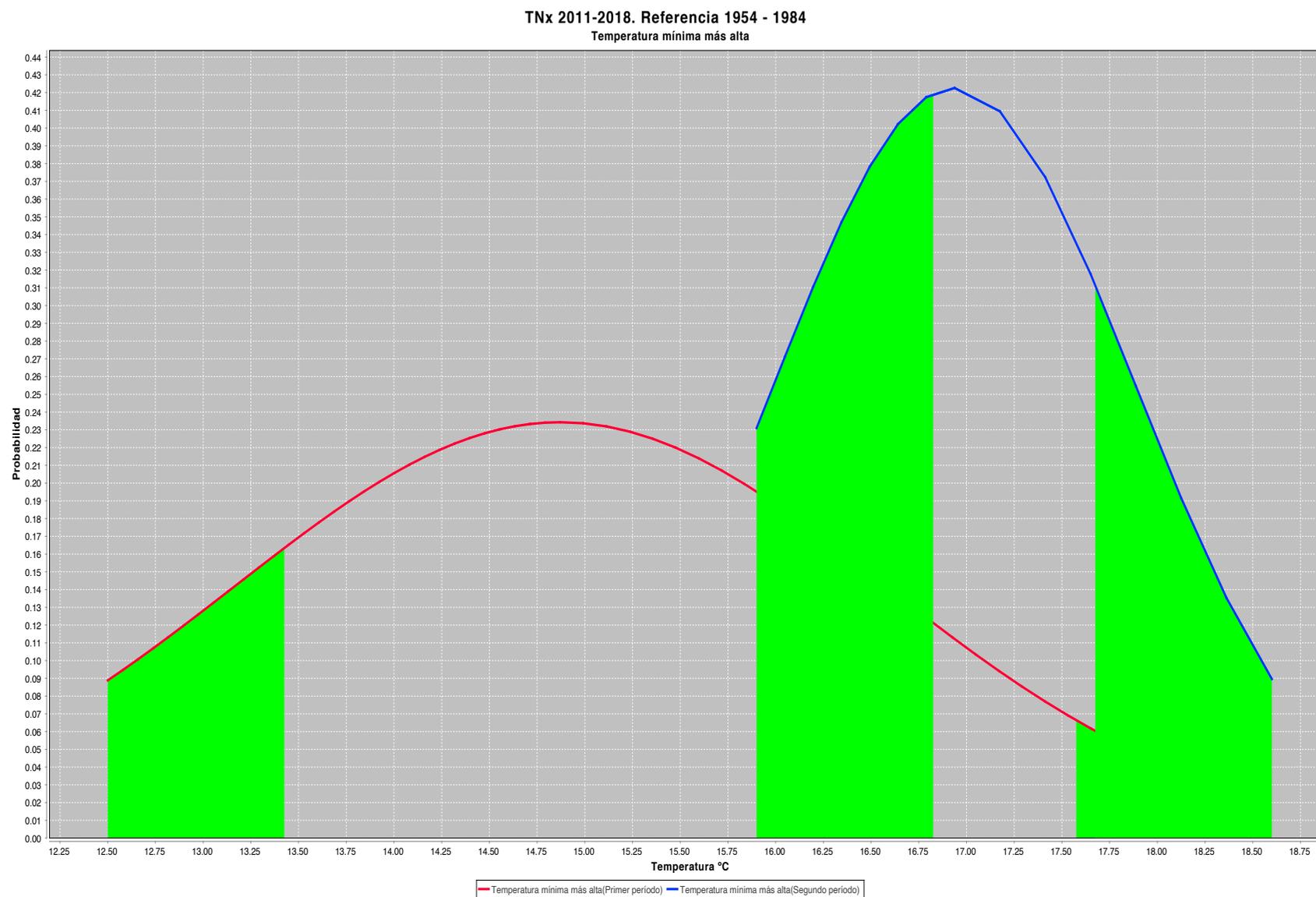
Así se comprueba un aumento importante en las temperaturas de la zona que requieren con urgencia acciones de mitigación y adaptación.

Gráfica 24. Graficas de eventos meteorológicos extremos para las temperaturas máximas extremas (TXx) para los periodos de 1954 a 1984 (línea roja) y para 1991 a 2019 (línea azul).



Fuente: elaboración propia con programa ICC con datos diarios (2019).

Gráfica 25. Graficas de eventos meteorológicos extremos para las temperaturas mínimas extremas (TNx) para los periodos de 1954 a 1984 (línea roja) y para 1991 a 2019 (línea azul).



Fuente: elaboración propia con programa ICC con datos diarios (2019).

Tabla 7. Resultados de las entrevistas realizadas en trabajo de campo relacionadas con el clima y la evidencia arrojada por el estudio con el ICC que corrobora la existencia de cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco.

	<b>Resultados de entrevistas relacionados con el clima</b>	<b>Resultados de estudio en ICC y Clic-MD</b>
<b>1</b>	Desfase de las cosechas por el cambio en el clima.	Tendencia a la baja de los indicadores relacionados con la precipitación en la zona.
<b>2</b>	Cambios en las temporadas y ciclos de lluvia. Se registran mayores niveles de lluvia en periodos más cortos.	Tendencia a la baja de los indicadores relacionados con la precipitación en la zona.
<b>3</b>	El cambio climático y el exceso de agroquímicos ha hecho desaparecer algunas especies como el ajolote (en los canales).	Aumento en los indicadores de temperatura del ICC.
<b>4</b>	La tierra ya no da los mismos productos que antaño.	Cambio en el climograma de la zona.
<b>5</b>	Muerte masiva de peces por calentamiento de agua y derrame de químicos en los canales.	Aumento en las temperaturas en la zona.
<b>6</b>	Aumento de la sensación térmica en la zona.	Aumento en las temperaturas en la zona.
<b>7</b>	Muerte de peces por aumento en la temperatura del agua en canales.	Aumento en las temperaturas en la zona

Fuente: Elaboración propia con resultados del estudio con el ICC y los resultados de las entrevistas en trabajo de campo

Como resultado de este estudio, se obtuvieron evidencias de dos situaciones que comprueban las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas a chinamperos y vecinos de la zona de estudio (tabla 7) en las que expresan que perciben un aumento en la temperatura y que las estaciones de lluvias han cambiado en las últimas décadas, lo que le dificulta calcular el momento de siembra y cosecha de las chinampas (expresado por chinamperos y vecinos de la zona) y altera las condiciones de los ecosistemas y el confort bio-climático (talleres de consenso con especialistas).

Ahora toca el turno en esta investigación a la existencia de islas de calor en la zona de estudio. Con los resultados obtenidos hasta ahora ya se puede percibir algunas evidencias de la existencia de este fenómeno, sin embargo, hace falta estudiar más a profundidad la situación y los elementos presentes en la zona para poder confirmarlo.

### 3.2. Generación de islas de calor en la zona de estudio.

Con base en la metodología del primer capítulo, como primer paso para la comprobación de la manifestación de islas de calor en la zona de estudio, se realiza el cotejo de la presencia de los causales según López Moreno & S. (1994) en la tabla 8, la cual puede observarse a continuación.

*Tabla 8.* Lista de cotejo de la existencia de elementos generadores de islas de calor en la zona de estudio expuesta a la urbanización

<b>Generador de isla de calor</b>	<b>Presencia alta</b>	<b>Presencia media</b>	<b>Sin presencia</b>
La concentración de población		✓	
Crecimiento de zonas edificadas	✓		
Disminución de áreas verdes	✓		
Entubamiento de los afluentes y cuerpos de agua	✓		
Desecación de los afluentes y cuerpos de agua	✓		
Aumento en el consumo energético	✓		
Superficies cubiertas con materiales con alta masa térmica		✓	
Cambio en el uso del suelo	✓		

Fuente. Elaboración propia con base en López Moreno & S. (1994) y datos obtenidos en la investigación documental (2019).

Después de este primer cotejo que muestra la existencia de elementos generadores de islas de calor es necesario comprobar de forma cuantitativa, es decir, con datos duros, tanto su presencia como su intensidad.

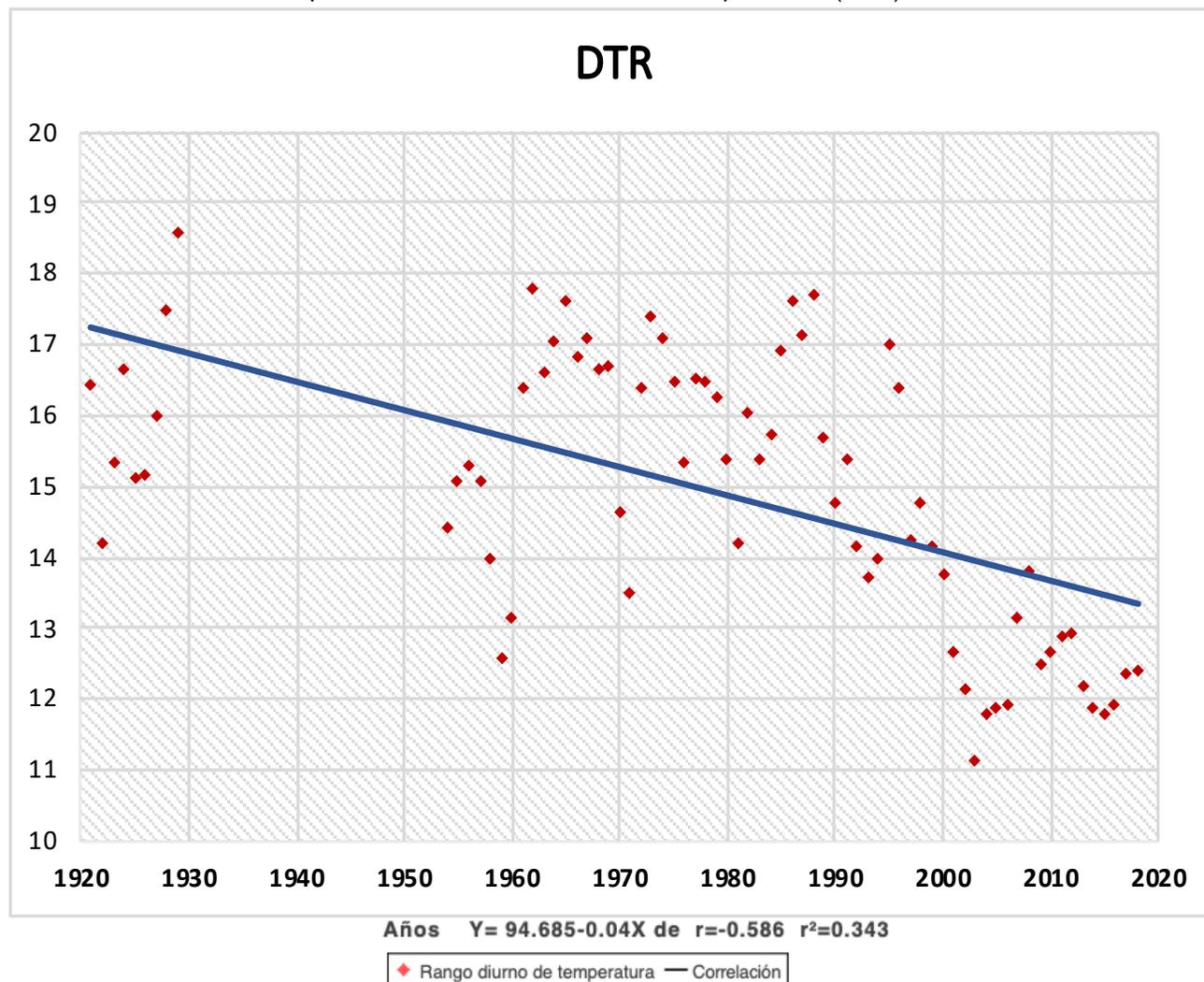
Se mostró en los resultados anteriores que las temperaturas mínimas aumentan en una proporción mayor que las temperaturas máximas. Para comprobar este comportamiento, se muestran los resultados en otros indicadores del cambio climático relacionados con las temperaturas.

### **3.2.1. Evidencia de formación de islas de calor con indicadores del cambio climático en la zona de estudio.**

Al comparar los resultados en los indicadores relacionados con las temperaturas mínimas y máximas, se muestra que en las mínimas, que son registradas durante la noche, tienen una correlación de mayor valor en  $r$  que en las temperaturas máximas, que son registradas durante el día (*gráficas 26 a la 30*), lo que aunado a la fuerte tendencia a la baja de la diferencia de temperaturas (DTR) (*gráfica 26*), que muestra una correlación negativa con valor en  $r = -0.586$  y una tendencia negativa de  $-5.2$ ; se concluye que el sistema tiene dificultad para llevar a cabo los procesos de enfriamiento que, como ya se mencionó, se llevan a cabo durante el ciclo del día y la noche.

Una reducción importante en la diferencia de temperatura (DTR), junto con un aumento en las temperaturas mínimas y máximas, lleva a la conclusión de que existen evidencias para sospechar la formación de islas de calor en la zona de estudio, consecuencia de los cambios en los materiales que cubren la superficie de la tierra, ocasionados en las últimas décadas por los seres humanos a través de la sustitución de vegetación y agua por concreto, asfalto y acero, entre otros materiales, a causa de los modelos de urbanización, llevados a cabo en Xochimilco.

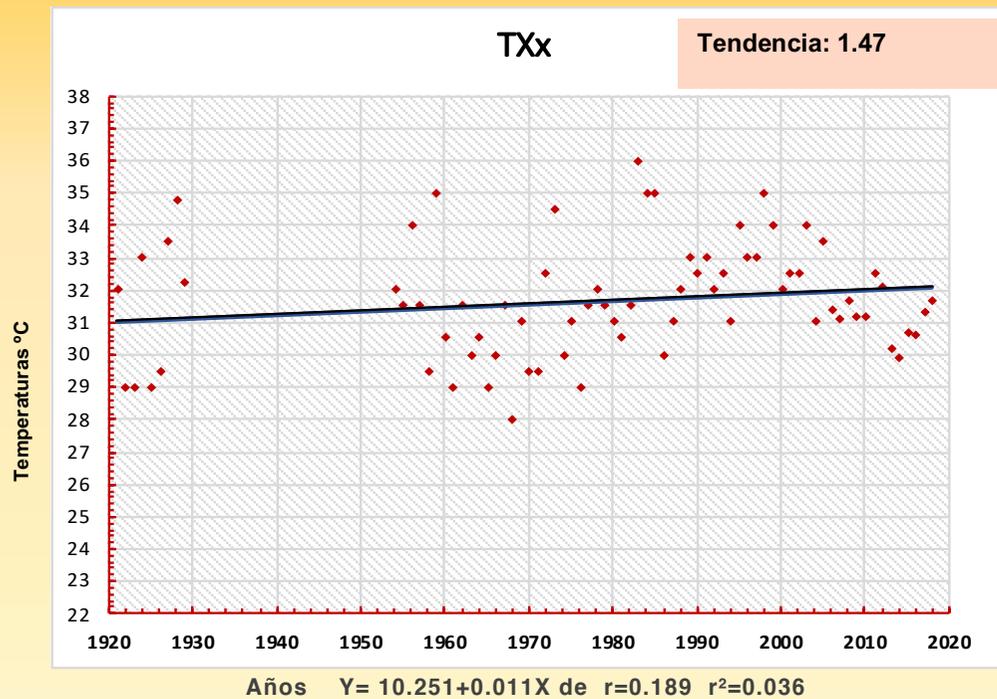
Gráficas 26. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y las tendencias obtenidas en la prueba Mann-Kendall para el indicador de diferencia de temperaturas (DTR).



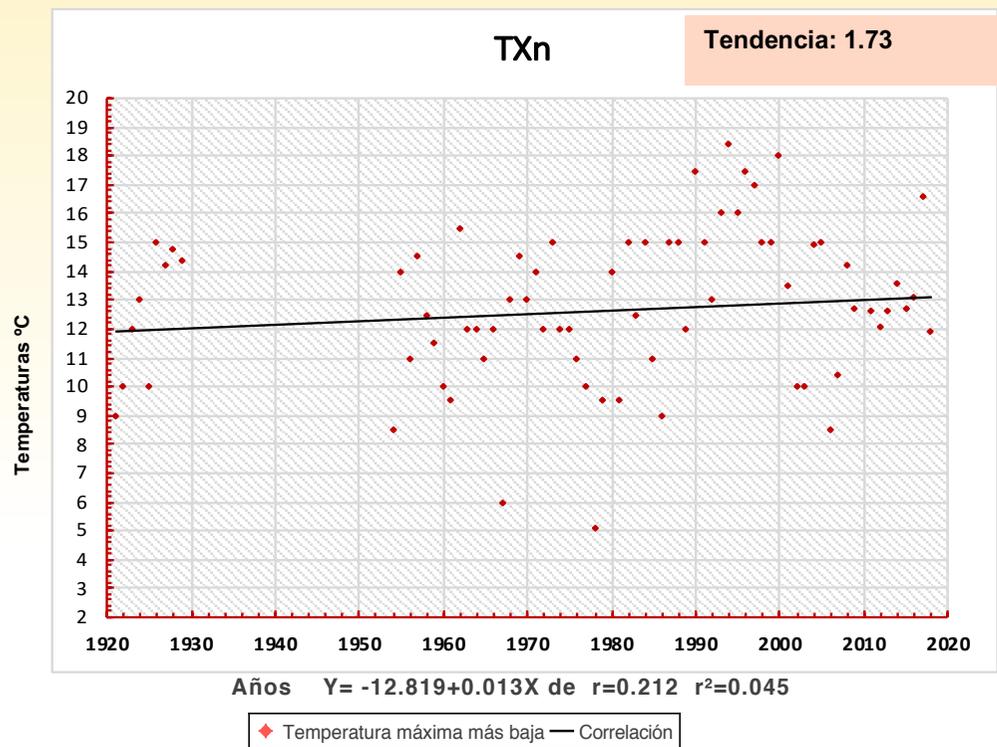
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 27

Diurnas

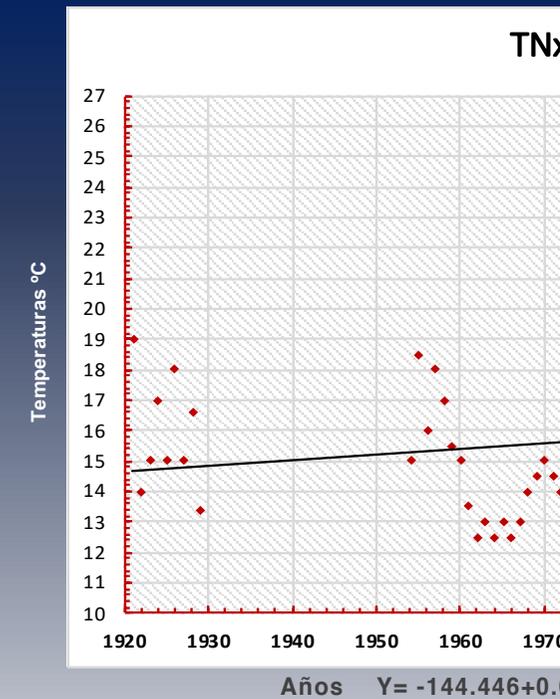


Gráfica 29

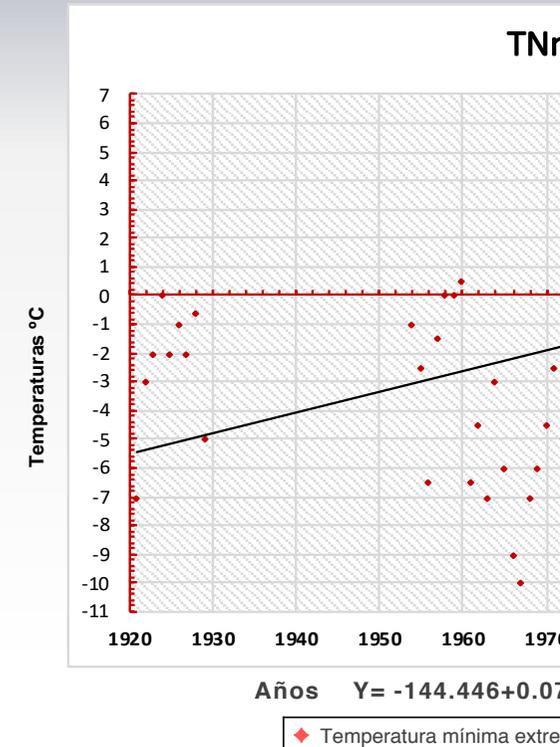


Gráfica 28

Nocturnas



Gráfica 30



En un espacio con elementos naturales y sin urbanización, los procesos de transmisión de energía térmica se realizarían con mayor fluidez, debido a que los materiales que cubren la superficie del suelo estarían compuestos por tierra, arena, agua, material vegetal, etc., cuya masa térmica es mucho menor a los materiales que conforman la urbanización (concreto, asfalto, acero, etc.), lo que provoca una elevada acumulación de calor en el día, que es irradiado al ambiente durante la noche, impidiendo el enfriamiento natural del ecosistema. Éste es un primer indicador de la formación de islas de calor en la zona.

A partir de esta primera conclusión, se realizó el estudio termográfica explicado anteriormente, recabando las lecturas en campo durante varias sesiones y cuidando que las condiciones fueran lo más homogéneas posibles, para lo cual se realizaron las tomas cuando la temperatura reportada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) registrara entre 27 ° y 29 °C, el horario entre 13:00 y 16:00 hr y cuidando que ni el viento ni el material tocara el sensor del termómetro higrómetro, colocado a setenta centímetros del material, lo que permite detectar la transferencia de calor que se está llevando a cabo del material al ambiente. También se deben registrar todos los detalles de localización, cercanía con zonas verdes y cuerpos de agua, o con otros materiales de alta masa térmica, etc.

Los datos recabados se vaciaron en la tabla de captura de trabajo de campo diseñada para esta investigación (imagen 5) y después procesarlos mediante tablas y gráficas que ayudan a su análisis y obtención de resultados.

Algunas de las lecturas obtenidas se pueden observar en la *tabla 9*, en la que se capturaron los registros, tanto de la temperatura del material, la del medio ambiente cercano al material y la de la zona reportada por el SMN, para clasificarlos en materiales que reciben radiación directa, los que reciben radiación indirecta, los que se encuentran sombreados con vegetación como arbolados y los que reciben un sombreado artificial como volados o toldos.

Imagen 5: Datos recabados en sitio de lecturas de temperatura ambiental y de materiales de la zona de estudio.

**Tabla de captura de trabajo de campo**

UBICACIÓN	COMENTARIO	MATERIAL	SOMBREADO	TEMPERATURA MATERIAL	TEMPERATURA AMBIENTE
Prol. Div. del Norte Plaza comercial (Office Depot)		Adoquín	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	41.8°C	28.1
Muyaguada sobre puente peatonal junto a la Ciénega chica	Sobre el puente	Cemento	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	47.8°C	28.3
Muyaguada sobre puente peatonal junto a la ciénega	Tomado desde el puente peatonal	Pastizal	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input checked="" type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	34.30°C	27.4°C
Muyaguada cane llon	Sobre trazo de camello sin árbol vicario	Cemento	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	50.6	29.8°C
✓	✓	Asfalto	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	56.7	29.8°C
Muyaguada	Sobre banqueta	Cemento	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	52.6	28.8°C
Muyaguada	Sobre trazo de camello con arbolado viciario espeso	Tierra	<input type="checkbox"/> Radiación total <input checked="" type="checkbox"/> Sombreado parcial <input checked="" type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	25.8	24.3
✓	✓	Asfalto	<input type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input checked="" type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	18.6	24.3
✓	Sobra asfalto, a un lado de la banqueta	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input checked="" type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	46.3	28.2
Prolongación División del Norte	Estacionamiento de Plaza comercial	<del>Asfalto</del> Cemento	<input checked="" type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación	62.5	45.4°C
			<input type="checkbox"/> Radiación total <input type="checkbox"/> Sombreado parcial <input type="checkbox"/> Sombreado con vegetación		

Fuente: elaboración propia con datos recabados en campo con la cámara térmica Flix ONE Pro y el termómetro Higrotérmico Steren, 2018.

Tabla 9: Registro de temperaturas de elementos urbanos y su afectación a la temperatura ambiental cercana al material.

	Radiación directa												Radiación difusa		Sombra total vegetal		Sombra artificial	
	Cemento Camellón Muyuguarda	Cemento Banqueta muyuguarda	Cemento estacionamiento plaza comercial Porl. Div. del	Cemento teñido junto al canal	Adoquín	Adoquín banquetta cerca de canal	Adoquín en banquetta junto a edificio cerca de canal	Asfalto cerca del camellónsombreado	Asfalto cerca de canal	Tierra	Pasto/hierva	Adoquín en banquetta cerca de canal	Tierra	Pasto/hierva	Asfalto	Tierra	Adoquín explanada UAM-X	Pasto/hierva
Material	50.6	52.6	62.5	42.2	56.7	43.8	37.5	46.3	52.5	34.3	30.6	25.8	25.8	24.3	18.6	20.2	27.9	30.6
Ambiente	29.8	28.8	45.4	32.6	29.8	32.7	32.8	28.2	34.2	27.4	27.4	30.6	24.3	27.4	24.3	24.3	32.0	27.4
Meteorológico	28.0	28.0	29.0	28.0	29.0	28.0	28.0	27.0	28.0	27.0	27.0	28.0	27.0	27.0	28.0	27.0	28.0	28.0

Fuente: Elaboración propia en trabajo de campo con cámara termográfica Flir One Pro y termómetro higrómetro Steren TER-150, 2018.

Como ejemplo de la lectura de temperaturas para el registro de los datos, se muestran dos grupos de imágenes tomadas en un tramo sin arbolado de la Avenida Muyuguarda de la colonia Barrio 18 (imágenes de la 6 a la 8) y en otro tramo con arbolado viario sobre el camellón (imágenes de la 9 a la 13). Este registro se realizó el mismo día a las 14 horas, con cielo despejado y una temperatura registrada por SMN de 27 °C.

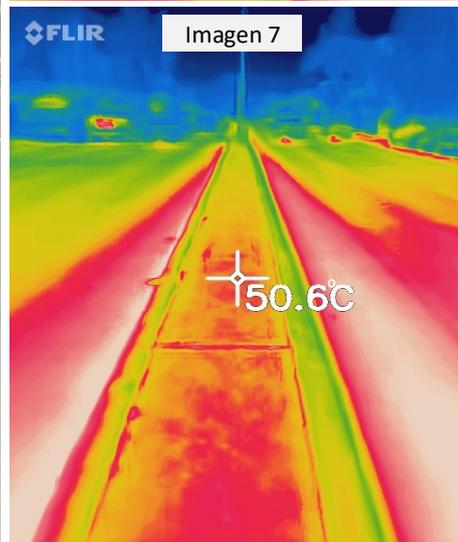
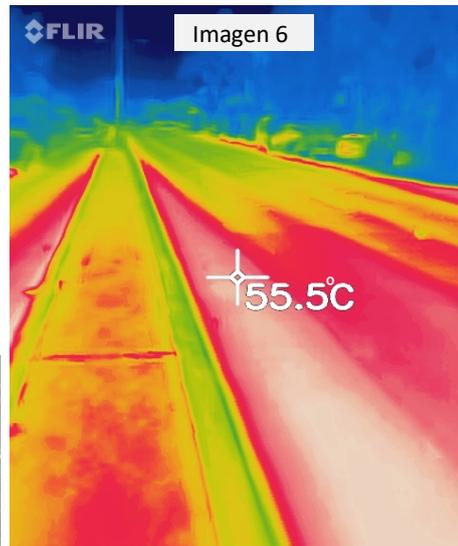
Se seleccionaron estas imágenes como una muestra representativa de la diferencia de temperaturas que se registran en diferentes materiales según el tipo de radiación que reciben (directa o difusa).

En las primeras imágenes se observa como tanto el asfalto del arroyo vehicular como el concreto de la banquetta alcanzan temperaturas por arriba de los 50 °C, muy por encima de los 27 °C que registra el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el día de la medición de la temperatura de estos elementos (imágenes 6, 7 y 8).

*Imagen 6.* Avenida Muyuguarda en tramo de camellón sin arbolado viario y con radiación directa con temperatura ambiente reportada por el SMN 27 °C.

*Imagen 7.* Toma sobre asfalto en cauce vehicular cerca del camellón con radiación directa con un registro de 55.5 °C.

*Imagen 8.* Toma sobre cemento en el camellón con radiación directa con un registro de 55.5 °C.



Fuente: Elaboración propia en trabajo de campo con cámara termográfica Flir One Pro, 2019.

En comparación con las siguientes imágenes, tan sólo unos metros más adelante sobre la misma calle (*imagen 9*) y solo unos minutos después, el asfalto que recibe radiación directa, mantiene una temperatura de 46.3 °C (*imagen 13*), que, aunque sigue siendo mucho mayor que la temperatura ambiental registrada por el SMN, la temperatura que presenta es más de 9° C menor que la del mismo material con igual radiación, pero sin arbolado cercano.

En cambio, el asfalto que recibe radiación difusa muy baja, por el espesor arbolado en ese tramo, registra una temperatura de 18.6 °C (*imagen 12*), mientras que la tierra en el camellón en ese mismo tramo registró temperaturas de 25 °C con radiación directa (*imagen 9*) y 20.2 °C con radiación difusa baja (*imagen 11*).

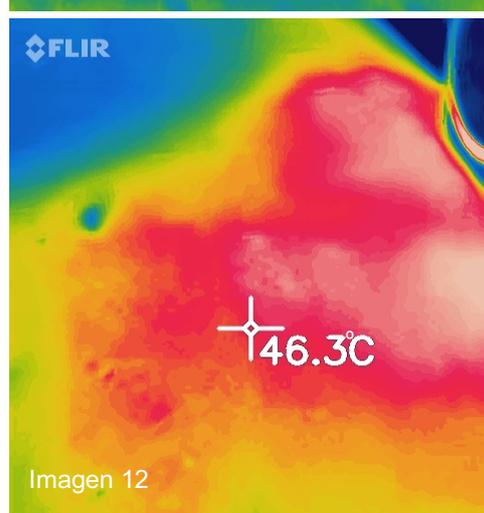
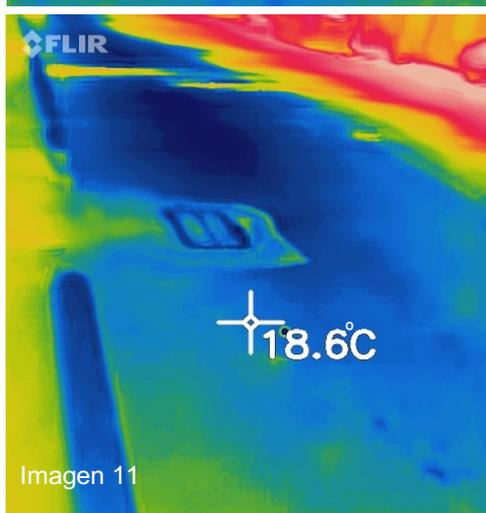
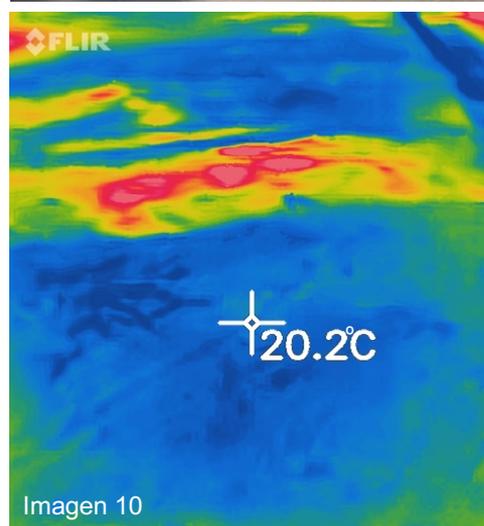
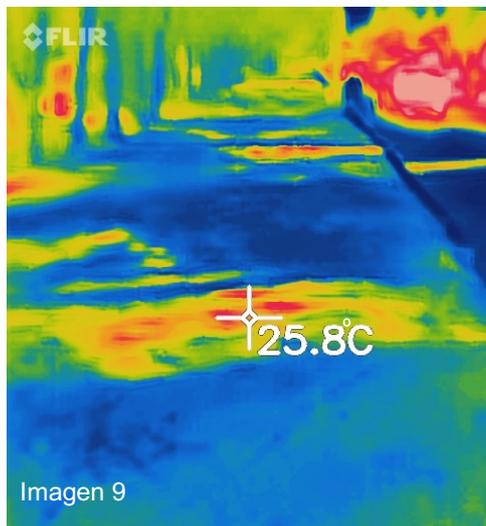
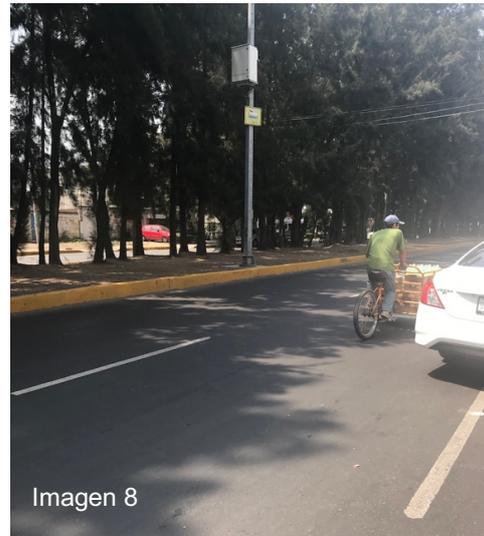
*Imagen 9.* Avenida Muyuguarda en tramo de camellón con arbolado viario.

*Imagen 10.* Toma sobre tierra en el camellón con radiación indirecta por arbolado viario.

*Imagen 11.* Toma sobre tierra en el camellón en área sombreada por arbolado viario.

*Imagen 12.* Toma sobre asfalto en el cauce vial en área sombreada por arbolado viario.

*Imagen 13.* Toma sobre asfalto en el cauce vehicular en área con radiación solar directa cercana a la acera de enfrente donde no hay arbolado viario.



Fuente: Elaboración propia en trabajo de campo con cámara termográfica Flir One Pro, 2019.

Al graficar las lecturas obtenidas se puede observar cómo funciona la transferencia de calor – recordando que según las leyes de la termodinámica la transferencia de calor espontánea, se realiza siempre del cuerpo más caliente al más frío y nunca en sentido inverso – en los distintos materiales y condiciones en los que se encuentra (Incropera & De Witt, 1999: 11).

En la *gráfica 31*, se observan los registros de las temperaturas en algunos de los elementos que se tomaron, además de la temperatura registrada con el termómetro higrómetro y la del SMN. Mientras mayor es la diferencia entre la temperatura del material y la del ambiente, mayor es la transferencia de temperatura y durante más tiempo, siempre del elemento de mayor temperatura al de menor. Se considera también en la gráfica el albedo<sup>10</sup> de cada material para comprender la capacidad de absorción de cada material.

Se puede observar cómo los materiales como el concreto y el asfalto son los que mantienen una mayor diferencia de temperatura entre la del material y la del medio ambiente. El material seguirá absorbiendo energía calórica hasta que la radiación directa se suspenda, cuando anochezca o cuando le proporcione sombra otro elemento; en ese momento comenzará a irradiar calor hacia el ambiente, y evitará que la regulación térmica natural diaria se lleve a cabo

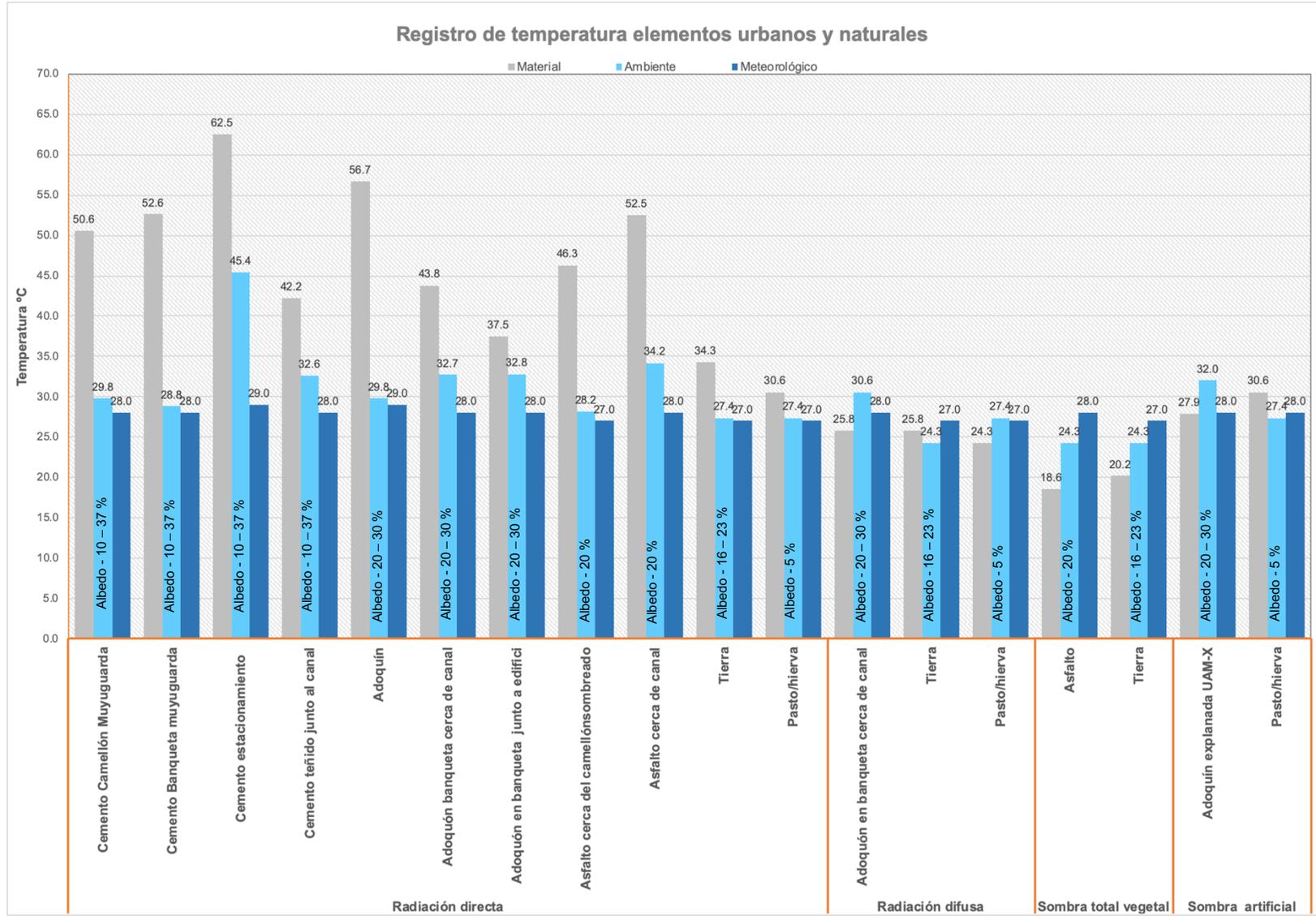
Esta acumulación de calor en los materiales urbanos con alta densidad térmica es una de las causas que provocan las islas de calor, aunada a la desaparición de áreas naturales, el uso de la energía eléctrica, la acumulación de dióxido de carbono, la contaminación, alta densidad de población, etc.

Comprender estos fenómenos podría establecer la diferencia entre diseñar ciudades que en lugar de ser adecuadas para integrarse ambientalmente, como sucede en los modelos de urbanización actual, busquen su integración a los ciclos naturales y, si el modelo se replica en todo el mundo, podrían reducirse los daños al ambiente lo suficiente como para revertir, o al menos reducir, el cambio climático.

---

<sup>10</sup> El albedo se define como el porcentaje de radiación que una superficie refleja con respecto a la radiación que incide sobre ella (Naz A., 2016).

Gráfica 31: Registro de temperaturas de elementos urbanos y su afectación a la temperatura ambiental adyacente.



Fuente: Elaboración propia con datos de Naz, A. 2016: 33, y con resultados del trabajo de campo con cámara termográfica Flir One Pro y termómetro higrómetro Steren TER-150, 2018

Al tener como base los tres pilares comparativos con respecto al promedio rural de la misma región de las islas de calor y seguir el método descrito anteriormente en este capítulo, se compararon los datos obtenidos en el estudio realizado con el ICC y con el Clic-MD de la zona de estudio para agregar un estudio con datos de las estaciones de San Gregorio Atlapulco y de Tláhuac que, aunque se encuentran dentro del perímetro de la Ciudad de México, continúan considerarse zonas rurales, además de ser las más cercanas a la zona de estudio (*mapa 13*).

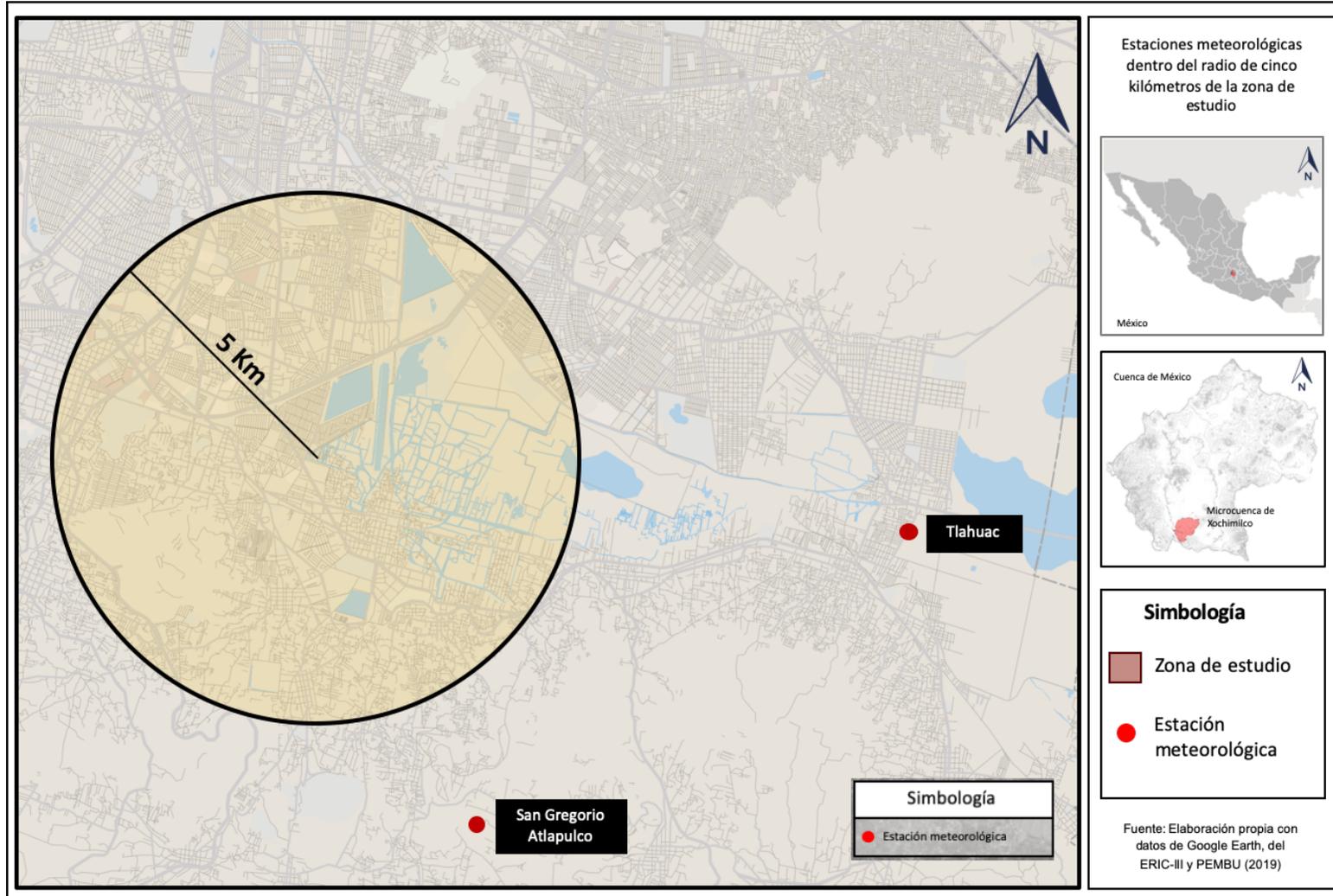
Un problema encontrado, además de la escasa existencia de estaciones climatológicas en zonas rurales cercanas, es que estas dos estaciones actualmente están suspendidas y sólo estuvieron activas durante algunos años. La estación de Tláhuac sólo cuenta con 41 años de datos (1966 a 2006) y la de San Gregorio Atlapulco solo con catorce años (1969 a 1983). Esto limita el estudio a estos años y no se pueden obtener datos suficientes para comprobar la situación actual.

Sin embargo, debido a que la urbanización llegó a Xochimilco entre las décadas de los sesenta y los setenta, los datos en esas fechas y posteriores permiten identificar situaciones relacionadas con las islas de calor como se observará en los resultados aquí presentados.

Recapitulando al tema de las islas de calor, estas se pueden definir como zonas urbanas donde se registra mayor temperatura que en las zonas rurales cercanas. En el caso de la zona chinampera de Xochimilco, ésta se encuentra rodeada por la mancha urbana y no cuenta con datos climáticos locales dadas las escasas estaciones meteorológicas que existen en las zonas rurales.

Las únicas estaciones meteorológicas en zonas rurales cercanas a la zona de estudio que se encontraron fueron la de Tláhuac y la de San Gregorio Atlapulco, ambas inactivas desde hace varios años y con datos irregulares, aún así se pudo realizar el análisis, especialmente con los datos de la estación Tláhuac que tiene un periodo de cuarenta y un años con datos continuos, mayor a la de San Gregorio Atlapulco, que sólo cuenta con quince años.

Mapa 14: Estaciones en zonas rurales encontradas cerca de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth, del programa ERIC-III y del archivo web del PEMBU (2019).

Cabe señalar que, en el caso de Tláhuac, a pesar de que se sigue considerando una zona rural, la mancha urbana la ha alcanzado y actualmente ocupa aproximadamente un tercio de su territorio. La estación que se utiliza para este estudio se encuentra dentro de una zona urbana, pero aún tiene a su alrededor zonas agrícolas importantes, por lo que se consideró la posibilidad de utilizarla con la reserva de observar cómo se comportan las temperaturas en los años posteriores a la década de los ochenta, que es el momento en que Tláhuac empezó a ser afectada por la urbanización.

En las gráficas que se despliegan a continuación se puede analizar los resultados de la prueba de correlación de Pearson para los indicadores agriclímáticos de temperatura obtenidos con el Clic-MD, que se han utilizado para demostrar o rechazar la formación de islas de calor en la zona de estudio, mediante la comparación de estos datos entre las zonas rurales y la zona de estudio.

Para este análisis se realizaron gráficas de la zona de estudio durante el mismo periodo de años que los datos que se obtuvieron de las dos estaciones a comparar. De esta forma, cada indicador contiene cuatro gráficas donde se puede ver el comportamiento de las temperaturas en las tres zonas y en los periodos ya descritos.

Posteriormente se agregaron gráficas con los resultados de Mann-Kendall de algunos indicadores del cambio climático relacionados con la temperatura para observar cuál es la tendencia tanto en la zona de estudio como en las zonas rurales cercanas y poder determinar la existencia de islas de calor o la tendencia a su formación.

Para las temperaturas máximas, el resultado en la prueba de correlación de Pearson arroja una correlación positiva para ambos con valor de  $r = 0.498$  para la zona de estudio (*gráfica 32*) y  $r = 0.482$  para la estación de Tláhuac (*gráfica 33*), mostrando ligeramente más alta esta última. Sin embargo, para las temperaturas mínimas, los resultados muestran una correlación positiva de  $r = 0.879$  para la zona de estudio (*gráfica 34*) y de  $r = 0.838$  para San Gregorio Atlapulco (*gráfica 35*).

Estos datos no son concluyentes para demostrar la formación de islas de calor en la zona de estudio, sin embargo, al poner atención en el comportamiento de la temperatura mínima en Tláhuac se puede apreciar el aumento importante que tienen los registros después de 1995, alrededor de 10 años después de que la urbanización se presenta.

Cuando se realiza la comparación con la estación de San Gregorio Atlapulco, a donde la urbanización aún no ha llegado, se aprecia una gran diferencia a pesar de estar más cercana a la zona de estudio que la de Tláhuac. Los resultados para la temperatura máxima, arrojan una correlación positiva con valor de  $r = 0.611$  (*gráfica 36*) para la zona de estudio y una correlación negativa de  $r = -0.528$  (*gráfica 37*) para San Gregorio Atlapulco, mientras que para la temperatura mínima tiene una correlación de  $r = 0.821$  para la zona de estudio (*gráfica 38*) y de  $r = 0.494$  para San Gregorio Atlapulco (*gráfica 40*).

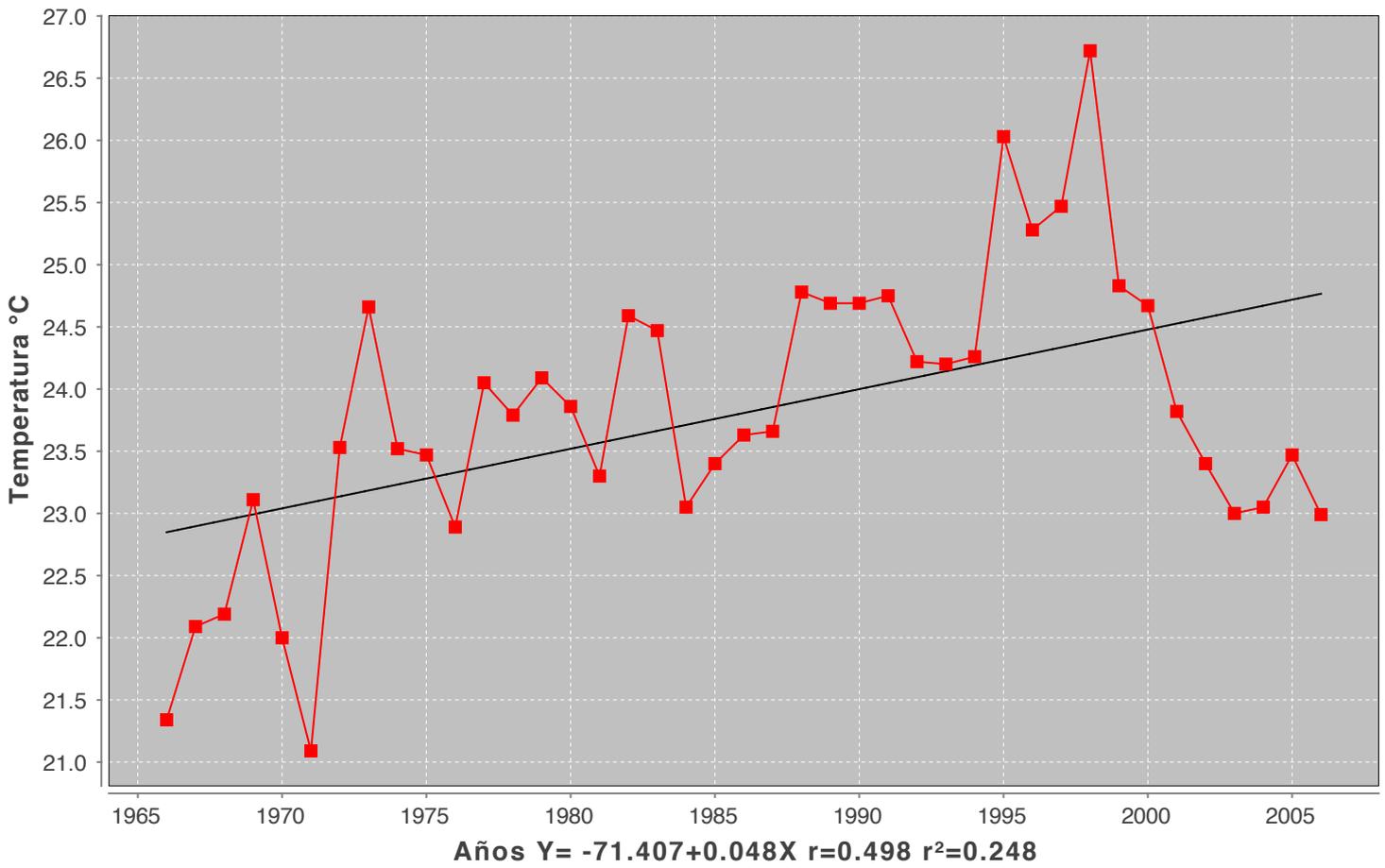
El problema con la estación de San Gregorio Atlapulco es la escasa cantidad de datos que sólo permite hacer un estudio de catorce años, un periodo muy corto, sin embargo, aún en este corto tiempo se puede visualizar la diferencia de temperaturas, a pesar de estar a sólo siete kilómetros de la zona de estudio. Esto, aunado al registro de las temperaturas de los elementos urbanos y el aumento en las temperaturas nocturnas es evidencia de que en la zona de estudio se forma una isla de calor como consecuencia de la urbanización.

Si la situación continúa y se terminan de secar los lagos y canales que quedan y se acaba con la zona agrícola, la temperatura se dispararía de forma alarmante, lo que provocaría un cambio profundo en el clima de la región que sería irreversible.

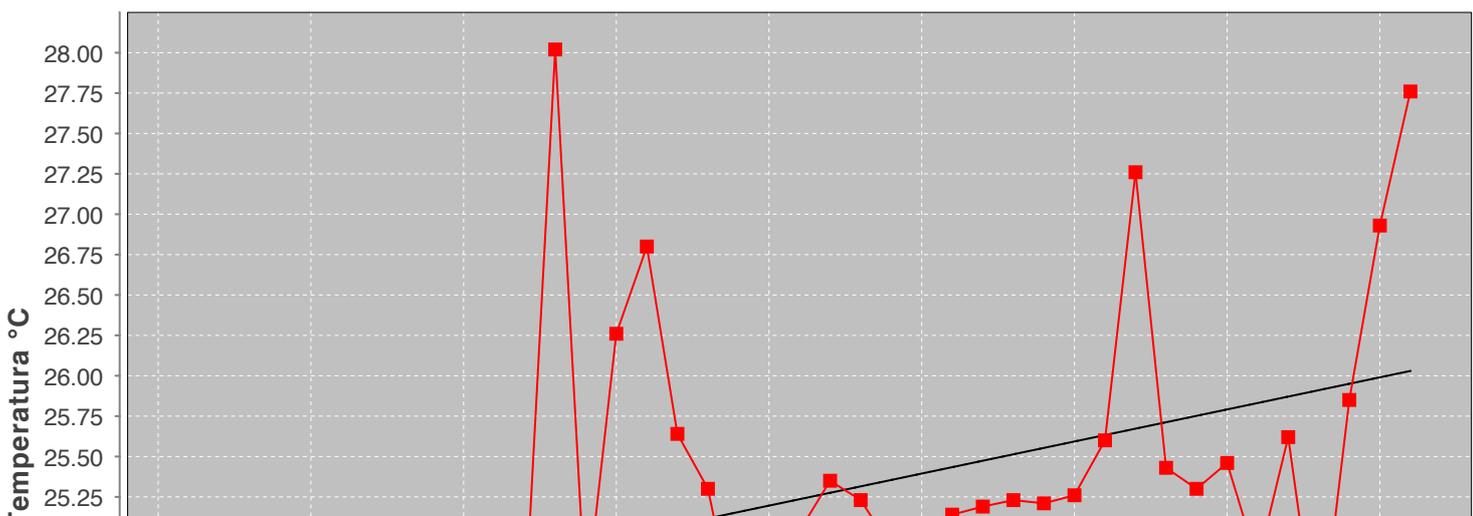
Al observar las tendencias de los indicadores de temperatura para la zona de estudio obtenidos de la prueba Mann-Kendall, se puede apreciar lo preocupante de esta situación, ya que las temperaturas diurnas y, especialmente las nocturnas, se están disparando al alza.

Gráficas 32 Y 33. Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas máximas en la zona de estudio y en Tláhuac.

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1966 - 2006



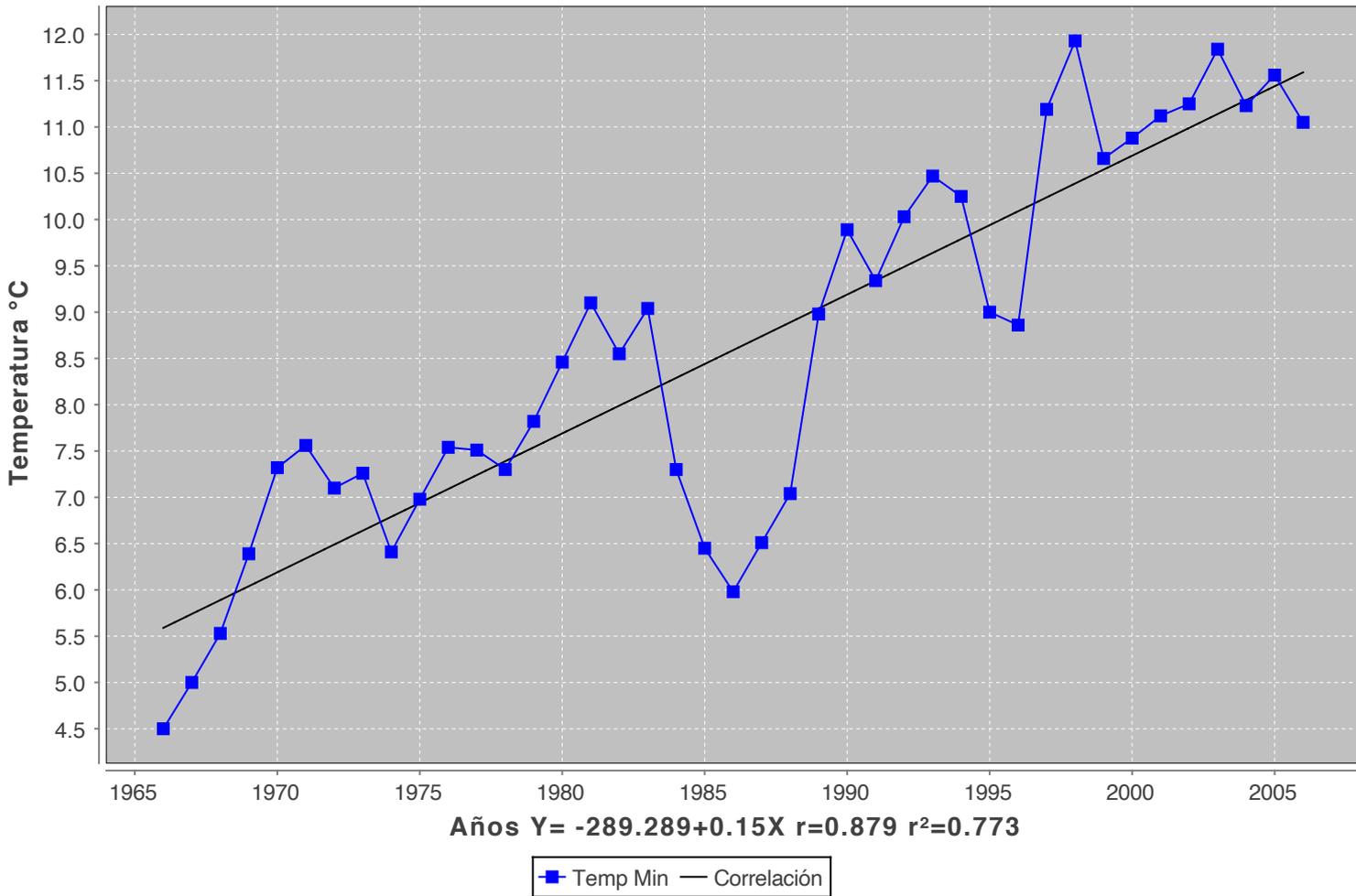
### TLAHUAC Período 1966 - 2006



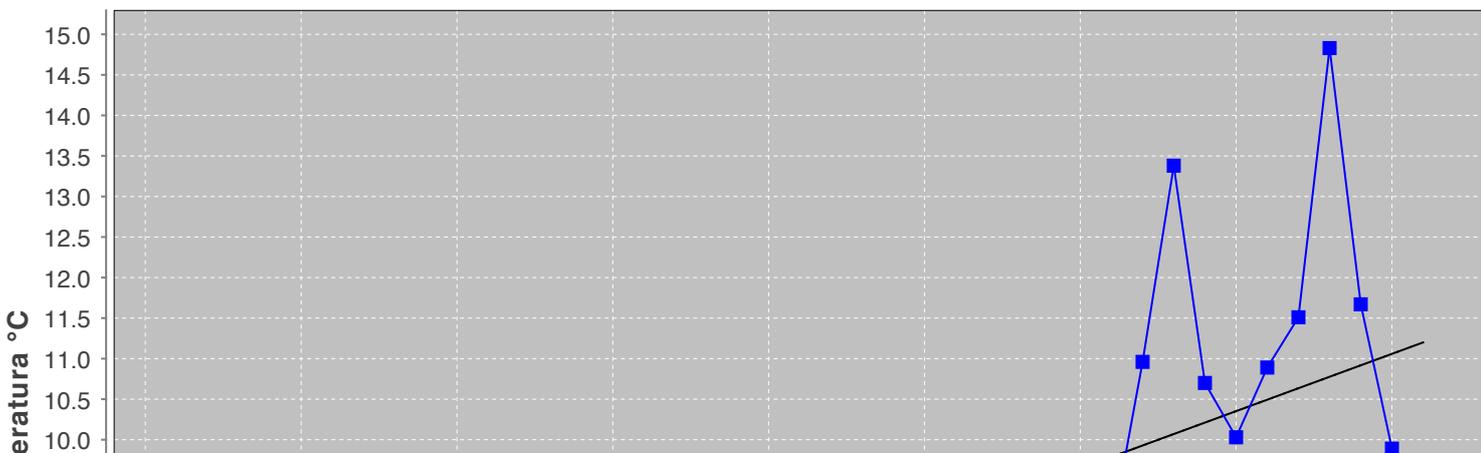
1966 - 2006

Gráficas 34 Y 35. Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas mínimas en la zona de estudio y Tláhuac

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1966 - 2006



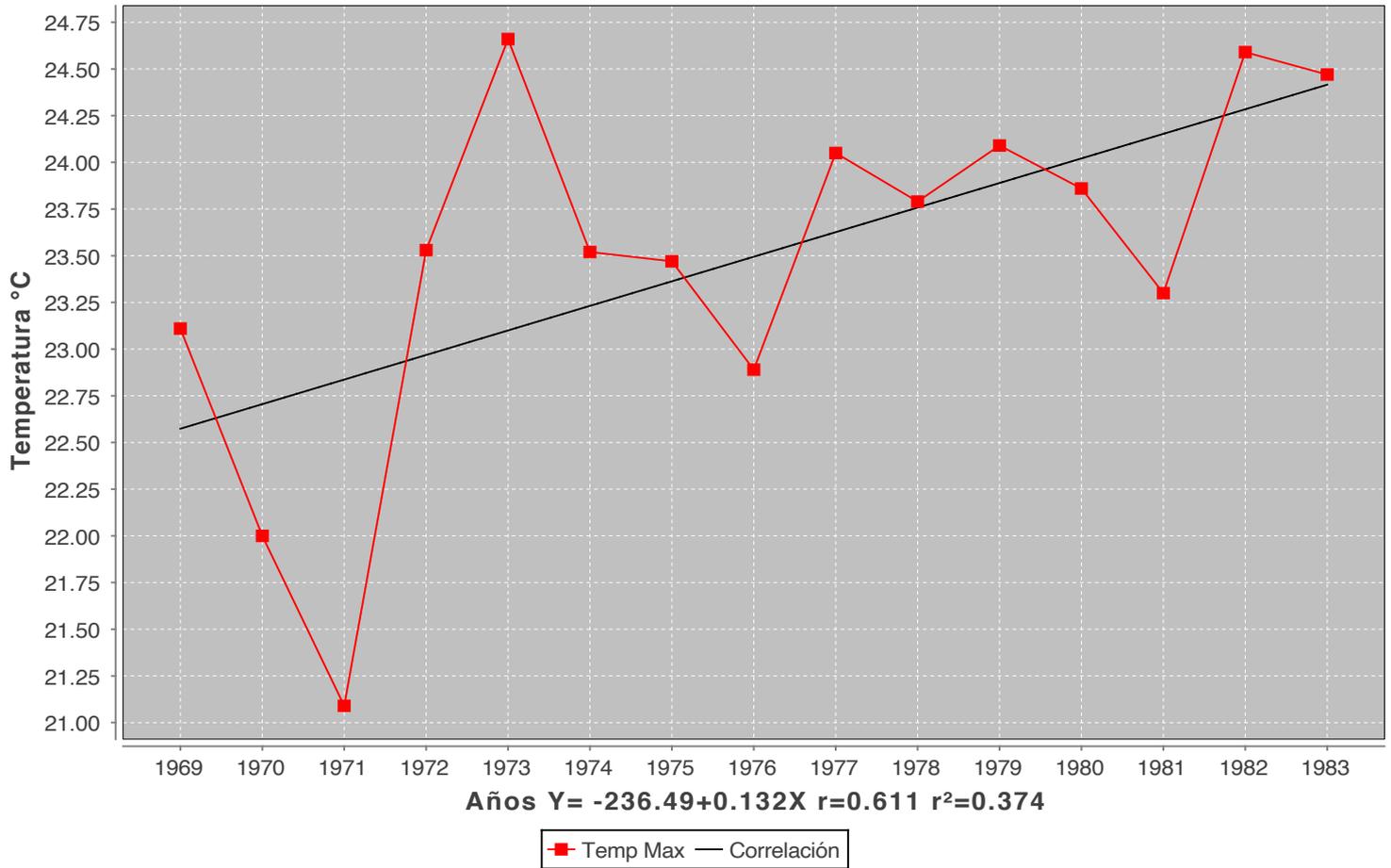
### TLAHUAC Período 1966 - 2006



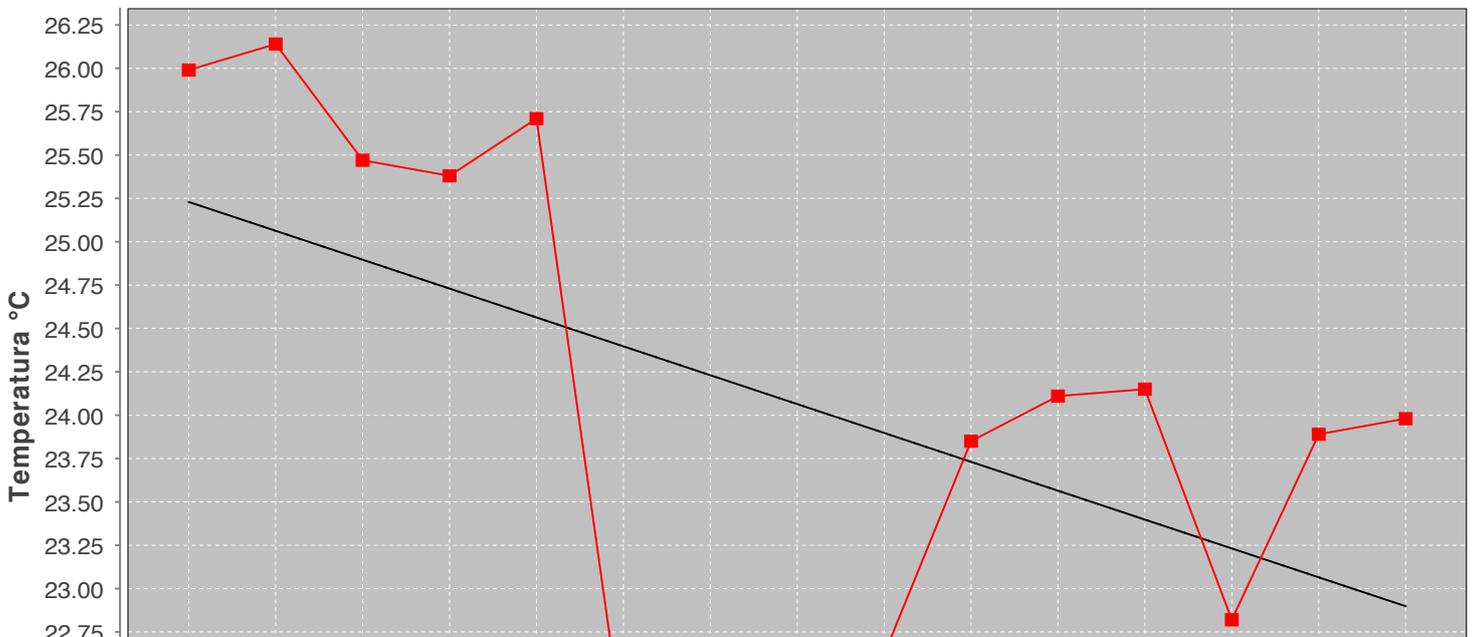
1966 - 2006

Gráficas 36 Y 37. Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas máximas en la zona de estudio y San Gregorio Atlapulco

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1969 - 1983



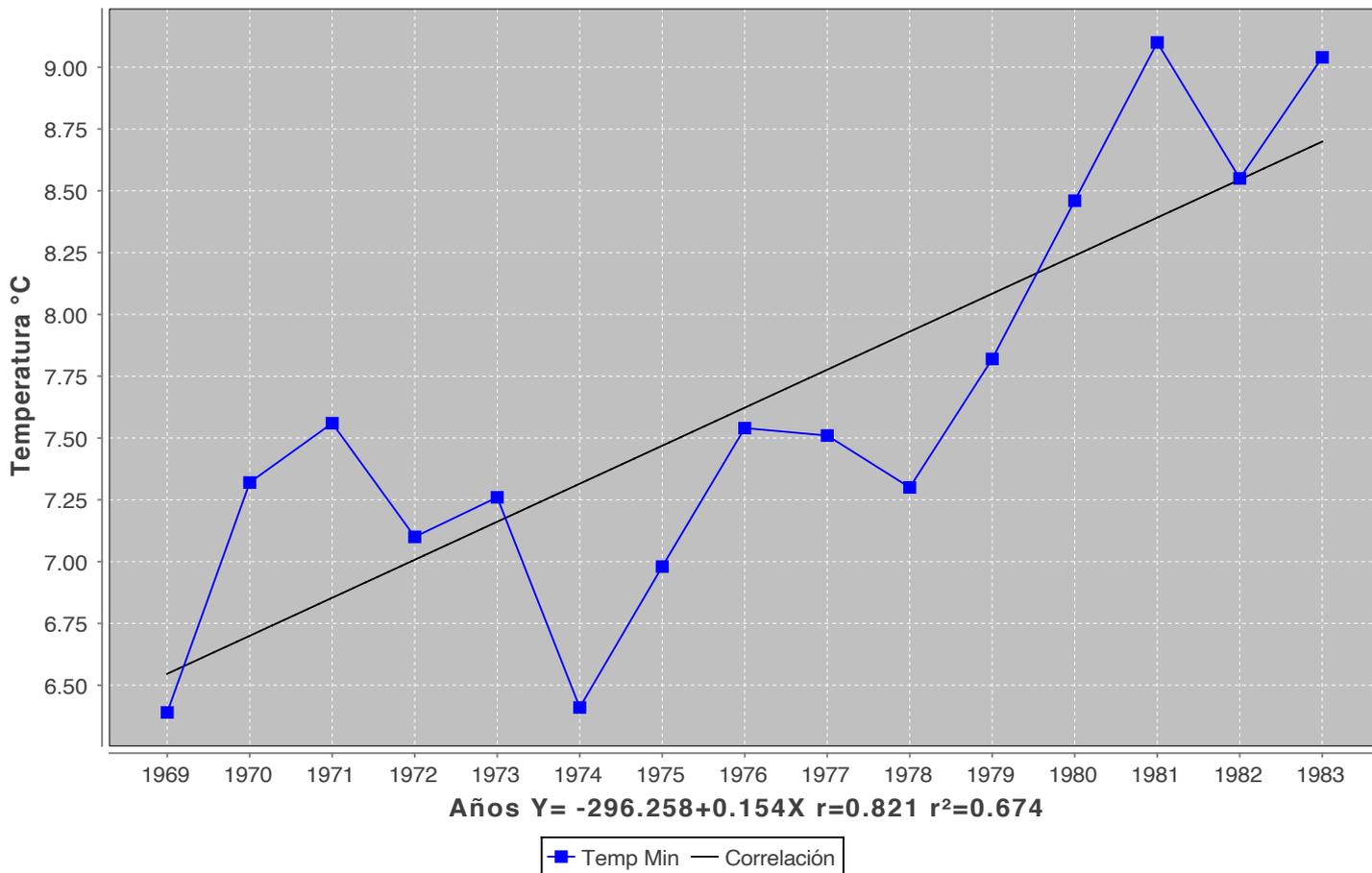
### San Gregorio Atlapulco Período 1969 - 1983



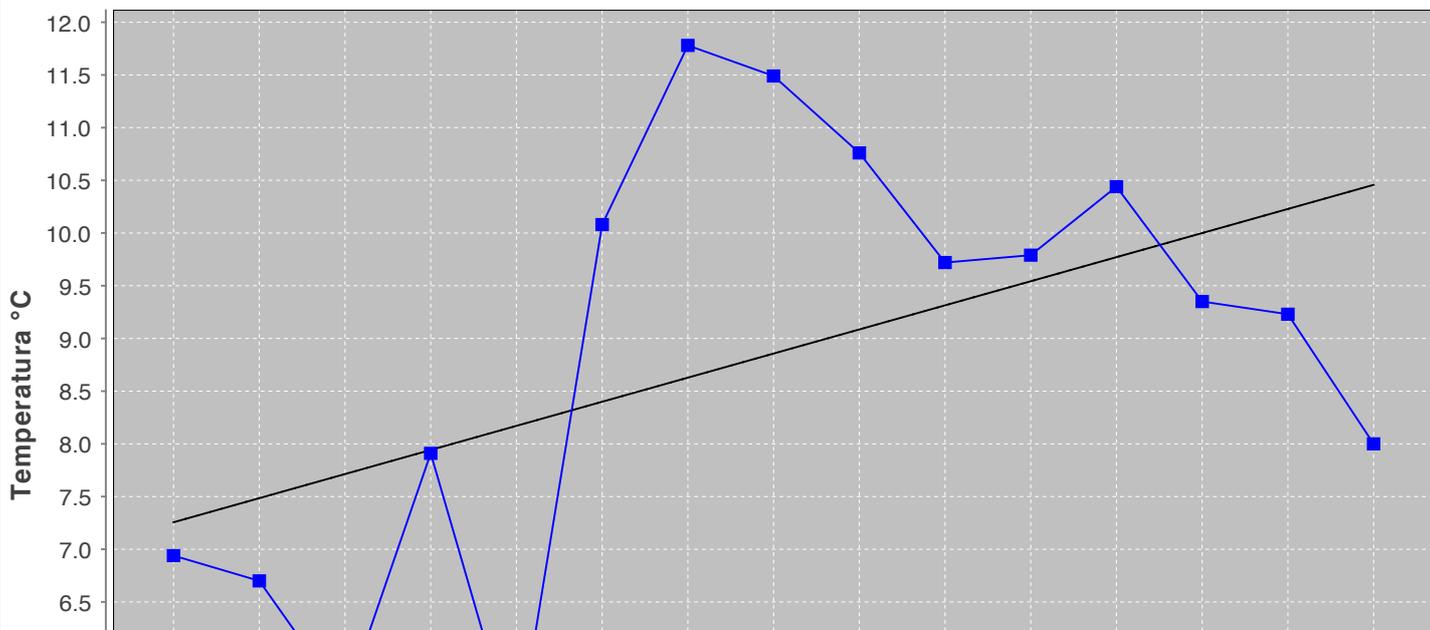
1966 - 2006

Gráficas 38 Y 39. Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas mínimas en la zona de estudio y San Gregorio Atlapulco.

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1969 - 1983



### San Gregorio Atlapulco Período 1969 - 1983



Basta como ejemplo, la presencia de cuatro de estos indicadores, dos diurnas (TXn y TXx) y dos nocturnas (TNx y TNn), que se considera que evidencian la formación de islas de calor con mayor claridad (*gráfica 39*).

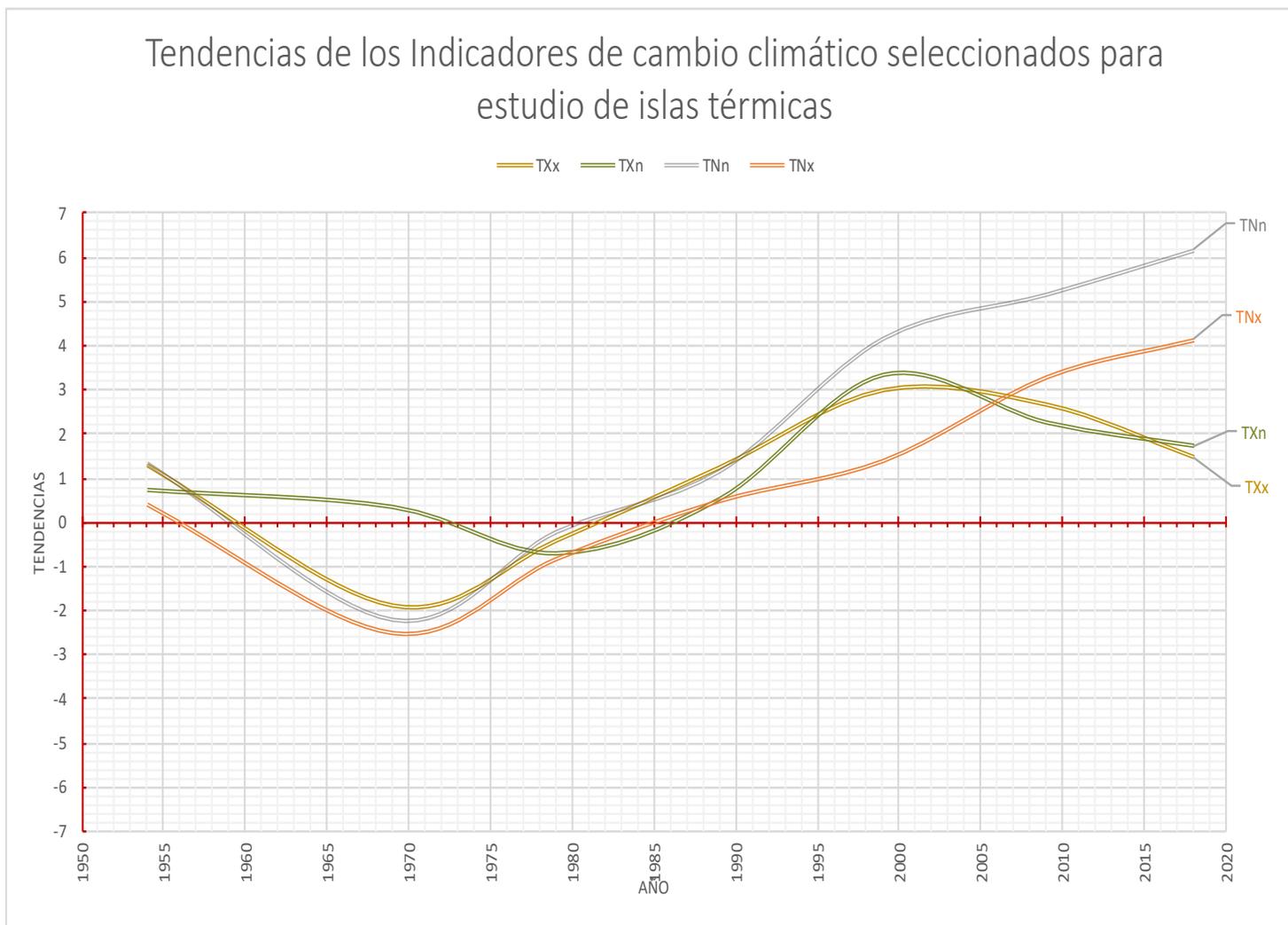
El aumento en las tendencias de las temperaturas diurnas es mucho menor que el de las nocturnas, lo que indica que el aumento de las temperaturas nocturnas no es solo consecuencia de un aumento de la captación de la radiación solar durante el día, como consecuencia del cambio climático, sino que se puede considerar que es evidencia de la existencia de fuentes de calor que se puede atribuir a los materiales de alta densidad térmica que se han utilizado en la construcción de la ciudad como el concreto y el asfalto.

Del análisis de datos se corrobora que existen evidencias y pruebas del cambio climático en la región, que se presenta principalmente como un aumento continuo en la temperatura máxima y, en mayor medida, en la temperatura mínima, con valores más altos que los registrados a nivel global y estos cambios en el clima se relacionan con los modelos de urbanización llevados a cabo sobre la Cuenca de México; de aquí la importancia que arquitectos, urbanistas, planificadores territoriales y tomadores de decisiones, como los gobernantes y los funcionarios del gobierno, conozcan estos temas y los resultados de investigaciones para poder tomar decisiones y diseñar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático para poder también monitorear su efectividad.

El estudio muestra que existe una disminución en las precipitaciones y un aumento en su intensidad que propicia cambios en los ciclos de las siembras y cosechas, que a su vez genera desequilibrio en los ecosistemas, para lo cual hay que diseñar estrategias de adaptación que permitan su supervivencia y sus especies y poder determinar los tiempos de las siembras y las cosechas así como de mitigación para frenar este cambio.

Cabe destacar es que, a pesar de la existencia de cuerpos de agua y áreas verdes cercanos a la zona de estudio, existe evidencia de la formación de una isla de calor en el polígono de estudio que tiende a intensificarse proporcionalmente a su urbanización. Si estos relictos del Lago de Xochimilco desaparecen junto con las chinampas y se sustituyen con los modelos de urbanización actuales, los resultados de esta tesis indican que se formará una gran isla de calor que afectará el clima de la región drásticamente, además de las otras funciones ambientales que se verán alteradas, desapareciendo los ecosistemas de humedales y lagos que aún existen en la zona.

Gráfica 40. indicadores para la zona de estudio relacionados con la generación de islas de calor



Fuente: elaboración propia con apoyo del programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1

La situación se agrava con los resultados de la prueba Mann-Kendall por décadas, que revela que la tendencia va en aumento, por lo que si se calculan los valores de los indicadores del cambio climático con la tendencia de todo el periodo, las proyecciones a futuro no serán reales, pues la tendencia se acrecienta y, si hace 30 años la temperatura aumenta, por ejemplo, 0.5 grados centígrados cada cinco años; a la fecha esa tendencia podría ser de 0.8 grados, y en veinte años podría ser de 1.2 grados, por lo que se tiene que considerar no sólo los valores (resultados) de los indicadores del cambio climático con la tendencia actual, sino también, calcular esta variación en las tendencias para obtener datos más confiables y así poder diseñar acciones y políticas para la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Para poder estudiar el fenómeno de islas de calor es necesario monitorear no solo la ciudad, sino también las zonas urbanas cercanas, lo que permitirá realizar este tipo de estudios con mayor eficiencia. Sin embargo, la falta de datos es un problema que impide monitorear adecuadamente lo que está ocurriendo. En la ciudad existen una gran cantidad de estaciones meteorológicas inactivas que sería importante reactivar y mantener en buen funcionamiento para obtener datos continuos y de calidad.

Si no se rectifica y se encuentran nuevas formas de urbanizar y de hacer ciudad en el mundo con mayor integración con el ambiente, frenar el cambio climático va a ser muy difícil o tal vez imposible. El IPCC y los países afiliados firmaron el compromiso de frenar el calentamiento global para que no rebase los 1.5 °C para el año 2030, lo que hasta ahora ha sido una lucha difícil y poco efectiva ya que, según el informe del IPCC en octubre del 2018 declaraba que ya se rebasó el 1.0 °C.

Los esfuerzos están centrados en la disminución de la generación de dióxido de carbono, mas es necesario también dejar de obstaculizar los procesos naturales de enfriamiento de los sistemas con los modelos de urbanización como los llevados a cabo en la Cuenca de México.

Es importante discernir qué acciones y decisiones políticas realizadas en la historia de la Ciudad de México son necesarias para poder sentar las bases que permitan buscar

estrategias de mitigación y adaptación a la problemática aquí analizadas, así como para diseñar nuevos modelos de urbanización que ayuden a reducir e incluso revertir la situación.

En el siguiente capítulo se realiza una síntesis del crecimiento urbano de la Ciudad de México, comparándolo con los datos de algunos indicadores de temperatura, obtenidos en este estudio, para tratar de identificar los eventos que han provocado alteraciones importantes en la conformación física y ambiental de la Cuenca de México y, especialmente, de la Subcuenca de Xochimilco, donde se encuentra la zona de estudio.

## 4. Consecuencias ambientales de los cambios en la relación sociedad naturaleza en la Cuenca de México.

*“Dejaron los ríos de ser dioses..., esos cuerpos vivos complejos y dinámicos que no sólo hacen posible la vida, sino que además aportan elementos lúdicos, estéticos, simbólicos, y hasta religiosos a nuestra existencia”*

*José María Montero Sandoval*

Con relación al crecimiento urbano de la Ciudad de México se ha investigado y escrito mucho. El desarrollo de este apartado sólo intenta extraer los datos que representen un indicador de los modelos de crecimiento urbano que se llevaron a cabo en las últimas décadas y que han impulsado a la Ciudad de México a ser lo que hoy es, especialmente, en lo que respecta a la urbanización de Xochimilco, zona de estudio en esta investigación.

En este capítulo se realiza un recorrido histórico de la urbanización de la Cuenca de México a partir del inicio del siglo XX, comparando con los resultados obtenidos en el estudio de los Indicadores del Cambio Climático.

Aunque en este capítulo se hace una compilación de muchos datos históricos importantes, es conveniente establecer que ésta no es una tesis historicista sino que en este capítulo se realiza un esfuerzo por analizar la intervención humana en la compleja problemática ambiental, que no es posible comprender sin el estudio de los acontecimientos que han provocado los cambios en la estructura física y ambiental de la zona de estudio.

Para esto se realizó la prueba Mann-Kendal y la de correlación de Pearson por décadas, se cotejaron los resultados obtenidos en los indicadores de temperaturas máximas y mínimas con los mismos períodos de crecimiento de la ciudad, enfocándose poniendo especial cuidado en los datos y las tendencias que marcaron los modelos de urbanización en la Cuenca de México, enfatizando aquellos que propiciaron la llegada de la urbanización a Xochimilco.

El año de partida para los estudios de cambio climático realizados es 1921 para la prueba de correlación de Pearson, y 1954 para la prueba Mann-Kendall que abarca hasta 1970, debido a la recomendación del IPCC de tener un mínimo de veinte años con datos continuos

(como se explicó en el capítulo anterior, la prueba de correlación de Pearson es la única que admite intermitencia de datos por lo que ésta se realiza desde 1921).

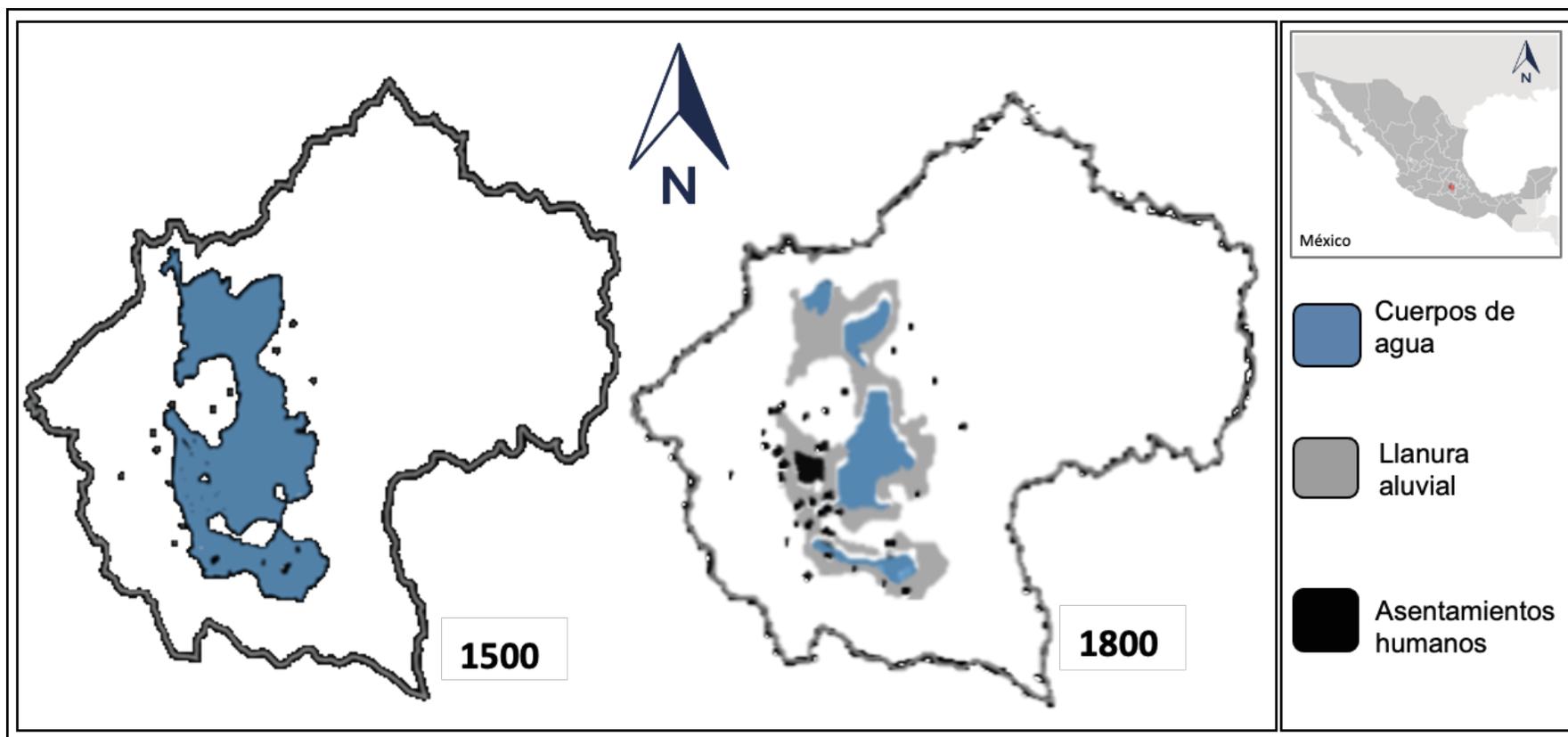
Para este análisis se utilizaron periodos de veinte años y sólo se recorren los años en cada década. De este modo, los primeros resultados corresponden a un período que va de 1921 a 1970 para cerrar la década de los sesenta, siendo éste el único periodo de menos de veinte años para la prueba Mann-Kendall que debe iniciarse en 1954 por la intermitencia de datos antes de ese año; el segundo período se agrega una década más, hasta 1980, el tercero abarcará hasta 1990; el cuarto hasta el año 2000; el quinto hasta el 2009 y el último hasta el 2018 que fue el año donde terminó el estudio; con lo que se podrá observar completamente el panorama del comportamiento de los Indicadores de Cambio Climático desde principios del siglo XX hasta 2018.

Posteriormente, se van insertando estos resultados al análisis cronológico comparando los datos obtenidos de las dos pruebas con los avances de la urbanización, lo que permitirá establecer la relación entre los cambios generados por el ser humano (antrópicos) y los cambios registrados en el clima. Datos que se muestran tanto gráficamente, con un esquema de la relación de los lagos con los asentamientos humanos y las gráficas de los indicadores de temperatura de cada período, como con un resumen de lo acontecido urbanísticamente en cada década.

Como antecedente de esta síntesis cronológica, es importante señalar que los esfuerzos por controlar las inundaciones mediante el desagüe y desecamiento de los lagos, habían provocado que desde la llegada de los españoles y hasta el año 1800 – un siglo antes del inicio de esta síntesis – los lagos perdieran más de la mitad de su extensión (imagen 14), manteniendo su planicie aluvial (es la parte orográfica que contiene un cauce y que puede ser inundada ante una eventual crecida de las aguas de este). Para el año 1885, la Ciudad de México había crecido en su población a 468,705 habitantes, cifra que alcanzará el medio millón para 1910, duplicando su población en veinticinco años.

Paralelamente se buscaban soluciones para abastecer de agua potable la creciente ciudad, aún los manantiales de Chapultepec y Santa Fe son las principales fuentes de suministro a través de acueductos (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2007: 17-18).

Imagen 14. Comparativa entre los años 1500 y 1800 de la pérdida de cuerpos de agua en la Cuenca de México.



FUENTE: Adaptación de Camarillo Sarabia, Maurer Walls, & Ulacia Balmaseda, (2014).

A finales del siglo XIX Porfirio Díaz decide crear, ampliar y fortalecer un camino hacia Chapultepec que hoy se conoce como Paseo de la Reforma. Este camino permitió un espacio de salida para las clases opulentas, que para entonces comenzaban a sentirse incómodas en el interior de la ciudad, por lo que busca salir hacia el exterior, asentándose en las afueras urbanas al extender de esta forma los límites de la ciudad (Romero, H., 1987).

En una etapa que va desde la conquista hasta el mandato del general Porfirio Díaz, la relación de la sociedad con la naturaleza se pierde rápidamente, y esta nueva población, mezcla de locales y conquistadores, sólo ve en la naturaleza un lugar de disfrute y un proveedor de recursos para su bienestar.

Importante es la política de apertura del presidente Porfirio Díaz, quien abrió la frontera a la llegada de inmigrantes de todo el mundo, y permitió la introducción de nuevas especies de plantas sin considerar el efecto que tendrían en los ecosistemas mexicanos.

En este contexto es que se introducen especies, como el caso del lirio acuático, que invadió en los canales de Xochimilco. Una planta de fácil adaptación que prolifera particularmente bien en cuerpos de agua perturbados por las actividades humanas, para convertirse rápidamente en plaga (Cervantes y Rojas, 2000), como ha sucedido en Xochimilco, donde se ha convertido en uno de los principales factores de deterioro ambiental de la zona chinampera.

Xochimilco cuenta con 17 barrios y 14 pueblos: además existen nueve canales: Cuemanco, Apatlaco, Cuauhtémoc o Nacional, Tezhuilo, Apampilco, Toltenco o del Japón, Oxtotenco o La Noria, Amelaco y Atlitic y siete lagunas importantes: el Toro, la Virgen, Tlilac, Tlicutlli, Tezhuízotl, Caltongo y Xaltocan (Gobierno del Distrito Federal, 2005).

El siglo XX, punto de partida de este análisis cronológico, significó para la Cuenca de México un cambio profundo en su estructura natural, debido en gran parte a las acciones de la población y muchas de las estrategias políticas llevadas a cabo que han impactado profundamente en el ambiente y los ecosistemas de la región, al alternar el clima local.

#### **4.1. El siglo XX, Consecuencias ambientales del crecimiento de una sociedad sin conciencia ambiental.**

En el siglo XX, a consecuencia de los procesos de deforestación y desecación del lago, se ha modificado el régimen de humedad y el suelo para entrar en un proceso de desertificación en las partes bajas y de matorralización en las partes altas y pie de la montaña, que origina cambios en el clima de la región, por lo que se hace necesario buscar estrategias de regeneración y conservación a fin de lograr revertir el proceso.

En el año 1900, el presidente Díaz inaugura el Túnel de Tequixquiac para el desagüe de la Ciudad de México. En un inicio este proyecto se concibió para descargar el agua de lluvia, sin embargo, después se tomó la decisión de enviar al túnel las aguas residuales de la ciudad (Departamento del Distrito Federal, 1975: XXI); con esta acción se inicia el camino hacia el fracaso del proyecto que se vive actualmente, que con el crecimiento de la población termina por rebasar la capacidad del túnel.

Para el año 1905, además de las obras realizadas por el gobierno para tratar de controlar las inundaciones en algunas colonias residenciales, la población comenzó a perforar pozos particulares para la obtención de agua dulce, perjudicando el subsuelo y favoreciendo la reducción de los niveles de los cuerpos de agua. En ese mismo año, el presidente Díaz centró su atención en los manantiales de Xochimilco y Chalco como respuesta a los problemas de abastecimiento de agua para la ciudad e inició la construcción del proyecto para su explotación (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2007: 20). Los manantiales de Xochimilco parecían una fuente inagotable del preciado líquido y así comenzó su explotación.

En esta época los paseos a Xochimilco se comenzaron a hacer populares entre la población de la Ciudad de México, propiciando una carga de visitantes a un ecosistema que no estaba preparado para recibirla. La demanda creciente de los visitantes generó que se implementaran mejoras en las embarcaciones, a las que se adaptó un techo curvo que después se comenzó a adornar con flores y ramas de ahuejote amarradas con tule con el nombre de alguna dama que los visitantes solicitaban para festejar o cortejar. Entre 1910 y 1920 se construyeron embarcaderos para comenzar a explotar en mayor medida el potencial turístico (Romero, H., 1987), una vez más sin tener un plan de protección para la zona chinampera.

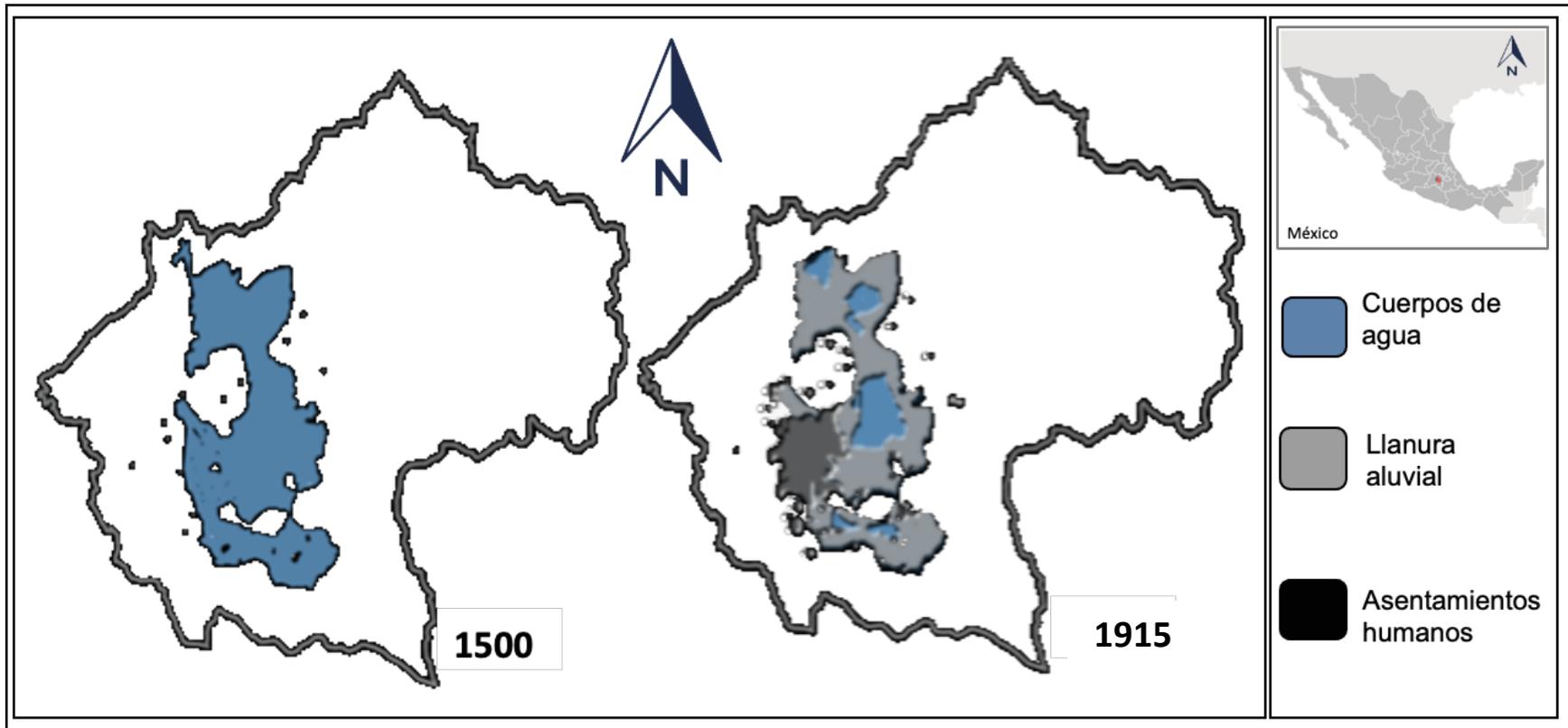
Para los albores del siglo XX los niveles del agua de los lagos habían disminuido y solo quedaban menos de un 40% de su área con respecto a la existente a la llegada de los españoles a la Cuenca de México (imagen 15) y sus aguas se encontraban ya contaminadas por el sistema de alcantarillado de la ciudad mediante colectores y atarjeas que combinaban el agua pluvial y las aguas negras, a diferencia de las ciudades prehispánicas que separaban el agua de lluvia y la aprovechaban antes de explotar los manantiales. (Sánchez, 2007).

La explotación de los manantiales trajo otro problema que agravó el deterioro del sistema hidrológico de la Cuenca de México. En esta época aún perduraban algunos canales utilizados para la navegación, que formaban parte del sistema hidrológico de la cuenca, como el del Canal de la Viga que comunicaba la Ciudad de México con los poblados de Xochimilco, Tláhuac y Chalco y que era tan grande que permitió implementar una línea de barcos de vapor que daba servicio de transporte de carga y de pasajeros (Peralta, 2009). Sin embargo, con el entubamiento del agua de la mayoría de los manantiales y ríos del sur de la ciudad a finales del siglo XIX y principios del XX, se afectó el nivel del canal de La Viga – así como el de Bucareli y el de la Ciudadela entre otros – estancando sus aguas al cortar el suministro de las corrientes que lo alimentaban (Peralta, 2009).

La ciudad siguió su crecimiento acelerado y en 1925, la Ciudad de México ya contaba con un millón de habitantes y se extraía de los manantiales de Xochimilco un caudal de tres mil litros por segundo. Para inicio de la década de los treinta, los manantiales de Xochimilco comenzaron a agotarse debido a la extracción irracional del agua, por lo que se comienzan a buscar otras fuentes.

En 1930 se promueve la primera Ley General de Planeación de la República con un criterio funcional y formal. Esta ley se enfoca en la construcción de vías como el periférico, el circuito interior y el entubamiento de ríos como el Consulado y La Piedad para convertirlos en vías rápidas priorizando así el uso del automóvil.

Imagen 15. Comparativa entre los años 1500 y 1915 de la pérdida de cuerpos de agua en la Cuenca de México.



FUENTE: Adaptación de Camarillo Sarabia, Maurer Walls, & Ulacia Balmaseda, (2014).

A partir de aquí se inician los datos que se compararán con los resultados del estudio con los Indicadores de Cambio Climático, por lo que es importante hacer énfasis en los hechos que lograron un cambio en la estructura física ambiental de la Cuenca de México, especialmente lo relacionados con los cambios en los materiales de la superficie de la tierra y con su ciclo hidrológico.

Entre 1930 y 1940 la Ciudad de México duplicó su población en tan solo diez años, con lo que se agravan los problemas de abastecimiento de servicios de toda índole, sobre todo de drenaje y agua potable. Es aquí cuando se inicia la construcción del sistema Lerma y la perforación de pozos profundos en busca del vital líquido.

En 1947 se construyen los primeros conjuntos urbanos de departamentos al estilo europeo creados en la ciudad con fines populares. Inician las invasiones de terrenos ejidales y particulares de la Ciudad de México. Se inauguran mercados, centrales de autobuses, hospitales, jefaturas de policía, tránsito y bomberos, universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México, mercados como el de La Merced, aeropuertos como la Base Militar de Balbuena, etc., para cubrir las necesidades de la creciente Ciudad de México (Tovar de Arenchederra, I., 1994, Hernández Franyuti, R., 1997, Sánchez G. et al., 2003).

Estos hechos y una serie de inundaciones graves sufridas por los pobladores de la ciudad en los años 1941, 1942, 1944 y 1959, aceleran la construcción de los colectores y alcantarillados

El canal de la Viga terminó por desaguarse y convertirse en depósito de desechos de todo tipo, incluyendo lirio acuático y animales muertos, por lo que fue considerado de alto riesgo para la salud de la población lo que provocó que en 1940 comenzara a ser rellenado y, para 1957, pavimentado, con un gran deterioro al sistema hidrológico de la cuenca (Peralta, 2009).

Entre el desecamiento de canales, entubamiento de ríos y ampliación de vialidades se favoreció el crecimiento de la Ciudad de México. Tal es el caso de la ampliación de la calzada de Tlalpan en la década de 1940, llamada en la antigüedad Calzada de Iztapalapa, o de Xochimilco o de Coyoacán (Hinojosa, 2016), que facilitó el acceso de familias adineradas a zonas boscosas, pero también alentando el crecimiento de la ciudad y la deforestación de los bosques, tan altamente cotizados (Sánchez, 2007).

La ciudad continúa su crecimiento acelerado con la construcción y posterior ampliación del Anillo Periférico y el Viaducto, que habían sido diseñadas en 1925 por el arquitecto Carlos Contreras, aunque su construcción no se realizó hasta 25 y 32 años después, respectivamente, durante el mandato de Plutarco Elías Calles. otra vialidad que permitió el acceso hacia el sur de la ciudad, con lo que se fomenta que miles de personas pudieran tomar la decisión de ubicar sus viviendas en zonas antes consideradas alejadas o inaccesibles, disparando la urbanización hacia el sur de la ciudad, lo que se dio de forma incontrolada y desordenada, y propició la invasión de tierras arboladas, pastizales y humedales necesarios para el funcionamiento ambiental de la Cuenca de México (Legorreta, 2002).

Es importante comentar que el proyecto original no contemplaba el entubamiento de los ríos, por el contrario, planteaba "...arreglar y ampliar los cauces del Río Consulado y del río La Piedad, convirtiéndolos en vías-parques y arterias..." (Legorreta, 2002), lo que hubiera sido menos invasivo y más sustentable.

EL crecimiento de población seguía en aumento y de modo cada vez más acelerado. La Secretaría de Gobernación informa que la población creció de 1.7 millones de habitantes en 1940 a 2.9 millones en 1959, en sólo 10 años.

La Ciudad de México seguía creciendo y los manantiales de Xochimilco se secaban, por lo que fue necesario buscar nuevas fuentes de abastecimiento de agua fuera del Valle de México así que en 1942, se iniciaron las obras para traer agua de los manantiales de la zona del Alto Lerma y la perforación de pozos profundos y se continuó con la búsqueda de soluciones para controlar las inundaciones que sufría la ciudad (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2007: 21).

Como comentario general en este periodo de crecimiento urbano, se advierte que aunque la urbanización aún no llega a Xochimilco, se observa que la explotación de recursos naturales de esta zona por parte de la ciudad es desmedida, especialmente del recurso del agua, pero además se están sentando los precedentes que terminarán por conurbar esta zona a la Ciudad de México.

En este contexto, en los años setenta se determina la construcción del Drenaje Profundo, que es inaugurado la mañana del 9 de junio de 1975 por el presidente Luis Echeverría Álvarez (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2007).

Con el tiempo se tuvieron que construir otras dos obras hidráulicas, el Emisor Poniente y el Central, que ya han sido rebasados también. Actualmente, contra toda lógica, debido a la poca efectividad de los emisores construidos, se está edificando una nueva obra: el Emisor Oriente, que al igual que los otros dos y que el Sistema de Drenaje Profundo, desembocará al río Tula para, a través de él, desaguar en el Golfo de México (SEMARNAT, 2007).

Los problemas relacionados con el agua siguen creciendo. Los esfuerzos por abastecer con agua potable a la ciudad, debido al desconocimiento del funcionamiento y estructura de la Cuenca de México, comienzan a reflejar los problemas ocasionados en su estructura natural. El constante bombeo del agua subterránea provocó el hundimiento de la ciudad que se venía desarrollando desde 1856, ya visible para mediados del siglo XX.

La construcción de infraestructura vial que comunicó el centro con los bordes de la ciudad es una de las causas que impulsó el desplazamiento de población hacia las delegaciones periféricas, que han mostrado un crecimiento mucho más acelerado que las delegaciones centrales, y causan una enorme presión sobre los recursos naturales y los pueblos que habitaban esos territorios (Jóvenes en Resistencia Alternativa, 2009).

A mediados del siglo XX el Modelo de Industrialización Sustitutiva – que es como se conoce al impacto que se genera en México como resultado de la Revolución Industrial –, con la llegada de las máquinas y grandes fábricas que cambiaron los sistemas productivos, trae un crecimiento económico a la ciudad, empero también acelera el deterioro ambiental, como sucedió en muchas otras partes del mundo (Becerril, 2012).

En este siglo se instala la luz eléctrica en la Ciudad de México, llega el automóvil, se construyen la red de ferrocarriles, el tren suburbano y los tranvías, lo que acelera el crecimiento de la ciudad al mejorar las infraestructuras y vías de comunicación que permiten a los pobladores desplazarse hacia lugares cada vez más alejados del centro con facilidad (Becerril, 2012).

Durante la década de los sesenta se anexan a la Ciudad de México las delegaciones de Cuajimalpa, Tlalpan y Xochimilco y los municipios de Naucalpan, Chimalhuacán y Ecatepec del Estado de México (Graizbord y Salazar, 1987).

En esta década se inicia la construcción de grandes avenidas como Insurgentes y el Anillo Periférico en 1962, que se continua después hasta Xochimilco como preparación para la celebración de los Juegos Olímpicos que se celebraron en esta ciudad en 1968. También para este evento internacional se construyeron varias instalaciones e infraestructuras en la ciudad, algunas de éstas se ubicaron en el sur de la ciudad: la Pista de Remo y Canotaje, Virgilio Uribe en Cuemanco, Xochimilco; el Estadio Olímpico Universitario en Ciudad Universitaria; la Villa Olímpica, Niño Artillero Narciso Mendoza en Coapa y las Villas Olímpicas, Libertador Miguel Hidalgo en Tlalpan (Graizbord y Mina, 1995).

Para conectar estas instalaciones con la ciudad, además de la ampliación del Anillo Periférico hasta Cuemanco, se construyeron vialidades como Viaducto Tlalpan, Acoxpa y Prolongación División del Norte (Graizbord y Mina, 1995).

Esto disparó el crecimiento de la Ciudad de México hacia nuevas zonas en el sur de la ciudad y para 1970 la Secretaría de Gobernación informa que la Ciudad de México ha alcanzado los 9.4 millones de habitantes, aumentando 6.5 millones en 20 años (como ya se dijo, había 2.9 millones en 1950).

Al llegar al año 1970 cierra el primer período de estudio con los Indicadores de Cambio Climático y se pueden realizar los primeros análisis al cotejar los hechos referidos hasta ahora con la imagen que se muestra de la Cuenca de México donde se observa que los lagos se han desecado hasta casi desaparecer (Imagen 16). También se observa como los asentamientos humanos representados en color gris se localizan alrededor de Xochimilco.

En cuanto a lo que sucede con el clima en la zona de estudio, antes de 1970 los indicadores climáticos muestran un comportamiento muy diferente a las décadas posteriores, sin embargo, debido a que la urbanización alcanza la zona de Xochimilco cerca del inicio de los años setenta y los efectos se perciben no en el momento de la urbanización sino en los años posteriores, es posible observar cómo se comportaba la temperatura antes de la urbanización, lo que permitirá después analizar con claridad los cambios que se van presentando conforme la urbanización avanza en Xochimilco.

En las gráficas de temperaturas mínimas (gráfica 41) y máximas (gráfica 42) para el periodo de 1921 a 1970, se observa que las temperaturas tienen una correlación negativa con valor de  $r = 0.256$  para la temperatura mínima y  $r = 0.426$  para la máxima y la tendencia en la prueba Mann-Kendal para el periodo de 1954 a 1970 (recordar que esta prueba no permite datos intermitentes, por lo que los primeros años deben eliminarse) es de  $-2.27$  para las temperaturas mínimas y de  $-2.51$  para las máximas.

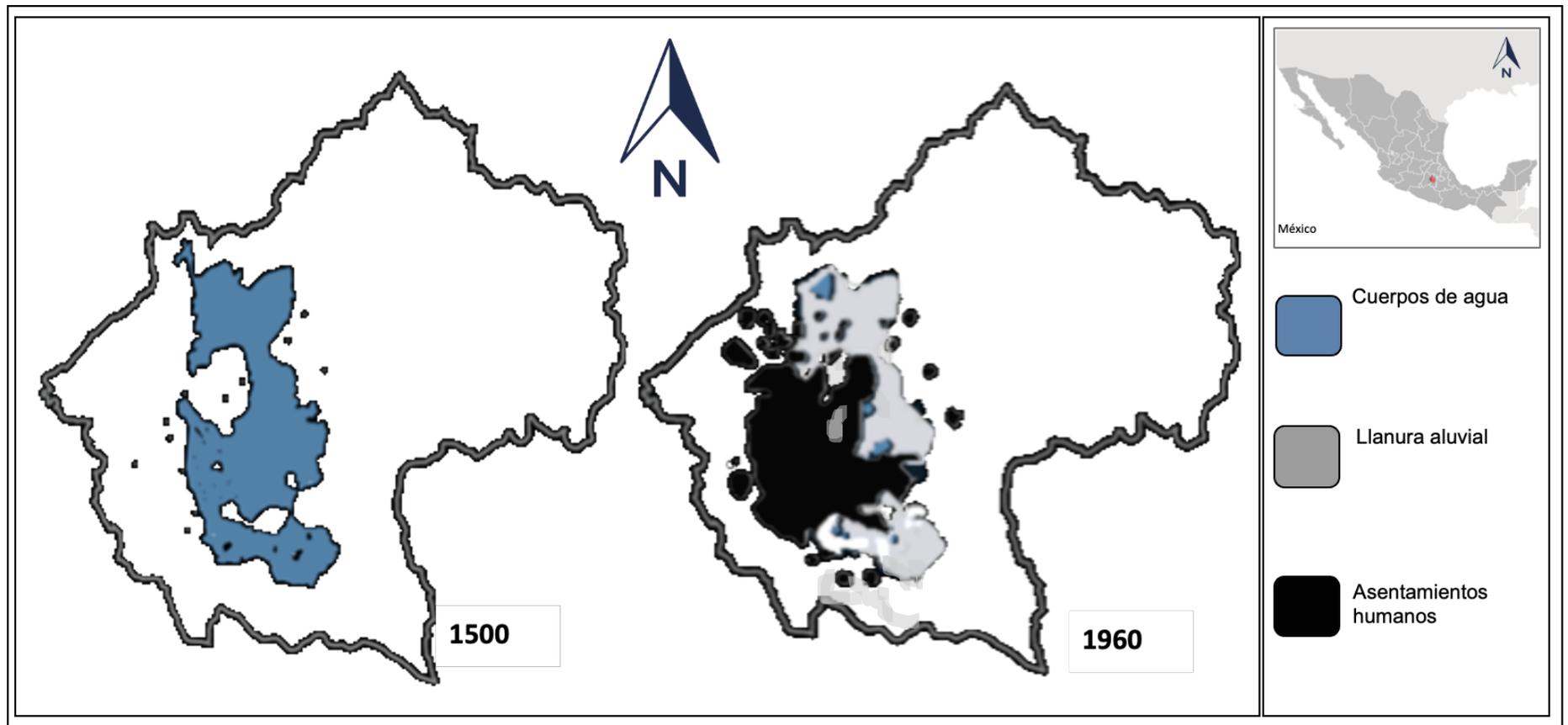
En este momento, no se aprecian cambios significativos en el comportamiento, existe una tendencia negativa que indica el descenso de la temperatura media tanto mínima como máxima. Sin embargo, estas dos gráficas por sí solas sólo son la base para la comparativa de las gráficas de las décadas posteriores con las que se podrá establecer el comportamiento climático con relación al crecimiento de la ciudad hacia la zona de estudio.

Para finales de los años setenta el 95% de la población se encontraba concentrada en las delegaciones de Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Iztacalco, Iztapalapa, Coyoacán, Álvaro Obregón y cuatro nuevas delegaciones (Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo y Benito Juárez), mientras que solo el 5% restante se encontraba en los núcleos rurales de la urbe: Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, delegación que fue conurbada con la ciudad en la década de los sesentas. A estas últimas se les consideraba como suburbios salvo a Milpa Alta, que estaba muy alejada de la ciudad (Cervantes, E., 2003).

La construcción de fábricas y ferrocarriles, la migración del campo a la ciudad y el inicio de la priorización del automóvil con el entubamiento de ríos y construcción de grandes avenidas, acrecientan el deterioro ambiental, que se suma al problema del agua y la tala de bosques el de la polución del aire (De Anda Tenorio, 2004).

Para finales del siglo XX, la ciudad sufre de hundimientos de seis a siete centímetros al año en la zona del centro histórico, pero en otras zonas al sur de la ciudad, el hundimiento es mucho más alarmante, como en Coapa y Ecatepec que se hunde un promedio de veinte centímetros al año; en Chalco, treinta centímetros y en el Peñón del Marqués, cuarenta centímetros anuales (Lesser, 1998: 16); un estudio publicado por ingenieros de la UNAM en 2006 revela que este último actualmente está presentando hundimientos de hasta 70 centímetros al año (Aguilar, A.; Ortega, A. Lugo, J. y Ortiz, D. 2006).

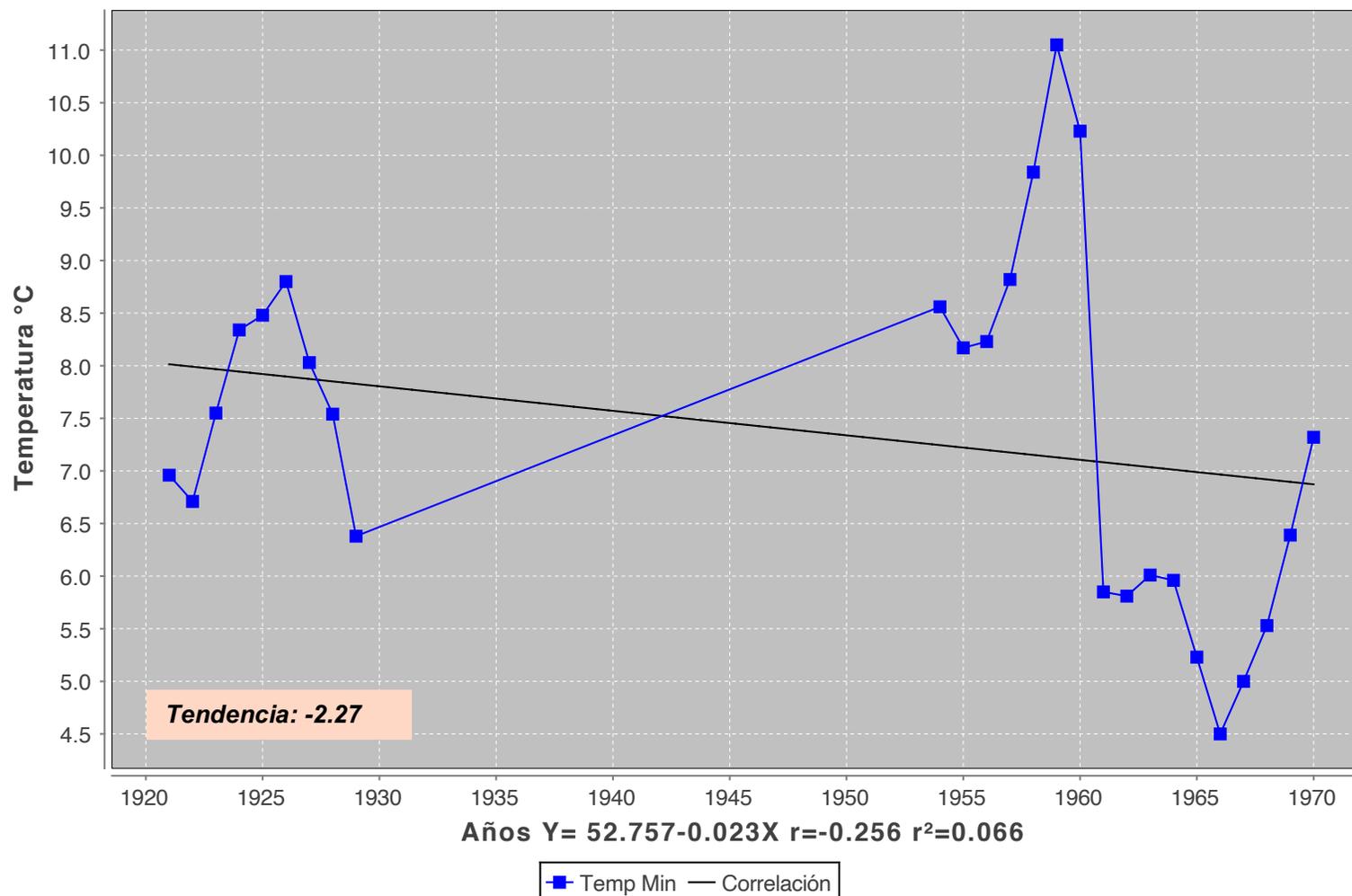
Imagen 16. Comparativa entre los años 1500 y 1960 de la pérdida de cuerpos de agua en la Cuenca de México.



Fuente: Adaptación de Camarillo Sarabia, Maurer Walls, & Ulacia Balmaseda (2014: 43).

Gráfica 41. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1970 para la temperatura mínima.

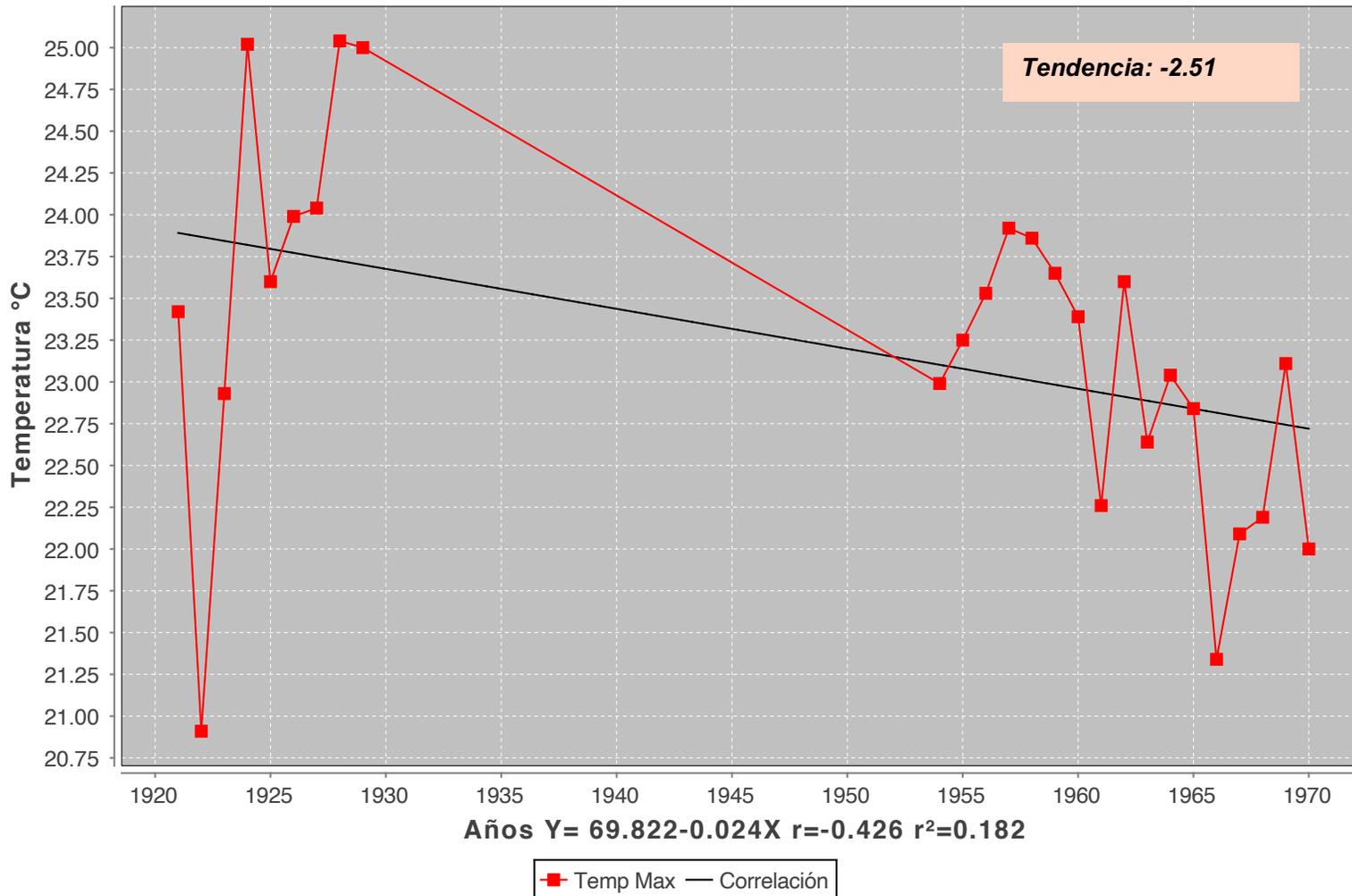
### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 1970



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoquarda y ENP1.

Gráfica 42. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1970 para la temperatura máxima.

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 1970



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Movoquarda y ENP1.

La década de los setenta constituye un parteaguas en el deterioro ambiental de los ecosistemas chinamperos. Por un lado, la zona es alcanzada por la mancha urbana; pero por otro lado, se presenta un evento decisivo en el deterioro de los ecosistemas chinamperos: la introducción de la carpa y la tilapia en sus canales. Esto se da como parte de un programa con fines de extensión piscícola del gobierno federal a cargo del Fideicomiso para el Desarrollo de la Flora y Fauna Acuáticas (FDEFA) con la idea de fomentar la economía con un producto relativamente sencillo de producir, de rápido crecimiento y con un mercado sólido (Von Bertrab, 2013).

De esta forma es introducida la tilapia y la carpa a los canales de Xochimilco y Tláhuac con gran éxito. Los peces proliferaron hasta llenar los canales y rápidamente se hizo evidente el impacto en los ecosistemas. Hay una relación entre la introducción de estas especies a principio de los setenta y la desaparición de especies nativas como ranas, tortugas, jaboneras, sanguijuelas y amemecas y la reducción de las poblaciones de ajolotes y acociles para 1980, menos de diez años después (Von Bertrab, 2013). El programa fue un éxito, pero el deterioro ecosistémico ha sido enorme y sumado a las presiones urbanas, pone en riesgo la supervivencia de todo el sistema.

El crecimiento constante de la ciudad, impulsado por los modelos de urbanización desarrollados en las últimas décadas, fue invadiendo poco a poco las zonas agrícolas. Las economías rurales locales, las formas político-culturales de los pueblos originarios, la relativa desconexión del resto de la ciudad y los límites físico-geológicos habían permitido hasta ese momento sostener territorios hasta cierto punto con poco influjo de la ciudad en crecimiento, protegiendo parcialmente el hábitat, los recursos naturales y la estructura comunitaria en los pueblos.

Sin embargo, esta urbanización terminó por alcanzar a los antiguos pueblos y la progresiva sustitución del cultivo tradicional por agroindustria, así como el inicio y desarrollo de la industria inmobiliaria como uno de los pilares de la economía de la Ciudad de México que inició la intervención en el sur con proyectos de grandes conjuntos habitacionales en zonas que solían ser rurales, abre un elemento más de presión urbanizadora que empuja constantemente el desplazamiento de la población hacia los bordes urbanos, que propicia los asentamientos irregulares en zonas de reserva.

En la imagen 17, se observa la Cuenca de México en el año 1975 y se observa como la ciudad crece de forma acelerada y continua hacia el sur, donde se encuentra Xochimilco que ya un mayor asentamiento humano.

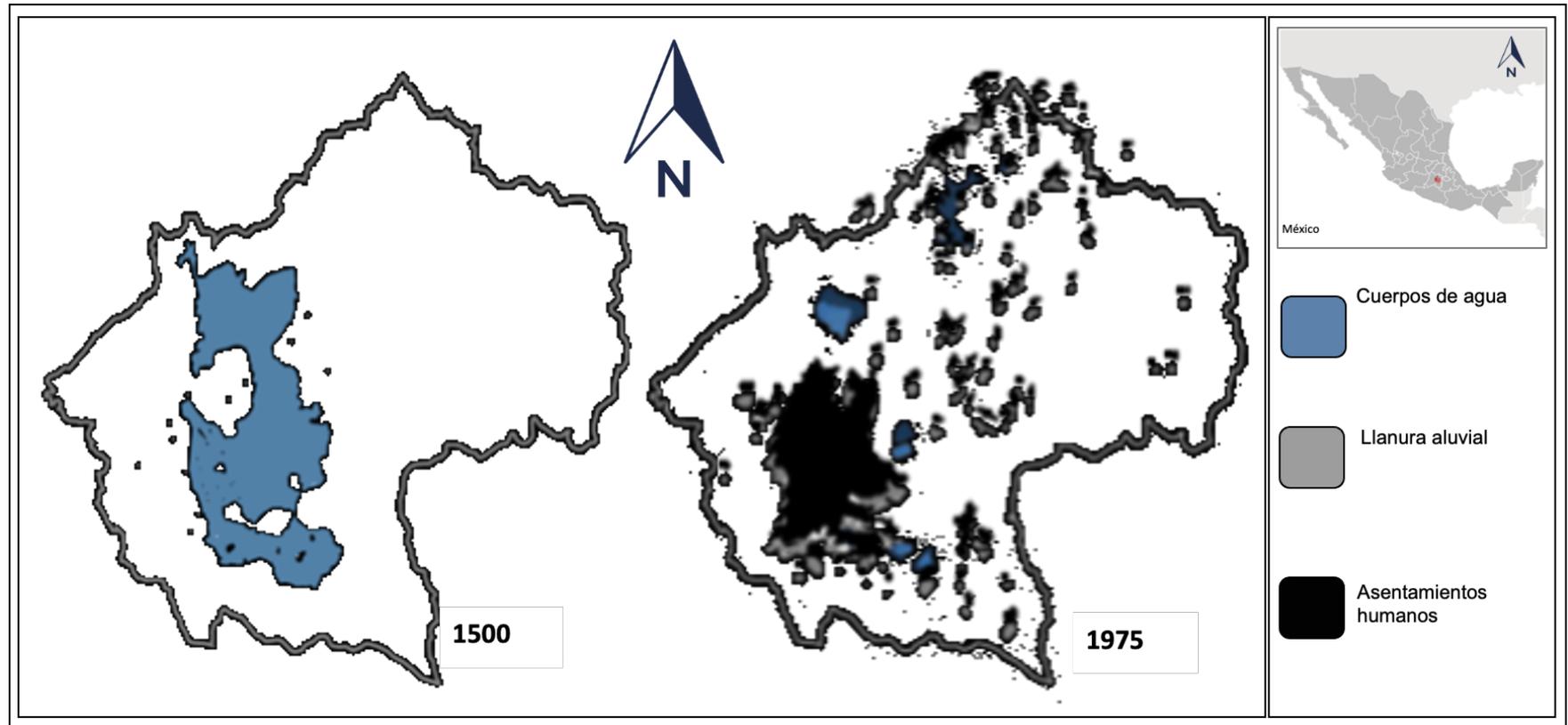
En cuanto al estudio climático, las gráficas muestran los primeros datos preocupantes. Al compararlas con las gráficas del periodo que termina en 1980, se observa un cambio tanto en la correlación como en la tendencia. En cuanto a la temperatura mínima la correlación sigue siendo negativa pero con mayor valor para  $r = -0.184$  (gráfica 43) y para la máxima en cambio, se obtiene una correlación positiva con valor para  $r = 0.198$  (gráfica 44).

Los datos aún no son alarmantes, pero se puede observar como las pendientes comienzan a volverse positivas; para 1990 son alrededor de dos décadas que la urbanización alcanzó a Xochimilco y ya se notan los cambios en el clima, con pendientes y tendencias que se empiezan a volver positivas.

La constante explotación de recursos, ha propiciado la disminución creciente del sistema lacustre del la Cuenca de México hasta casi la extinción. La extracción de agua de los manantiales de Chapultepec, Santa Fe y el Desierto de los Leones y, posteriormente, los de Xochimilco; los esfuerzos por reducir los niveles de los lagos para controlar las inundaciones; el crecimiento continuo de la ciudad con todas sus obras de infraestructura; la deforestación de áreas arboladas para la construcción de edificaciones y desarrollo urbano; y todos los hechos planteados hasta ahora, son parte de una problemática que ocasiona que actualmente solo queden algunos relictos lacustres como el del lago de Xochimilco, uno de los últimos vestigios de este sistema agroecológico único que data de la época mesoamericana. En la antigüedad se podían encontrar chinampas en todo el sistema lacustre que abarcaba aproximadamente la tercera parte de la cuenca de México (UNESCO México, 2014).

La historia de Xochimilco marca una constante resistencia a esta mentalidad y al cambio de sus costumbres y estructura socioeconómica. Primero, ante los culhuas y los aztecas, después hacia los españoles y a partir del siglo XIX, tuvieron que enfrentarse a las exigencias de una política que ha privilegiado desde entonces a la ciudad central.

Imagen 17. *Relación de los lagos con los asentamientos humanos en la Cuenca de México en 1975.*

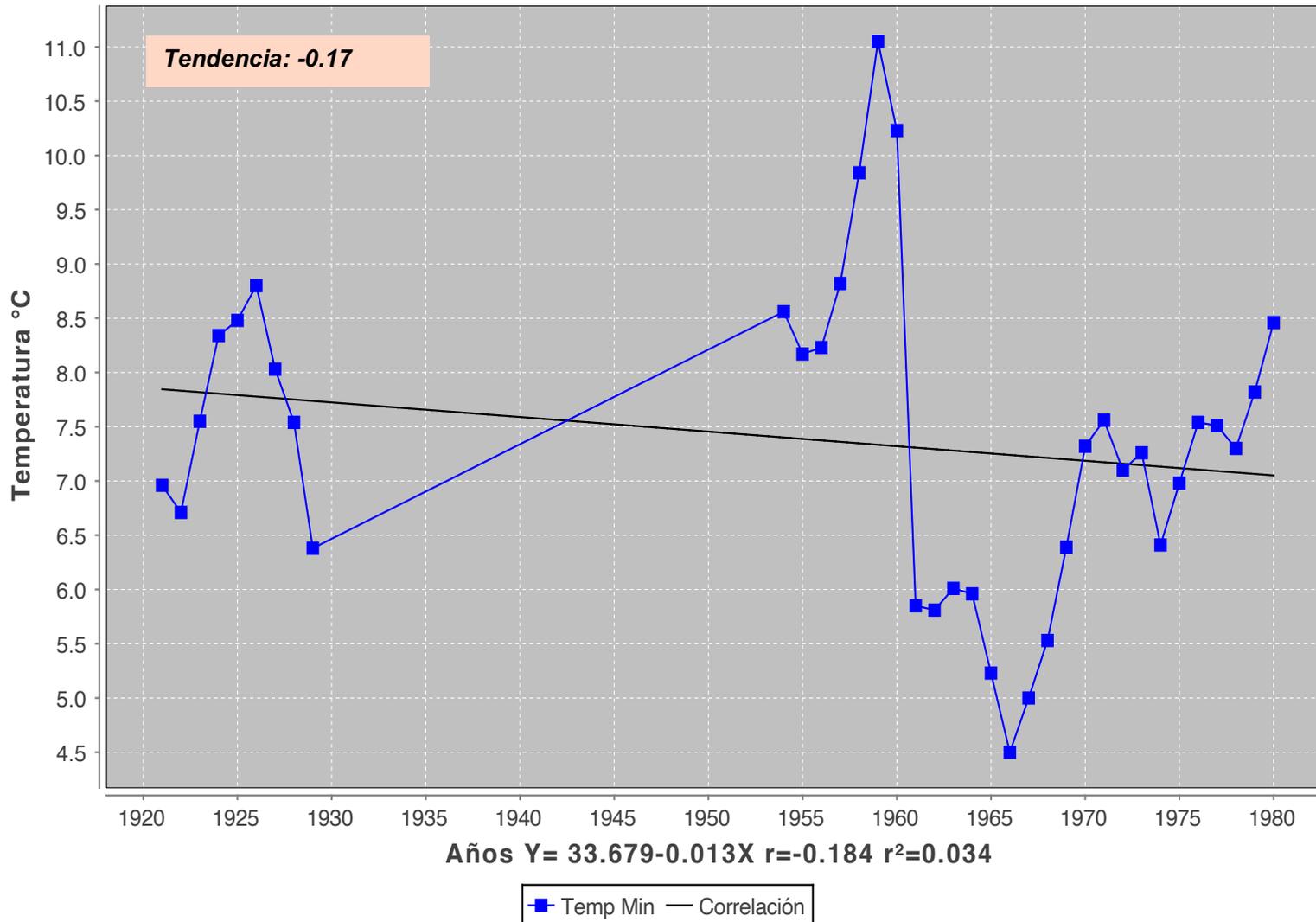


*Fuente: Adaptación de Camarillo Sarabia, Maurer Walls, & Ulacia Balmaseda (2014: 43).*

W

Gráficas 43. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1980 para la temperatura mínima.

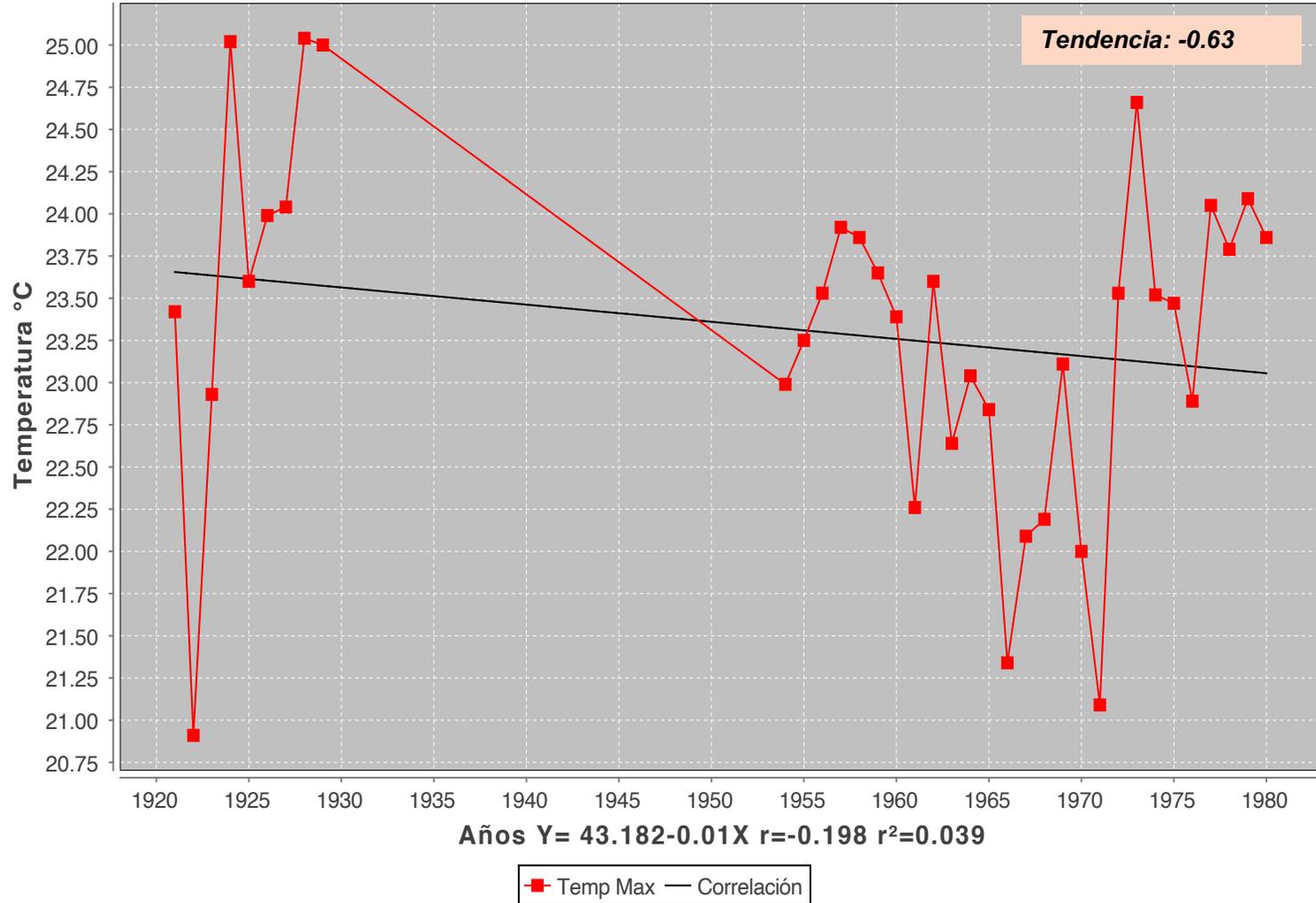
### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 1980



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coana. Movuauarda v ENP1.

Gráficas 44. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1980 para la temperatura máxima.

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 1980



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa. Movouarda v ENP1.

Como se ha expuesto, el crecimiento de la mancha urbana alcanzó a Xochimilco a finales de la década de 1960, y, aunque no ha logrado absorber sus espacios naturales y semiantropizados totalmente, las ha ido cercando, disminuyendo su área de producción chinampera al ceder poco a poco a la presión que la urbanización ejerce hacia el centro de la zona, lo que pone en riesgo sus espacios agrícolas chinamperos y sus ecosistemas (Distrito Federal, 2009).

Las acciones que se realizan para intentar restaurar los mantos acuíferos que alimentaban los canales, se basan en su mayoría en la infiltración de agua en las arcillas, en las tobas y en los basaltos, así como en el tratamiento de aguas negras para recarga de manantiales como el del Cerro de la Estrella. Sin embargo, el subsuelo, compuesto de arcillas, se ha compactado por lo que no se logra la absorción, por el contrario, en el caso de pozos de infiltración profunda, cuando están mal instalados, facilitan el flujo de agua hacia partes más profundas y con ello reducen la presión del agua intersticial, lo que provoca la consolidación de las arcillas e inducen asentamientos adicionales, que se traducen en más hundimientos (Sánchez, 2007).

En 1982 se aprueba el Plan Parcial de Desarrollo Urbano de Xochimilco, que plantea la política de conservación de la zona, pero no se logra detener el crecimiento urbano ni los asentamientos irregulares en zonas de conservación,

Después del sismo de 1985 se vivió un desplazamiento importante de población hacia Xochimilco proveniente de las colonias céntricas de la Ciudad de México, lo que aumentó la población de una zona que solía ser esencialmente agraria.

Otro problema que se hizo evidente después de 1985 fue la existencia de hundimientos diferenciales en la zona provocados por la extracción de agua subterránea, que aunque ya se había detectado antes, este problema se hizo evidente con el sismo al intensificarse la aparición en zonas con canales que se han secado y otras con inundación de chinampas, lo que ha generado la formación de nuevos cuerpos de agua como el del lago de San Gregorio que se ha venido formando espontáneamente desde hace varias décadas (González, A. 2016).

En esta década se designa la primera declaratoria con el fin de proteger toda la zona chinampera, que la nombra de Patrimonio Mundial de la Humanidad en 1987 (las cuales se estudiarán más a fondo en el siguiente capítulo) sin que hasta el momento hayan logrado frenar del todo el deterioro de la zona.

No se puede obviar que acciones como la intervención internacional de la UNESCO, al declarar la zona chinampera Patrimonio Mundial de la Humanidad, tiene la finalidad de proteger la zona, pero ha generado una serie de reacciones de escala local, nacional e internacional, y las relaciones que se forman con estos elementos producen como el incremento del turismo.

Para finales de la década de los ochenta, la población de Xochimilco se ha duplicado en un lapso de veinte años, creciendo de 116,493 habitantes en 1970 a 271,151 habitantes en 1990 (*tabla 10*) situación alarmante por la ocupación de áreas protegidas y la inminente destrucción del suelo agrícola y forestal.

Tabla 10. *Dinámica de población en la segunda mitad del siglo XX en Xochimilco.*

Año	Población	Porcentaje con Respecto al Distrito Federal	Tasa de Crecimiento de la Delegación Promedio Anual	Tasa de Crecimiento Distrito Federal Promedio Anual
1950	47,082	1.54%	1940-1950	1940-1950
1960	70,381	1.44%	1950-1960 (4.10)	1950-1960 (4.79)
1970	116,493	1.69%	1960-1970 (5.17)	1960-1970 (3.50)
1980	197,819	2.46%	1970-1980 (5.14)	1970-1980 (1.50)
1990	271,151	3.29%	1980-1990 (3.22)	1980-1990 (0.26)
2000	369,787	4.29%	1990-2000 (3.14)	1990-2000 (0.43)

*Fuente: Programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación de Xochimilco (2005).*

La biodiversidad de la zona chinampera de Xochimilco continúa siendo muy variada a pesar de la reducción de su hábitat, la contaminación, la invasión y el turismo desmedido. Los canales son el hogar de flora y fauna acuática consistente en peces, ajolotes, ranas, aves acuáticas endémicas y migratorias<sup>11</sup> que encuentran refugio y alimento en medio de la ajetreada metrópoli mexicana. (Stephan-Otto, 1998).

<sup>11</sup> Xochimilco se encuentra en una ruta importante de aves migratorias. A sus lagos llegan aproximadamente 90 especies distintas provenientes de Canadá y Estados Unidos. (Meléndez Herrada, 2012).

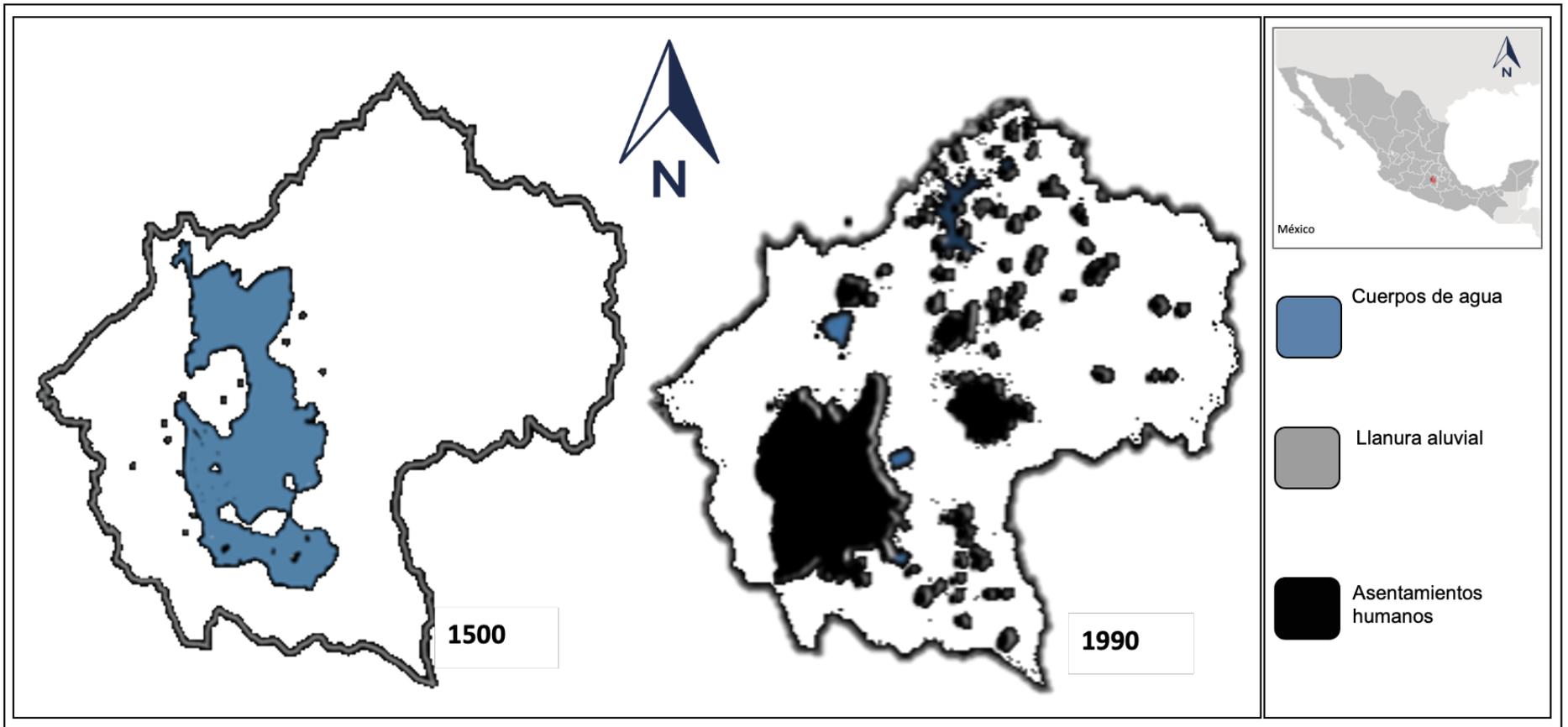
En 1990 el urbanismo alcanzó totalmente a Xochimilco (*Imagen 18*). La pavimentación y la construcción de viviendas y edificios con materiales de alta masa térmica que absorben la energía calórica solar y la invasión de chinampas y zonas naturales, empiezan a generar cambios en el clima de la zona a lo que se suman los asentamientos humanos y la contaminación que degradan los ecosistemas poniendo en riesgo a especies nativas. Esto se empieza a reflejar en los resultados del estudio con los Indicadores de Cambio Climático.

En las gráficas de temperatura obtenidas para esta década se comienzan a observar afectaciones en las temperaturas si se comparan con las de la década anterior. Para el año 1990 la tendencia de la temperatura mínima disminuye un poco a  $-0.76$  y se obtiene una correlación negativa a  $r = -0.049$  (gráfica 45) y en cuanto a la temperatura máxima, la tendencia aumenta drásticamente, rebasando el punto crítico, alcanzando  $2.62$  y el valor de la correlación se vuelve positiva con un valor de  $r = 0.038$  (gráfica 46). Esto a poco más de veinte años de que la urbanización llega a Xochimilco.

La zona recibe una nueva declaratoria, esta vez nacional, como Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica, publicada el 7 de mayo del año de 1992 en el Diario Oficial de la Federación. De esta forma la zona queda establecida como zona prioritaria de preservación y conservación del equilibrio ecológico y declarada como Área Natural Protegida, bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica (Gobierno del Distrito Federal, 2005).

La situación ambiental y la climática específicamente se vuelve más preocupante conforme se avanza en el estudio. Para finales del siglo XX la población de Xochimilco ha alcanzado 369,787 habitantes, continuando con el crecimiento acelerado manifestado en las últimas décadas (gráfica 47). De seguir la tendencia del crecimiento de población la alcaldía pronostica que para el 2035 la alcaldía de Xochimilco estaría teniendo alrededor de 900,000 habitantes (gráfica 48), un número alarmante ya que los ecosistemas no podrían tener tanta capacidad de carga para soportarlo y los sistemas estarían colapsando ante esta situación.

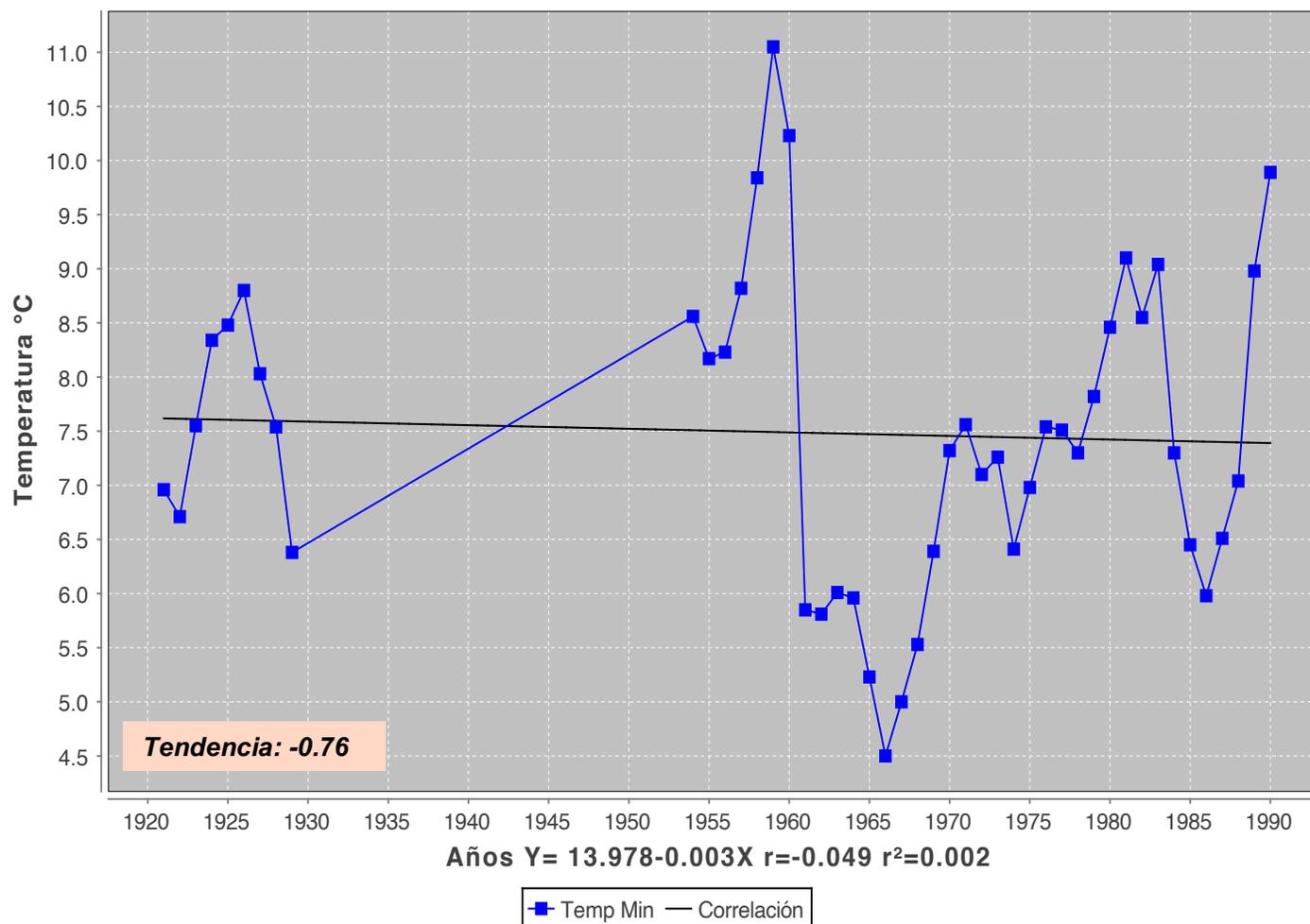
Imagen 18. *Relación de los lagos con los asentamientos humanos en la Cuenca de México en 1990.*



Fuente: Adaptación de Camarillo Sarabia, Maurer Walls, & Ulacia Balmaseda (2014: 43).

Gráficas 45. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1990 para la temperatura mínima.

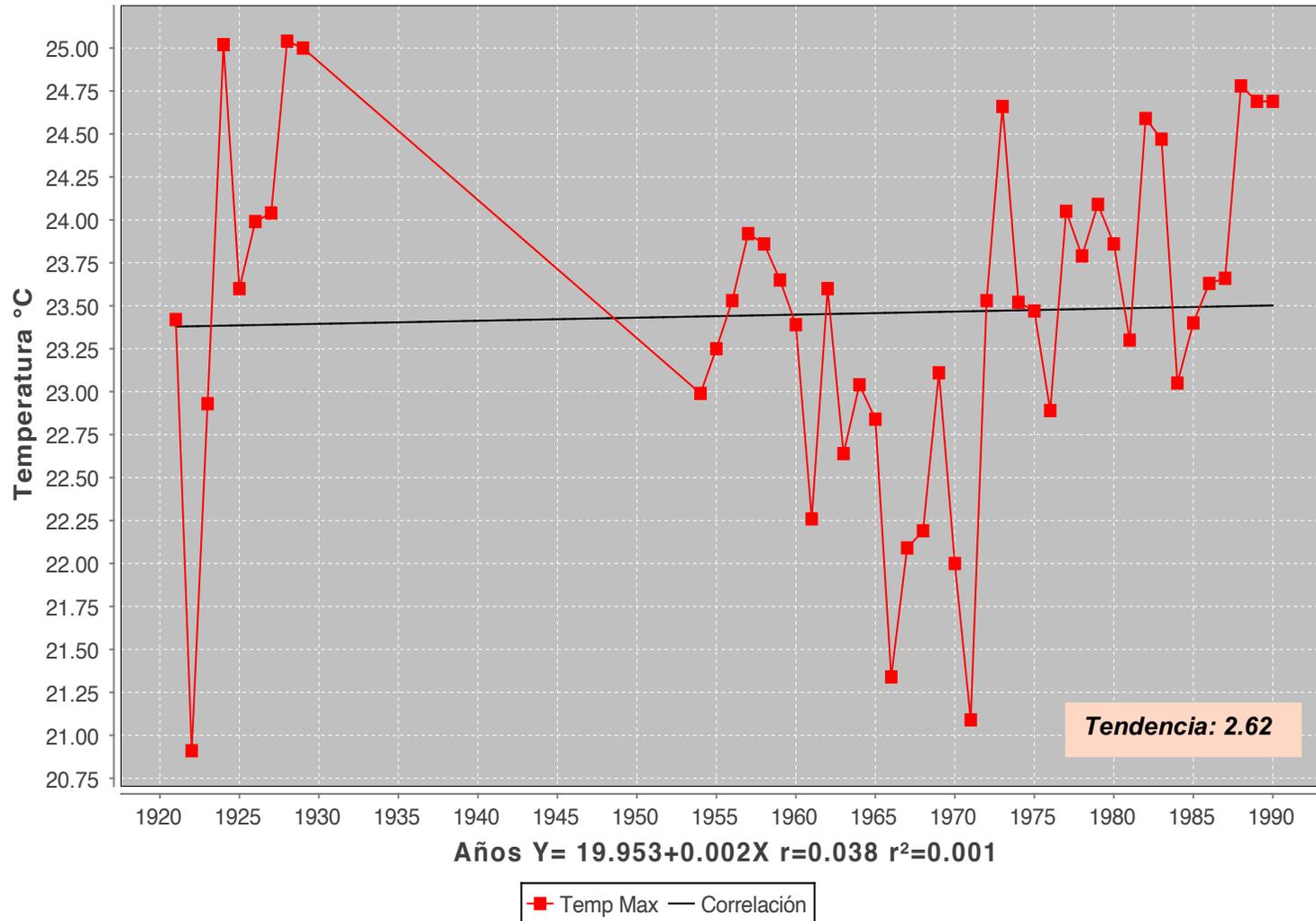
### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 1990



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa. Movoacuarda v ENP1.

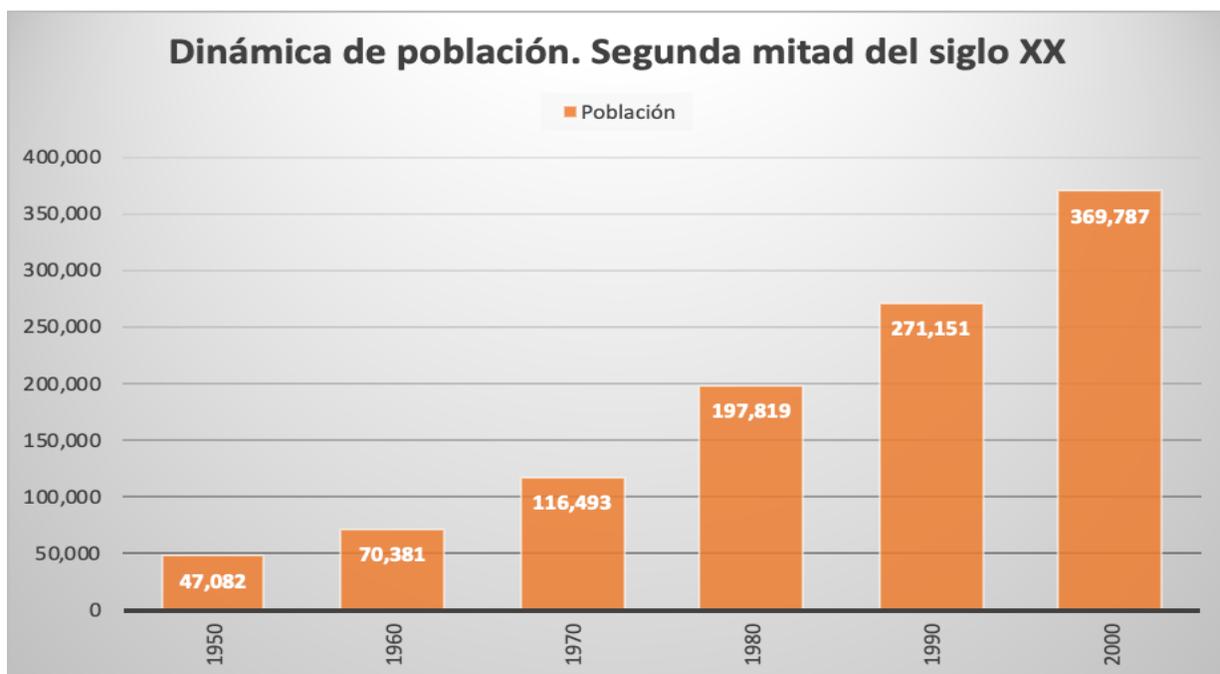
Gráficas 46. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1990.

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 1990



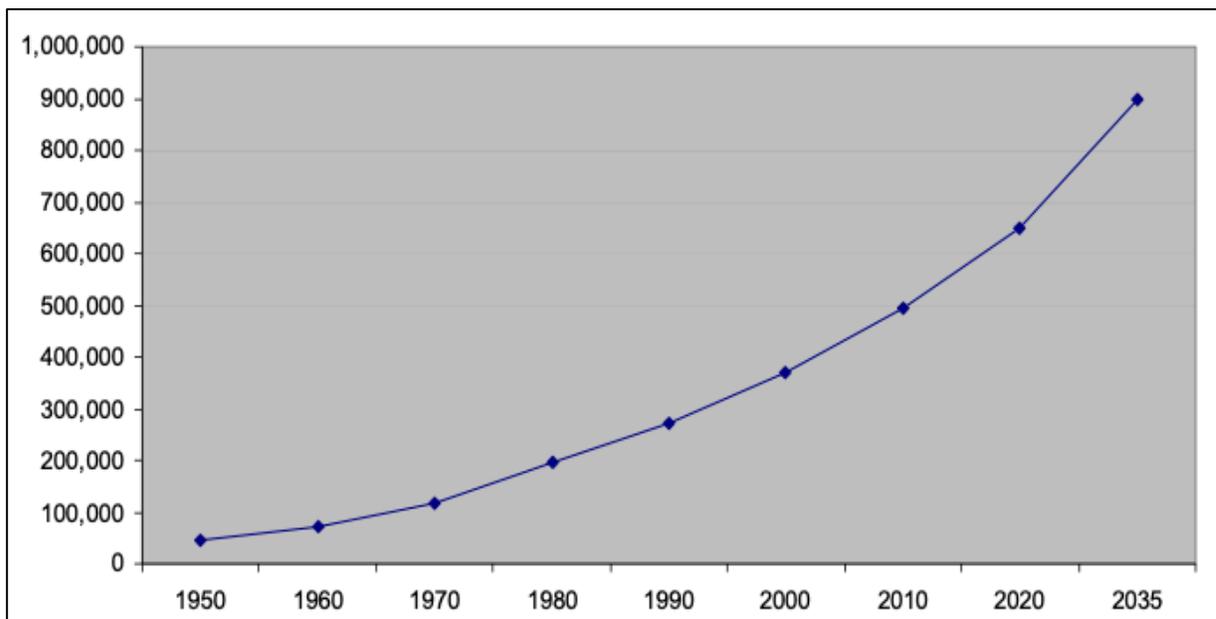
Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráficas 47. Dinámica de población en la segunda mitad del siglo XX en Xochimilco.



Fuente: Elaboración propia con datos del Programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación de Xochimilco (2020).

Gráficas 48. Tendencia de crecimiento de población en la Alcaldía de Xochimilco.



Fuente: Programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación de Xochimilco (2005).

Para principios del siglo XXI, la ciudad se ha extendido al punto que se hace necesario delimitar en la primera década de este periodo, la Zona Metropolitana del Valle de México, que comprende 56 municipios de tres entidades federativas, por a la extensión que ha alcanzado a la ciudad.

En la primera década del siglo XXI se lleva a cabo una gran obra de infraestructura vial y se construyen los segundos pisos del periférico, continúa la tendencia de privilegiar el uso del automóvil.

Se alienta también a la industria inmobiliaria mediante las Normas Generales de Ordenación 26, 30 y 31, donde se promueve la Ciudad compacta y se desarrolla el Boom inmobiliario que provoca un desequilibrio en los precios del suelo.

En el 2000 otra declaratoria de protección para Xochimilco es publicada por parte del Gobierno del Distrito Federal – ahora Ciudad de México –, la zona es ya Área de Suelo de Conservación 2000 debido a su importante riqueza en diversidad biológica, en plantas vasculares, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, misma que determina la relevancia de su aporte en servicios ambientales fundamentales para la Ciudad de México.

En el 2005 el gobierno de Xochimilco admite en su Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para Xochimilco que “La porción sur de la Delegación de suelo de producción agrícola y de conservación, es de relevante importancia en la recarga del acuífero del Valle de México y en la conservación del medio ambiente del Distrito Federal...” y además declara que ésta “...está, y seguirá perdiendo rápidamente superficie, tanto por el abandono de la actividad agropecuaria, como por el crecimiento de los asentamientos irregulares” (Gobierno del Distrito Federal, 2005).

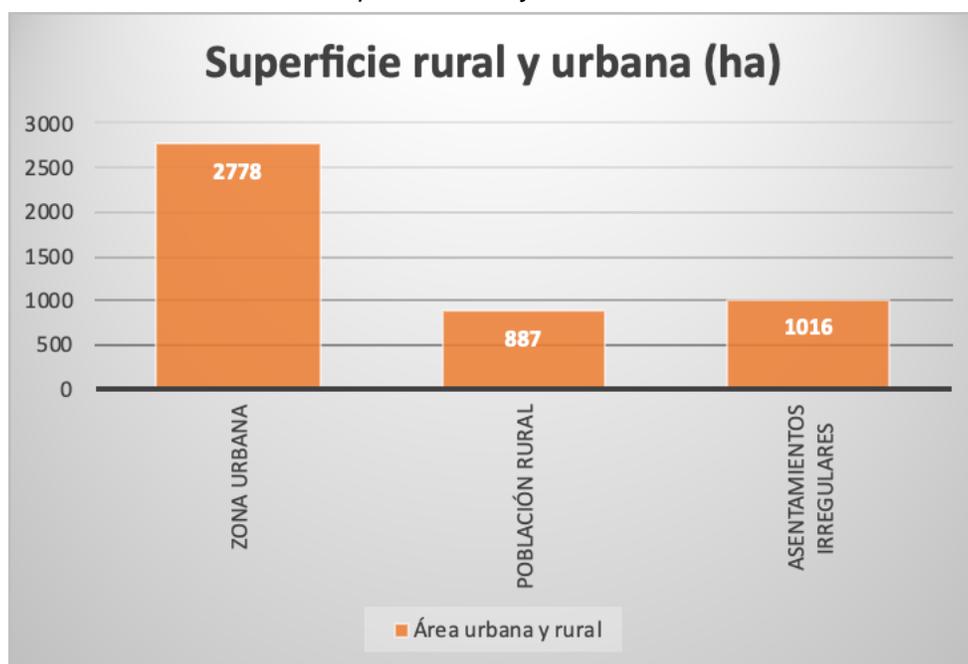
En este programa se presenta también una relación entre el área urbana y el área rural y se agrega el área de asentamientos irregulares registrados (*Tabla 11*). Al traducir estos datos a una gráfica, se percibe claramente la extensión del territorio que ha sido ocupada por la urbanización y la reducción de las áreas con población rural (*gráfica 46*) y el riesgo que representa para la zona chinampera los asentamientos irregulares, no tanto por su extensión, sino por el número de habitantes que contiene (*gráfica 47*).

Tabla 11. Poblamiento por áreas para el año 2000.

Área	Superficie Total (ha)	Densidad Urbana (hab/ha)
Zona Urbana	2778	84.4
Poblados rurales	887	75.0
Asentamientos irregulares	1016	167.8
Total Delegación	12,517	132.2

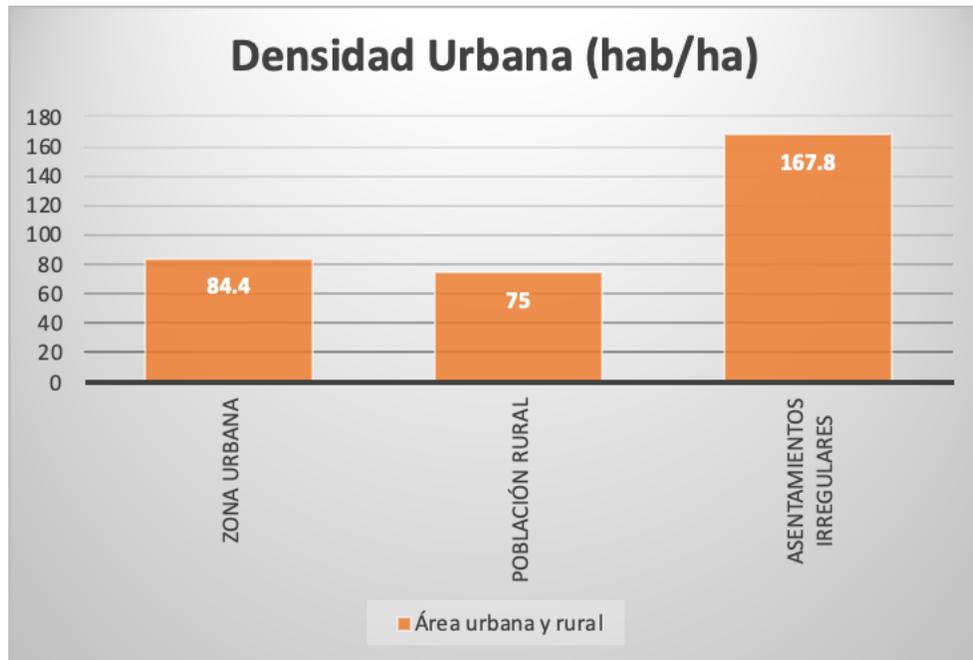
Fuente: Elaboración propia con datos del Programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación de Xochimilco (2005).

Gráficas 49. Superficie rural y Urbana en el 2000.



Fuente: Elaboración propia con datos del Programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación de Xochimilco (2020).

Gráficas 50. *Densidad Urbana en el 2000.*



*Fuente: Elaboración propia con datos del Programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación de Xochimilco (2020).*

Las vialidades se han vuelto un problema para la alcaldía. Xochimilco cuenta con dos vialidades principales para comunicarla con la ciudad: Av. Prolongación División del Norte y la Calzada México – Xochimilco, ambas comunican con el periférico; la segunda comunica también con la Calzada de Tlalpan. Sin embargo, son insuficientes y generan congestión de autos que a su vez provoca que se emiten cada día grandes emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera a causa de los automoviles detenidos por el tráfico (Gobierno del Distrito Federal, 2005).

Aunado a esto, el desarrollo de delegaciones y municipios cercanos como Tláhuac, Milpa Alta y Chalco y otras localidades lejanas como Oaxtepec, Amecameca y Cuautla, han tomado el territorio de la Alcaldía Xochimilco como zona de paso o transbordo para continuar al interior del D.F. (Gobierno del Distrito Federal, 2005), utilizando estas dos vialidades principales.

El gobierno de la alcaldía es consciente de que esto se agravará por el crecimiento de la población, pero también por el aumento de flujo vial que se prevé para la carretera libre que conecta con Milpa Alta y Oaxtepec en el Estado de Morelos

A nivel internacional, ante el peligro al que se enfrenta la zona de humedales de Xochimilco, la Convención Ramsar declara en 2004 a esta zona área de Sitio Ramsar, bajo el concepto de que los humedales son importantes para la humanidad debido a los innumerables beneficios ecosistémicos que brindan a la humanidad, "...desde suministro de agua dulce, alimentos y materiales de construcción, el control de crecidas, recarga de aguas subterráneas, mitigación del cambio climático y biodiversidad, tan importante para el clima y la calidad del aire de la región..." con la consigna de que debe ser mantenida a salvo (RAMSAR, 2004).

Como ejemplo de la vulnerabilidad que vive la zona actualmente, en el último censo realizado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México (IIUNAM) (Iturbide Argüelles, 2015), se calcula que en la Zona Chinampera existen aproximadamente 5,200 descargas clandestinas de aguas negras y grises a los canales. Esto se debe de acabar, sin embargo, no se cambie la forma de percibir el ambiente no será posible detener el deterioro, mucho menos restaurarlo.

Lo preocupante es que, como se ha visto hasta ahora, conforme avanza el tiempo, se acelera y se agudiza la alteración de la estructura del territorio que ocupa el ser humano en la Cuenca de México, lo que explica, al menos de manera cualitativa, las alteraciones en cuanto a temperatura y precipitación percibidas por los habitantes de la Ciudad de México

La alcaldía reconoce que "Xochimilco ha agotado su espacio de crecimiento urbano, por lo que tendrá que cambiar en una buena parte, su modo de desarrollo urbano..." (Gobierno del Distrito Federal, 2005).

La distribución espacial de la población ha dado lugar a la incorporación de poblados tradicionales, creación de nuevos centros corporativos, construcción de distritos industriales y centros comerciales de dimensiones diversas. Los asentamientos irregulares y la corrupción de servidores públicos promueven el cambio de uso de suelo de áreas protegidas, situación que está afectando gravemente la zona sur de la ciudad.

Se adopta políticamente un discurso de derechos humanos, sustentabilidad y lucha contra el cambio climático sin que se vea reflejado en acciones reales que permitan mejorar la situación y cumplir con las metas establecidas por los acuerdos de las instancias internacionales que México ha firmado.

Las inundaciones y la falta de agua son hasta hoy uno de los principales problemas en la ciudad. La desigualdad en el acceso y uso de este recurso, mientras en zonas residenciales de ingresos altos el consumo puede alcanzar los 567 litros diarios por habitante, en colonias populares se consumen menos de los 80 litros diarios que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS).

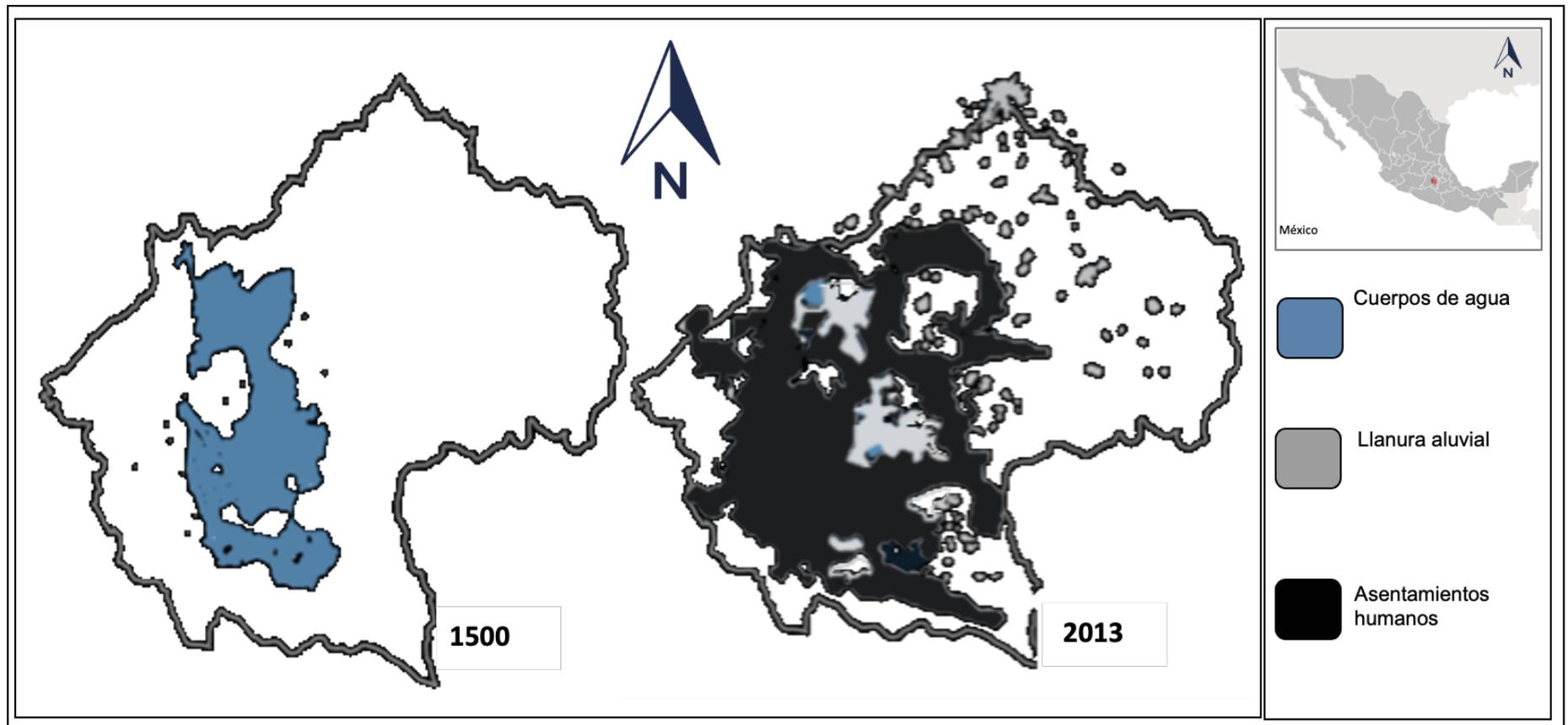
La ciudad se hunde y los mantos acuíferos se extinguen por la extracción del agua, que propicia la formación de grietas y fracturas en el subsuelo y que acrecienta la probabilidad de desastres en edificaciones ante un sismo, como se evidenció el 19 de septiembre de 1917.

La población de la gran metrópoli alcanza los 20.1 millones de habitantes en 2010, conteniendo el 25% de la población urbana del país y se reporta 1 563 km<sup>2</sup> de área urbana construida sobre zonas de recarga de acuíferos. (OMS, 2003, Distrito Federal, 2009, TGC Geotecnia, 2013, Iturbide Argüelles, 2015, Guillermo Aguilar, 2016, entre otros). Para el año 2013, la ciudad se ha extendido hacia el sur hasta rodear por completo la zona chinampera (Imagen 19).

En el curso de esta investigación, en el 2017 Xochimilco recibió una nueva declaratoria como Sistema de Patrimonio Agrícola Globalmente Importante (SIPAM). En ésta se reconoce a las chinampas como: "...un sistema vivo y en evolución de comunidades humanas en una relación intrincada con su territorio, paisaje cultural o agrícola o entorno social biofísico y más amplio" (GIAHS, 2017), en otro intento de detener el deterioro de la zona chinampera.

Aún así, como se ha estudiado hasta ahora, la inercia de la ciudad con todo lo que acarrea es un problema difícil de resolver. En el siguiente capítulo se estudiarán más a fondo cada una de las declaratorias que se han declarado para este sitio con el fin de entender la importancia que se le da a la zona en los diferentes niveles: local, federal e internacional.

Imagen 19. Relación de los lagos con los asentamientos humanos en la Cuenca de México en 2013.



Fuente: Adaptación de Camarillo Sarabia, Maurer Walls, & Ulacia Balmaseda (2014: 43).

Por lo pronto y para concluir con el análisis de este capítulo, se muestran las gráficas de las últimas dos décadas, donde se registran cambios significativos en las temperaturas, después de más de cincuenta años en que la urbanización llegó a Xochimilco.

Si se cotejan estos datos con los resultados de las pruebas de correlación de Pearson y las de Mann-Kendal para este periodo, se observa como, conforme la ciudad avanza hacia la zona de Xochimilco, los indicadores climáticos muestran valores cada vez más críticos.

Ya para el año 2000, los indicadores de temperatura registran un cambio significativo, especialmente en las temperaturas mínimas que muestran una tendencia ahora positiva que rebasa el límite crítico con un valor de 3.66 puntos y una correlación de Pearson con una correlación positiva con valor de  $r = 0.317$  (gráfica 47) y las temperaturas máximas ahora tienen una tendencia al alza de 4.94 puntos, muy por arriba del límite crítico. En cuanto a la correlación, la pendiente alcanza un valor positivo de  $r = 0.328$  (gráfica 48).

Para 2009, los asentamientos humanos continúan incrementándose en la zona natural protegida de Xochimilco, que había reducido su extensión de 2,657 hectáreas en 1992 a 2,522.43 en 2006 y para 2008 ya se había reducido a 2,344 hectáreas. Esto de manera oficial, pero la realidad es que el área natural protegida de Xochimilco se ve invadida constantemente por nuevos asentamientos humanos, acabando con áreas verdes y cuerpos de agua.

Para esta década las temperaturas siguen aumentando, registrando, para las temperaturas mínimas, una correlación positiva con un valor de  $r = 0.512$  en la prueba de correlación de Pearson y una tendencia al alza de 5.61 (gráfica 49) y, para la temperatura máxima, se obtiene una correlación positiva con valor de  $r = 0.251$  y una tendencia al alza de 3.51 (gráfica 50) que aunque es menor que en la década anterior excede en gran medida el límite crítico.

En la última década se tienen datos hasta el 2018 y se continúan obteniendo resultados preocupantes. Para el caso de las temperaturas mínimas, la prueba de correlación de Pearson arroja un valor de correlación positiva de  $r = 0.63$  y una tendencia al alza de 6.87 puntos (Gráfica 51), la más alta registrada de todo el estudio. Para este indicador y para la temperatura máxima se obtuvo una correlación positiva de  $r = 0.247$  y una tendencia al alza de 3.27 (Gráfica 52).

En esta última década, en el proceso de urbanización de Xochimilco han segado una parte importante de los canales y chinampas para crear vivienda e infraestructura urbana; la población crece y el turismo de trajineras y paseos por los canales va en aumento, activando la economía de la zona, pero en detrimento de los bienes naturales que mantienen los sistemas ambientales en funcionamiento, incluido el clima.

Los resultados muestran que las temperaturas mínimas están aumentando a mayor velocidad que las máximas, esto indica que el sistema manifiesta problemas para regular la temperatura, debido a que este proceso se lleva a cabo durante la noche.

Esto revela que la temperatura está registrando un cambio que tiene otros factores además del calentamiento global, ya que los resultados son mayores a los reportados por instancias internacionales como el IPCC y la NASA.

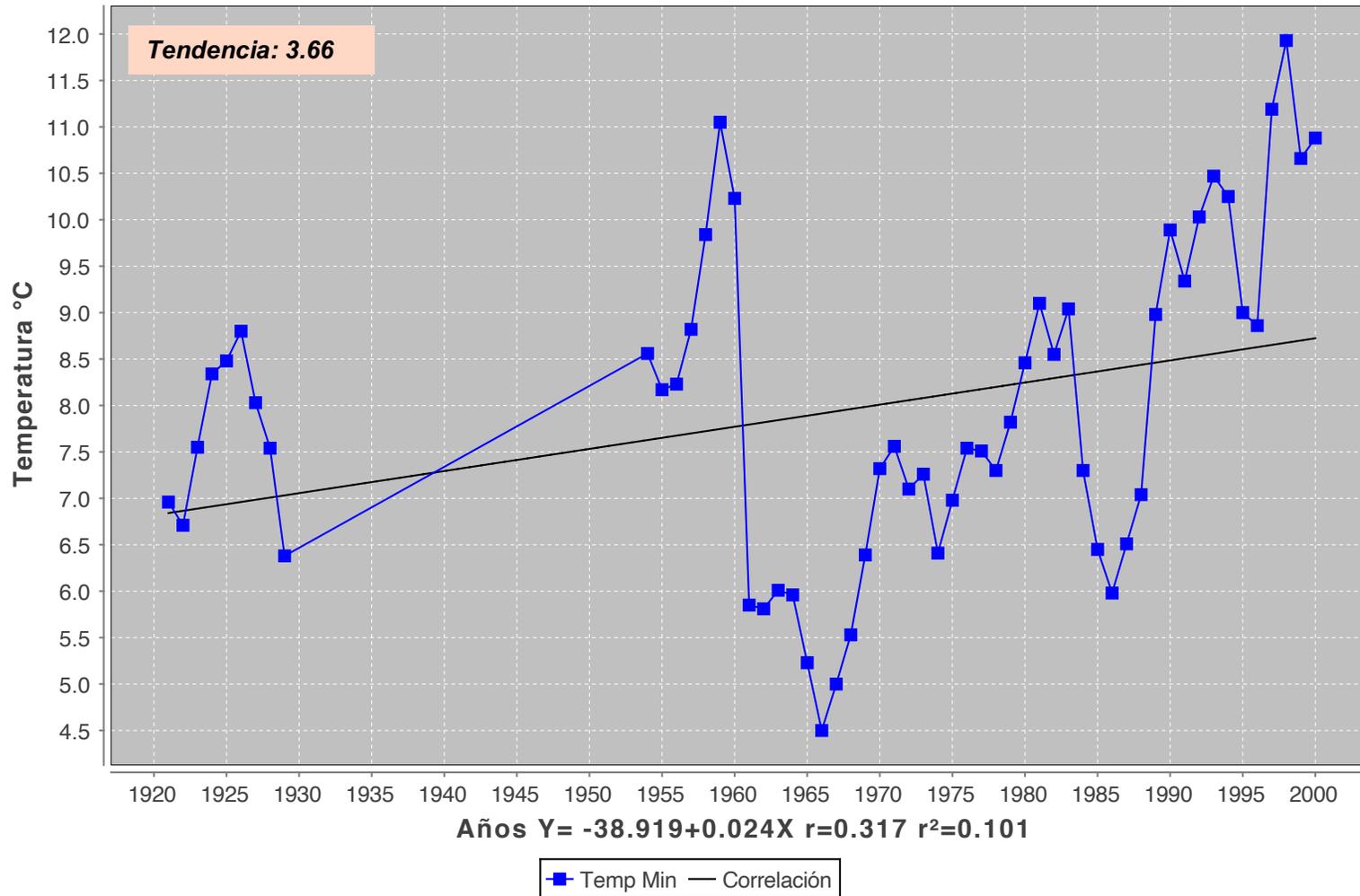
Actualmente la temperatura media mundial ha aumentado en 1,1 °C desde la era preindustrial y en 0,2 °C con respecto al período 2011-2015 (OMS, 2019). Sin embargo, como se vio en el capítulo I, la Sociedad Geológica Mexicana sugiere que la temperatura en la Cuenca de México ha tenido un aumento de más de 5 °C debido a la desaparición de los lagos (Ruiz-Angulo & López-Espinoza, 2015:17-18).

Estos datos se ven corroborados por los resultados de las pruebas de correlación de Pearson y Mann-Kendall presentados en este capítulo. Esto es una clara evidencia de que la problemática del cambio climático es un fenómeno global que produce a nivel local y, por tanto, es a nivel local que debe ser enfrentado, sin perder de vista la situación global.

En el siguiente capítulo se estudia el impacto que los modelos de urbanización, aquí presentados, han tenido en la Cuenca de México, especialmente las que han tenido un impacto sobre el sur de esta, donde se encuentra ubicada la zona chinampera. Se incluyen las declaratorias y recomendaciones de escala nacional e internacional y la forma como afectan éstas a la implementación de acciones en Xochimilco mientras intervienen actores ajenos en la región, que muchas veces desconocen el funcionamiento del lugar.

Gráficas 51. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2000 para la temperatura mínima.

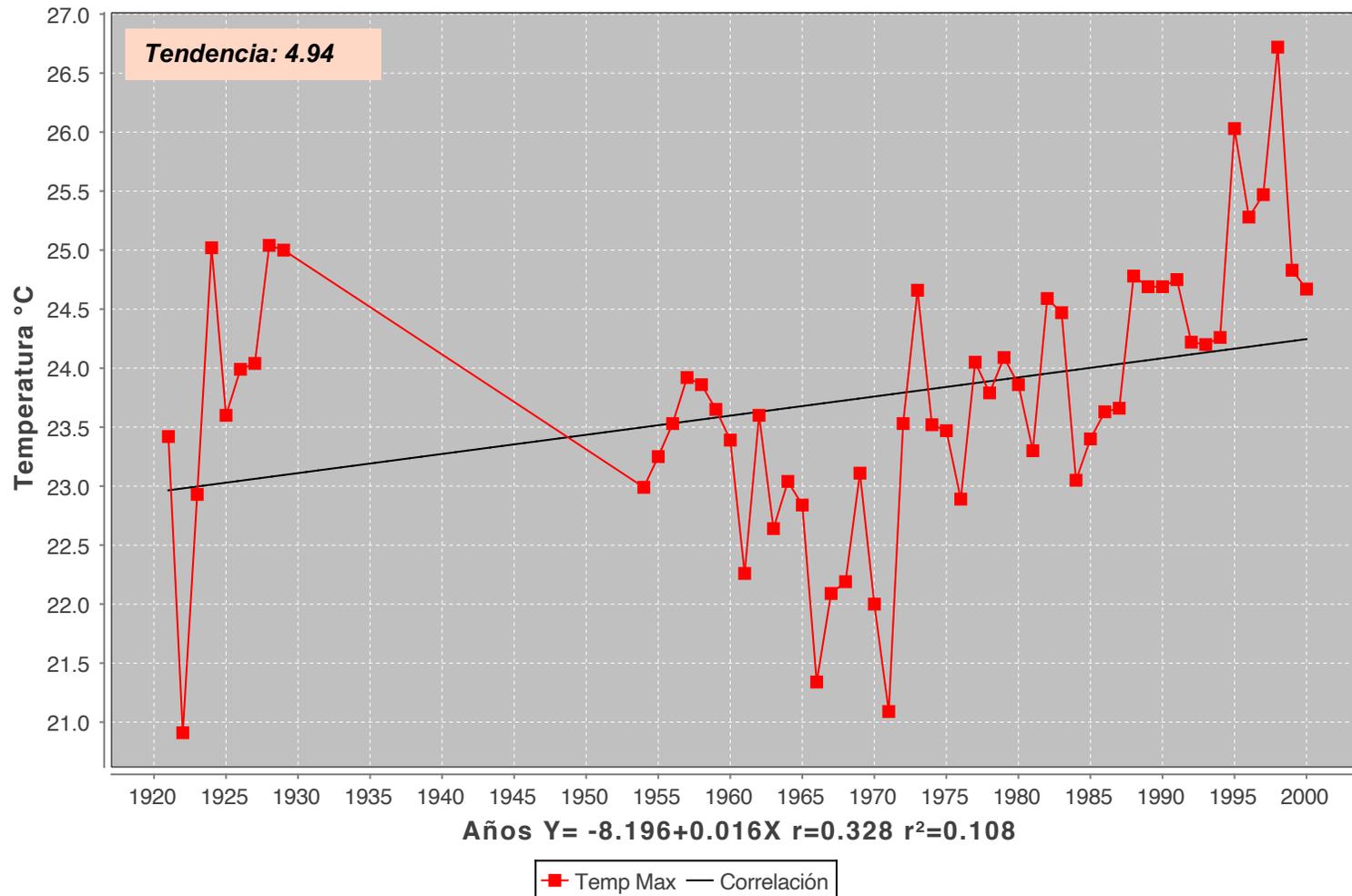
### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 2000



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráficas 52. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2000 para la temperatura máxima.

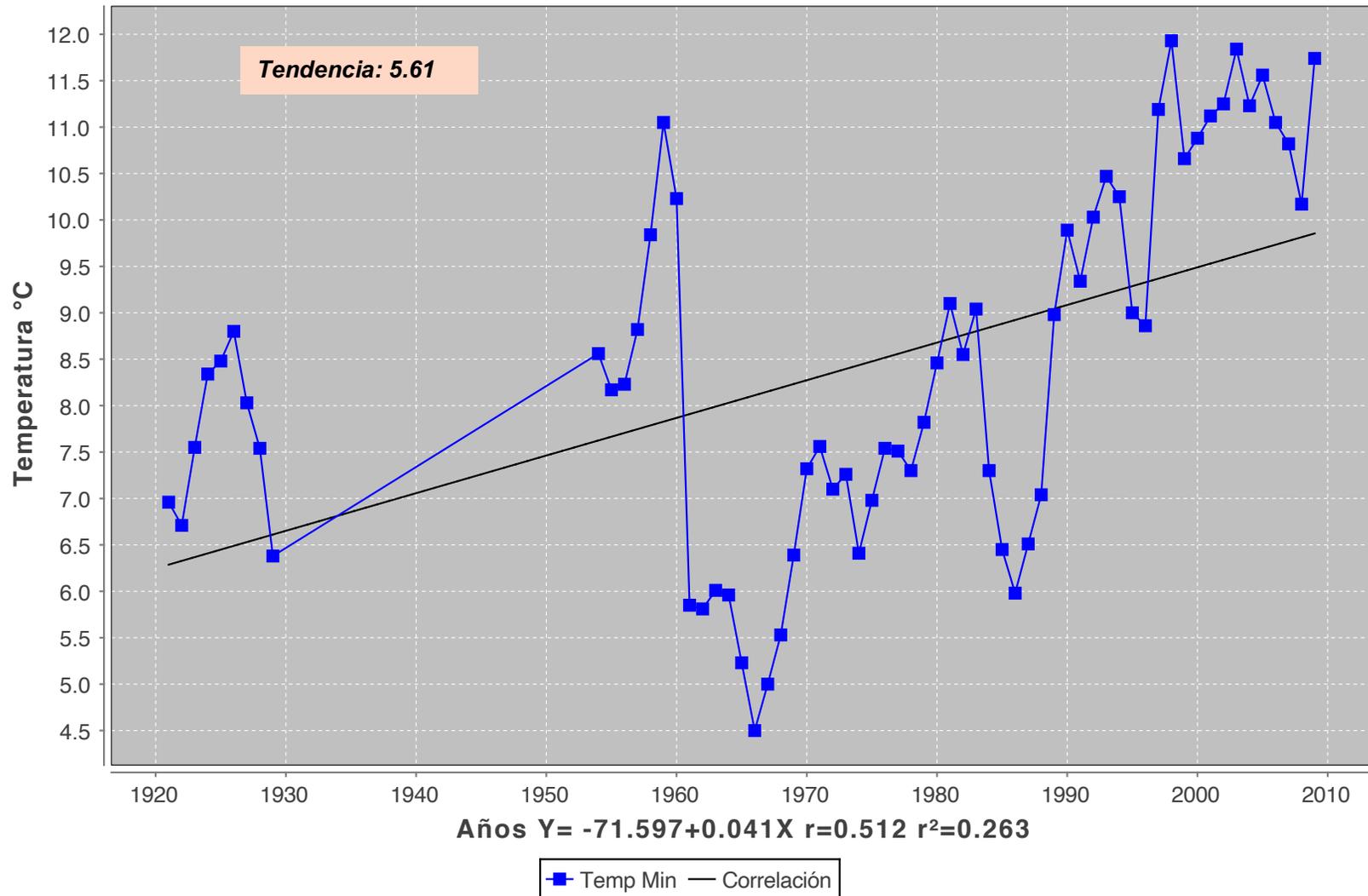
### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 2000



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 53. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para los periodos de 1954 a 2000 para la temperatura mínima.

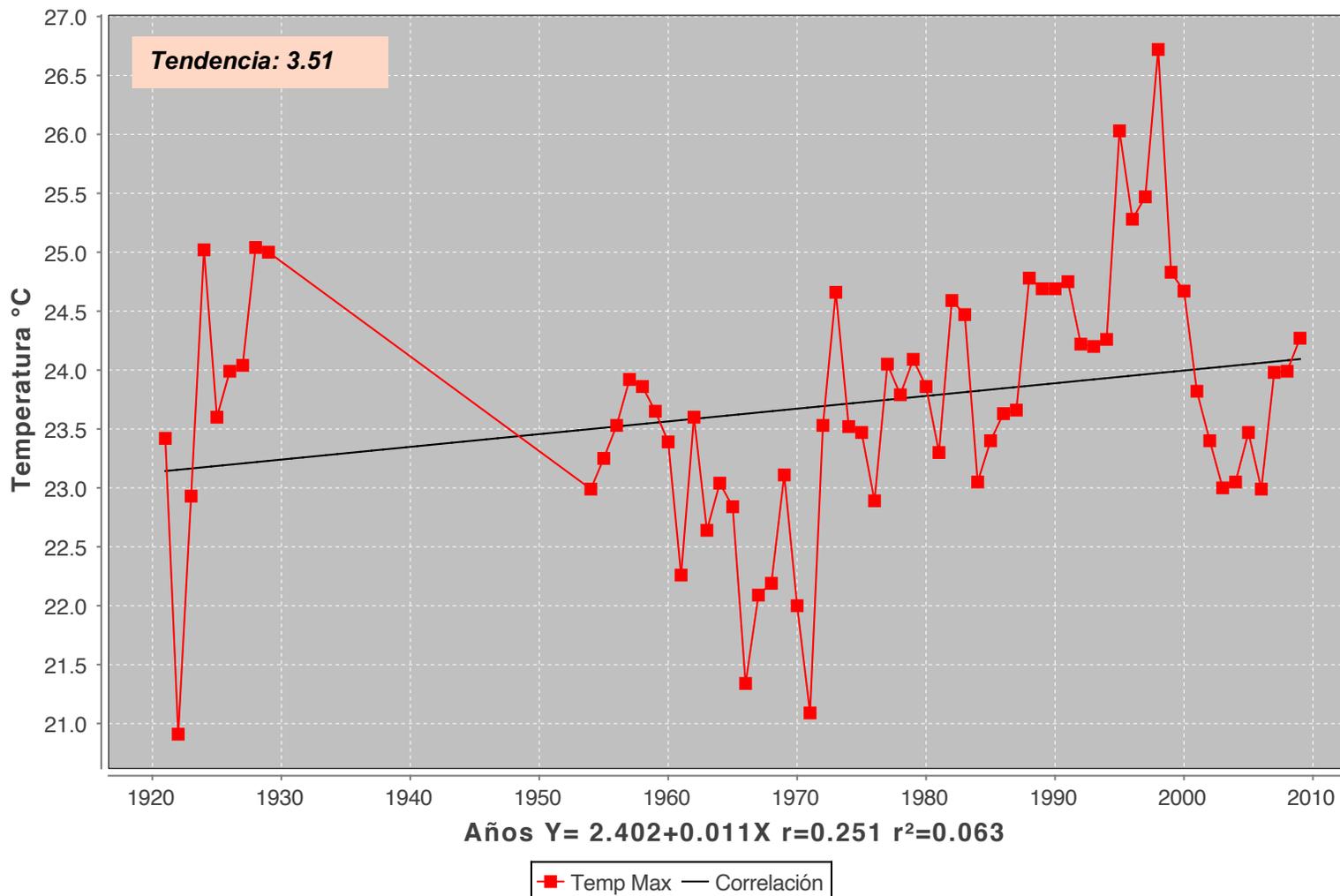
## ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 2009



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfica 54. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2000 para la temperatura máxima.

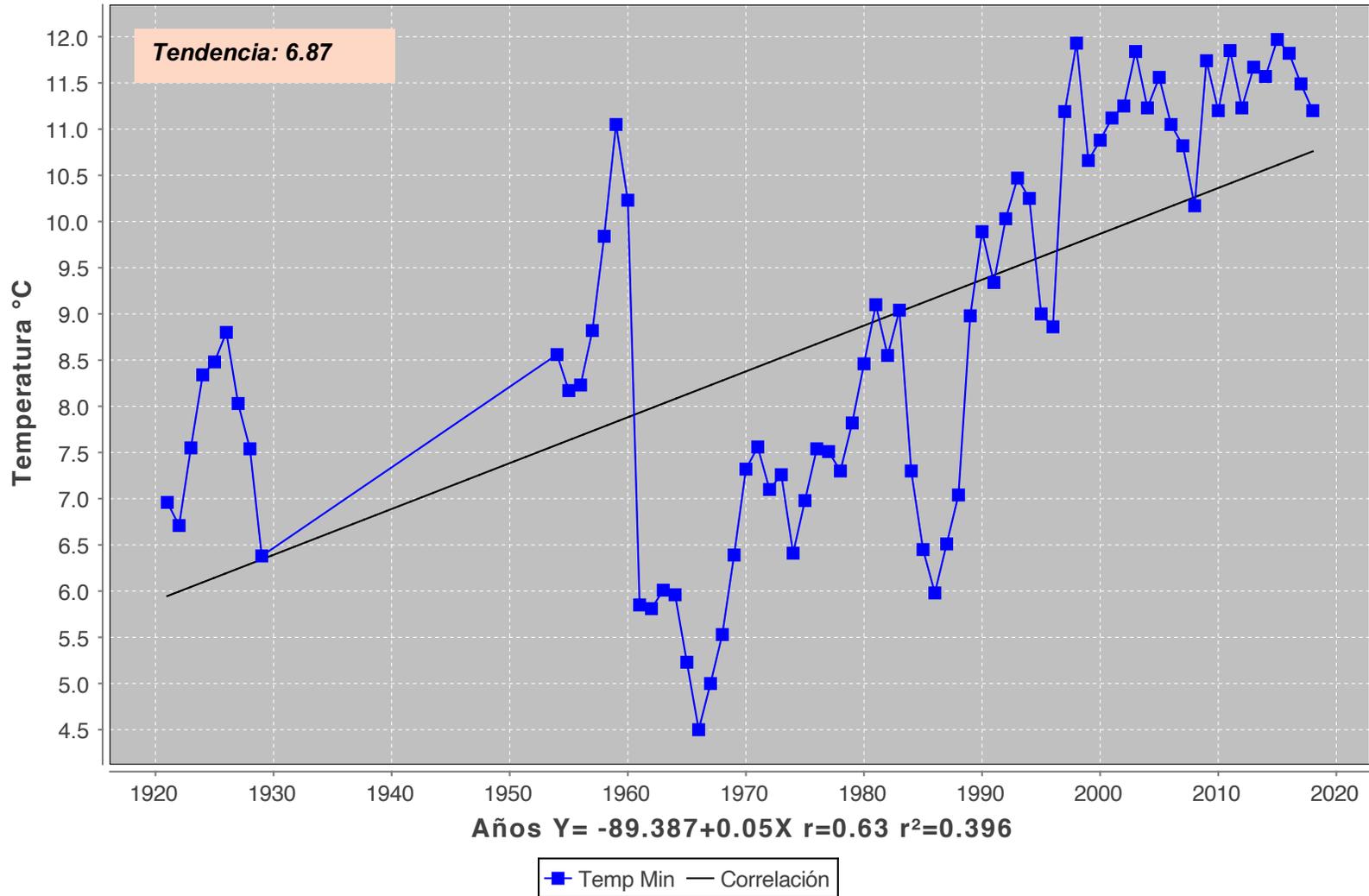
### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 2009



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráficas 55. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2018 para la temperatura mínima.

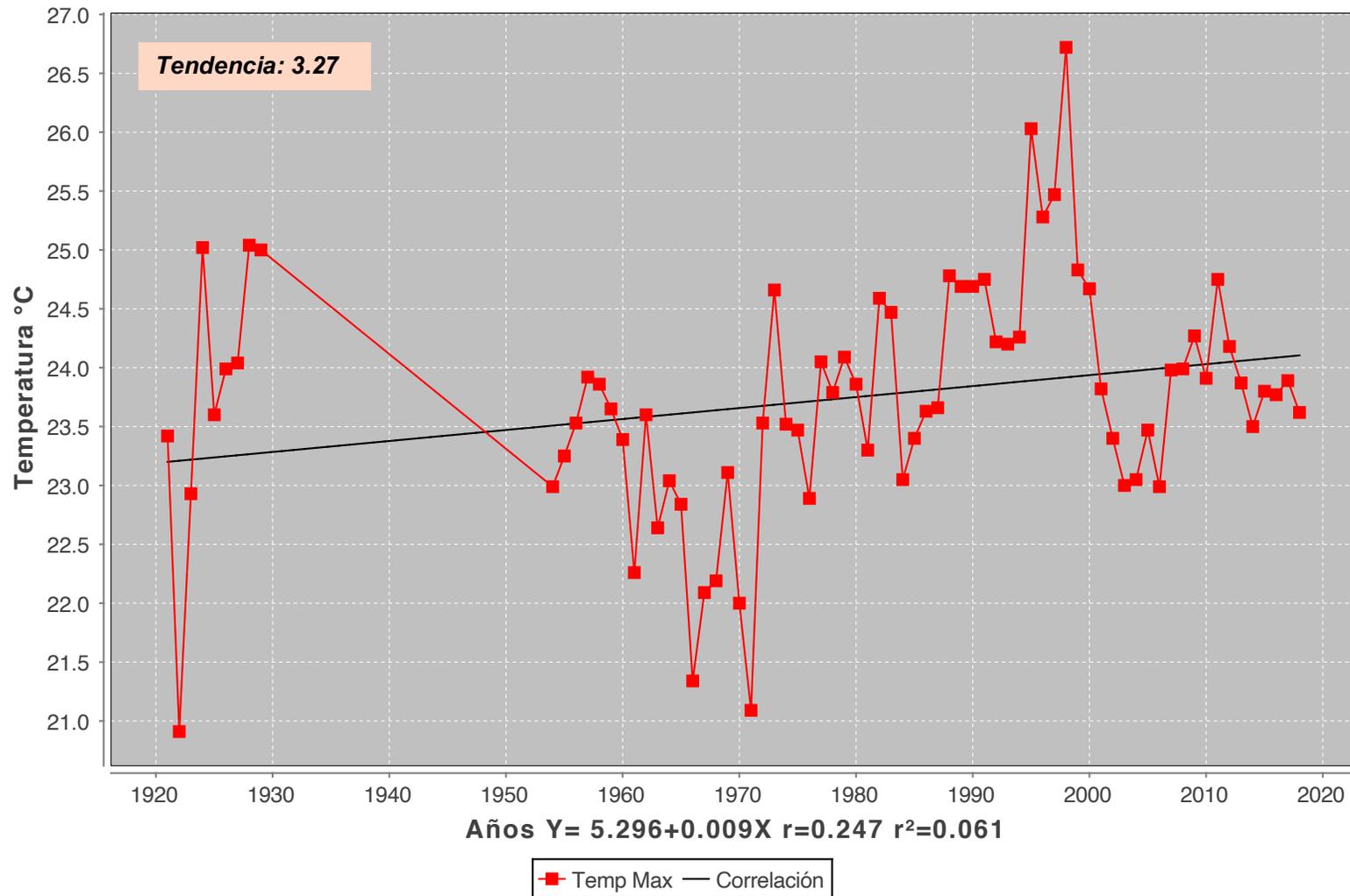
### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 2018



Fuente: elaboración propia con resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa. Movoauarda v ENP1.

Gráfica 56. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2018 para la temperatura máxima.

### ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO Período 1921 - 2018



Fuente: Elaboración propia. Resultados del estudio con el programa Clic-MD y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoquarda y ENP1.

## 5. El impacto de los modelos de urbanización en la Cuenca de México

*“¿Cuánto tiempo pueden los hombres prosperar entre paredes de ladrillo, caminar sobre pavimentos de asfalto, respirando humo de carbón y de petróleo, crecer, trabajar, morir, con apenas una idea sobre el viento, el cielo, y los campos de grano, viendo sólo la belleza hecha máquina, con la calidad de vida semejante a la de los minerales?”*

CHARLES AUGUSTUS LINDBERGH

En la cuenca de México se ha desarrollado la que es considerada una de las ciudades más grandes y pobladas del mundo, la Ciudad de México, que, en sus inicios, en la época de Mesoamérica, convivía integrándose a los ciclos naturales, y teniendo como elemento principal el agua, hoy, se ha convertido en una gran urbe de grandes problemas ambientales.

Su historia muestra una transformación de la vinculación con el medio natural a un rompimiento en la relación ser humano-ambiente que inicia a partir de la llegada de los españoles, generando una desconexión continua, que se ve vinculada al crecimiento de la ciudad; no por su crecimiento en sí, sino por el modelo con que se ha desarrollado la urbanización. El enfoque antropocentrista y los modos de producción y apropiación del territorio que se generaron a partir de la conquista, han propiciado esta separación entre ambiente y sociedad en la Ciudad de México como en muchas partes del mundo.

### 5.1. Deterioro de la Subcuenca de Xochimilco

La Subcuenca de Xochimilco es un sistema complejo en el que intervienen factores económicos, culturales, políticos, ambientales, urbanos y de conservación patrimonial. Al pasear por sus canales se observan vestigios de la antigua tecnología chinampera. Si en el paseo se adentra por los canales, hacia el lago, se pueden observar chinampas abandonadas y una gran diversidad de aves, insectos, peces y anfibios como un minúsculo recuerdo de la magnificencia natural que en otro tiempo existió ahí y que sorprende que aún se pueda disfrutar de él.

Los eventos que marcaron el camino que la llevaría a su deterioro actual, iniciaron en el siglo XVI con la llegada de los españoles a la Cuenca de México. Ahí se produce un parteaguas en la concepción de la ciudad, cuando el modelo de urbanismo deja de integrar al campo y a la naturaleza, lo que conducirá a los habitantes de México a una pérdida de equilibrio que, poco a poco, vaya mermando el conocimiento de los ciclos naturales y las tecnologías integradas al medio y, por ende, el respeto hacia la naturaleza que ayudaba a mantener este equilibrio.

Durante siglos los xochimilcas defendieron su territorio de invasiones, para mantener sus tradiciones y la técnica agrícola de la Cuenca de México consistente en policultivo sobre islas flotantes llamadas chinampas. En este lugar todavía subsiste una sociedad lucha por mantener su autonomía y sus tradiciones religiosas, sociales y agrícolas, pero que va cediendo paulatinamente a la presión del avance de la mancha urbana con su estructura socioeconómica de libre mercado, que apuesta por la retribución económica a costa casi de cualquier cosa, desconectada del campo y la naturaleza, que pone en riesgo todo el sistema.

Con el crecimiento de la ciudad se generaron desplazamientos de población. Parte de estos desplazamientos llegan a Xochimilco y muchos se asientan en chinampas en un proceso de invasión. Al no tener arraigo con el lugar, ni compartir la cultura, la relación socioambiental comienza a deteriorarse y, por consiguiente, el socio-ecosistema también, lo que contribuye a la desecación de los canales de Xochimilco, así como de gran parte de su lago.

En las entrevistas realizadas a los chinamperos, como parte del trabajo de campo de esta investigación, varios comentan que actualmente, muchos jóvenes abandonan esta actividad económica tradicional para ir a la universidad en busca de una profesión que les permita tener acceso a mejores condiciones de vida; otros asisten a la universidad bajo la idea de aprender nuevas técnicas agrícolas para mejorar la producción de las chinampas, ambas situaciones provocan un abandono de la agrotecnología tradicional de las chinampas.

Actualmente – declaran algunos chinamperos –, muchos de los campesinos utilizan las chinampas como base para la instalación de invernaderos, en lugar de la siembra directa

en la tierra, además existe una creciente tendencia a utilizar agroquímicos para tener una mayor producción de cosechas y, sin embargo, terminan dañando el agua y la tierra para sostener la siembra.

En la Ciudad de México se ha producido un problema particular, que es único, debido a las características geográficas, culturales e históricas de la zona: la escasez de agua, que en otro tiempo fue elemento fundamental en la estructura de las sociedades de la cuenca de México y motivo de culto y aliado para la vida. A partir de la llegada de los españoles, se convirtió, al menos en la ciudad de Tenochtitlán, en un enemigo y tema de preocupación, por a la experiencia sufrida durante la derrota en la conquista, conocida como la Noche Triste, donde murieron ahogados muchos soldados españoles al momento de la retirada.

Antiguamente distribuida en los cinco lagos someros de las zonas bajas de la cuenca, el agua ha sido protagonista en la historia de la región. Los ríos y lagos que la conformaban han ido desapareciendo a la par del crecimiento de la Ciudad de México. Actualmente la ciudad sufre continuamente de inundaciones en la época de lluvias, mientras que el agua potable parece no alcanzar para abastecer a toda la población, pero privilegiando a las colonias de mayor capacidad económica.

Por otro lado, en las zonas marginadas de las colonias cerriles de Xochimilco los habitantes tienen que destinar más del 10% de su sueldo para obtener menos de 38 litros de agua potable por persona al día para poder subsistir. En áreas residenciales de la zona oriente se consume casi diez veces más por persona y se pagan una décima parte (Kimmelman, 2017).

Con esta situación se evidencia, por un lado, el privilegio de que históricamente han gozado las clases altas de la ciudad, y por otro, la situación precaria que vive la población que habita asentamientos irregulares, donde no se cuenta con infraestructura que les provea de los servicios básicos como electricidad, agua y drenaje, lo que ocasiona en contaminación y deterioro al descargar los desechos en ríos y lagos, o fosas sépticas de construcción casera que rara vez cumplen con las especificaciones de la norma oficial mexicana NOM 006 CNA-1997 que indica las medidas óptimas para evitar el filtrado de contaminantes al manto freático a través del subsuelo (SEMARNAT y CONAGUA, 1999).

Si se toma en cuenta que estos asentamientos están en zonas cerriles, esto es, en la cuenca alta y media, lo generado tendrá repercusión en las zonas bajas, lo que constituye una importante contribución al deterioro ambiental de la Cuenca de México.

Los investigadores y académicos coinciden en que actualmente la Cuenca de México se encuentra en un preocupante deterioro ambiental, no sólo por la mala calidad del aire, la deforestación de sus bosques, la generación de basura, la desecación de canales, el cambio de uso de suelo, sino por el abastecimiento de agua potable y su deterioro (Stephan-Otto, 1998, Ezcurra E., 2000, Ezcurra E., 2000. Convención Ramsar, 2012, De Anda, 2004, CONANP, 2011, Escamilla Herrera, 2012, González Pozo, 2011, Iturbide Argüelles, 2015, Kimmelman, 2017).

Con el paso de los años, los rellenos de los lagos para permitir asentamientos humanos sobre suelo firme han logrado desaparecer casi todos los lagos de la cuenca y sus manantiales, y más allá de esto, también se han devastado los bosques que solían circundar los lagos, se han contaminado los cuerpos de agua, se ha cambiado la topografía de la cuenca e incluso su situación endorreica y generado toneladas de basura, contaminando el suelo, el agua, la atmósfera y más.

Xochimilco, a pesar de haber sido alcanzado por la ciudad, parece presentar resistencia a que sus chinampas y lagos desaparezcan, aunque se encuentran bastante deteriorados. Quizá porque el misticismo y el romanticismo de las tradiciones relacionadas con las chinampas, especialmente los paseos en trajineras y la venta de flores – aunque la mayoría no se producen en la zona, sino que se traen de estados como el Estado de México y Morelos – son actividades que representan una fuerte derrama económica para el lugar.

También es posible que las chinampas, al tener una función agrícola y cultural, frenen el avance de la ciudad, por que al estar abandonadas tienden a ser invadidas y ocupadas por asentamientos irregulares, o vendidas a empresarios y particulares para usos no agrícolas, especialmente las que están en el borde de la zona de transición entre la ciudad y la zona chinampera.

Bajo este escenario, ¿no es factible pensar que el rescate y la rehabilitación del sistema chinampero puede servir como mitigador al deterioro ambiental, así como convertirse en un espacio de adaptación al cambio climático? Es factible si se regresa a la técnica chinampera tradicional y se abandonan las prácticas con macetas en invernaderos y la utilización de agroquímicos que contaminan el suelo y el agua. Si en la antigüedad Xochimilco podía cubrir las necesidades de su gente, pagar el tributo a Tenochtitlán y tener excedente suficiente para comerciar con otros poblados de la cuenca ¿no podría rescatarse esa tecnología y convertir a la Ciudad de México en una ciudad productora y no sólo consumidora? ¿No podría el sistema chinampero formar una franja protectora para lo que queda del lago de Xochimilco? ¿O incluso construirse chinampas que funcionen como bio-filtros para ayudar a limpiar las aguas del lago y los canales de Xochimilco?

Antes de concretar una propuesta como ésta, es necesario liberar a los canales de las más de cinco mil descargas clandestinas de aguas negras y grises que se tienen detectadas y que son provocadas principalmente por los asentamientos irregulares (Iturbide, R., 2015); así como de la plaga de lirio acuático, introducida durante el Porfiriato (Cervantes Sánchez & Rojas Rabiela, 2000: 178) y reducir o eliminar la basura generada por el turismo y la población.

Actualmente se realizan algunas acciones en un intento de corregir esta situación: la alcaldía, por un lado, y asociaciones civiles y chinamperos, por otro, realizan continuamente jornadas de limpieza de lirio en los canales; sin embargo, si se toma en cuenta que el lirio se alimenta de materia orgánica y metales pesados existentes en las aguas negras, no se puede eliminar totalmente, ni siquiera controlar, mientras existan descargas de aguas negras vertidas a los canales.

Recientemente, desde octubre del 2019, la alcaldía ha estado trabajando con los dueños de chinampas que prestan servicios al turismo – alrededor de sesenta chinampas – para detectar descargas directas a los canales, mejorar las condiciones de los sanitarios públicos y reducir la contaminación en el agua, a través de un proyecto de la instalación de biodigestores, en aquellas chinampas que no realizan el tratamiento de sus aguas negras. Así mismo mejorando las condiciones de las fosas sépticas existentes para evitar que

continúen las filtraciones de contaminantes al manto freático y la descarga directa a los canales, mediante un apoyo económico y asesorías a cargo de la Dra. María Eugenia Castro, de la UAM Xochimilco, y un equipo de alumnos de doctorado en CyAD. Sin embargo, las acciones son escasas y, por tanto, insuficientes para controlar el problema.

En el diseño e implementación de este tipo de acciones, es importante no descuidar las importantes funciones ecosistémicas de la zona, como la función de los humedales como un sistema de filtrado de agua natural.

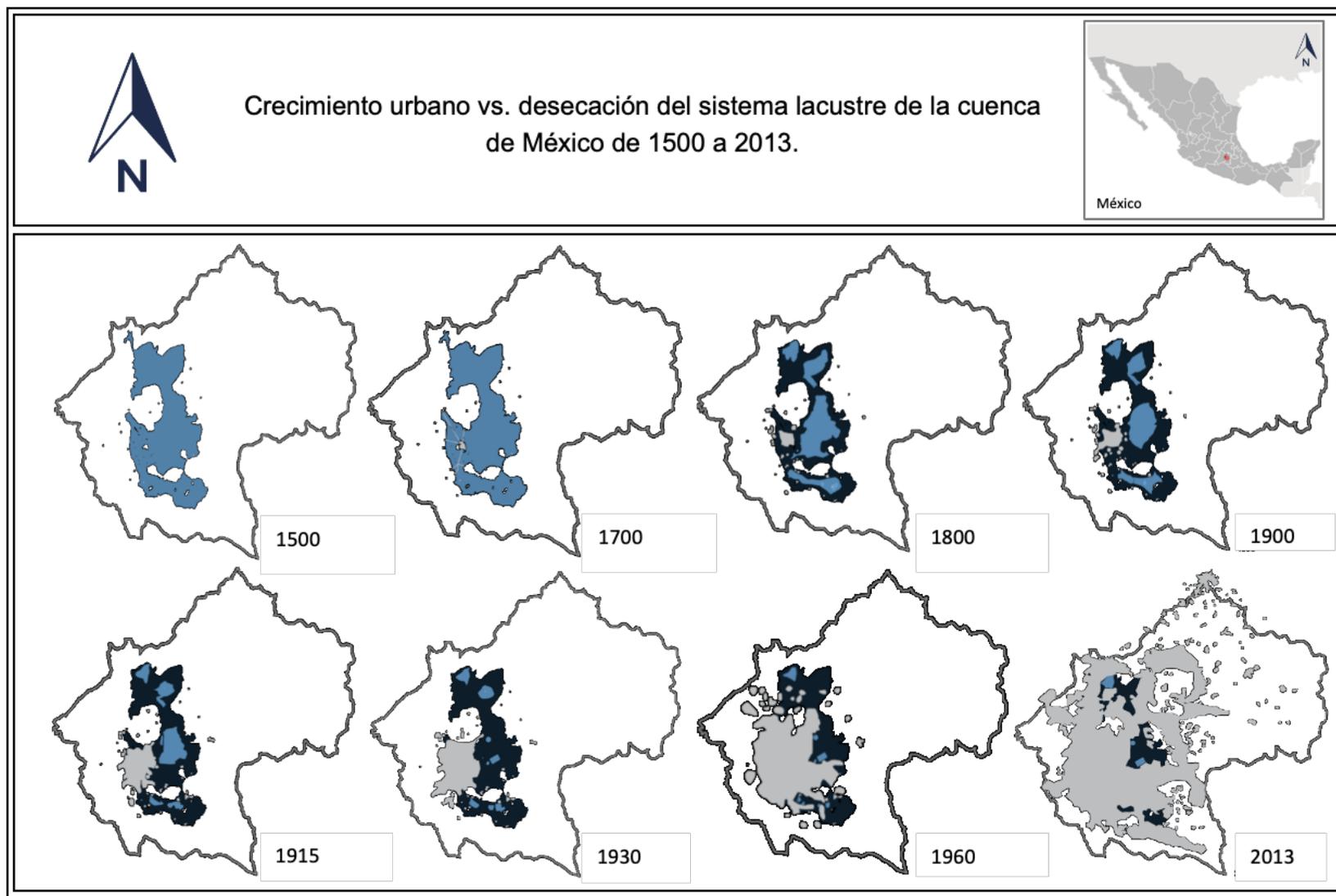
Es cierto que las chinampas son un vestigio valioso de la cultura náhuatl, pero se debe recordar que su estructura está basada en la existencia de los humedales y los lagos someros que ahí existieron y que estos, a su vez, sirven como indicadores del deterioro ambiental de los espacios que los contienen, además de funcionar como mitigadores. Así la reducción del área de humedales en Xochimilco, desde la primera declaratoria de protección es una clara evidencia del deterioro de la zona.

Se puede afirmar que el sistema lacustre ha ido desapareciendo a través de los años de manera paralela al crecimiento de la mancha urbana. Actualmente sólo quedan pequeños cuerpos de agua que no se equiparan en lo absoluto a la magnificencia que tuvieron en la época prehispánica.

En la imagen 20, se muestran imágenes de la Cuenca de México con representaciones de la desaparición cronológica de los lagos: representados en azul los cuerpos de agua y en gris los asentamientos urbanos, en ocho momentos diferentes.

Se puede observar como el crecimiento urbano mantiene una relación proporcional con la desaparición de los cuerpos de agua. El espacio que va ocupando la ciudad provoca la desaparición de los lagos y con ellos de las áreas verdes, la fauna y flora. Los ecosistemas son afectados por el modelo de urbanización que se ha desarrollado en la Ciudad de México hasta el día de hoy.

Imagen 20: Crecimiento urbano vs. desecación del sistema lacustre de la cuenca de México de 1500 a 2013.



Fuente: Camarillo Sarabia, Maurer Walls, & Ulacia Balmaseda (2014).

Después del análisis del crecimiento de la ciudad y su relación con el cambio climático, se puede inferir que el responsable principal del deterioro ambiental es, hasta cierto punto, el crecimiento urbano, empero, esto va más allá: el sistema sociopolítico-económico de libre mercado, la especulación inmobiliaria, la tendencia al cambio en el uso de suelo y los cambios de actividad económica tradicional de la zona, por nombrar algunos, han provocado que el ser humano abandone cada vez más su relación con el ambiente, que desde el punto de vista de esta tesis, es la causa principal de la problemática ambiental, que se vislumbra a través de los modelos de urbanización llevados a cabo en la Cuenca de México.

No es el crecimiento urbano per se lo que provoca el deterioro de espacios naturales, sino la forma como se ha realizado este crecimiento, los modelos de urbanización llevados a cabo en los últimos siglos que privilegian cada vez más en el crecimiento económico y descuidan, de forma progresiva, a la sociedad y al medio ambiente, del cual el ser humano es parte integral y sin él anularía su existencia.

Volviendo al tema de la desecación de los lagos y la influencia que tiene su desaparición en el aumento de temperatura en la Cuenca de México está analizado en un artículo publicado en el boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, que informa sobre los resultados obtenidos en el estudio de la *“Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: un experimento numérico”*. En él se declara que el impacto que ha tenido la desaparición de los lagos, a causa de la influencia antrópica en el clima de la Cuenca de México es un aumento de 5.78 °C, mucho mayor a las proyecciones globales de 0.85 °C debidas al cambio climático desde que comenzó la desecación de los lagos. Hay que recordar que éste es un estudio comparativo acerca de la estimación de la respuesta térmica de la cuenca en el siglo XVI en el que se incluye un cuerpo de agua que representa el sistema lacustre y se excluye la cobertura urbana (Ruiz-Angulo & López-Espinoza, 2015: 222).

Si se toma en cuenta que la urbanización incorpora la construcción de edificaciones y la cobertura de suelos con materiales de alta masa térmica, se explican de forma clara los resultados obtenidos en el estudio con los Indicadores de Cambio Climático ya mostrados, donde se percibe un aumento en las temperaturas de la zona de estudio.

Según el artículo, el impacto sobre el calentamiento global ha sido muy grave, Así, el calentamiento global contribuye a la desecación de los cuerpos de agua al provocar evaporación por temperaturas elevadas.

Aunque se trata de una simulación sintética, los resultados ponen de manifiesto, una vez más, el daño que los modelos de urbanización impuesta por quienes dominan los medios de producción que no incluyen el resguardo del funcionamiento ambiental de la cuenca, han provocado en la naturaleza y la cultura de los pueblos originarios.

Esta respuesta térmica es otro indicador del deterioro ambiental de la zona, que representa un foco rojo a nivel mundial. La suma de muchos lugares deteriorados en el mundo es lo que ha propiciado la crisis del calentamiento global como resultado de los aportes generados localmente.

La atención a estos fenómenos locales es importante para el control del calentamiento global, ya que es en las acciones locales donde se le puede dar solución. Existe un acuerdo, al que llegaron casi 200 países en la COP21 en París a finales del 2015, que exhorta a la población de todo el mundo a actuar de manera local (Naciones Unidas, 2015), con pequeñas acciones, recordando aquella frase de la década de los setentas: *Think Global, Act Local* (Piensa global, actúa localmente).

Debido a su importancia, tanto cultural como ambiental, la zona ha recibido una serie de declaratorias nacionales e internacionales – como se refirió en el capítulo cuatro – que tienen la finalidad de protegerla. Resaltan a nivel nacional: Suelo de Conservación, Área Natural Protegida con Carácter de Zona de Conservación Ecológica (ANP), y Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), y a nivel internacional: Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM), Patrimonio de la Humanidad por parte de la UNESCO, Sitio Ramsar y Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial.

Al abordar cualquier estudio relacionado con cualquiera de las cinco zonas chinamperas (Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, San Pedro Tláhuac y San Andrés Mixquic), es importante el análisis de estas declaratorias, y atender las recomendaciones que se dan para su protección; por tanto, a continuación, se presentan las más importantes en orden cronológico en que fueron declaradas.

## 5.2. Declaratorias de protección

Las declaratorias de protección tienen como objetivo definir estrategias de acción y aportar fondos económicos con el fin de ayudar a generar estrategias que protejan una zona, ya sea por su importancia cultural o natural. La zona chinampera de Xochimilco ha recibido diversas declaratorias de ámbito internacional, nacional y local, las cuales se exponen y recapitulan a continuación.

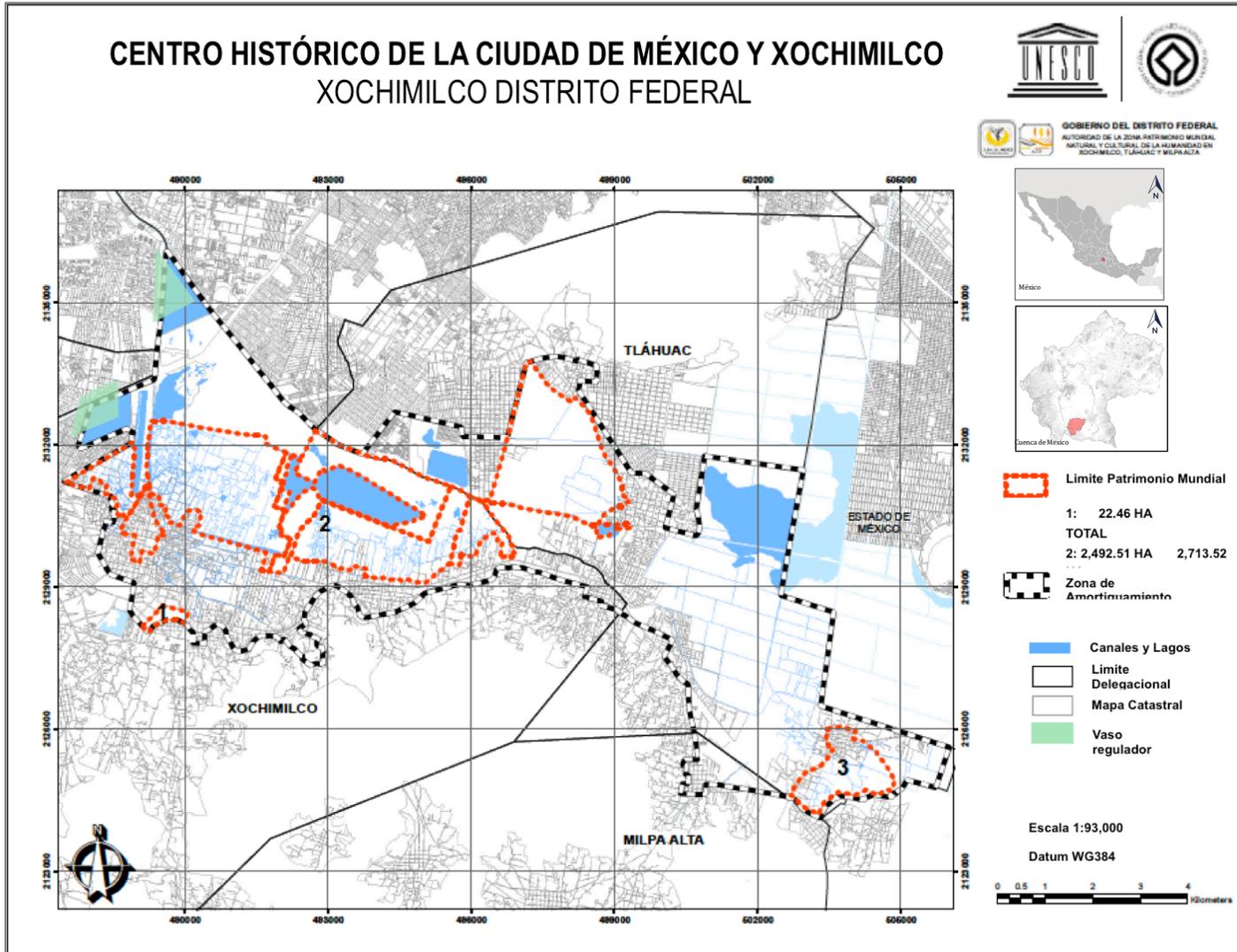
### 5.2.1. Declaratoria de Patrimonio de la Humanidad

- Instancia internacional: la UNESCO.
- Año: 1987

La UNESCO inscribió a Xochimilco dentro de la lista del patrimonio mundial cultural y natural a partir de 1987 con el argumento de que: “El actual paisaje lacustre de Xochimilco constituye el único recordatorio del uso de la tierra prehispánica tradicional en las lagunas de la CVM. En medio de una red de pequeños canales en el borde del lago de Xochimilco residual (el brazo sur del gran lago drenado de Texcoco), algunas chinampas pueden todavía ser encontradas” (UNESCO México, 2014).

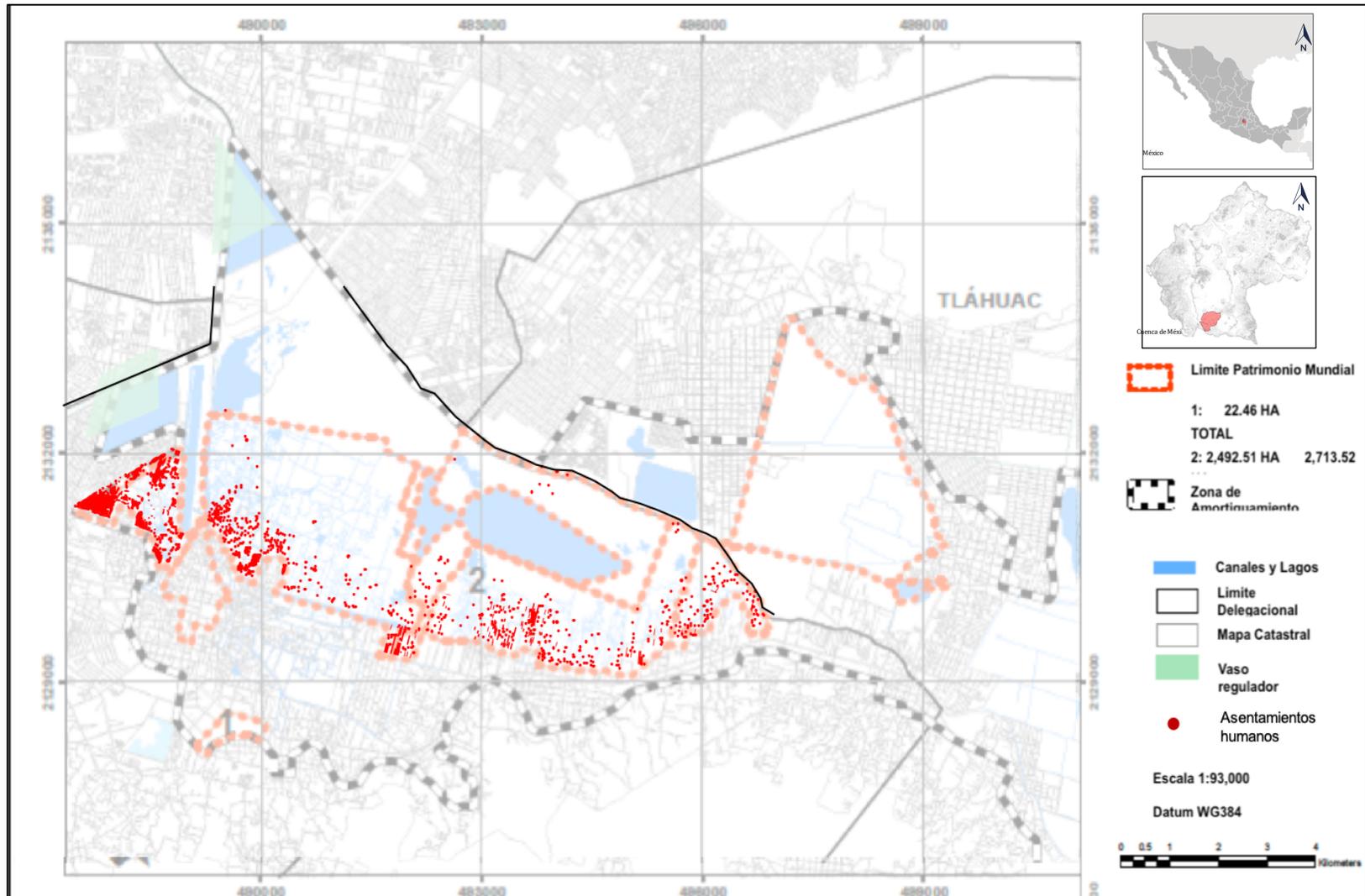
Debido a que la inscripción se otorgó junto con el centro histórico de la Ciudad de México, los criterios que se usaron fueron el ii, iii, iv y v. El v es el que identifica a Xochimilco en la evaluación elaborada en 1987 por ICOMOS, “...como: un ejemplo destacado de la utilización de las tierras en la zona lacustre del valle de México, representativo de una cultura que es vulnerable debido a mutaciones irreversibles”. La declaratoria incluye un polígono de la zona patrimonial y otro de la zona de amortiguamiento (*mapa 15*) que se debe proteger para soportar las presiones que recibe. Sin embargo, el polígono de amortiguamiento ya se encuentra afectado por la urbanización. Al repetir el ejercicio realizado en el polígono del ANP, pero ahora con el polígono de la zona patrimonial de Xochimilco, se observa que la zona de amortiguamiento se encuentra urbanizada casi en su totalidad y ya ha rebasado también el límite de la zona de patrimonio (*mapa 16*).

Mapa 15. Polígono de la declaratoria de la UNESCO para la zona chinampera de Xochimilco.



Fuente: UNESCO, 2006

Mapa 16. Polígono de la declaratoria de la UNESCO con asentamientos humanos recientes detectados por la PAOT.



Fuente: Elaboración propia con datos del mapa interactivo de la PAOT, 2018 y de la UNESCO, 2006.

### 5.2..2. Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica.

- Federal: Gobierno de la República Mexicana
- Año: 1992

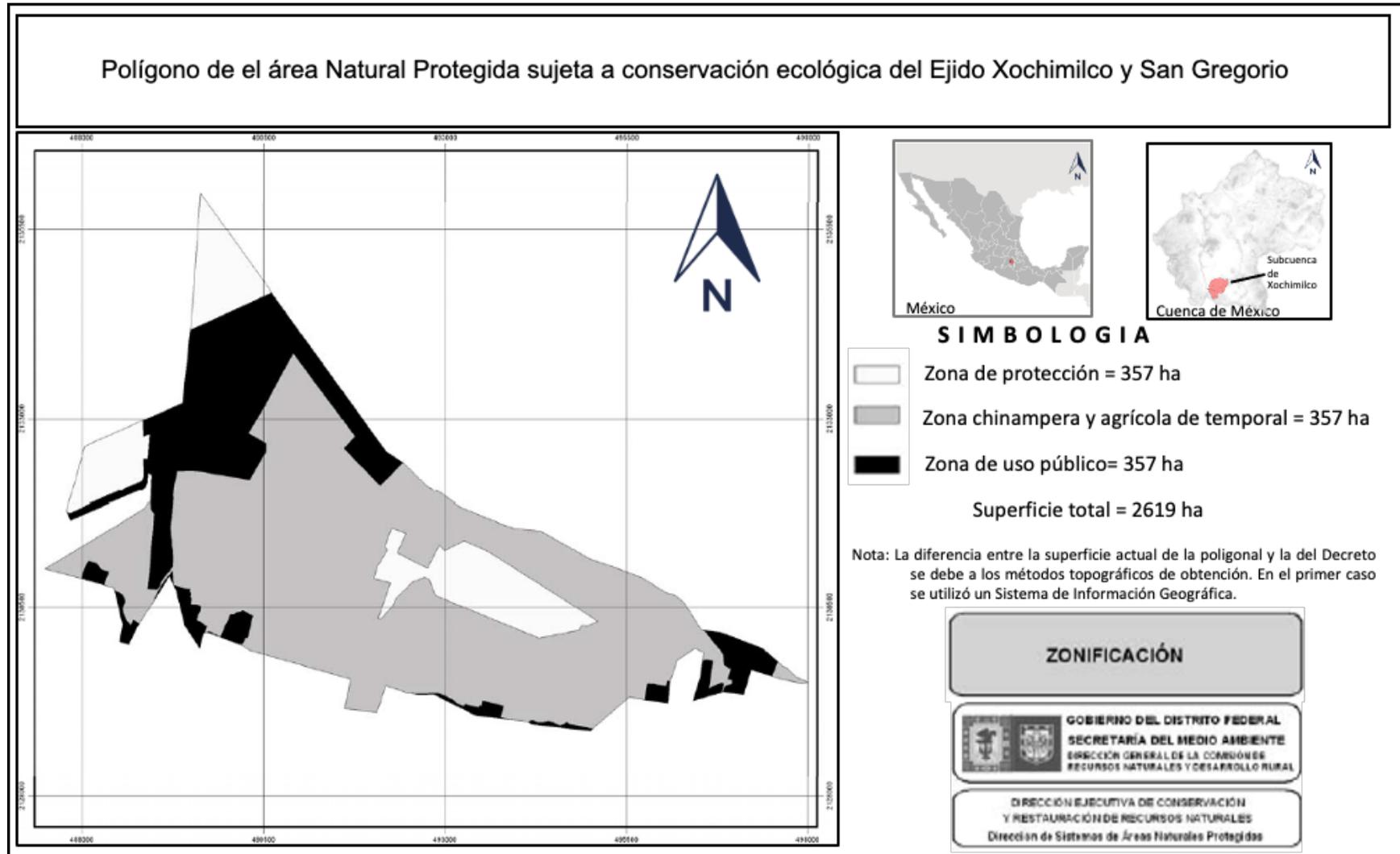
La zona Agroforestal cuenta con 795 hectáreas y es un área de transición entre la zona agropecuaria y la forestal declarada Área Natural Protegida. Ésta corresponde a los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco y ocupa una porción relevante del suelo de conservación de la alcaldía con 2,404 hectáreas (2000: 28).

El siete de mayo de 1992, la Secretaría de Gobernación de la República Mexicana, publicó en el Diario Oficial de la Federación que "...la zona lacustre de Xochimilco es representativa del manejo hidrológico de la cuenca sur oriental, como un sistema único de cultivo en el mundo que entraña el antiguo funcionamiento del Valle de México y que, por sus características morfológicas y geológicas, constituye una de sus más importantes reservas bióticas" (SEGOB. Secretaría de Gobernación, 1992).

La delimitación se muestra en el *mapa 17*, la declaración de la zona Chinampera de Xochimilco y San Gregorio como Área Natural Protegida (ANP) sujeta a conservación ecológica. Ya desde esta fecha se reconoce el daño que la zona estaba sufriendo. La declaratoria tiene como objetivo proteger este espacio valioso por su función ecológica, pero también, por su riqueza cultural. El Poder Ejecutivo Federal declara por Decreto, Área Natural Protegida de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco (Diario Oficial de la Federación, 1992), con una superficie de 2,657 hectáreas., sujeta a la protección, conservación, mejoramiento, preservación y restauración de sus condiciones ambientales.

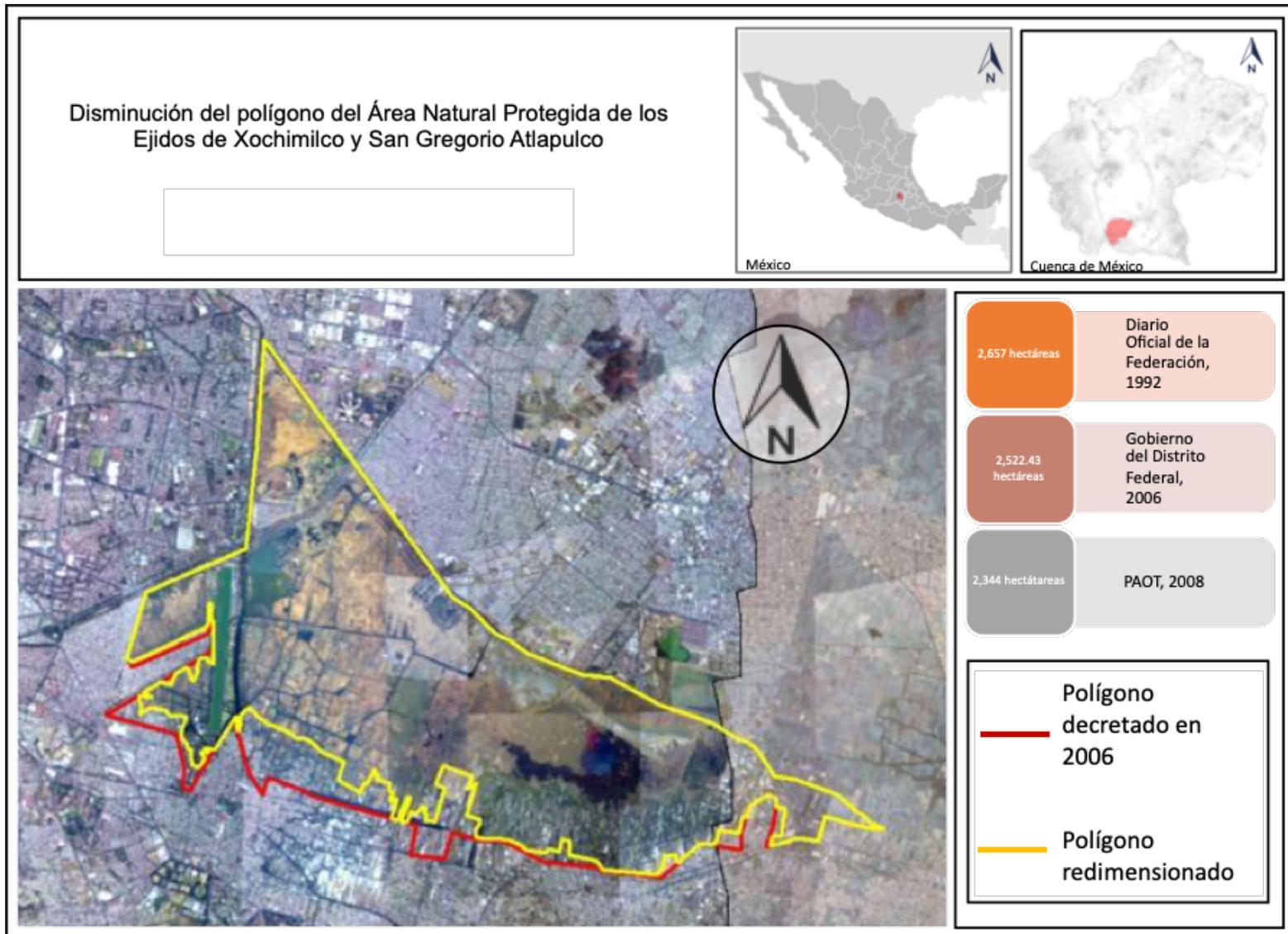
Sin embargo, al paso de los años y, debido a los asentamientos humanos, esta área se ha reducido en la parte sur de la poligonal, – como se puede ver en el *mapa 18* –, reduciéndola de 2,657 hectáreas al momento de la declaratoria en 1992 a 2,522 en 2006, para el 2008 el polígono ya se ha reducido a 2,344 hectáreas.

Mapa 17: Polígono del Área Natural Protegida sujeta a conservación ecológica del ejido Xochimilco y San Gregorio.



Fuente: Gobierno del Distrito Federal, 2006.

Mapa 18. Disminución del polígono del Área Natural Protegida de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.



Fuente: PAOT, 2008.

Con estos datos se verifica una tendencia creciente de la pérdida de la zona de chinampas, la cual se redujo en los primeros ocho años 135 hectáreas, mientras que en los siguientes dos años, del 2006 al 2008, 178 hectáreas. Los cálculos son alarmantes, si se considera que la zona chinampera de Xochimilco es uno de los últimos relictos de los lagos de la Cuenca de México y del sistema chinampero.

Utilizando el mapa interactivo de la PAOT, que actualiza constantemente sus bases de datos, se mapearon los asentamientos humanos en la zona. Este ejercicio se realizó a finales del 2018. Es significativo observar que los asentamientos humanos se localizan dentro del polígono de ANP y que tan sólo diez años después, se percibe claramente la presión que está recibiendo la zona chinampera hacia el interior del lago, al reducirse cada vez más su área. (Mapa 18).

---

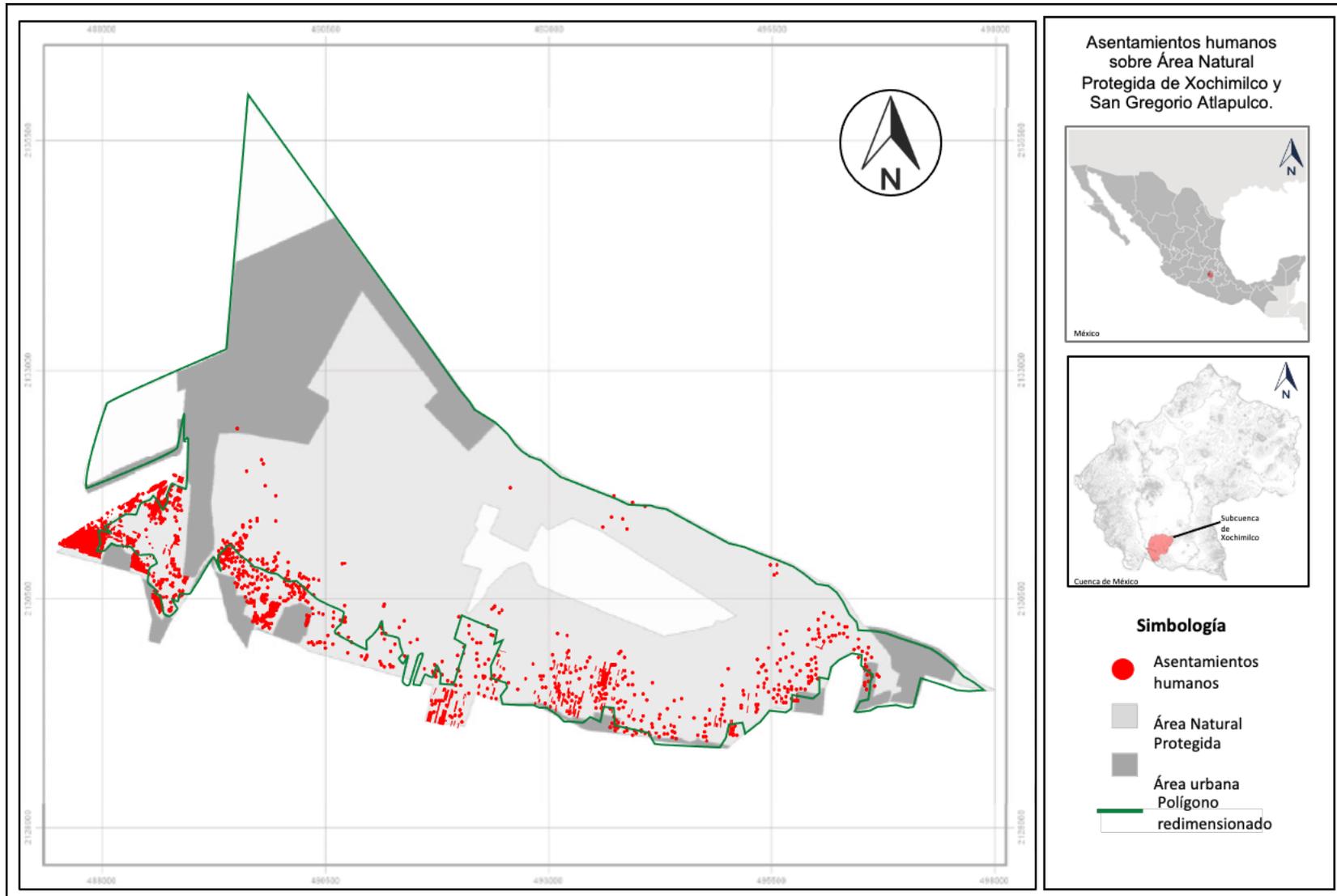
### 5.2.3. Suelo de Conservación

- Local: Gobierno del Distrito Federal (ahora Ciudad de México).
- Año: 2000

Esta declaratoria fue estipulada por el gobierno de la Ciudad de México y declara que "...los suelos de conservación son zonas que por sus características ecológicas proveen servicios ambientales necesarios para el mantenimiento de la calidad de vida de los habitantes del Distrito Federal..." y cuyas poligonales están determinadas por el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el DF, 2015).

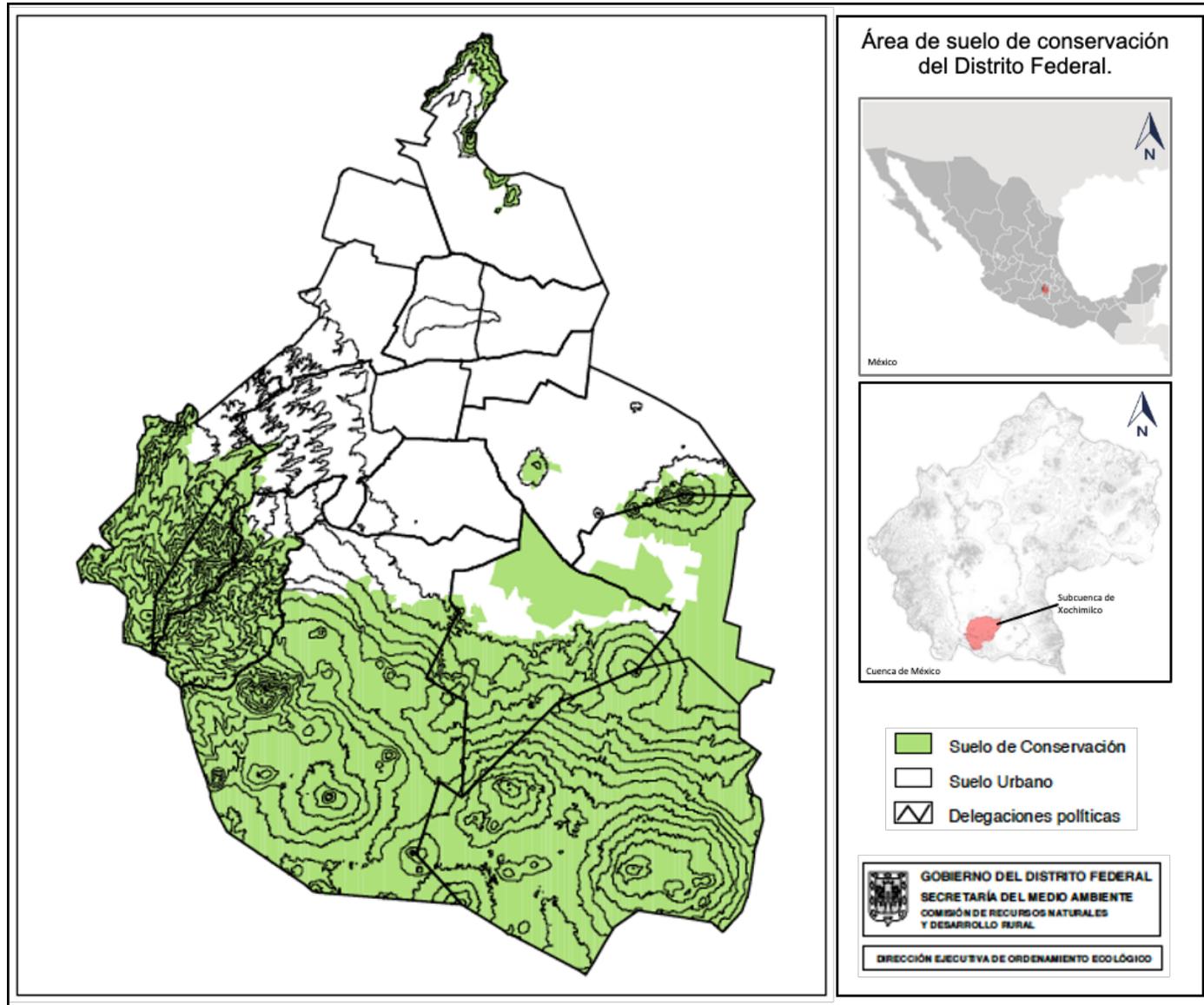
La Asamblea Legislativa del Distrito Federal en su Gaceta Oficial publica su Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF) que considera como suelo de conservación a una superficie de 87,310.80 hectáreas, de las cuales a Xochimilco le corresponde 11.72%. (Mapa 19) (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 13 de enero de 2000ñ: 17).

Mapa 19. Asentamientos humanos sobre Área Natural Protegida de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.



Fuente: Elaboración propia con datos del mapa interactivo de la PAOT (2018) y el Gobierno del Distrito Federal (2006).

Mapa 20. Área de suelo de conservación del Distrito Federal.



Fuente: Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2000.

La alcaldía de Xochimilco tiene poco más de 10,500 hectáreas de Suelo de Conservación. De acuerdo con la zonificación del ordenamiento ecológico, la mayor parte (39%), corresponde a la categoría de la zonificación Agroecológica y se ubica en toda la zona lacustre y pie de montaña de la alcaldía. Las categorías Forestal de Conservación y Forestal de Protección, aunque ocupan una extensión relativamente pequeña (entre 700 y 800 has., que representan 7% en ambos casos del Suelo de Conservación de la Alcaldía) tiene relación directa con las áreas utilizadas para la producción agrícola y pecuaria, así como con los Programas de Desarrollo Urbano.

Es claro que la zona chinampera es un espacio de interés cultural y natural reconocido dentro y fuera de la República Mexicana. Una condición natural, que le da gran relevancia, es que contiene un sistema de humedales a causa de sus aguas someras y canales que tienen una importancia mundial por los servicios ambientales que aportan al planeta; por ello y, por el riesgo que tienen de desaparecer que la zona es reconocida como sitio Ramsar, se da una declaratoria, otorgada por sus características naturales y servicios ambientales en el ámbito internacional.

---

#### **5.2.4. Sitio Ramsar**

- Internacional: Convención Ramsar.
- Año: 2004

El término humedales comprende una gran variedad de ecosistemas, por lo cual su definición es en general compleja. Existen varias definiciones de humedales, pero se referirá a la propuesta por la Convención de Ramsar: "Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (Ramsar, 1990: 3).

Los humedales son ecosistemas que tienen un valor ambiental, no sólo a nivel local, sino para el mundo; es por eso por lo que se creó la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, conocida también como la Convención sobre los Humedales o Convención de Ramsar, por el lugar donde fue adoptada en Irán en 1971. Es un tratado intergubernamental que ofrece un marco

de referencia para la cooperación internacional en pro de la conservación y uso racional de los humedales (Frazier (1996). Citado por Tabilo-Valdivieso, 1999: 05).

Constituyen un eslabón fundamental e insustituible en el ciclo del agua debido a los servicios ambientales fundamentales que prestan, entre los que destacan:

- El almacenamiento del agua;
- La conservación de los acuíferos;
- La retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes para la purificación del agua:
- La protección contra tormentas;
- La mitigación de inundaciones;
- La estabilización de los litorales;
- El control de la erosión.

Cada humedal está formado por una serie de componentes físicos, químicos y biológicos, tales como suelos, agua, especie animales y vegetales y nutrimentos. Los procesos entre estos componentes y, dentro de cada uno de ellos, permiten que el humedal desempeñe funciones, como el control de inundaciones y la protección contra tormentas, la regulación del clima, entre otros.

La convención Ramsar utiliza un sistema de clasificación de los humedales que proporcionar un marco amplio para identificar con rapidez los principales tipos de humedales representados en cada sitio y señalar claramente el “tipo de humedal dominante” (Imagen 21) (Ramsar, 2006).

Para el caso de Xochimilco corresponde la clasificación “O: lagos permanentes de agua dulce (de más de 8 hectáreas); incluye grandes madres viejas (meandros, o brazos muertos de río)” (Ramsar, 2006).

Un requisito para pertenecer a esta convención es que cada país miembro de la Convención debe incluir por lo menos un sitio en la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Actualmente existen 114 países miembros de la Convención, entre ellos México, que contiene a 970 humedales y 70.7 millones de hectáreas.

Imagen 21. Sistema de clasificación utilizada por la Convención Ramsar.

### Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales de Ramsar

Los códigos se basan en el Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales aprobado en la Recomendación 4.7, enmendada por las Resoluciones VI.5 y VII.11 de la Conferencia de las Partes Contratantes. Las categorías enumeradas a continuación sólo tienen por objeto aportar un marco muy amplio que facilite la identificación rápida de los principales hábitat de humedales representados en cada sitio.

#### Humedales marinos y costeros

- A -- **Aguas marinas someras permanentes**, en la mayoría de los casos de menos de seis metros de profundidad en marea baja; se incluyen bahías y estrechos.
- B -- **Lechos marinos submareales**; se incluyen praderas de algas, praderas de pastos marinos, praderas marinas mixtas tropicales.
- C -- **Arrecifes de coral**.
- D -- **Costas marinas rocosas**; incluye islotes rocosos y acantilados.
- E -- **Playas de arena o de guijarros**; incluye barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena; incluye sistemas y hondonales de dunas.
- F -- **Estuarios**; aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarinos de deltas.
- G -- **Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos** ("saladillos").
- H -- **Pantanos y esteros** (zonas inundadas) intermareales; incluye marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófilas, salitrales, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.
- I -- **Humedales intermareales arbolados**; incluye manglares, pantanos de "nipa", bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.
- J -- **Lagunas costeras salobres/saladas**; lagunas de agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar.
- K -- **Lagunas costeras de agua dulce**; incluye lagunas deltaicas de agua dulce.
- Zk(a) -- **Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos**, marinos y costeros.

#### Humedales continentales

- L -- **Deltas interiores** (permanentes).
- M -- **Ríos/arroyos permanentes**; incluye cascadas y cataratas.
- N -- **Ríos/arroyos estacionales/intermitentes/irregulares**.
- O -- **Lagos permanentes de agua dulce** (de más de 8 ha); incluye grandes madre viejas (meandros o brazos muertos de río).
- P -- **Lagos estacionales/intermitentes de agua dulce** (de más de 8 ha); incluye lagos en llanuras de inundación.
- Q -- **Lagos permanentes salinos/salobres/alcalinos**.
- R -- **Lagos y zonas inundadas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos**.
- Sp -- **Pantanos/esteros/charcas permanentes salinos/salobres/alcalinos**.
- Ss -- **Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos**.
- Tp -- **Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce**; charcas (de menos de 8 ha), pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.
- Ts -- **Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos**; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.
- U -- **Turberas no arboladas**; incluye turberas arbustivas o abiertas ("bog"), turberas de gramíneas o carrizo ("fen"), bofedales, turberas bajas.
- Va -- **Humedales alpinos/de montaña**; incluye praderas alpinas y de montaña, aguas estacionales originadas por el deshielo.
- Vt -- **Humedales de la tundra**; incluye charcas y aguas estacionales originadas por el deshielo.
- W -- **Pantanos con vegetación arbustiva**; incluye pantanos y esteros de agua dulce dominados por vegetación arbustiva, turberas arbustivas ("carr"), arbustales de *Alnus sp*; sobre suelos inorgánicos.
- Xf -- **Humedales boscosos de agua dulce**; incluye bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente, pantanos arbolados; sobre suelos inorgánicos.
- Xp -- **Turberas arboladas**; bosques inundados turbosos.
- Y -- **Manantiales de agua dulce, oasis**.
- Zg -- **Humedales geotérmicos**.
- Zk(b) -- **Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos**, continentales.

Los países miembros tienen la obligación de desarrollar políticas nacionales relativas a los humedales y deben incluir consideraciones sobre la conservación de estos ambientes en sus políticas del uso de la tierra.

En México existen 6,631 humedales según el censo llevado a cabo por la UNAM (2012), los cuales cubren el 5% del territorio mexicano. De estos, 142 están catalogados como sitios Ramsar por su importancia internacional.

El Sistema Lacustre de los Ejidos Xochimilco, San Gregorio, Atlapulco y Parque Estatal es declarado sitio Ramsar por la Convención Ramsar en 2004 (Ramsar, 2004 y CONANP, 2012) (mapa 21), para proteger sus humedales por sus atributos y funciones que son fundamentales para el equilibrio ecológico y ambiental global.

Esto sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

El punto 22 plantea algunas declaraciones acerca de los principales factores que generan continuos cambios y provocan el deterioro y desaparición de los humedales (Convención Ramsar, 2012):

- ✓ La falta de recursos hídricos para los humedales, en relación con el papel esencial que desempeñan los humedales en el ciclo hidrológico mundial;
- ✓ La creciente demanda de extracción de agua, en particular para la agricultura de regadío;
- ✓ Las consecuencias de un clima cambiante, cada vez más extremo e impredecible;
- ✓ La falta de un conocimiento cabal del valor de los humedales y sus servicios (valoración de los humedales) que sirva de base para la adopción de decisiones y de compromisos sensatos.

Todos estos factores se presentan en la zona chinampera de Xochimilco, por lo que es necesario poner atención para crear estrategias que ayuden a minimizar las consecuencias.

Este humedal alberga gran cantidad de especies de flora y fauna acuática y terrestre, algunas de ellas vulnerables y de distribución muy restringida como la *Nimphasea mexicana* (Imagen 21), y el Ajolote (*Neoténico Ambistoma Mexicanum*) (Imagen 22), que aportan un patrimonio genético importante, además de funcionar como una zona de alimentación y protección de peces y aves.

Imágenes 22 y 23. *Nimphasea mexicana* (izquierda) y Neoténico *Ambystoma Mexicanum* (derecha).



Fuente: [http://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Nymphaea\\_mexicana.htm](http://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Nymphaea_mexicana.htm)

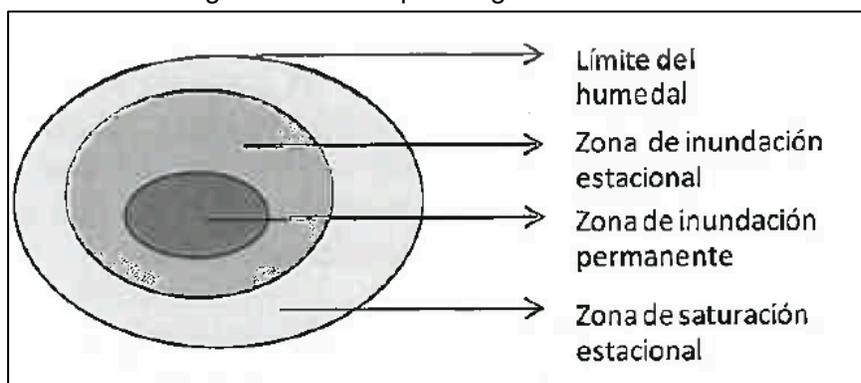


Fuente: <http://www.salamandrapedia.com/ajolote-mexicano-ambystoma-mexicanum/>

La delimitación de los humedales para su protección incluye una zona de amortiguamiento que ayuda a la interacción entre tensores e interfaces (Imagen 23) que se encuentra fuera del límite del humedal. La tensión/presión que recibe un humedal se origina frecuentemente fuera de éste, en el entorno que lo rodea o en la cuenca dentro de la cual se encuentra.

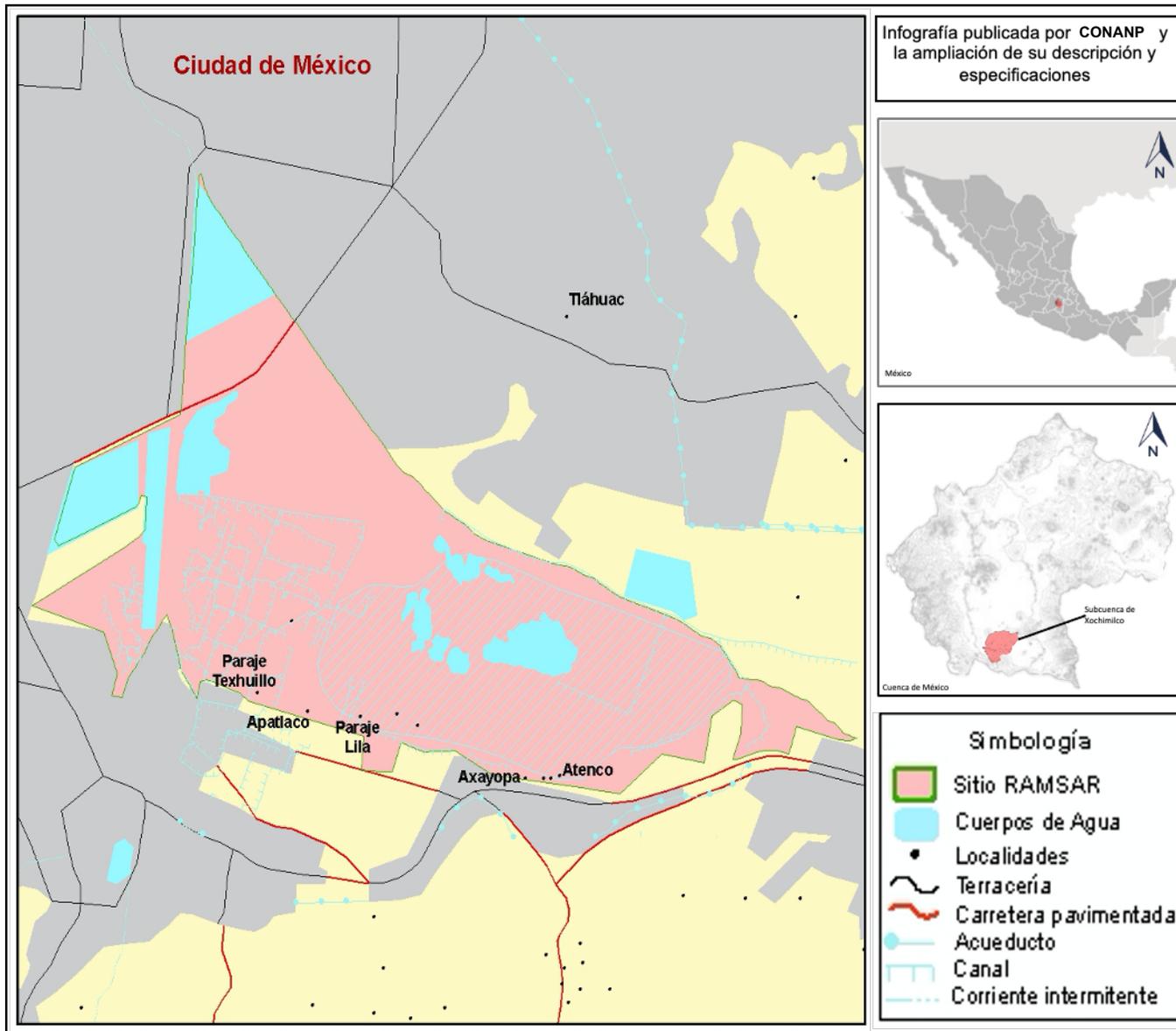
La zona de amortiguamiento puede interceptar o amortiguar las tensiones que afectan a su condición. Sin embargo, en el caso de la zona chinampera de Xochimilco los asentamientos humanos han rebasado los límites del humedal, al instalarse en partes de la zona de inundación estacional e incluso en zonas de inundación permanente, sobre chinampas.

Imagen 24: Zonas que integran a un humedal.



Fuente: SEMARNAT & CONAGUA (2013).

Mapa 21. Infografía publicada por CONANP y la ampliación del sitio Ramsar con su descripción y especificaciones.



Fuente: CONANP, 2012

Tal es el caso de la zona chinamera de Xochimilco. En el mapa 22, se observa el mapeo que se realizó de los asentamientos humanos realizado, esta vez sobre el polígono de sitio Ramsar, para mostrar cómo los asentamientos humanos – marcados con puntos rojos – invaden a partir de los límites del polígono hacia el centro, lo que es claramente visible, sobre todo, en la parte sur, que es la zona que recibe mayor presión sobre el humedal.

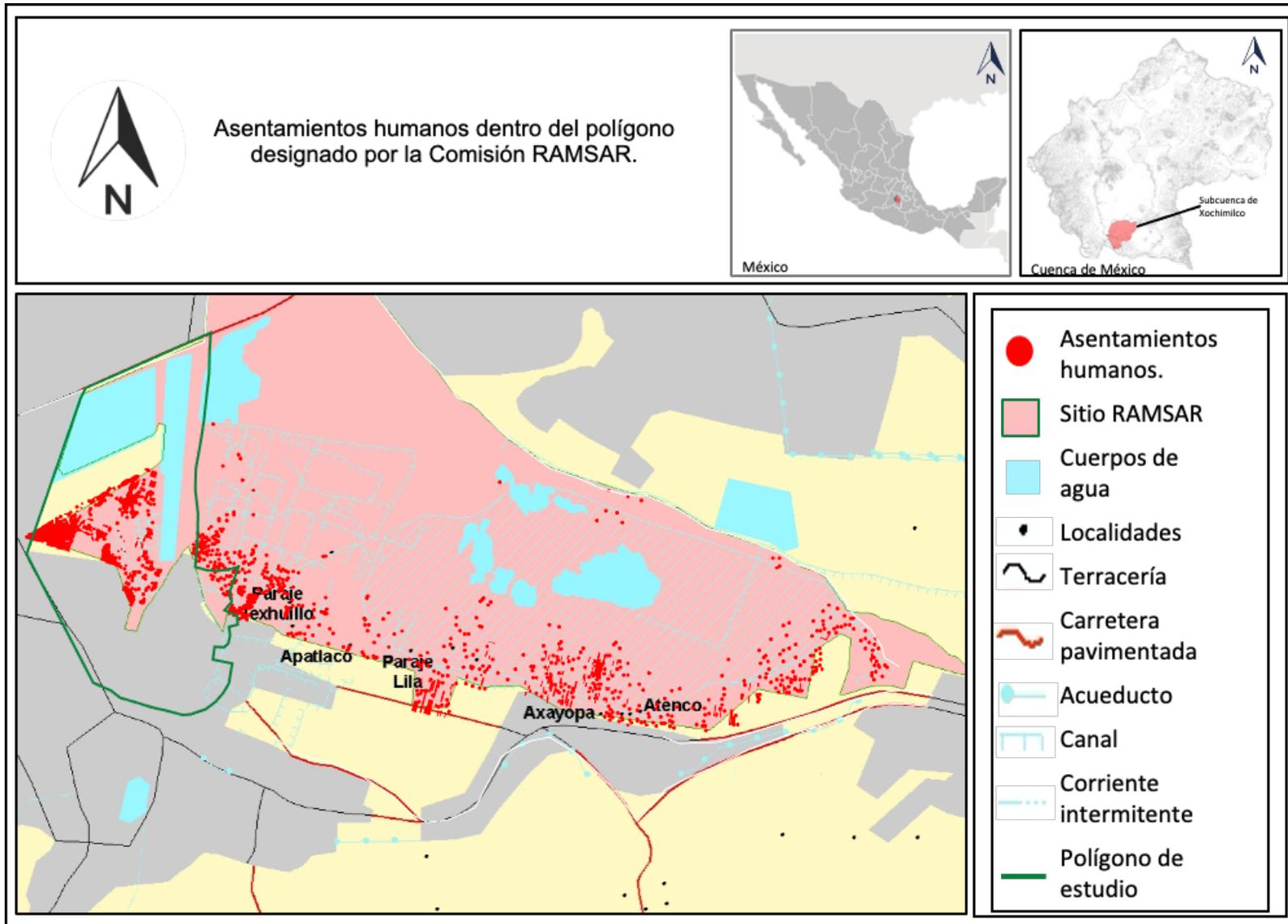
Según las características de los humedales, descritas por la Convención Ramsar, los humedales se forman donde la capa freática se halla en la superficie terrestre, o cerca de ella, o donde la tierra está cubierta por agua. Como complemento a esta definición: la Ley de Aguas Nacionales, en su artículo 3, los define como “zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente...” (Ley de aguas nacionales, 2016).

Por tanto, los asentamientos humanos y zonas urbanas localizados en la zona de humedales presentan una vulnerabilidad importante a las inundaciones, lo que debe ser considerado en los planes, por lo que la protección de la zona cobra un nuevo sentido no sólo desde el punto de vista ambiental, sino también social.

Los humedales son indispensables por los innumerables servicios ecosistémicos que brindan al ser humano. Estos beneficios van desde suministro de agua dulce, producción de alimentos, filtrado de agua, absorción de CO<sub>2</sub>, contienen una importante biodiversidad e incluso materiales para construcción. Pero además tienen la capacidad de ayudar en el control de crecidas e inundaciones, así como a las recargas de aguas subterráneas y como mitigador del cambio climático (Ramsar, 1990), todos estos servicios necesarios en la zona de estudio.

Esto los convierte en un elemento de gran importancia a tomar en cuenta en el estudio de la zona con un enfoque ambiental. Los humedales también son indicadores del deterioro ambiental de los espacios que los contienen, que, además, funcionan como mitigadores

Mapa 22. Asentamientos humanos dentro del polígono de signado por la Comisión Ramsar.



Fuente: Elaboración propia con datos de la PAOT (2018).

### 5.2.5. Sitio SIPAM.

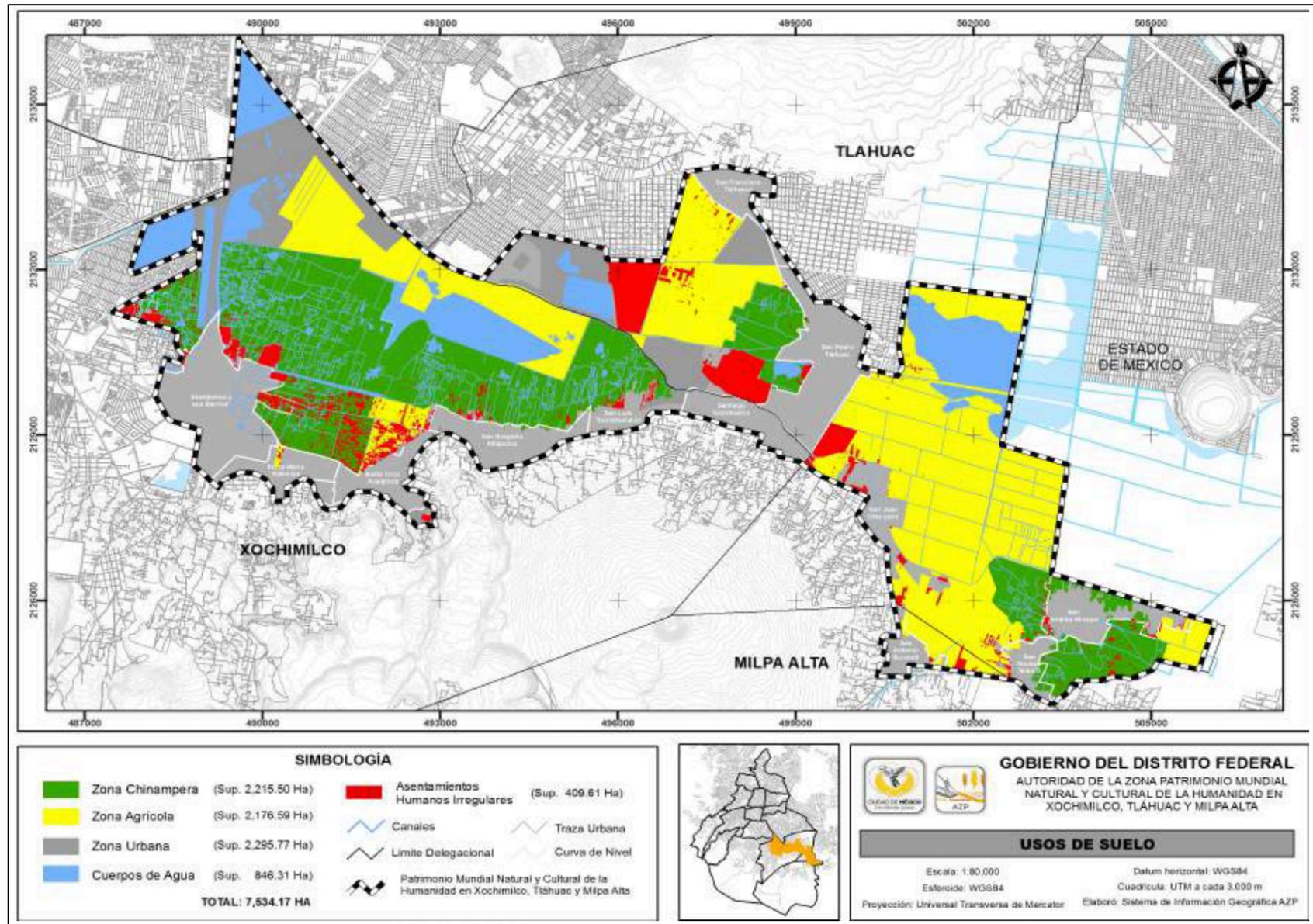
- Internacional: Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
- Año: 2017

Durante el curso de esta investigación la zona recibió una nueva declaratoria como Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial (Mapa 23), que debido a sus características resulta de especial interés para este trabajo, ya que apoya la constante exposición que sostiene durante todo el documento de que es posible y necesario encontrar nuevas formas de desarrollo en las que el ser humano sobreviva sin acabar con su ambiente (Gobierno de la Ciudad de México y Autoridad de la Zona Protegida, 2017).

Para ser designados como sitio SIPAM se requiere que el sitio cumpla con las siguientes características:

- Basados en el conocimiento local y la experiencia ancestral, estos sistemas ingeniosos agro-culturales reflejan la evolución de la humanidad, la diversidad de su conocimiento y su profunda relación con la naturaleza.
- Estos sistemas han resultado en paisajes extraordinarios, en el mantenimiento y la adaptación de la biodiversidad agrícola de importancia mundial, con una serie de sistemas de conocimiento nativos y ecosistemas resilientes.
- Principalmente, dichos sistemas han demostrado ser capaces de asegurar la provisión sostenible de múltiples bienes y servicios, alimentos y seguridad de los medios de subsistencia, además de calidad de vida para millones de pequeños agricultores (SIPAM, 2020).

Mapa 23. Mapa de la zona Patrimonial con la delimitación de la zona patrimonio natural y mundial en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta en la que se basa la solicitud de la declaratoria de sitio SIPAM.



Fuente: Gobierno de la Ciudad de México y Autoridad de la Zona Protegida, 2017.

Es conveniente destacar que los territorios SIPAM, tienen gran importancia en la búsqueda de nuevas formas de desarrollo menos invasivas para el ambiente porque:

- Son sitios donde las comunidades han desarrollado sistemas creativos eficientes y sustentables con una perspectiva social y agroecológica.
- Han desarrollado soluciones ingeniosas a los desafíos de alimentación y producción en una adaptación bidireccional, tanto de una continua adaptación a su entorno, como del entorno a las comunidades.
- Las culturas y paisajes resultantes, construidos por los grupos campesinos, destacan por su belleza y originalidad (SIPAM, 2020).

Para esta tesis son significativos porque comprueban que el ser humano es capaz de desarrollar su cultura interactuando con el territorio, adaptándose y adaptando su espacio para cubrir sus necesidades, pero sin poner en peligro el sistema. Demuestra que “...no es necesario destruir y acabar con los equilibrios naturales del medio ambiente y los servicios ecosistémicos que ofrece, para proveer a la sociedad de una base alimentaria sólida para su desarrollo” (Venegas y Lagarrigue, 2014).

El sistema chinampero fue declarado sitio SIPAM bajo los siguientes criterios, los cuales se transcriben como aparecen en la declaratoria por la importancia que estos representan para los fundamentos de esta tesis:

- **Importancia global.** Es un sistema histórico adaptado para enfrentar las limitaciones hidrológicas y climáticas y la presión de la alta demanda de alimentos de la ciudad. Los granjeros de chinampa han podido manejar cierto equilibrio entre el rendimiento sostenido y los factores de gestión ambiental y tecnológica. El desempeño de este ecosistema se ha basado en la mejora de la estabilidad biológica, incluidos los métodos de cultivo sofisticados, como el cultivo múltiple y el cambio de cultivos.

Las chinampas mantienen su importancia contemporánea mundial, doméstica y local porque representan no solo un vestigio histórico o un modelo agroecológico en la gestión, conservación y uso de recursos, sino también porque las chinampas, como una especie de agricultura urbana, incluyen una diversificación

geográfica de la agricultura, producción basada en continuos cambios tecnológicos para cada tipo de agricultura, que abarca respuestas a las necesidades de agua, el estado nutricional de la agricultura, las necesidades fitosanitarias y las condiciones climáticas de estos.

- **Seguridad alimentaria y de medios de vida.** El sistema chinampa ha sido un método de cultivo intensivo, la expansión de la producción local de alimentos a través de la innovación tecnológica ha traído nuevas tierras para el cultivo y ha aumentado los insumos laborales. Esta eficiente forma de producción que permite el cultivo intensivo durante todo el año ha sido una de las principales actividades que han apoyado la economía regional. Sin embargo, en lugar de depender de la protección del estado o del mercado, o de la aplicación estricta de la innovación tecnológica y la inversión de capital, los asentamientos humanos en la zona de chinampas con mayor resistencia han sido aquellos que han mostrado una distribución justa de la propiedad y una distribución equilibrada de poder entre los grupos de intereses sociales regionales.
- **Agrobiodiversidad.** Es posible afirmar que el manejo de la vegetación en las chinampas por parte de los productores locales, que comprende 51 especies domesticadas, es un ejemplo de un proceso de evolución de la agrobiodiversidad, que también incluye 96 especies no domesticadas, que se utilizan como forraje, cultivos (67%), medicinales (20%) y alimentos (13%).

Se ha estimado que a lo largo de los siglos, el perfil de producción de las chinampas se transformó de una producción de milpa, donde el maíz era el cultivo principal (Varadero chalqueño) y vegetales mesoamericanos (chile, tomate, calabaza, chilacayote y tomate) a una diversificación e incorporación de especies de diversa naturaleza botánica de diferente valor social y comercial que han ofrecido al productor de chinampa mayores opciones, así como una mejor adaptación de sus medios de producción a las condiciones ambientales y las demandas comerciales del mercado urbano de la ciudad. de México.

De hecho, el sistema Chinampa no sólo reúne una alta agrobiodiversidad vinculada a los cultivos, sino que también forma un hábitat para la biodiversidad acuática. Las superficies de los canales y pequeños estanques a menudo están

cubiertas de comunidades acuáticas que ofrecen escondites para pájaros y pequeños animales.

- **Sistemas de conocimiento local y tradicional.** Las chinampas son una especie de agricultura de campo elevado de humedales compuesta por pequeñas islas en franjas, construidas con los sedimentos del fondo del lago, ramas y vegetación en descomposición, creando una red de canales. Los canales forman parte del sistema de riego y tienen una profundidad promedio de 1,5 metros.

La construcción de una Chinampa se basa en varios pasos que incluyen: delinear los límites de la chinampa para delinear el perímetro de la chinampa, se cortan grandes ramas y tallos de ahuejote, construir la estructura de la chinampa fijando una estructura robusta alrededor de las estacas y luego, formando el suelo de chinampa, llenando la chinampa con dos capas de suelo, una con materia orgánica y otra hecha de lodo.

El cultivo de varios cultivos se basa en un sistema agroforestal e intercultivo. Además, la fertilidad del suelo está asegurada por aportes constantes de materia orgánica mediante la incorporación de vegetación acuática, lo que resta el ritmo de los procesos de eutrofización de los cuerpos de agua (canales y lagunas) que no tienen impacto en los niveles tróficos del sistema agrícola de chinampas.

- **Culturas, sistemas de valores y organizaciones sociales.** Las prácticas culturales, como en los partidos cívicos y religiosos y los productos culturales, los mismos asociados con las actividades de chinampas, manifiestan creencias y visiones del mundo que nutren la piedad popular y se alimentan de ella al mismo tiempo. Los rituales y las fiestas populares y regionales en el sitio, a lo largo de los siglos, han llegado a formas y sistemas establecidos de identidad y unidad dentro de los barrios, las chinampas, las ciudades y las familias extensas.

Tanto la distribución equitativa del poder social como el respeto de la comunidad por la propiedad privada de las chinampas, han sido las condiciones subyacentes en el desarrollo de los medios de vida de las chinampas, lo que ha permitido que surjan condiciones favorables con altas tasas de participación, dentro del tejido social local y bajo el marco jerárquico, relaciones entre lo rural y lo urbano. En este sentido, las estrategias específicas de medios de vida desarrolladas en el

sistema de chinampa han dado a las personas la libertad y el espacio para elegir su propio destino y evolución, lo que ha significado que los agricultores de chinampa no dependan necesariamente de una de las estrategias de contención para cambiar los procesos, como el proceso regional de urbanización, pero han podido consolidar fuertes capacidades de combinar diferentes estrategias agroecológicas en busca de sistemas alimentarios y lograr condiciones óptimas para sus medios de vida resilientes suburbanos.

- **Características de paisajes y paisajes marinos.** El sistema agrícola chinampa de la zona del lago de Xochimilco representa una actividad multifuncional complementaria a la dinámica urbana de la Ciudad de México que cumple objetivos integrales de sostenibilidad socioambiental, que incluyen la satisfacción de las necesidades de bienestar social y económico de la población local y regional.

Además de su extensa riqueza biológica, los agroecosistemas de chinampa de las cinco zonas que se encuentran en humedales permanentes dentro de una subcuenca cerrada, brindan importantes servicios ecosistémicos al área urbana y periurbana.

Sus elementos agroforestales y los canales, que tienen entre 4 y 6, m de ancho promedio que se utilizan como medios de transporte navegados por canoas y trajineras, cargados de mercancías, agricultores y turistas componen el paisaje de las chinampas.

Sirven para controlar las inundaciones cuando el exceso de agua en la temporada de lluvias se desvía de la Ciudad de México, trabajando como buques de regulación. Además, la humedad generada por el agua depositada en los canales y humedales, y la evapotranspiración de la vegetación, promueve que el clima sea más húmedo, el suelo más compacto y la erosión eólica menos agresiva en el microclima de la ciudad de la zona sur.

Además de estas declaratorias, existen otras en la zona, como la de AICA (Área de Importancia para la Conservación de las Aves) (CONABIO, 2012), establecida en 1996; el “AICA para la zona sur de la ciudad de México, dentro de la cual se encuentra el Lago de Xochimilco” (FAO, 2014).

Estas inscripciones se aplican no sólo por ser un lugar de riqueza cultural y natural, sino por la vulnerabilidad que presenta ante los cambios irreversibles, la mayoría generados por acciones humanas como: los cambios de uso de suelo, cambios en las actividades económicas locales de sus habitantes, entre otros, que son consecuencia del modelo de desarrollo urbano adoptado en las últimas décadas en la Ciudad de México y que propició que la urbanización llegara a Xochimilco.

Estas declaratorias representan recursos que deben destinarse para la conservación de la zona chinampera, tanto en su valor patrimonial como en la natural, según la declaratoria. No obstante, llama la atención que éstas, con las recomendaciones de manejo y los recursos que incluyen, no han logrado frenar el deterioro, pues los asentamientos humanos, la urbanización y el turismo desmedido, que sobrepasan la capacidad de carga de los ecosistemas siguen poniéndolo en riesgo.

Los asentamientos irregulares y las invasiones a las áreas protegidas son uno de los mayores problemas que sufre Xochimilco, ya que éstas generan mucha de la contaminación que se vierte en los canales y rebasan al gobierno local para controlarlo a la par de la corrupción, las políticas cortoplacistas y estrategias urbanas implementadas en la Ciudad de México.

### **5.3. Impacto de los asentamientos humanos y la urbanización en la zona chinampera de Xochimilco.**

Los procesos de urbanización y el crecimiento de la mancha urbana generaron desplazamientos de población. Parte de estos desplazamientos llega a Xochimilco y se asientan en chinampas abandonadas. Sin embargo, al no tener arraigo con el lugar ni compartir la cultura, la relación socioambiental se deteriora y, por ende, el socioecosistema también, lo que ha contribuido a agravar el problema de la desecación de canales de Xochimilco y al deterioro ambiental en general.

En este lugar se encuentra una sociedad que ha luchado por mantener sus tradiciones religiosas, sociales, agrícolas y del hábitat que va cediendo poco a poco a la presión del

avance de la modernidad y el desarrollo urbano con su estructura socioeconómica neoliberal.

La urbanización de Xochimilco y la invasión de chinampas genera una contaminación hacia sus canales, que afecta significativamente a las especies que ahí cohabitan con el ser humano que genera contaminación. El problema radica en el modelo socioeconómico impuesto con la llegada de los españoles en el siglo XVI, que fue evolucionado hasta el neoliberalismo actual. Al tratar de cambiar la conformación natural del territorio, la desecación de los cuerpos de agua y la contaminación se volvieron acciones cotidianas para los habitantes locales y forasteros de la cuenca. Hoy las descargas de aguas negras a los canales de Xochimilco provocan altos niveles de contaminación.

Estas descargas provienen de las unidades habitacionales, hospitales, el Reclusorio Sur y asentamientos irregulares (Asamblea Legislativa del Distrito Federal. VI Legislatura, 2014). La Dra. Rosario Iturbide, coordinadora del Instituto de Ingeniería de la UNAM, afirma que se tienen detectadas 1,700 descargas de aguas grises a los canales de Xochimilco y 3,500 de aguas negras, estas cifras son aproximadas puesto que muchas de estas descargas son clandestinas e incluso subterráneas (2015).

Las acciones emprendidas hasta ahora parecen no detener el deterioro de la zona. Las distintas declaraciones como espacio protegido de su territorio no son suficientes ni efectivas debido a sus condiciones ambientales y culturales, su territorio se sigue reduciendo y sus aguas contaminando y secando (Camarillo, Maurer & Ulacia, 2014, González Pozo, 2011, Iturbide Argüelles, 2015, entre otros). Son necesarias acciones de los pobladores locales, quienes son los protectores naturales de los socioecosistemas, con apoyos técnicos y económicos de los gobiernos y científicos que puedan proporcionar innovación con visión ambiental a través de universidades y centros de investigación.

La mancha urbana alcanzó a Xochimilco en la década de los sesenta y, actualmente, según demandas realizadas por movilizaciones vecinales en el 2002 ante la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT), la Secretaría del Medio Ambiente y la alcaldía de Xochimilco, se han invadido chinampas con tiraderos de cascajo, viviendas, puentes de madera y concreto para el paso de camiones de materiales, baños y canchas

de fútbol, creciendo del 2002 al 2011 en un 1000% principalmente en la laguna del Toro y de Tezhuilo (según constata en el periódico El Universal que realizó una investigación en ese año). Según esta denuncia de los vecinos, la invasión afecta aproximadamente a 360 hectáreas de Suelo de Conservación y se ha propiciado que se generen nuevos asentamientos humanos en los parajes de Amalacachico, Toltenco, El Ranchito, La Noria, Tultenco y Amelaco (Villanueva, 2011).

Actualmente estas zonas ya se encuentran completamente invadidas y los canales llenos de basura, algunos de ellos han sido segados por alguna calle actualmente ya pavimentada. Una práctica recurrente en Xochimilco es el asentamiento irregular, que después es integrado a la urbanización, mediante la pavimentación e instalación de infraestructura y servicios exigidos por los habitantes irregulares, debido a la problemática social y económica que acarrea a las autoridades desalojar las zonas invadidas.

Así, entre los asentamientos irregulares y las políticas públicas llevadas a cabo por las autoridades de la Ciudad de México, vistas en el capítulo cuatro de esta tesis, se han producido zonas de vulnerabilidad en la ciudad que ponen a la población en riesgo, tanto por las inundaciones como por los eventos sísmicos que son frecuentes.

#### **5.4. Las zonas de vulnerabilidad y riesgo debido a las actividades humanas sobre la Cuenca de México.**

Las transformaciones realizadas por el ser humano en la Cuenca de México, no sólo han afectado a los ecosistemas que la conforman, sino también hacen vulnerable a la población que se ha asentado en ella.

El Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED), realiza una investigación y un monitoreo constante de los eventos naturales que pueden significar un riesgo para la población (CENAPRED, s.f.). A través de esta dependencia se obtienen, entre muchos otros datos, mapas de riesgo y los tipos de suelo de la Ciudad de México que permiten determinar los lineamientos de construcción.

El CENAPRED clasifica el suelo de la Cuenca de México según su relieve en tres tipos que se relacionan con su hidrología: planicie lacustre, que coincide con la planicie aluvial ya explicada anteriormente; zona de montaña y zona de piedemonte, que es la zona de transición entre las dos anteriores. Estos tipos de suelo no deben descartarse cuando se planifica la ciudad y deben complementarse con mecánicas de suelo a la hora de hacer y aplicar el reglamento de construcción para la Ciudad de México y diseñar edificaciones.

La impermeabilización de los suelos a causa de la pavimentación, que evita la recarga de los mantos acuíferos y la extracción de agua, ha deteriorado la geología original de la zona, al generar fracturas y la formación de cavidades profundas. Esto, aunado al peso de construcciones cada vez más altas y pesadas, se traduce en vulnerabilidad del sitio y riesgo para la población, hecho que se evidenció durante los sismos del 7 y el 19 de septiembre de 2017.

Si bien la Ciudad de México se encuentra ubicada en una zona sísmica, y se tiene registro de fuertes sismos desde 1475, en la época de los aztecas (Rojas-Rabiela & García, 1992: 9), gran parte de su vulnerabilidad actual tiene que ver con la extracción irracional de agua que se ha hecho en los dos últimos siglos.

En Xochimilco existían 14 manantiales, según cuentan los pobladores en las entrevistas, y el acueducto pasaba por todos ellos, conectándolos entre sí para extraer agua y abastecer a la Ciudad de México. Una vez que se agotaron los manantiales se continuó con la extracción de agua de los mantos acuíferos mediante pozos cada vez más profundos, como los 16 pozos que actualmente están funcionando en San Gregorio Atlapulco.

Lo que no se tomó en cuenta es que esto ocasiona que el suelo arcilloso se compacte, dejando cavernas en el subsuelo que lo vuelven inestable. Esto, aunado al peso de las edificaciones y al comportamiento específico que tienen las ondas sísmicas al entrar en contacto con el suelo blando de la cuenca baja, magnifica los daños en la ciudad (Carreón, D., 2017).

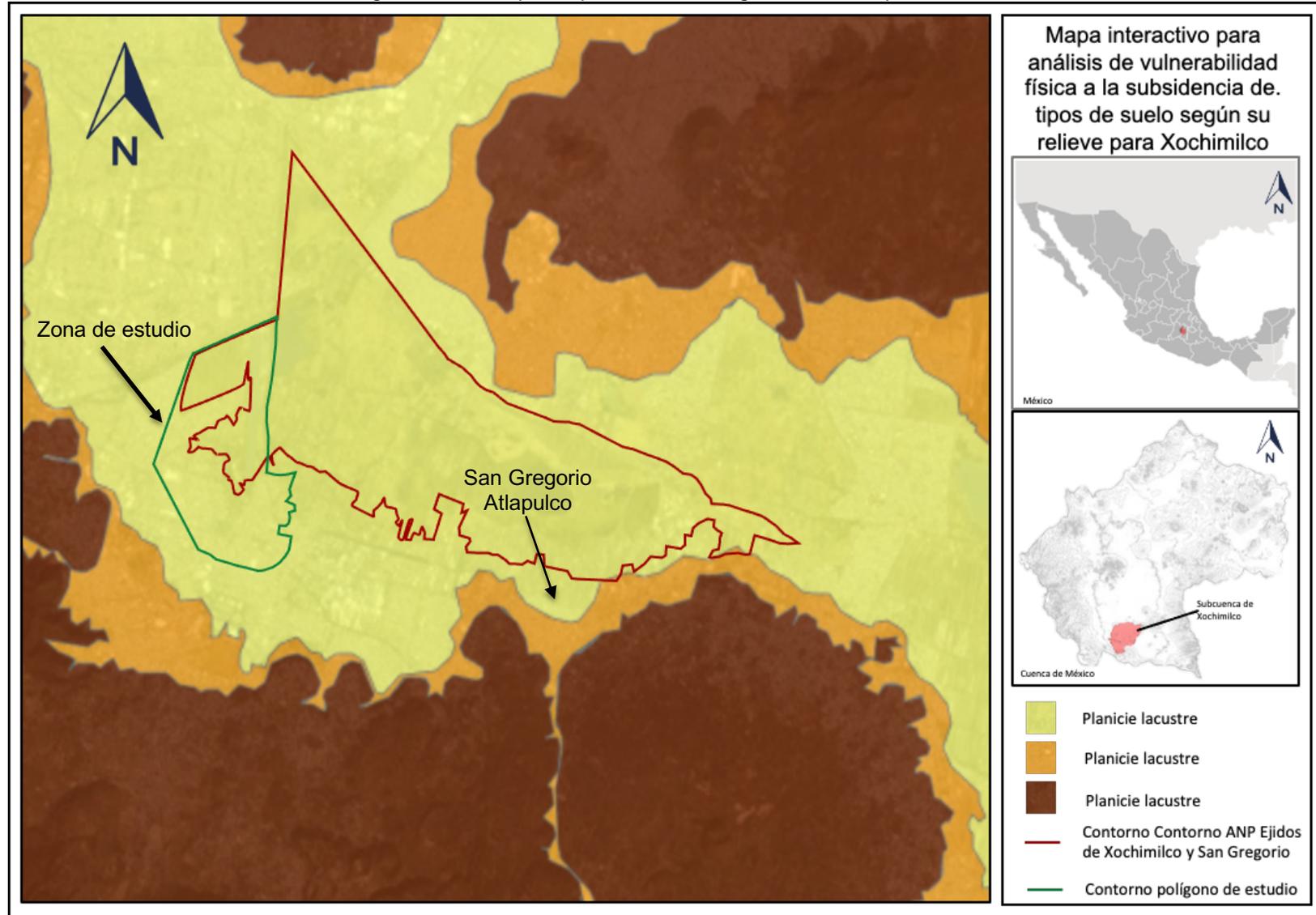
En la tercera semana después del sismo del 19 de septiembre, el Instituto de Geofísica de la UNAM dio a conocer un mapa interactivo de análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia, hundimiento y agrietamiento en la Ciudad de México (UNAM, 2017), como resultado de una investigación de tres años, solicitada a la UNAM por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). En este mapa interactivo se pueden consultar distintos datos de toda la ciudad o de una zona que se desea estudiar, por ejemplo: los tipos de suelo según el relieve de la ciudad o la zonificación sísmica, los hundimientos y fracturas y la vulnerabilidad física, social y general.

Durante la investigación se realizó un estudio con este mapa interactivo para la zona chinampera de Xochimilco y se encontró que el suelo está conformado en su mayoría de planicie lacustre y sólo en la zona de San Gregorio Atlapulco se tiene algo de suelo de piedemonte (Mapa 24). Esto indica suelo integrado por "... depósitos de arcilla que se comprimen y que están separados por capas arenosas con contenido diverso de limo, que presenta una consistencia firme a muy dura y con espesores variables de centímetros a metros". Por lo que requiere cimentaciones diferentes en las otras dos zonas (lacustre y pie de monte) (Trasvalúo, 2017).

Como una situación paralela a esta investigación, debido a un proyecto de voluntariado en apoyo a la población después del sismo del 19 de septiembre de 2017, se tuvo la oportunidad de trabajar directamente con la población de San Gregorio Atlapulco que resultó muy afectada.

Si bien San Gregorio Atlapulco se encuentra fuera del polígono de estudio de esta investigación, está ubicado dentro de la Subcuenca de Xochimilco y forma parte del sistema de chinampas, aunque pertenece a otra zona (la zona chinampera de San Gregorio Atlapulco). Se consideró de relevancia para esta tesis exponer lo observado en ese poblado después del sismo, lo que constituye una evidencia reciente de los efectos que tiene en la Ciudad de México el deterioro ambiental de la cuenca a causa de la extracción de agua del subsuelo, la edificación en la zona de humedales y la construcción de vivienda con materiales pesados como el concreto sobre las chinampas.

Mapa 24. Mapa interactivo para análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia de tipos de suelo según su relieve para tipos de suelo según su relieve para Xochimilco.



Fuente: Instituto de Geología de la UNAM (2017).

Este pueblo, al igual que Santa Cruz Acapulco y San Luis Tlaxialtemalco, sufrieron fuertes daños a raíz de los sismos del 2017 (*Imágenes 25 y 26*).

Imágenes 25 y 26. Daños causados en San Gregorio Atlapulco por el sismo del 17 de septiembre del 2017.



Fuente: Archivo fotográfico del Proyecto Hábitat de emergencia San Gregorio Atlapulco. Castro ME, Lions A, Bribiesca MA, Arellano M, y Almanza KE (2017).

Los asentamientos irregulares y la urbanización sobre las zonas bajas de la cuenca, la impermeabilización de suelos con pavimentos de concreto y asfalto, aunado a la extracción de agua del subsuelo cada vez más profunda y la construcción de edificaciones con gran peso, representan un riesgo para la población de estas localidades.

La vulnerabilidad es evidente y clara en los estudios que se han realizado por diversas instituciones sobre la conformación física de la Cuenca de México. Estudios que

contemplan el origen geográfico y geofísico, la conformación de los suelos y los cambios ocasionados en el suelo y subsuelo, por las transformaciones de los procesos urbanos.

Durante el voluntariado de apoyo a la población de San Gregorio se costato que muchas construcciones sobre lo que solían ser chinampas, con poca o nula cimentación (las casas asentadas sobre una plancha de ladrillos o de cemento), falta de cerramientos en el último piso de edificios de tres y cuatro niveles, falta de traveses longitudinales que den estabilidad a la estructura (imagen 27), entre otras fallas, sufrieron grandes fallas..

Imagen 27. Falta de traveses longitudinales que den estabilidad a la estructura en edificio de tres pisos en San Gregorio Atlapulco.



Fotografías: Lions, A. (2015).

Aunado a esto, la zona presenta grietas y fracturas que la hacen vulnerable y colocan en grave riesgo a la población ahí asentada, como se observa en la mapa 25, obtenida del mapa interactivo para análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia de hundimiento y agrietamiento localizados en la Ciudad de México, lo que explica los daños registrados durante el sismo del siete y el 19 de septiembre de 2017 donde gran parte de las edificaciones dañadas coinciden con las grietas y hundimientos mostrados en el mapa y el del 16 de febrero de 2018 – en el que se volvieron a dañar casas y bardas recién

construidas—. Esto es una evidencia más de la pérdida de la relación socio-ambiental que se ha dado a lo largo de la historia de la cuenca y que es importante recuperar.

Según explica el Ing. Eduardo Reinoso Angulo, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, la onda sísmica viene con una amplitud determinada, según la magnitud del sismo, pero al entrar en contacto con el suelo de transición, de constitución más blanda, aumenta su amplitud y, por lo tanto, su coeficiente sísmico, lo que explica los daños ocurridos en Xochimilco y en toda la ciudad en donde la mayoría de los daños registrados coinciden con las zonas de transición durante los sismos de septiembre de 2017, situación que, según el Ing. Reinoso, resultó semejante en el sismo de 1985. Aunque los sismos fueron de características diferentes, los daños se situaron sobre las grietas y hundimientos existentes, lo que demuestra la vulnerabilidad del suelo de la Ciudad de México.

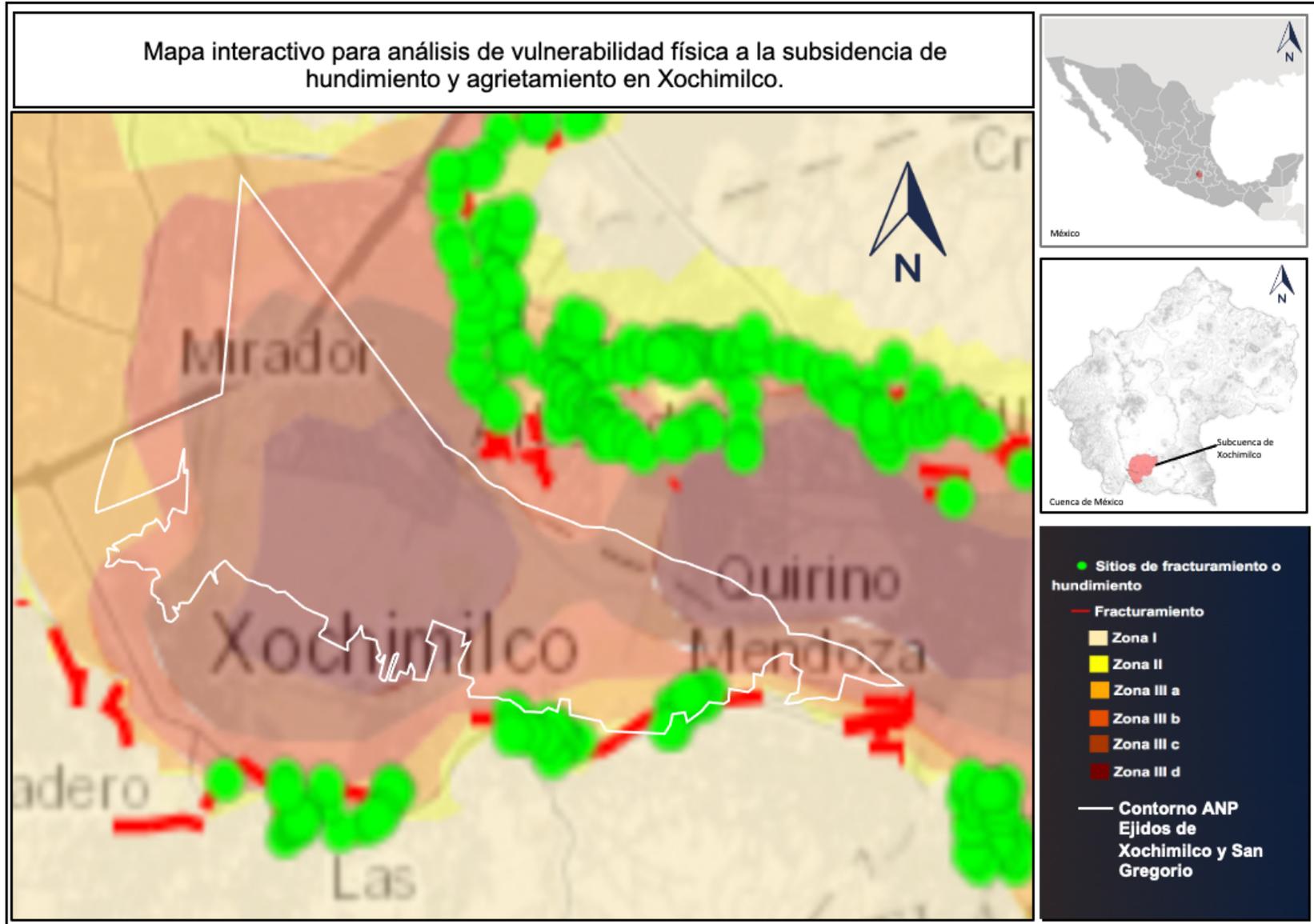
A pesar de las recomendaciones y predicciones de los investigadores y expertos, la ciudad ha seguido su curso con el mismo modelo de urbanización. Don Antonio Peñafiel, quien participó en el diseño del abastecimiento de agua para la Ciudad de México durante el Porfiriato, sabía que la desecación de los lagos de Xochimilco y Chalco "...traería como consecuencia un terreno ardiente y sin vegetación, además del azolve y la desaparición de los manantiales de Xochimilco" (Peñafiel, 1884: 78).

Aun así, el desecamiento continuó y las predicciones de Don Antonio se cumplieron: los manantiales han desaparecido, la vegetación ha disminuido alarmantemente y las temperaturas se han incrementado sin que se tomen las medidas necesarias para enfrentar esta situación.

El sismo del 19 de septiembre, junto con el mapeo de fracturas y hundimientos realizado por el Instituto de Geofísica de la UNAM, revela sitios donde la vulnerabilidad física es tan alta que no es conveniente volver a edificar ahí por el riesgo que significa para los pobladores (Centro de Geociencias de la UNAM, 2017).

Esto representa un grave problema, pues implica reubicar a una gran cantidad de habitantes, pero también puede ser una oportunidad para recuperar las chinampas perdidas por asentamientos humanos y para generar conciencia en las personas en cuanto a la importancia de entender y retomar la relación socioambiental perdida.

Mapa 25: Mapa interactivo para análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia de hundimiento y agrietamiento para Xochimilco.



Fuente: UNAM (2017).

Con el modelo de crecimiento desarrollado en la Ciudad de México, se fue cubriendo gran parte de la llanura aluvial<sup>18</sup> de la cuenca, al sustituir agua y zonas verdes por pavimentos y edificaciones. Pero este sistema no ha desaparecido del todo, aún es posible encontrar pequeños relictos de los antiguos lagos y las áreas naturales y semiantropizadas como la de la zona chinampera de Xochimilco.

Las ciudades nahuas que se desarrollaron en la cuenca, antes de la llegada de los españoles, son un ejemplo de desarrollo humano integrado al medio ambiente al tomar el agua como elemento base en la construcción de sus ciudades y producción de alimentos mediante las chinampas. Desarrollaron una ingeniería hidráulica eficaz basada en la observación y comprensión de su comportamiento y sus ciclos. Para ellas el agua era una aliada y elemento de veneración, contrario a la visión de los conquistadores españoles que la temían por a las inundaciones y era utilizada como receptáculo de sus desechos.

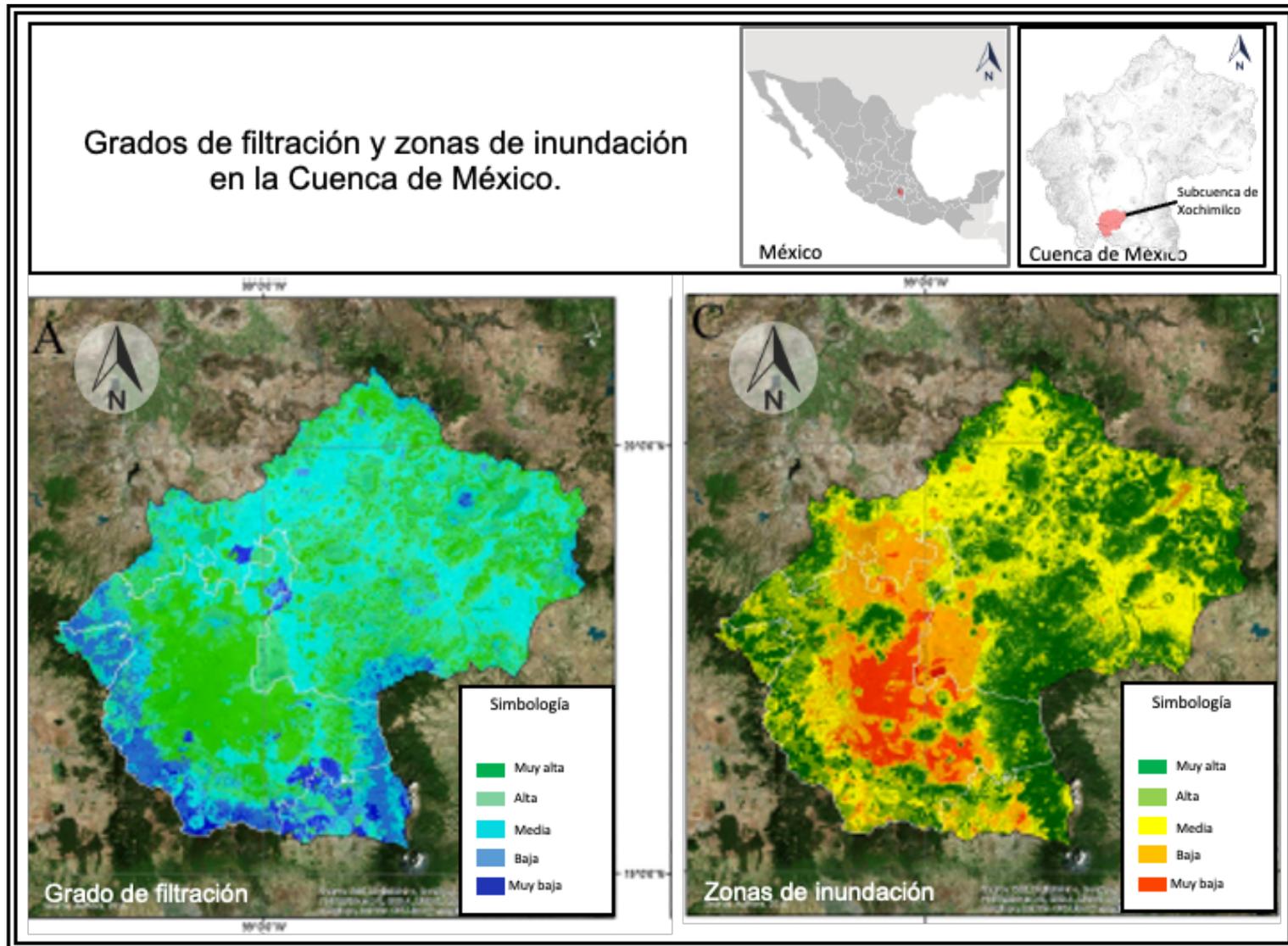
A partir del estudio cronológico del crecimiento de la Ciudad de México – realizado en el Capítulo cuatro –, se observa que la gestión del agua se ha centrado principalmente en intentar reducir el riesgo de inundaciones mediante el desecamiento de los lagos y canales y asegurar el abastecimiento de agua para la población mediante la explotación de manantiales y mantos acuíferos, trayéndola de otras cuencas. Se pierde de vista que el suministro de agua y las inundaciones se relaciona directamente con la dinámica hidráulica de la cuenca, y al expandir la ciudad, no se ha contemplado la escala más grande de la cuenca en la evaluación de los riesgos y la búsqueda de soluciones.

Un estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México, sobre las funciones de las capacidades de infiltración del agua y los riesgos de inundación en las cuencas, determinó los niveles de infiltración (*mapa 26*) e inundación (*mapa 27*) en los suelos de la Cuenca de México (Zambrano, et al., 2016. pp: 6-8). Cuando las áreas con bajo potencial de filtración coinciden con bajas altitudes, se forman zonas de inundación o llanuras aluviales.

---

<sup>18</sup> También llamada vega, llanura de inundación, o valle de inundación, es la parte orográfica que contiene un cauce y que puede ser inundada ante una eventual crecida de las aguas de éste (Banco de Occidente de Colombia, s.f.).

Mapas 26 y 27. Grados de filtración (mapa 26) y zonas de inundación (mapa 27) en la Cuenca de México.



Fuente: Adaptación de mapas de Zambrano, et al., 2016 p: 6

La zona urbana de la Ciudad de México se expandió sobre los lagos, primero mediante chinampas integrando hábitat y cultivo, y después de la llegada de los españoles, mediante el relleno y la desecación de cuerpos de agua. A partir de esto, se adoptó una forma de urbanización que no contemplaba la comprensión del medio natural, intentando emular a las ciudades europeas construidas en lugares con una conformación físico-ambiental totalmente distinta a la de la Cuenca de México, con otra cosmogonía.

La experiencia de la derrota de la conocida como la Noche Triste, donde murieron muchos soldados españoles durante la retirada, al ahoarse en los canales de la ciudad de Tenochtitlán, reforzada por el miedo a las inundaciones que asolaban la ciudad, los llevó a adoptar la práctica de desecación y relleno de los canales.

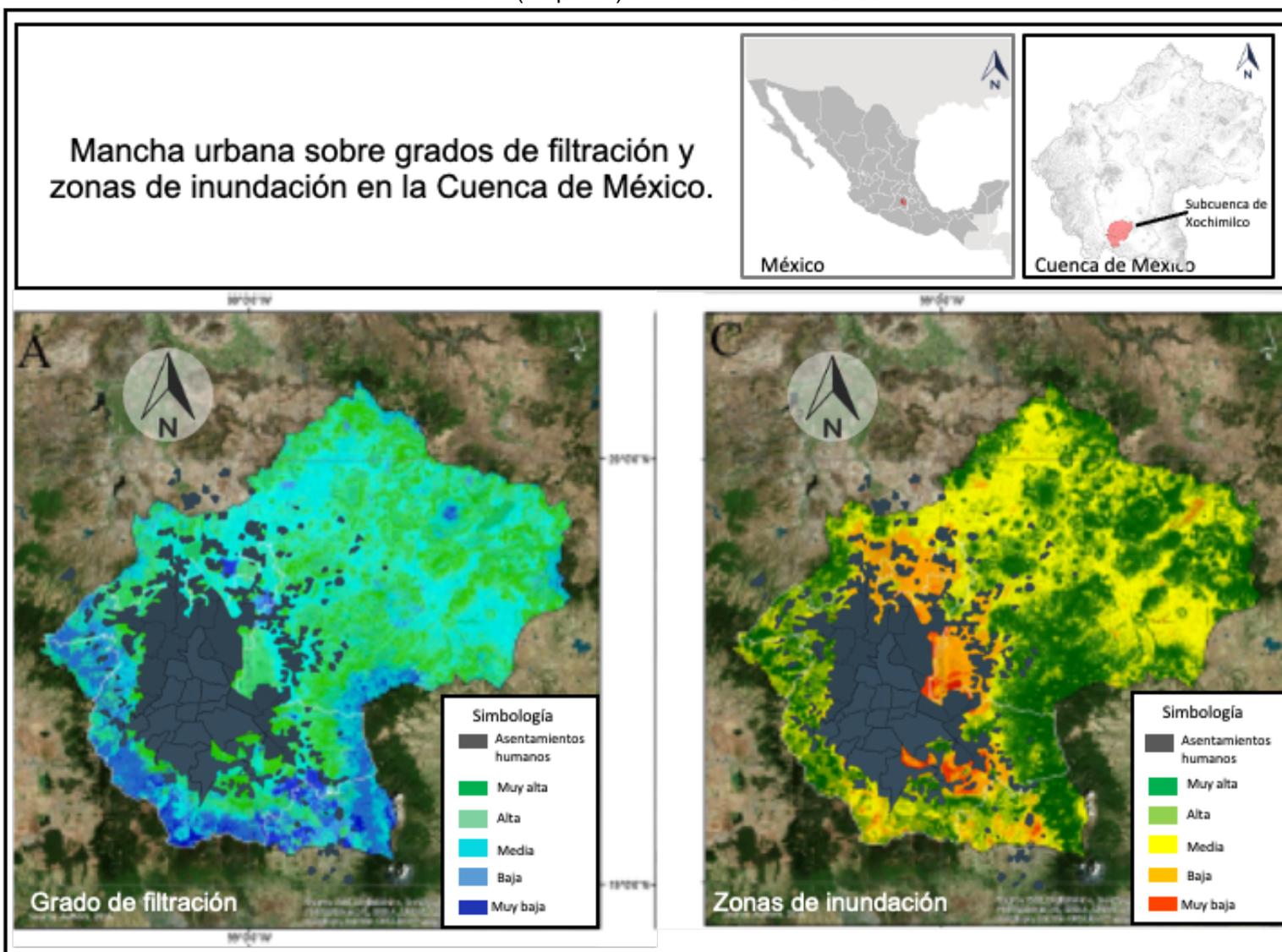
Posteriormente, se entubaron los ríos en un esfuerzo de contener el agua y evitar las inundaciones; todo esto, aunado a la cobertura del suelo con materiales cada vez más impermeables, que evitan la filtración del agua al subsuelo – acción necesaria para la recarga de los mantos acuíferos –.

Mientras la Ciudad de México crece, el área de suelo con mayor grado de impermeabilidad aumenta, por tanto, geográficamente, está relacionada con la mancha urbana y debido a que las zonas bajas de la cuenca son las de mayor densidad urbana, coincide con las zonas inundables.

En los *mapas 28 y 29* se observan que las zonas de menor filtración y de mayor inundación coinciden con los asentamientos urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, lo que demuestra que los modelos de urbanización actual impiden la adecuada filtración del agua hacia los mantos acuíferos.

Debido al tipo de urbanización y los materiales utilizados en ellas, se ha provocado que el suelo se selle, reduciendo la capacidad de filtrado del suelo y permitiendo la acumulación de agua pluvial en la superficie y, por ende, el riesgo de inundación.

Mapas 28 y 29. Mancha urbana sobre mapa de grados de filtración (mapa 28) y zonas de inundación (mapa 29) en la Cuenca de México.



Fuente: Adaptación propia del mapa de Zambrano et al., 2016 p: 6, con datos del INEGI.

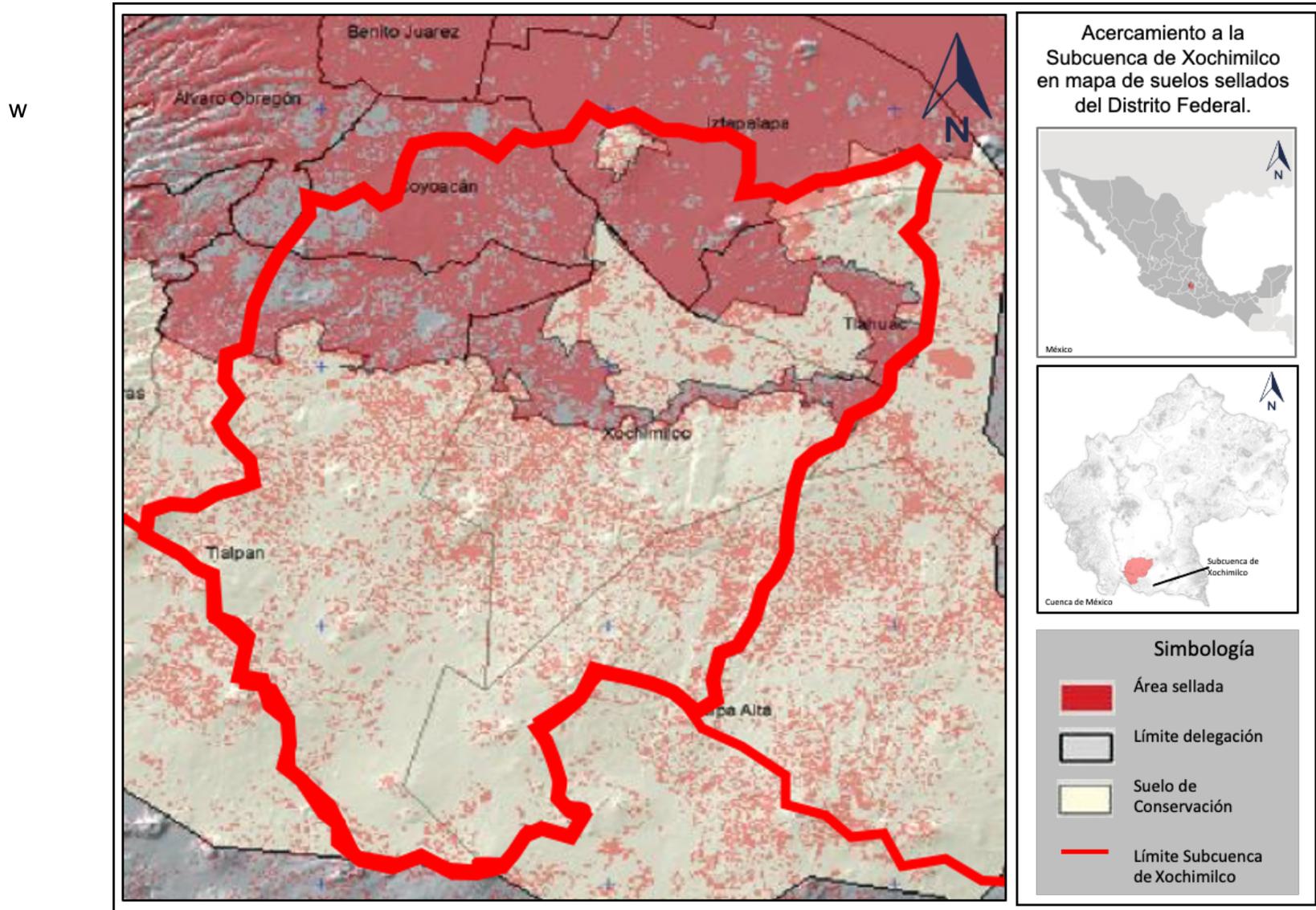
Cram Sicke, Helena Cotler, Luis Miguel Morales, Irene Sommer y Estela Carmona publicaron en la revista *SciELO* (Scientific Electronic Library Online) de la Universidad Nacional Autónoma de México, un mapa al que llamaron “de suelos sellados” en el que se muestran los suelos considerados impermeables de la Cuenca de México. Para esta investigación, se hizo un acercamiento en el mapa hacia la Subcuenca de Xochimilco, donde se puede apreciar que aún hay zonas con capacidad de filtración debido a las áreas de cultivo de la zona chinampera, a sus lagos y suelos de conservación, libres de materiales impermeables como el concreto y el asfalto (mapa 30).

Esta área de suelos sellados representa un riesgo para los habitantes ahí asentados y suma otro elemento que aumenta la vulnerabilidad en las zonas bajas expuestas a inundaciones. Las zonas de primera y segunda naturaleza tendrían la capacidad de disminuir este riesgo debido a la capacidad de filtración de sus suelos, pero al cambiar los usos de suelo y cubrir las superficies con pavimentos de materiales impermeables, sobre todo al tratarse de una cuenca endorreica, donde las aguas tienden a acumularse en la superficie, las inundaciones son inevitables.

Todos estos elementos confirman la importancia de conservar e incluso intentar recuperar los relictos de primera y segunda naturaleza que aún se encuentran en la Cuenca de México, sin embargo, sería importante y muy útil para el funcionamiento hidrológico que se intentara evitar y reducir las grandes áreas de suelo sellado. Pero también ponen en evidencia que las declaratorias que tiene la zona no están resultando suficientes para proteger la zona. Es necesario ir más allá, generar conciencia y frenar la corrupción.

Las Áreas Naturales y Suelos de Conservación Ecológica, pueden aportar elementos para reducir la vulnerabilidad de la ciudad a las inundaciones y también al cambio climático, propiciando además la recuperación de las relaciones ecosistémicas que mejorarán las posibilidades de supervivencia de especies endémicas y autóctonas y una mejor calidad de vida para la especie humana.

Mapa 30: Acercamiento a la Subcuenca de Xochimilco en mapa de suelos sellados del Distrito Federal.



Fuente: adaptación de Silke, et al., 2008.

Para ello, es necesario que se recupere la relación socioambiental. Si se logra crear conciencia de la importancia del cuidado del ambiente para la sobrevivencia del ser humano, tal vez sea posible detener la crisis ambiental y climática del lugar y, con la suma de acciones locales, del planeta.

En Xochimilco existen personas y grupos sociales que son concientes de esta situación y trabajan para difundir esta filosofía de convivencia del ser humano con la naturaleza, sin embargo, hace falta más trabajo y más gente que se comprometa con el medio ambiente para rescatar la zona.

En el siguiente y último capítulo se exponen los resultados del trabajo de campo realizado a través de varias visitas a la zona de estudio, con la finalidad de acercarse a distintos grupos de población y conocer la forma cómo se relacionan con la zona chinampera, pero también para comparar los resultados obtenidos en los estudios con los Indicadores de Cambio Climático con lo que perciben pobladores de Xochimilco y tomar mediciones de temperatura en sitio que se utilizaron para la comprobación de la existencia de isla de calor en la zona.

## 6. Relación socioambiental actual en la Subcuenca de Xochimilco

*"Mira profundamente en la naturaleza y entonces comprenderás todo mejor."*

ALBERT EINSTEIN

Xochimilco parece resistirse a un proyecto urbano que antepone intereses políticos y económicos a su conservación. Debido a ello, este espacio agrario ha quedado inmerso en medio de la urbe, pero sin integrarse realmente a ella, resistiéndose a ser absorbida hasta desaparecer. ¿No sería esto una oportunidad para buscar estrategias que logren una ciudad un poco más sustentable?

La biodiversidad de la zona chinampera de Xochimilco aún es muy variada. Los canales todavía son el hogar de flora y fauna acuática consistente en peces, ajolotes, ranas, aves acuáticas endémicas (Imagen 28) y migratorias, que encuentran refugio y alimento en medio de la ajetreada metrópoli mexicana. Las especies que aquí se pueden observar se cuentan por cientos (Stephan-Otto, 1998).

Imagen 28. Gallina de agua común (*Gallinula galeata cachinnans*) con sus crías en uno de los canales de Barrio 18.



Fotografía: Lions, A. (2018),

Hay que recordar que esta es una zona de humedales, los cuales son importantes por los innumerables beneficios ecosistémicos que brindan a la humanidad, desde suministro de agua dulce, alimentos y materiales de construcción, el control de crecidas, recarga de aguas subterráneas, mitigación del cambio climático y biodiversidad, tan importante para el clima y la calidad del aire de la región, y que debe ser mantenida a salvo. Para ello es necesario recuperar la relación sociedad-naturaleza que tenían los pueblos prehispánicos y entender los ciclos naturales que dependen del clima, en especial el del agua, así como la estructura y función de la cuenca (Ramsar, 1990).

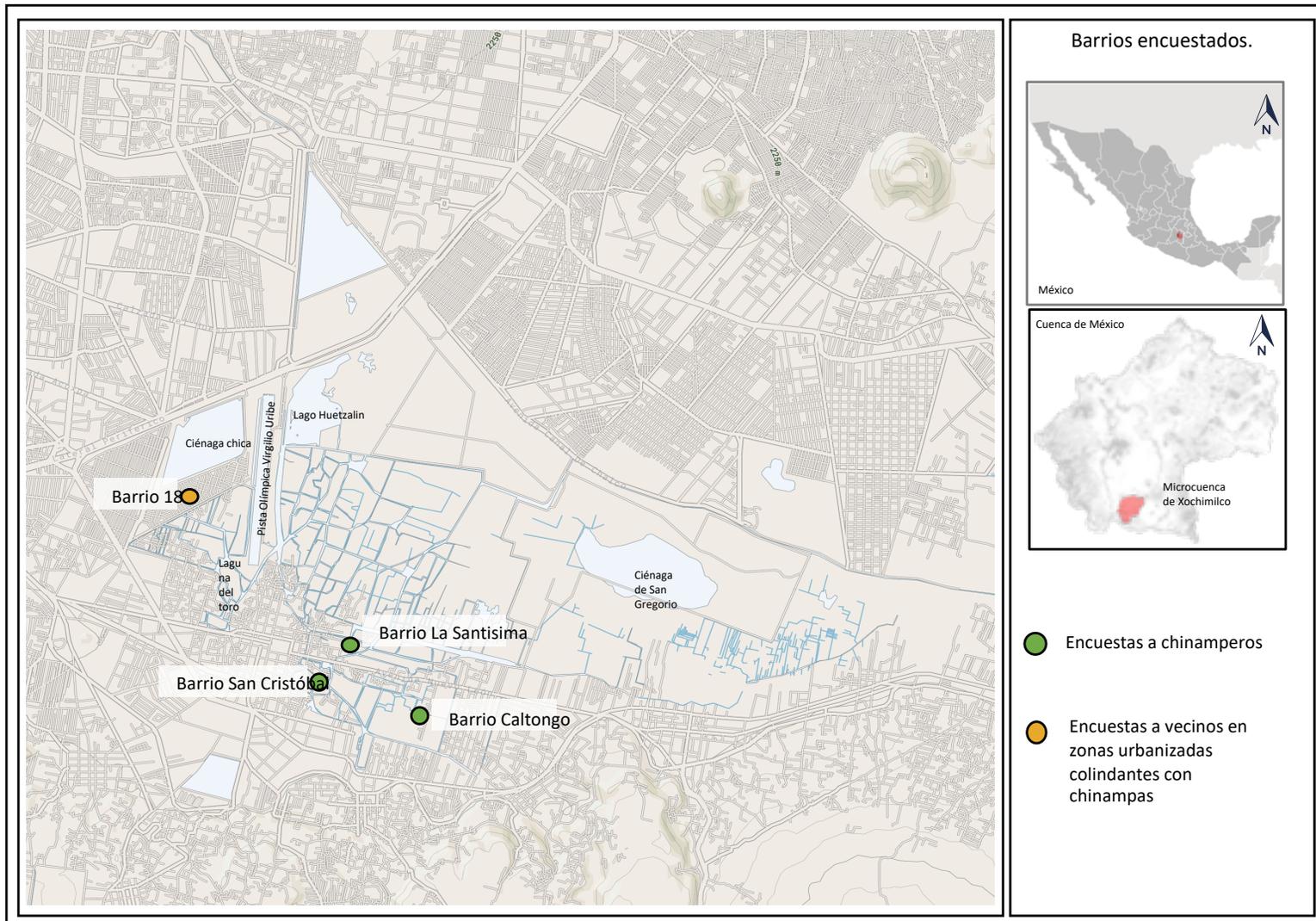
La investigación de campo se aborda desde la observación como principio metodológico, esto requiere visitas constantes a la zona de estudio y registro continuo fotográfico y de datos de lo observado, además de realizar entrevistas informales con vecinos del lugar, lo que ayudan a establecer un vínculo con el estudio de caso y comprender mejor la problemática.

Para lograr el objetivo de identificar las interrelaciones en el socioecosistema, sus dinámicas y cómo estas están afectando al ambiente, es importante obtener información directa de los actores que habitan en la zona de estudio. Para ello, se aplicaron entrevistas dirigidas a dos grupos de pobladores de la zona: chinamperos de los barrios de La Santísima, Caltongo y San Cristóbal, y habitantes de Barrio 18, que son en su mayoría, estos últimos, comerciantes y población migrante que arribó a la zona procedente de otras alcaldías de la Ciudad de México y del interior del país (mapa 31).

Además de recabar información sobre la percepción de la población acerca de la problemática, también se obtienen datos cualitativos sobre la relación socioambiental que se vive en la zona y cómo afecta esto al equilibrio de los ecosistemas.

Durante las dos primeras visitas realizadas en 2016, la primera en abril a Barrio 18, una zona urbanizada y la segunda en agosto al Barrio La Santísima, que aún contiene un área de chinampas en producción, aparte de tener un primer acercamiento a dos zonas diferentes, pero ambas situadas en los límites entre lo urbano y lo rural, se observó la problemática ambiental y se recabó evidencia fotográfica y se identificó a los grupos de habitantes con los que posteriormente se realizaron las entrevistas dirigidas y para lo cual se contactó con gente de la zona que trabaja y/o vive ahí.

Mapa 31. Barrios donde se aplicaron entrevistas durante el trabajo de campo.



Fuente: Elaboración propia (2019).

La diferencia de la relación socioambiental se manifiesta de forma diferente en dependiendo de cada sector de la zona. Por ejemplo, en Barrio 18, que es una zona con un alto porcentaje de habitantes no originarios de Xochimilco, es decir, que ellos o sus padres migraron desde otras alcaldías o incluso desde otros estados de la República Mexicana, se observa una separación en esta relación socioambiental: casas que dan la espalda a los canales y ciénagas, bardas que dividen al barrio de los cuerpos de agua, casas aisladas por bardas y rejas (*Imágenes 29, 30 y 31*).

Imagen 29. Barda que divide la ciénaga Chica del Barrio 18.



Fotografía: Lions, A. (2016).

Otra situación que se presenta en este barrio es la presencia de inundaciones. Muchas fachadas y bardas presentan señales de humedad en la parte baja (*Imágenes 32, 33 y 34*); al cuestionar a algunos vecinos sobre lo que pasaban, cuando se hizo la visita, comentaron que efectivamente, en época de lluvias gran parte de la colonia se inunda.

Imágenes 30 y 31. Línea de casas construidas en zona de transición de la colonia a la ciénaga chica de 6 metros de ancho.



Fotografía: Lions, A. (2016).

Imagen 32. Evidencias de inundación en casas de Barrio 18 resaltado con en rojo.



Fotografía: Lions, A. (2016).

Imágenes 33, y 34. Evidencias de inundación en casas de Barrio 18 resaltado con en rojo.



Fotografía: Lions, A. (2016).

Hay que recordar que toda la zona chinampera de Xochimilco se encuentra en la parte baja de la subcuenca y al impermeabilizar las vías con asfalto y cambiar las construcciones tradicionales hechas con materiales naturales por cemento, acero, etc., se pierde la capacidad de filtración del suelo, lo que explica la problemática de las inundaciones, por otro lado, las construcciones pierden su capacidad de habitabilidad y confort, provocando que se usen grandes cantidades de energía, que contribuye a una deficiente relación socioambiental.

El Sr. Alejandro Martínez habita en una chinampa que adquirió hace unos años con la idea de que su esposa y sus hijas pudieran disfrutar del contacto con la naturaleza. Sin embargo, comenta con desilusión, en una entrevista informal, que los vecinos solían apedrear a las aves que se acercaban a comer a su jardín, por lo que ahora han dejado de venir.

El Sr. Martínez tiene un pequeño huerto en su jardín y una fosa séptica a la que da mantenimiento frecuentemente para con esto evitar descargas directas de aguas negras

a los cuerpos de agua y reducir la contaminación de los canales. Comenta sin embargo, que varios vecinos sí vierten sus descargas directas al el canal.

Cerca de la casa del Sr. Martínez, junto al Barrio 18, hacia los canales, se encuentra una zona que es ocupada por asentamientos irregulares desde el 2008 aproximadamente. Así lo manifestó el Dr. Roberto Páez Subdirector de Conservación Ecológica de la alcaldía de Xochimilco en una visita realizada con él a la zona (2018). En el momento de la visita, se pudo detectar el relleno de un canal que se realizaba de manera clandestina. El Dr. Páez comenta que los han desalojado en varias ocasiones, pero vuelven a invadir.

En la visita también se detectó un camión que estaba descargando cascajo hacia un canal, rellenándolo; esto lo hacen con el fin de compactar dos chinampas y tener más espacio para expandir sus viviendas, según comenta el Dr. Páez (*imagen 35*).

Imagen 35: Descarga clandestina de cascajo a un canal de la zona de El Paraje, ubicado atrás del Barrio 18, donde la alcaldía de Xochimilco ha detectado asentamientos irregulares desde el 2008.



Fotografía: Lions, A. (2018).

Las personas que aquí se asentaron no pagan ningún tipo de servicio, sin embargo, se conectan de forma clandestina a la electricidad y al agua potable. Cazan las aves para consumo sin tomar en cuenta las protecciones de conservación con que cuentan. Los desagües de aguas negras son una práctica común, contaminando las aguas de los canales.

La población que está llegando a esta zona viene del interior de la República Mexicana, de estados como Oaxaca y Veracruz, e incluso de Centroamérica. Personas que migran a la Ciudad de México en busca de oportunidades para mejorar su nivel de vida.

Adentrándose en el barrio de la Santísima, una zona chinampera que se encuentra entre el centro de Xochimilco y la zona de lagos, la relación socioambiental se observa más armoniosa. Este barrio es una zona de transición de lo natural a lo urbano. Aquí se pueden observar chinampas con construcciones que van desde pequeñas casas y talleres de trajineras, hasta viviendas de ladrillo y tabicón de uno o dos niveles.

Mientras más se adentra uno hacia la parte no habitada, se observan chinampas en producción o con vivienda, cuyos habitantes se relacionan con el ambiente de forma más responsable, situación que se ve evidenciada por la confianza con la que las aves acuáticas se acercan y se posan en sus bardas y jardines (*Imagen 36*). Otras se encuentran en producción, aunque muchas lo hacen a través de invernaderos (*Imagen 37*) y las menos intentan recuperar el sistema tradicional chinampero (*Imagen 38*). También se ven chinampas abandonadas que son susceptibles a la invasión y a los asentamientos irregulares y sobre las que hay que poner especial atención.

Don Dionisio manifiesta que uno de los principales problemas para los campesinos como él que siguen cultivando la tierra, es el agua: "...sin agua ya no somos nada... Ahora, se llevan toda el agua del subsuelo y por eso se abre la tierra." Comenta, refiriéndose a las grietas como la que se formó el 25 de enero en el embarcadero Zacapa- Nativitas, a las que se suman las que se formaron después de esta entrevista con el sismo del 19 de septiembre de 2017.

*Imagen 36. Relación socioambiental en el barrio de la Santísima.*



Fotografía: Lions, A. (2016).

*Imagen 37. Chinampa con producción mediante invernaderos.*



Fotografía: Lions, A. (2017).

*Imagen 38. Chinampa con rescate de técnica ancestral y multicultivo.*



Fotografía: Lions, A. (2017).

“La descarga, igual... siempre lo hemos manifestado, existen miles de descargas clandestinas ¿Y qué hacen? ¡Nada!”. Tanto en la chinampa donde trabaja, como en su casa, Don Dionisio tiene baños con sistema de biodigestión que va filtrando el agua “... ¡Claro! Hay que pagar por todo eso...”, comenta.

En cuanto a los problemas ambientales, sostiene que “...son los mismos para los que vivimos acá, que, para los habitantes de toda la ciudad, la catástrofe es pareja, cuando se acabe el agua del subsuelo todos vamos a sufrir... la responsabilidad es pareja, si allá en la ciudad cuidan el agua, si se buscan otras fuentes o se hacen plantas de tratamiento, pueden apaciguar el problema, pero la cosa es general...”

En cuanto al desecamiento de los cuerpos de agua, Don Dionisio dice que “desde que él era joven se han secado muchos canales, al igual que muchos apantles que eran utilizados para trabajar la chinampa, ya no existen”. Él indica que “debido al abandono de los agricultores, las chinampas se fueron compactando y los apantles desapareciendo, esto sucede porque los apantles requieren ser drenados constantemente para que no se sequen”.

Refiere que los cambios que él ha notado son: "...las cosechas se desfilaron (cambiaron sus temporadas de crecimiento y cultivo), muchas aves que llegaban ya no están, las especies fueron desapareciendo, el mismo ajolote ya no lo hay (en los canales) todo ello consecuencia del Cambio Climático generado en la cuenca, las tierras se van degradando con el monocultivo y el exceso de agroquímicos, la tierra ya no da igual, la ciudad ha crecido y se lo comió todo..." y con relación a la basura dice que: "La basura la tiran los propios vecinos, mucha viene del turismo, pero la responsabilidad es pareja".

En cuanto a las acciones que ha emprendido el gobierno, sostiene que históricamente se hacen sin bases sólidas, ni estudios serios y pone como ejemplo la introducción de tilapia en los canales – asunto que se abordó en el capítulo IV –. Don Dionisio asegura que su introducción aceleró el colapso de Xochimilco.

Sostiene que tampoco implementan programas a largo plazo y que no lo hacen en colaboración con otras dependencias ni con la comunidad, que programas como el estacado o la pesca de tilapia no tienen mucho impacto porque no se hace entre todos. Se queja también de la corrupción y el desvío de los fondos que se asignan a Xochimilco.

Don Dionisio indica que la responsabilidad es conjunta y que lo que les toca a ellos es organizarse como pueblo y llevar a cabo proyectos autónomos que es lo que hacen ellos.

Don Dionisio es presidente de una Asociación Civil llamada Red Xochipa, una red de campesinos que se dedica a hacer trabajos de conservación y recuperación de las chinampas y canales, incluyendo una estación biológica de investigación y conservación del ajolote. Llevan a cabo proyectos de educación ambiental, turismo alternativo y la búsqueda de un mercado alternativo para sus productos. Cierra la entrevista diciendo: "Pero la prioridad es el agua."

Muchos de los datos que aportó Don Dionisio en la entrevista coinciden con los datos obtenidos en la investigación documental y en lo observado en las visitas durante la investigación de campo. Al recorrer la zona de estudio se encuentran canales, como el que se muestra en las *imágenes 30 y 40* del Barrio de San Juan, que son interrumpidos por calles, aislándolos del resto del sistema que tiene como resultado que sus aguas se estanquen. Esto, aunado a la descarga clandestina y a la basura que se acumula en sus aguas, provoca un desagradable olor y muestra un alto grado de deterioro ecológico y de calidad de vida para sus habitantes.

Imagen 39. Izquierda. Canal interrumpido por una calle en el barrio de San Juan.  
Imagen 40. Derecha. Presencia de basura proveniente de las viviendas en el mismo canal.



Fotografías: Lions, A. (2015).

Como parte de la investigación se realizó un mapeo por zonas que son de difícil acceso mediante la herramienta Google Earth. En este mapeo se detectaron canales interrumpidos por calles e incluso construcciones sobre los canales. (Imágenes 41 y 42).

En una visita a la zona con Ehecatl Morales Valdemar y Carlos Maravilla Santos, dos vecinos que pertenecen al proyecto *Plan Acalli*, platican que su principal labor es hacer vinculación con varios grupos de chinampero desde donde han surgido varios proyectos artísticos, culturales y comunitarios: "... hay que hacer labor comunitaria desde la comunidad, no se puede ir a otro lugar a hacer las cosas como yo creo que están bien..." comenta Carlos Maravilla Santón, uno de los integrantes del grupo Plan Acalli.

Imagen 41. Construcción sobre canal.  
Imagen 42. Canal convertido en calle. Las líneas azules aún conservan.



Fuente: Elaboración propia con apoyo de Google Earth (2016).

Plan Acalli es un proyecto a largo plazo, "... ubicarse en el mapa, conocer la cosmogonía del lugar..." así lo conciben sus integrantes. Les interesa compartir experiencias y generar propuestas diferentes a los recorridos turísticos tradicionales, esto con la idea de crear conciencia.

"La ciudad ha perdido todo esto, perdió todos los lagos y sería un buen aporte venir, recorrer el canal y generar experiencias con diferentes grupos... la ciudad en un futuro podría ser diferente, quizá con más agua..." dice Carlos.

Ellos creen firmemente en la necesidad de activar este lugar "...si no los activas se pueden perder".

Ehecatl comenta que está intentando restaurar la chinampa de su abuelo que se encuentra en el barrio de San Juan. "... Pero allá las condiciones son diferentes, allá tengo la mancha urbana rodeando la chinampa, el agua está muy sucia, es jabonosa y de color amarillo. Es afortunado tener estos espacios todavía sin tanta huella... Si tienes una chinampa tienes que ver para qué sirve, depende de las condiciones que existan en el lugar."

Con relación a las acciones de los gobiernos comentan: "Desde la época virreinal nos enseñaron que el agua es nuestro enemigo y nuestros gobernantes siguen pensando así, con un pensamiento virreinal."

Ellos participan con voluntariado en la producción tradicional de algunas chinampas abandonadas, localizando a los dueños para solicitar el permiso para poder utilizarlas y cuidarlas. También ayuan con la limpieza de canales, extrayendo lirio acuático. Los lirios que sacan son utilizados para composta y para fabricar papel. Este tipo de actividades son una opción para la utilización de chinampas que estén abandonadas para reducir el riesgo de invasión.

En otras zonas como la del barrio de San Cristóbal, se puede observar otro tipo de relación, la zona está muy urbanizada, pero la población residente aún mantiene interacción con los canales. Muchos de ellos los utilizan como vía de comunicación acuática. Se pueden encontrar casas que cuentan con una barda baja y acceso hacia el canal (*Imagen 39*). También se encuentran canales con andadores laterales que, según comenta un habitante del barrio, son cuidados por los mismos vecinos (*Imagen 43*).

Imagen 43: Casa con acceso a uno de los canales en el Barrio San Cristóbal.



Fotografía: Lions, A. (2015).

Imagen 44: Canal al cuidado de los vecinos en el Barrio San Cristóbal.



Fotografía: Lions, A. (2015).

En las chinampas también se están realizando eventos culturales temporales con la finalidad de atraer al turismo y dar a conocer las tradiciones Xochimilcas. Es el caso de las representaciones teatrales que se llevan a cabo en las chinampas en los meses de noviembre y diciembre, como los de la representación de la leyenda de la Llorona Citlalcoatl (*Imagen 45*) y la del Nahual.

En la zona de estudio se aplicaron un total de veinte entrevistas dirigidas a habitantes del Barrio de la Asunción con apoyo de uno de los integrantes del Plan Acalotl quien logró establecer el contacto con los campesinos chinamperos de este barrio, además de un taller de consenso con vecinos del Barrio 18 y otro con especialistas que realizan investigación en la zona de estudio.

*Imagen 45.* Representación de la obra teatral La Llorona Cihuacoatl en una chinampa.



Foto: Lions, A. (2014).

Todos los resultados obtenidos aportan elementos que permiten contestar la pregunta: ¿existe evidencia de cambio climático importante en la zona chinampera de Xochimilco? La respuesta es sí, así lo comprueban los resultados de las entrevistas realizadas tanto

a autoridades de la alcaldía de Xochimilco, como a chinamperos y vecinos de la zona de estudio, ya expuestas en este capítulo y corroborando con datos duros de los estudios realizados con los Indicadores de Cambio Climático (Tabla 12).

*Tabla 12.* Resultados de las entrevistas realizadas en trabajo de campo relacionadas con el clima y la evidencia arrojada por el estudio con el ICC que corrobora la existencia de cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco.

	<b>Resultados de entrevistas relacionados con el clima</b>	<b>Resultados de estudio en ICC y Clic-MD</b>
<b>1</b>	Desfase de las cosechas por el cambio en el clima.	Tendencia a la baja de los indicadores relacionados con la precipitación en la zona.
<b>2</b>	Cambios en las temporadas y ciclos de lluvia, se registran mayores niveles de lluvia pero en periodos más cortos.	Tendencia a la baja de los indicadores relacionados con la precipitación en la zona.
<b>3</b>	El cambio climático y el exceso de agroquímicos ha hecho desaparecer algunas especies como el ajolote (en los canales).	Aumento en los indicadores de temperatura del ICC.
<b>4</b>	La tierra ya no da los mismos productos que antaño.	Cambio en el climograma de la zona.
<b>5</b>	Muerte masiva de peces por calentamiento de agua y derrame de químicos en los canales.	Aumento en las temperaturas en la zona.
<b>6</b>	Aumento de la sensación térmica en la zona.	Aumento en las temperaturas en la zona.
<b>7</b>	Muerte de peces por aumento en la temperatura del agua en canales.	Aumento en las temperaturas en la zona

Fuente: Elaboración propia con resultados del estudio con el ICC y los resultados de las entrevistas en trabajo de campo.

Sin embargo, el problema va más allá del tema de la hidrología de la cuenca: la pavimentación, la generación de desechos, la enorme cantidad de construcciones con materiales de gran masa térmica como el cemento y el acero, la tala de sus bosques, la

deseccación de sus cuerpos de agua, etc., ha generado un desequilibrio en su función ambiental y ecosistémica entre los que sobresalen la desaparición de especies de flora y fauna y la alteración de su clima.

Las temperaturas han ido en aumento al punto que cada década los récords que se superan son más frecuentes (Martínez Arroyo, 2017), al igual que los cambios reportados por los campesinos chinamperos en las temporadas, períodos y magnitud de las lluvias (según resultados de entrevistas). Los eventos extremos y el cambio climático son cada vez más frecuentes y de mayor magnitud, como se pudo constatar con los resultados obtenidos en el estudio con los Indicadores de Cambio Climático.

Los modelos de desarrollo llevados a cabo han provocado que el avance de la urbanización presione hacia el centro de Xochimilco, para invadir rápidamente las chinampas y en este proceso se puede como la relación equilibrada que solía existir entre los pueblos y el ambiente se deteriora gradualmente.

El hecho de que la vulnerabilidad existente en la Ciudad de México está muy relacionada con los problemas ambientales es un problema que se ha denunciado por diversos investigadores sin tener eco en las políticas urbanas. La función ambiental y estructura natural de la Cuenca de México debe tomarse en cuenta como base para realizar los planes de desarrollo urbano e incluso para que cada proyecto de edificación que se realice en la zona; sin ello, las soluciones seguirán sin obtener una buena respuesta (Centro de Geociencias de la UNAM, 2017). El ser humano debe integrarse a los ciclos naturales para poder ser parte de los ecosistemas donde vive y lograr así reducir los riesgos a los que está expuesto.

## Conclusiones y propuestas

La zona chinampera de Xochimilco es vulnerable al crecimiento urbano de la Ciudad de México. Los asentamientos humanos irregulares se apropian poco a poco de su territorio y estos tienden a convertirse en áreas urbanizadas; esto reduce su superficie rápidamente.

Las declaratorias de protección, las acciones de ambientalistas y los vecinos y chinamperos que se preocupan por la sobrevivencia de la zona no logran frenar su desaparición.

Las autoridades parecen estar empezando a aplicar soluciones, pero la problemática es tan grande y compleja que las pocas estrategias implementadas no han llegado a significar un cambio real.

Este cambio debe producirse desde adentro, de la población, de los visitantes, del gobierno local y en concreto de los actores que intervienen directamente en él día a día y, aunque la gente parece estar despertando, el tiempo apremia y el avance es lento.

La planificación urbana implica una serie de presupuestos para la regulación de un crecimiento urbano que debería ser ordenado. Sin embargo, en Xochimilco como en otras partes de la Ciudad de México, los planes no concluyen necesariamente con su aplicación como política urbana (Terrones, 2006), por lo que el crecimiento suele ser caótico y sin proyección a futuro.

La pérdida de la relación socioambiental en la Subcuenca de Xochimilco ha provocado el cambio de su estructura física alterando sus funciones ambientales, entre ellas, la de regular la temperatura, que causa la formación de islas de calor en las zonas limítrofes de la zona chinampera de Xochimilco que a su vez se traduce en un aporte a la crisis del calentamiento global.

Esta zona semiantropizada es necesaria para la Ciudad de México, no sólo como evidencia cultural y memorial histórico de las raíces nahuas, sino como elemento indispensable para el buen funcionamiento de los procesos biológicos y naturales que se

deben llevar a cabo en la región, como mitigador del cambio climático y regulador ambiental, lo que debe ser tomado en cuenta para mejorar las políticas de ayuda a la protección de espacios verdes, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua y humedales.

Lo preocupante es que esta problemática de invasión de humedales como la que se vive en Xochimilco, se repite en otras ciudades de México, así como en otras partes del mundo. Ya se observaron los efectos que producen estos modelos de crecimiento en el clima, si se suman todos los que se están generando a nivel local con acciones parecidas por todo el mundo, el resultado será una aportación importante en grados de temperatura al ambiente global que los sistemas de regulación del planeta ya no pueden controlar.

La Subcuenca de Xochimilco y, por ende, la Cuenca de México, dista mucho de estar sana. Los cambios ocasionados por los modelos de urbanización llevados a cabo desde la llegada de los españoles han sido profundos y de tal magnitud que son irreversibles.

La tala de árboles ha erosionado sus suelos, provocado deslaves y dañando sus zonas de captación y recarga de agua; sus manantiales, ríos y cuerpos de agua contaminados, sus lagos desecados, sus suelos cubiertos con asfaltos impermeables que impiden la filtración de agua pluvial al subsuelo para la recuperación de los mantos acuíferos, ocasionando un deterioro ambiental que agrava la problemática de las inundaciones en las partes bajas y están elevando la temperatura ambiental de la zona y contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático. La ciudad ha crecido hasta conurbarse a los poblados de la cuenca con más de veinte millones de habitantes, lo que demanda de la cuenca más recursos de los que puede soportar, con procesos lineales que no se integran a los ciclos naturales y que generan una gran cantidad de desechos que han contaminado su aire, sus aguas, su suelo y subsuelo y que han alterado sus ecosistemas al grado de poner en peligro muchas de sus especies de flora y fauna, incluidas las endémicas.

Incorporar estrategias de bioclimatismo tanto a nivel urbano como en la edificación es una posibilidad para mejorar, pero el respeto de los espacios naturales y semiantropizados que quedan dentro y al borde de las ciudades, así como generar nuevas áreas verdes

arboladas dentro de la ciudad, debe considerarse una prioridad para poder enfrentar el cambio climático.

Por sus características, este estudio puede replicarse en otras partes de la ciudad, por ejemplo, en la zona del Ajusco que está sufriendo una deforestación por urbanización que está acabando con una importante zona de captación de agua de lluvia; o en otras ciudades de México, como en el Puerto de Veracruz; en la ciudad de Villahermosa, en el estado de Tabasco; y en Cancún, en Quintana Roo, por citar algunas, donde la urbanización está acabando con los manglares, otro tipo de humedal que se considera en riesgo de extinción y que realiza importantes funciones ambientales en las zonas costeras.

Este tipo de estudio también es replicable a las ciudades latinoamericanas y de otras partes del mundo con similares características, siempre adecuándolo a las condiciones del lugar de estudio.

Los ciclos naturales del agua, del carbono, de regulación del clima, etc., aún están activos en la zona chinampera de Xochimilco, aunque se ven afectados de manera creciente debido a los modelos de urbanización actuales que provocan la invasión y al mal uso de sus recursos.

Más allá de los valores culturales e históricos, Xochimilco, como todos los relictos naturales y semi-antropizados de la Ciudad de México, tiene un valor ambiental que mantiene funciones ecosistémicas que, aunque disminuidas por su deterioro y reducción en su extensión, siguen siendo esenciales para los procesos naturales de la Cuenca de México, ya que además de contener especies nativas y autóctonas que se encuentran en peligro de extinción, en él se llevan a cabo ciclos naturales como el del carbono y el agua que son primordiales para la regulación del clima de la región.

La técnica ancestral chinampera funciona de manera ambiental, en un ciclo cerrado donde no se generan desperdicios, aprovechando el agua del lago y los canales, el fango resultante del desazolve de los canales para el riego por capilaridad de las cosechas, las especies tanto animales como vegetales para su consumo y comercialización, e incluso

los desechos de las cosechas como composta. El clima se observa constantemente para identificar los tiempos de siembra y cosecha. A pesar del cambio climático detectado en la zona, la tierra de las chinampas aún se utiliza de sustrato para la siembra, es decir, trabajando de la mano con el ecosistema y se integra a él; lo que demuestra que sí es posible que un sistema antropizado pueda integrarse y funcionar sin dañar los ecosistemas naturales, cuando son resilientes y se adaptan a los ciclos de la naturaleza sin sobrepasar su capacidad de carga. Esto debería ser la constante para todas y cada una de las actividades humanas, desde la segunda naturaleza (la agricultura) hasta las ciudades.

Aún hay chinamperos enfocados a preservar la técnica chinampera ancestral, con policultivo, observación del clima, compostaje, aprovechamiento del fango resultante del desazolve de los canales para los almácigos y cuidado y limpieza constante el exceso de lirio. Sin embargo, los modelos de urbanización, la contaminación y las nuevas técnicas de cultivo con agrotecnología han convertido la zona en un lugar muy contaminado que es dañino para el ecosistema y por ende para el ser humano.

A la pregunta, ¿cuál es la función ambiental del sistema chinampero de Xochimilco, cómo son sus interrelaciones y cuáles son sus aportes sociales y ambientales para la Cuenca de México? Se demostró en este estudio que los modelos de urbanización actuales han puesto en riesgo la sustentabilidad del sistema chinampero, sin embargo, aún sigue manteniendo funciones ambientales importantes de carácter hidrológico, geomorfológico y ecológico, como los ciclos naturales del agua y el carbono y la conservación de ecosistemas naturales, como se puede constatar por la existencia de aves migratorias y especies endémicas y nativas que, aunque disminuidas en su población, siguen estando presentes.

Entre las principales funciones ambientales se encuentran: recibir y almacenar el agua de las escorrentías de la cuenca y las aguas pluviales, purificar del aire y el agua, ser sustento de los ecosistemas y especies nativas, endémicas y migratorias, regular el clima, entre otras. Funciones que siguen siendo de gran importancia para el sur de la Ciudad de México y aún para toda la Cuenca de México, pero que están siendo rebasadas por las

acciones del ser humano, que como consecuencia de la enajenación producida por un sistema capitalista, que tiene por objeto la acumulación de capital, donde se ve a la naturaleza y sus ecosistemas como fuentes de recursos para ser explotados y donde el consumo y la obsolescencia de los productos y el uso desmedido e irracional de los mismos, que son inducidos en la sociedad y los individuos a través de la educación, los medios de comunicación, las propagandas y anuncios, entre otros, y se ha perdido la conciencia de la importancia de integrarse de manera responsable al ecosistema y a los ciclos naturales donde habita.

Los actores entrevistados coinciden en que se requiere mucho esfuerzo por parte de todos, pero que aún la esencia ambiental de la zona permanece. Específicamente, los chinamperos, los científicos, los académicos y los especialistas ambientales advierten que la desaparición de los lagos, canales y chinampas reduciría las posibilidades de supervivencia de la ciudad, como se muestra en esta tesis.

Los modelos de urbanización actuales no contemplan la integración a la naturaleza, lo que provoca una ruptura entre los habitantes de la ciudad y quienes la planifican con lo ambiental. Esto no sólo se traduce en una disminución en la relación física, sino que incluye una pérdida de la conciencia ambiental, desvalorizando la necesidad de integrar las actividades humanas a los ciclos de la naturaleza y de sus ecosistemas, como si éste y las interrelaciones de sus componentes no afectaran al ser humano urbano y que provoca en una falta de interés en la conservación del medio ambiente (inducido por la ideología, como ya se explicó), sin entender que su deterioro lo puede estar llevando a la extinción. De seguir la situación como hasta ahora, la ciudad puede caer en un futuro, que no se vislumbra muy lejano, en un deterioro tal que la vuelva inhabitable. El IPCC advierte que el Cambio Climático, provocado por el calentamiento global, entre otros y que en escala micro se demuestra en esta tesis, está a punto de volverse irreversible si no actuamos ya (2020) con acciones de mitigación y de adaptación inmediatas.

Lo cierto es que los modelos de urbanización actuales tienen un alto impacto en el medio ambiente local, afectación que, sumada a los impactos de otras partes de la ciudad y de otras poblaciones, aporta elementos que se traducen en cambio climático y crisis

ambiental en la Cuenca de México que a la vez resultan en aportes a la crisis mundial, que generan una serie de problemas que se vuelven cada vez más complejos y difíciles de contener.

¿Cuál es el impacto que tienen en el clima de la Cuenca de México los procesos de urbanización que se están presentando en zonas naturales y semi-antropizadas como el que se observa en la zona de estudio? En el capítulo V de esta tesis se muestra evidencia que comprueba que los aumentos de temperatura en la zona sur coinciden con los avances de la urbanización.

Actualmente se registran en la Ciudad de México temperaturas cada vez más altas, los ciclos de precipitación pluvial han cambiado en tiempo y en intensidad, lo que provoca descontrol entre la comunidad chinampera, el aire también se encuentra altamente contaminado lo que pone en riesgo la salud de sus habitantes, especialmente de personas vulnerables como las de la tercera edad y los infantes. Todos estos son hechos demostrables desde el campo científico, lo perciben y viven cotidianamente los habitantes de la ciudad y del planeta como consecuencia del cambio climático.

La falta de agua potable se está convirtiendo rápidamente en otro grave problema que el aumento de temperatura agrava debido a la evaporación. Esta situación rebasa los límites de la Cuenca de México al trasvasar agua de otras cuencas para cubrir las necesidades de la población de la Ciudad de México, que además del alto costo que esto genera por la energía que requiere bombear agua a una mayor altura, implica también que los pueblos que dependen del agua en la cuenca de origen se ven afectados. Lo mismo sucede con el drenaje de la ciudad que se trasvasa hasta el Río Tula desde hace décadas, contaminando y deteriorando las tierras del Valle del Mezquital y todos los territorios que atraviesa hasta su desembocadura en el Golfo de México, para llevar hasta éste la contaminación de la Ciudad de México y otras comunidades que también utilizan los ríos para desechar sus aguas negras.

Estos últimos ejemplos afectan de forma grave a los habitantes de otras regiones, lo que advierte la magnitud de la problemática y evidencia la importancia de entender al país – y

al mundo – como un sistema complejo e interdependiente, en el que las decisiones que se tomen localmente afectan a todo el país e, incluso, a todo el planeta.

Por otra parte, los modelos de urbanización actual propician el aumento de la pobreza, debido, entre otras cosas, a que el crecimiento intensivo de la población y la mayor extensión de la ciudad generalmente impide que los gobiernos locales puedan ofrecer servicios de calidad a todos los ciudadanos.

Las personas en pobreza suelen asentarse en zonas de riesgo en los bordes de la ciudad, en zonas centrales deterioradas y en los intersticios, colocándose en situación de vulnerabilidad ante contingencias que se agrava a causa al cambio climático.

Durante los trabajos realizados después de los sismos de septiembre del 2017, con el grupo de alumnos de la UAM Xochimilco a cargo de la Dra. María Eugenia Castro Ramírez, en los que se apoyó a un grupo de habitantes del pueblo de San Gregorio Atlapulco en Xochimilco, se pudo demostrar cómo la vulnerabilidad y el riesgo ante sismos se agudiza con la alteración física y ambiental de una zona.

En San Gregorio Atlapulco se observó la invasión de chinampas con construcciones hechas con materiales pesados como tabique, cemento y acero, incluso de dos o tres niveles, lo que agrega peso considerable al subsuelo – situación que se ha presentado, y se sigue presentando, en la zona de estudio y que tiende a transformarse de área rural a área urbana –, que junto con la extracción de agua con pozos profundos que se lleva a cabo en la zona para abastecer a la Ciudad de México, debilitándolo, lo que provocó un colapso de muchas edificaciones, sobre todo en el centro del pueblo y la zona chinampera.

La capacidad de resiliencia de un lugar se destruye cuando no hay políticas de prevención y se actúa tardíamente. Un ejemplo de esto fue la decisión por parte del gobierno de ocultar el Atlas de Riesgos del CENAPRED a la opinión pública, aun cuando ya se tenían los resultados de los estudios realizados por el Instituto de Información Geográfica de la UNAM. De publicarse con antelación, se hubieran podido evitar pérdidas humanas y reducir los impactos del sismo.

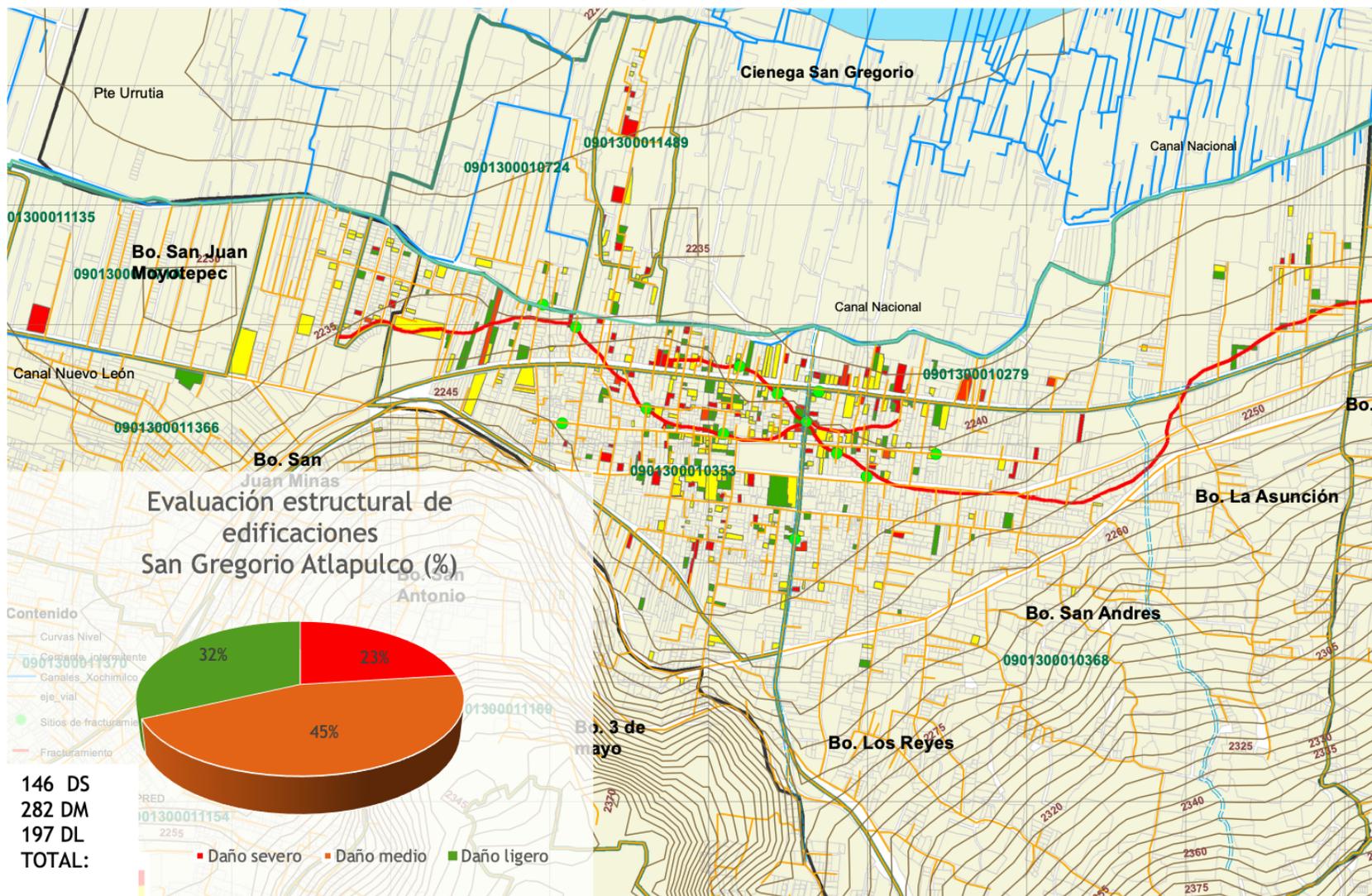
Como resultado de este trabajo con la comunidad, se realizó un mapa en el que se localizaron las grietas y hundimientos identificado por el Instituto de Información Geográfica de la UNAM y las evaluaciones realizadas a todas las viviendas que se visitaron con el equipo (mapa 32), todas con algún tipo de daño, clasificando en verde las que tenían daños superficiales, en amarillo las que presentaban daños en la estructura con posibilidad de ser reparadas y en rojo las que presentaban daños irreparables en la estructura y, por tanto, se recomendaba su demolición.

En este mapa (mapa 31) se observa cómo las viviendas dañadas se encuentran en su mayoría sobre las fracturas, así como en la zona de chinampas que no es propicia para soportar construcciones.

El mapa de riesgos de la CENAPRED indica que el pueblo de San Gregorio Atlapulco debe ser reubicado debido a la vulnerabilidad del subsuelo (mapa 33). Aun así, se implementaron programas para la reconstrucción y se tuvo noticias de al menos dos viviendas construidas a partir de estos programas, que se derrumbaron en el sismo ocurrido meses después, el 16 de enero del 2018, junto con algunas bardas recientemente reconstruidas. Esto refuerza la postura planteada en esta tesis en la que se subraya en la importancia de integrar los estudios físicos y ambientales a los proyectos urbanísticos que permitan comprender el ecosistema que se piensa intervenir para evitar este tipo de vulnerabilidades, acción paralela a la de reducir el impacto ambiental y climático, eje central de esta investigación.

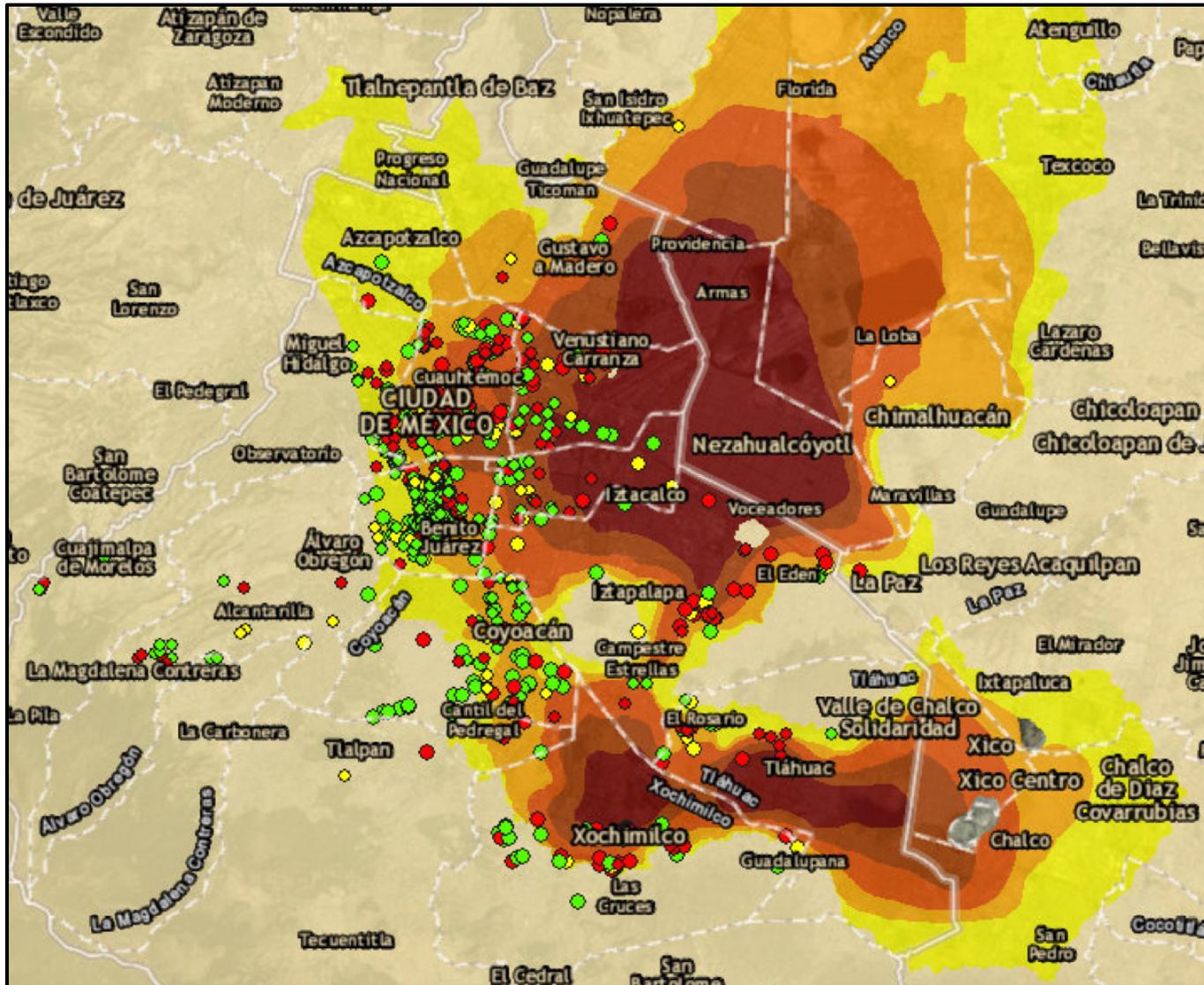
Gracias al acervo fotográfico que se logró reunir, tanto durante la investigación documental, como en las fotografías tomadas directamente en la investigación de campo, se pudo comprobar el impacto que la urbanización – que no contempla ni integra lo ambiental en su dimensión natural y ecosistémica –, ha tenido en el sur de la Cuenca de México y especialmente en la zona chinampera de Xochimilco, caso de estudio de esta tesis.

Mapa 32. Síntesis de estudio realizado en San Gregorio Atlapulco después de los sismos de septiembre de 2017.



Fuente: EHMA (2017), con base en Censo INEGI 2010, Laboratorio p/cd: Catastro de Xochimilco, OVICA, Pueblos y barrios de Xochimilco. Gráfico: LPT. Lovera Itzel, Ayudante de investigación.

Mapa 33. Levantamiento de daños en el Mapa de Riesgos Sísmico.



Fuente: Centro de Geociencias de la UNAM (2017) <http://rmgir-servicios.cenapred.unam.mx/Geociencias/>

Con esta investigación se demuestra cómo, desde la época de la conquista de Tenochtitlán hasta nuestros días, las acciones y políticas públicas emprendidas a cabo durante cientos de años y especialmente desde el Porfiriato, enfocadas a veces a solventar un problema y propiciar el crecimiento económico de la ciudad, no contemplan lo ambiental (natural y ecosistémica) y han provocado, entre otras cosas, desplazamientos de población hacia los bordes de la Ciudad de México, causa directa de la invasión de zonas que deberían estar resguardadas, por la importancia que tienen para preservar el ecosistema de la región y la salud de sus habitantes.

Contestando a la pregunta ¿qué impactos han tenido las políticas públicas implementadas hasta el día de hoy en la sustentabilidad de la zona chinampera de Xochimilco?, es necesario centrar la atención en lo planteado en el capítulo IV en el que se resalta la forma en la que los modelos de urbanización actual han priorizado a la economía y la estética sobre la función ecosistémica en los diseños de espacios abiertos, que provocan, por ejemplo, con la introducción de especies invasoras, que se alteren los ecosistemas naturales y pongan en riesgo especies endémicas y nativas, como el ajolote, al ser proyectos pensados solo para el disfrute del ser humano y no para cumplir con su función ambiental.

Como ejemplos, basta observar lo ocurrido con la tilapia, introducida para la pesca deportiva en los canales de Xochimilco y el lirio acuático que se introdujo por la belleza de sus flores durante el Porfiriato. Ambos han puesto en peligro los ecosistemas lacustres por ser agresivos para algunas especies endémicas.

También resalta el problema que ha generado la extracción indiscriminada de agua cada vez a mayor profundidad que, junto a la construcción hecha con materiales pesados, ha provocado hundimientos, que produjeron colapsos en muchas edificaciones durante los sismos ocurridos en septiembre del 2017, descritos anteriormente. La impermeabilización de suelos por el cambio de material de pastos y tierra a pavimentos impermeables como el asfalto u otros materiales que evitan la recarga de los mantos acuíferos y se convierten en arroyos en vías y avenidas,

generando inundaciones y riesgo para la población, al desperdiciar y contaminar el agua de lluvia mediante los drenajes combinados de la ciudad que la juntan con las aguas grises y negras que agrava el problema; así como la disminución de áreas verdes y humedales entre otros problemas ya expuestos en la tesis.

Los humedales de forma natural tienen la función de filtrar el agua, empero debido a la enorme cantidad de descargas clandestinas, por los insuficientes y deficientes sistemas combinados de drenaje y de tratamiento, cuando los hay, provocan daños ambientales y a la salud de todos los sistemas vivos, incluido el humano.

Para ayudar a resolver esto, las estrategias se tienen que centrar entre otras cosas en eliminar las descargas a los canales que, por otro lado, es lo que alimenta al lirio, propiciando su crecimiento desmedido. Eliminando las descargas es posible implementar un sistema de biorremediación, estrategia que ya se ha establecido en otras partes del mundo con excelentes resultados. Si el sistema se ve libre del constante ingreso de contaminantes, podrá recuperarse.

Si el agua está libre de bacterias fecales, la tilapia podrá ser apta para el consumo y ser erradicada de los canales mediante la pesca, o controlarse mediante su aislamiento en áreas delimitadas que permitan vigilar su población y se evite el contacto con especies nativas vulnerables.

Esto significaría, por ejemplo, que el ajolote, tan susceptible a la contaminación y al ataque de la tilapia, podría regresar a los canales, que las tilapias ya no escarbarían las raíces de los ahuejotes para anidar y provocar su caída y la zona podría comenzar a recuperarse. Para lograr este o cualquier otro proyecto es necesario que participen en él todos los actores del sistema.

La desaparición de humedales urbanos como el de Xochimilco es un asunto preocupante para el mundo. En México se reciben noticias constantemente de destrucción de humedales: Ciudad de México, Cancún en el estado de Quintana Roo, Villahermosa en el estado de Tabasco, en el Puerto de Veracruz, por poner algunos ejemplos, todos estos afectados por procesos inadecuados de urbanización, con pérdida importante de ecosistemas y sus funciones ambientales.

En estos casos y otros semejantes esta investigación puede ser replicada para medir los efectos de la desaparición de los humedales provocada entre otras causas por el cambio climático.

El Informe de la Secretaria General de las Naciones Unidas de conformidad con el Artículo 8.2 sobre la Lista de Humedales de Importancia Internacional presentado en la 13a reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes (COP13) (Ramsar Convention of Wetland, 2018), manifiesta que México – entre otros países – no ha presentado la actualización de 129 de sus 142 sitios RAMSAR designados, entre los que se encuentra Xochimilco, lo que demuestra un bajo interés en su preservación.

En cuanto a la relación entre los humedales y el cambio climático, en la COP13 en Dubái (2018), la Convención de Ramsar sobre los Humedales, dentro del tema de *Humedales para un futuro urbano sostenible*, se declaró que:

“...reconoce las posibles implicaciones del cambio climático para la conservación y el uso racional de los humedales y también insta a las Partes Contratantes a manejar sus humedales de modo que aumente su resiliencia al cambio climático y los fenómenos climáticos extremos y a velar por que las respuestas al cambio climático no redunden en perjuicio grave de las características ecológicas de los humedales.”

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la relación de los humedales con el cambio climático es bidireccional. No solo el cambio climático representa un riesgo para los humedales. La desaparición del humedal de Xochimilco se refleja en el aumento de la magnitud del cambio climático, lo que revaloriza la importancia de estos. Este resultado responde a la pregunta de investigación que cuestiona la manera en que afecta el cambio climático global a las pequeñas zonas semi-antropizadas que se encuentran dentro o en los bordes de las ciudades, como el caso de la zona chinampera de Xochimilco.

Se requiere un trabajo intenso de cambio en el modelo económico hacia un modelo de decrecimiento, así como de culturización y sensibilización hacia los ecosistemas

y el mundo natural, los espacios arbolados, los cuerpos de agua y los humedales, como el estudiado en esta tesis.

La alcaldía de Xochimilco desde el 2019 se ha abocado a recuperar canales cerrados, chinampas invadidas y a reducir las descargas clandestinas a los cuerpos de agua, comenzando con los sanitarios que dan servicio al turismo, gestionando con los prestadores de servicio y chinamperos la mejor forma de resolver la problemática. El reto es enorme, pero el trabajo en conjunto es lo que puede definir el éxito en la recuperación de la zona chinampera.

Actualmente se sigue trabajando junto con la alcaldía de Xochimilco y los pobladores, en la búsqueda de soluciones que ayuden a recuperar ambientalmente la zona sin afectar la economía del lugar, por el contrario, potenciándola, pero en una visión y acción de desarrollo sustentable. Entre los proyectos que se están examinando, además de la instalación de biodigestores para reducir las descargas a los canales, se estudia la posibilidad de aislar un tramo de canal para iniciar pruebas de biorremediación y observar cómo se comporta el ecosistema. Esta es una tecnología que ya se ha aplicado en lugares como Australia, Brasil, China, entre otros, y en México se ha aplicado en Yecapixtla, en el estado de Morelos, con excelentes resultados. El control sanitario está ligado al problema del clima y se debe trabajar sin descuidar ninguno de los elementos que afectan la zona.

El monitoreo de las condiciones climáticas en humedales, así como en áreas naturales y semiantropizadas dentro y fuera de la ciudad, es necesario para la lucha contra el cambio climático. Sin la obtención de datos confiables y las suficientes estaciones climáticas, así como su sistematización no es posible detectar la problemática a tiempo ni verificar la efectividad de las acciones de mitigación que se lleven a cabo.

Con la investigación realizada en esta tesis, se demostró el deterioro de la zona y el impacto que está teniendo la desaparición de la zona chinampera de Xochimilco en el calentamiento global. En el estudio con los indicadores de cambio climático se pueden observar los cambios que este deterioro genera y cómo es que aumentan con relación al avance de la urbanización.

Si se observa el comportamiento en las tendencias de los indicadores de temperatura mínima y máxima y la correlación y el valor de r obtenido en la prueba de correlación de Pearson se obtiene la *tabla 13* en la que se pueden comparar los

Tabla 13. Comparación de datos de los resultados de los indicadores de temperatura para la tendencia y la prueba de correlación de Pearson por décadas.

Periodo de 1921 a...	Tendencia				Correlación				Valor de r			
	T min	Diferencia	T max	Diferencia	T min	Diferencia	T max	Diferencia	T min	Diferencia	T max	Diferencia
1970	-2.27	0	-2.51	0	Negativa en 1.10 puntos	0	Negativa en 1.15 puntos	0	-0.256	0	-0.426	0
1980	-0.17	2.1	-0.63	1.88	Negativa en 0.85 puntos	0.25	Negativa en 0.55 puntos	0.60	-0.184	0.072	0.198	0.228
1990	-0.76	-0.59	2.67	2.04	Negativa en 0.20 puntos	0.65	Positiva en 0.55 puntos	0.225	-0.049	0.135	0.038	0.160
2000	3.66	4.42	4.94	2.27	Positiva en 1.70 puntos	1.9	Positiva en 0.55 puntos	1.25	0.317	0.366	0.328	0.290
2010	5.61	1.44	3.55	-1.39	Positiva en 3.95 puntos	2.25	Positiva en 0.95 puntos	0.4	0.512	0.195	0.251	-0.077
2018	6.87	1.26	3.27	-0.28	Positiva en 4.30 puntos	0.35	Positiva en 0.90 puntos	-0.05	0.630	0.018	0.247	-0.004

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la investigación.

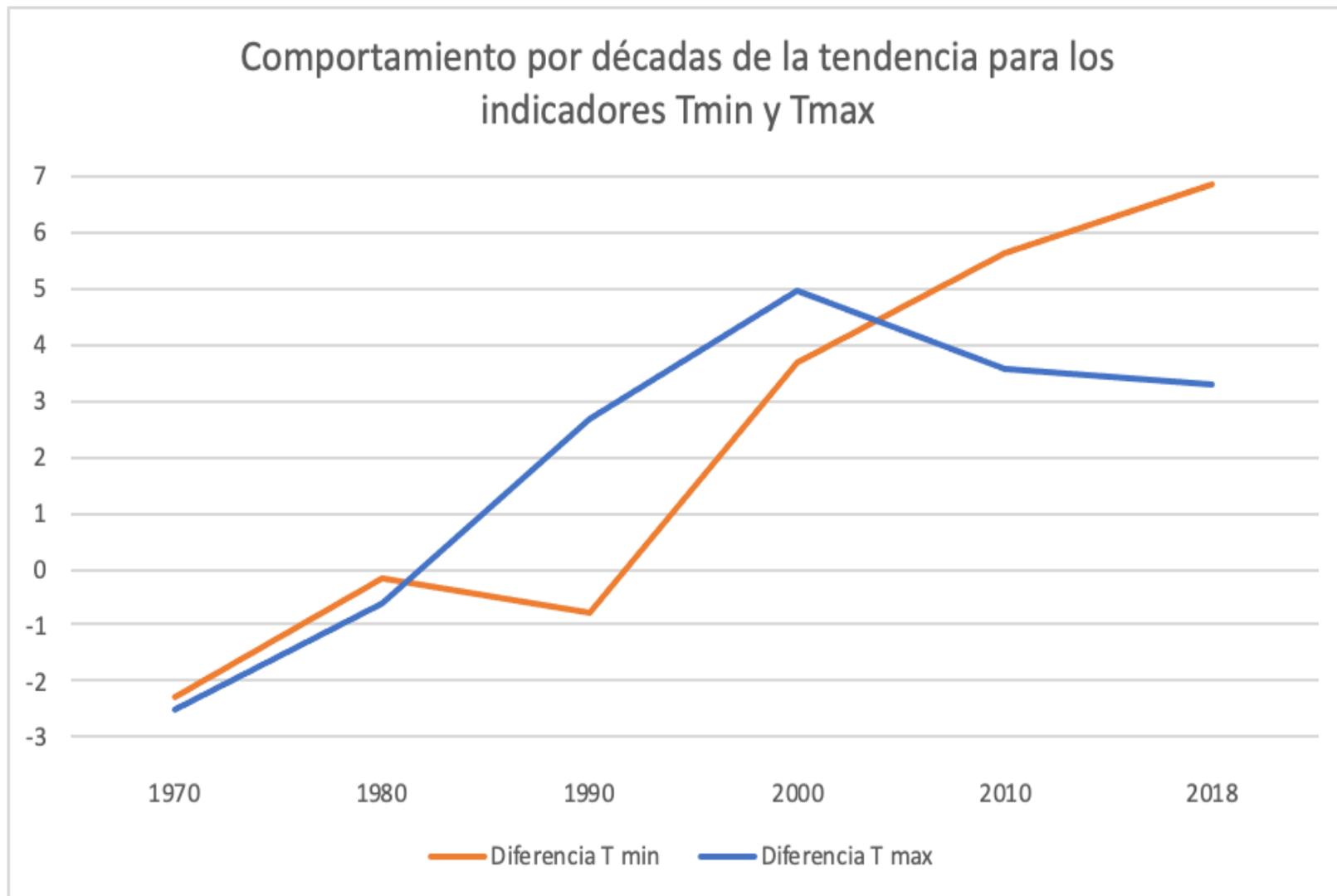
cambios registrados en las últimas décadas.

Esta tabla muestra los datos obtenidos en el estudio para los indicadores de temperatura mínima y máxima y se agrega además para cada grupo de datos, una columna que resalta la diferencia con el valor obtenido en la década anterior, esto último, sólo con el fin de observar su comportamiento y determinar la magnitud del aumento o la disminución.

Con el fin de resaltar la severidad de la problemática del aumento de la temperatura de la zona y su aportación al calentamiento global, se graficaron los resultados observados en la *tabla 13*, tomando los datos de las tendencias (gráfica 57), del valor r de la prueba de correlación de Pearson (gráfica 58) y en esta misma prueba, la pendiente de la línea de correlación (gráfica 5559 En estas gráficas se ve claramente el aumento de los valores de forma gradual y continua, siendo preocupante lo que se observa en las temperaturas mínimas, que, como ya se

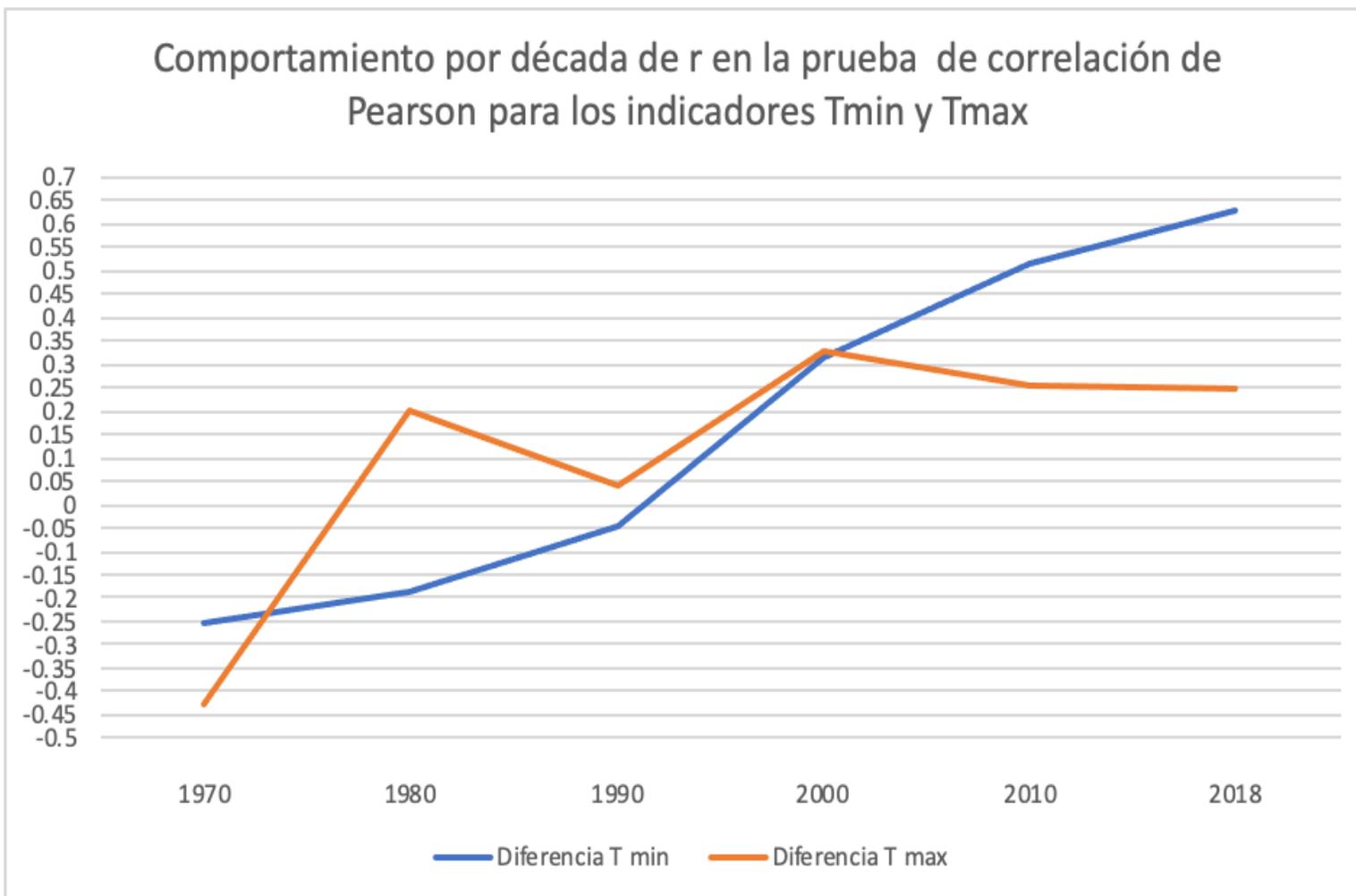
estableció en el capítulo V de esta tesis –, es un indicador de formación de islas de calor.

Gráfica 57. Gráfica que muestra el comportamiento de las tendencias por décadas desde 1970 hasta 2018, tomando como año base 1921.



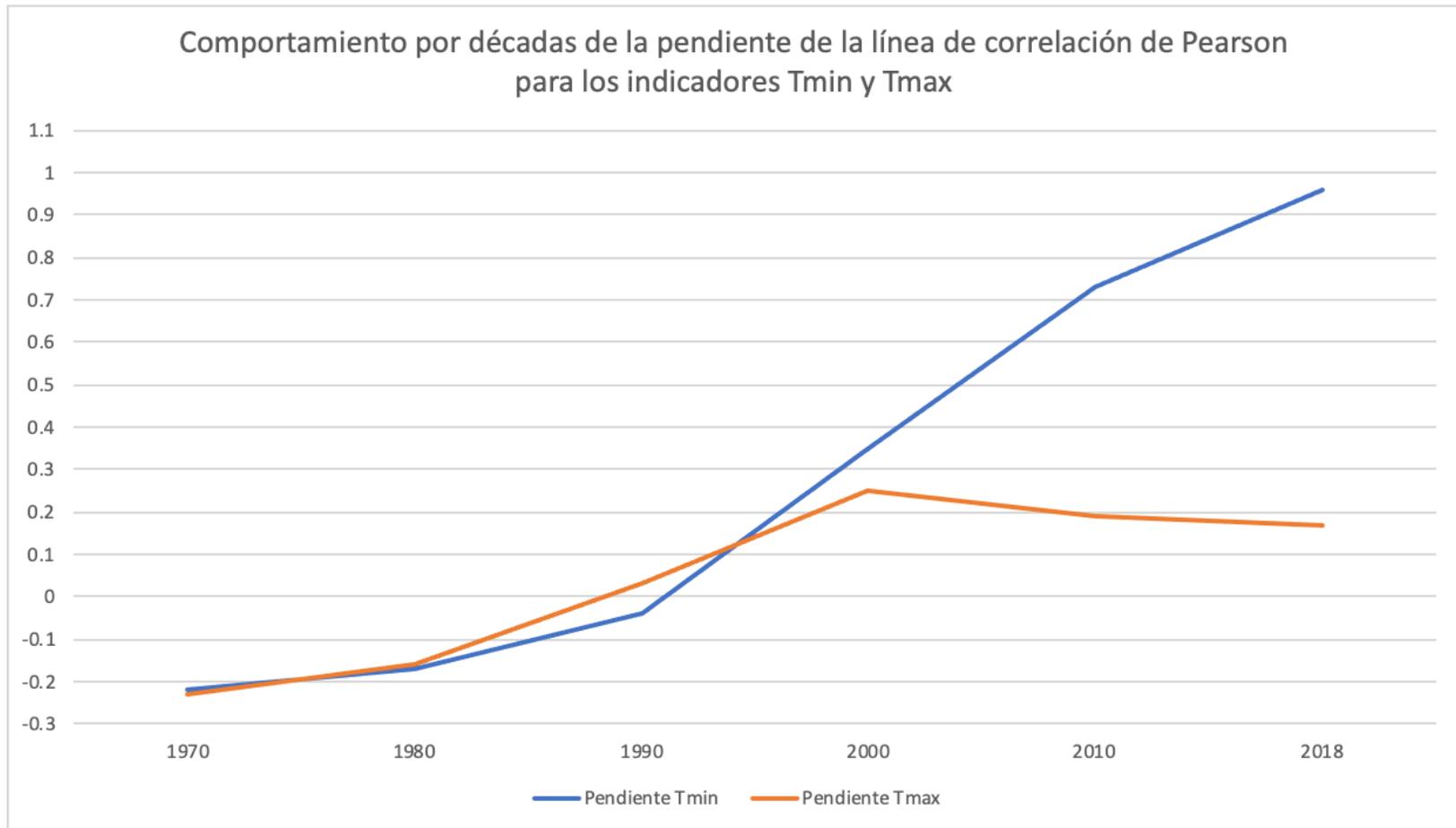
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la investigación con indicadores de cambio climático

Gráfica 58. Gráfica que muestra el comportamiento por décadas del valor r en la prueba de correlación de Pearson, desde 1970 hasta 2018, tomando como año base 1921.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la investigación con indicadores de cambio climático

Gráfica 59. Gráfica que muestra el comportamiento de la pendiente de la línea de correlación de Pearson por décadas desde 1970 hasta 2018, tomando como año base 1921.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la investigación con indicadores de cambio climático

Durante esta investigación se manifestó la falta de monitoreo climático en zonas rurales y semiurbanas o semirurales que rodean la zona chinampera, debido a la deficiencia de las estaciones meteorológicas que, o no existen, o están inactivas desde hace varios años, lo que dificulta realizar los estudios necesarios para poder implementar y monitorear acciones de mitigación y adaptación, como la recuperación de chinampas, el aumento de zonas arboladas, la sustitución de pavimentos por materiales permeables, el aprovechamiento de energías renovables; asesoramiento para implementar mejoras en las viviendas y saneamiento de agua en canales y lagos mediante la eliminación de descargas de aguas negras y la biorremediación para ayudar a la recuperación del ecosistema.

Esta investigación se desarrolló en un tiempo de cinco años, apoyada en datos de sesenta y cuatro años, recabados por diversas estaciones climáticas cercanas a la zona. A partir de este tipo de estudios debe realizarse, por al menos treinta años, una observación de los datos climáticos de las áreas naturales y semiantropizadas para detectar a tiempo las tendencias del cambio climático y poder monitorear los resultados de las estrategias de mitigación que se puedan implementar como las descritas en el párrafo anterior.

El monitoreo debe ser permanente y para ello se requieren estaciones activas y precisas y trabajo conjunto entre todos los actores que intervienen en los ecosistemas. Sin embargo, se encontró dificultad para obtener datos continuos que permitan monitorear el comportamiento climático en la zona. Para ello se recomienda colocar estaciones meteorológicas al interior de la zona chinampera y en las zonas rurales cercanas que aún sobreviven y activar las de zonas semiurbanas y urbanas que por alguna razón se encuentren inactivas ya que este tipo de estudios climáticos requieren décadas de observación y monitoreo constante para poder generar prospectiva ambiental. El aumento de la temperatura en la zona demostrado en esta tesis es además un indicador de presencia de islas de calor que debe monitorearse, especialmente si aumenta la diferencia de temperatura con relación a las zonas rurales y arboladas cercanas. En esta investigación se comprobó la existencia de islas de calor en las áreas limítrofes de la zona chinampera de Xochimilco con la mancha urbana, lo que debe evitarse para no contribuir al aumento de la temperatura del

planeta. Es importante buscar su disminución a través de la conservación de sus humedales, áreas naturales y verdes, convirtiéndolas en sumideros de carbono.

Con lo expuesto hasta ahora en este apartado final se logra cumplir con el objetivo general de esta investigación: demostrar las evidencias del cambio climático y la existencia de elementos generadores de islas de calor en la zona de estudio, así como la influencia que tienen la sustitución de espacios naturales y agrícolas o de segunda naturaleza por la urbanización de la zona chinampera de Xochimilco, lo que impacta negativamente en el bioclima de la región.

Así mismo, se comprueba la hipótesis planteada que indica cómo el sistema chinampero de Xochimilco sigue siendo un sistema agroecológico que cumple con funciones ambientales importantes dentro de la Cuenca de México, entre ellos, los ciclos térmicos que regulan el clima de la región, y se comprueba que los procesos de urbanización desarrollados en los últimos siglos y los cambios en los sistemas de cultivo han impactado negativamente en el socioecosistema chinampero y reducido su territorio poniéndolo en peligro, si no se actúa con medidas que vayan más allá de las declaratorias conservacionistas, que como se pudo observar en esta tesis de poco han servido.

Esta hipótesis afirma que a pesar de esto, la zona sigue teniendo una función ambiental que, aunque reducida, continúa siendo de gran importancia y comprueba que su desaparición puede significar, entre otras cosas, que se reduzca la recarga de los mantos acuíferos hasta su extinción, aumente la generación y acumulación en la atmósfera de CO<sub>2</sub>, y a su vez, se reduzca de manera importante su absorción, debido principalmente a la sustitución de bosques y cuerpos de agua por pavimentos y construcciones con materiales de gran masa térmica que ya han ocasionado que se genere un aumento en las temperaturas y variaciones en los ciclos hidrológicos, demostrado con el estudio sobre cambio climático y formación de islas de calor realizado en la zona.

La crisis climática es un problema grave sobre el que es importante poner atención de manera activa con acciones diseñadas específicamente para el ecosistema de la zona chinampera de Xochimilco. Los referentes de éxito en otros lugares deben ser

tomados en cuenta, pero con la conciencia de que se debe entender plenamente cómo funciona el ecosistema que se quiere restaurar para adaptar o rediseñar las estrategias.

Los investigadores y científicos que monitorean y estudian el clima mundial, advierten del riesgo y la inminencia de llegar a un punto de no retorno (2020-2030), en caso de seguir aumentando las temperaturas del planeta. Se deben tomar acciones y las acciones deben ser locales, regionales y globales.

Sin embargo, se sostiene que son las acciones locales, desde abajo, y el conjunto de ellas lo que puede lograr detener el calentamiento global y tal vez revertirlo, si se actúa ya con el apoyo global en lo económico y de innovación científica y tecnológica desde la ciencia ambiental. Para lograrlo es necesario actuar ya y cambiar los modelos de urbanización actual, entre otras cosas, que son en gran parte responsables de este problema, por modelos de naturalización y ruralización de las ciudades y, de manera más radical, de decrecimiento como modelo económico alternativo al actual, lo que dará nuevas configuraciones territoriales y espaciales, nunca vistas o probablemente más cercanas a las de las autopistas del desurbanismo soviético o a las ciudades jardín o lineales propuestas por la Bauhaus y no a las ciudades del capital actual, donde prima la desigualdad y la segregación socio-espacial, y donde hay un rompimiento total con la naturaleza y lo rural, en detrimento de todas las formas de vida, entre ellas la humanidad.

Los estudios urbanísticos y de desarrollo deben integrar lo ambiental desde la función de los espacios dentro de las regiones naturales, poniendo atención en sus ciclos naturales, aunque rebasen de sus límites políticos, por que sus acciones afectarán a las biorregiones y a los asentamientos humanos que en ellas se asientan en todas sus interrelaciones y donde el sistema intentará continuamente estabilizar sus ciclos ante la intervención humana.

Los discursos de lucha contra el cambio climático y la crisis ambiental se han puesto de moda, sin embargo, no logran romper con la inercia neoliberal. Los modelos de urbanización actual se contraponen con tales discursos. Con todo y la implementación de normativas y políticas proambientales, no se está logrando frenar el deterioro

ambiental y el cambio climático; al contrario, mientras se siga priorizando el crecimiento económico sobre la conservación y se obvие el entendimiento de las funciones ambientales naturales, será sumamente difícil, por no decir imposible, frenar el cambio climático y las diversas crisis ambientales que vive el planeta.

Esta investigación demostró que la reducción continua del área de la zona chinampera provoca cambios en el clima de la región, lo que, sumado a lo que ocurre en otras regiones de México y del mundo, se refleja en el calentamiento global. De ahí la importancia de cambiar los modelos de urbanización que son la materialización de los modelos estructurales económicos, sin cambiar esto es imposible cambiar los primeros, para lo cual se propone, además de los ya señalados de tipo estructural y superestructural, aquellos que son propios de los diseñadores, como el diseño ambiental, el bioclimático y el ecodiseño, así como proyectar con cero energía de impacto y con estrategias basadas en la integración de la ciudad al campo y a sus ecosistemas, como un todo, entre las que se pueden señalar:

- La adaptación del trazado rural-urbano a las condiciones climáticas y a la topografía del sitio.
- Diseño de la morfología rural-urbana con vialidades trazadas con criterio de asoleamiento y de viento que generen fachadas y patios bien orientados.
- Tipología de edificaciones que aprovechen las condiciones climáticas para generar confort al interior y exterior de las construcciones, con lo que se reduciría drásticamente el consumo de energía.
- El respeto a los ecosistemas naturales propios de cada lugar y la incorporación de vegetación adecuada a las necesidades de humedad y evaporación local en los modelos de ruralización-urbanización.
- Recuperar y sanear los cuerpos de agua, lo que permitiría la recuperación de una parte importante de los ecosistemas naturales.
- La implementación de sistemas de generación de energías limpias en las edificaciones y espacios no edificados y la utilización de elementos ahorradores

de agua y energía, lo que ayudaría a reducir el consumo excesivo de estos bienes naturales.

- La reducción de residuos y desechos y su reciclaje en sistemas cerrados de 0 impacto.
- Cumplir con la recomendación de la OMS (2014) de obtener dieciséis metros cuadrados de área verde por habitante, tomando en cuenta que este número debe calcularse por zonas, ya que el cálculo total en un asentamiento humano, tales como grandes ciudades y metrópolis, no arroja un resultado real. Por ejemplo según la PAOT (2018: 08) reporta que la Ciudad de México en el 2018 mantenía una media de diez metros cuadrados por habitante, sin embargo el cálculo por sectores reporta cinco delegaciones que tienen un máximo de cinco metros cuadrados por habitante (Gustavo A. Madero con 5.0 m<sup>2</sup>, Iztacalco con 4.4 m<sup>2</sup>, Tláhuac con 3.2 m<sup>2</sup>, e Iztapalapa con 3.1 m<sup>2</sup>) y solo cuatro delegaciones rebasan la recomendación; con 19.2 m<sup>2</sup> la Álvaro Obregón, 19.1 m<sup>2</sup> Tlalpan, 18.0 m<sup>2</sup> Coyoacán y 16.8 m<sup>2</sup> Cuajimalpa. Una parte importante de esta recomendación es asegurar el derecho de los habitantes a tener acceso a la naturaleza, generar espacios para la convivencia social, disfrutar de aire limpio, entre otras cosas.
- Naturalizar y ruralizar las ciudades, lo que dará nuevos modelos socioambientales y territoriales.
- En resumen, estos nuevos modelos responderán a las características del territorio natural y socioambiental; serán equitativos, integrativos y adaptativos a cada lugar y cultura, respetando sus condiciones naturales, los ecosistemas existentes y esas otras formas de vida que en ella habitan, a las necesidades humanas (derechos humanos para todos, no al consumo) de alimentación, trabajo, salud, vivienda, recreación, etc.
- El desarrollo de nuevas habitabilidades de diseño urbano, cuyas configuraciones espaciales nunca destruyan la capacidad de regeneración de

la primera y segunda naturaleza y se adapten a sus ciclos naturales, con una visión ahora sí del desarrollo sustentable real y no discursivo.

En las ciudades actuales se genera una gran cantidad de dióxido de carbono. La priorización del uso del automóvil genera contaminación ya que las emisiones de los automóviles emiten elevados niveles de dióxido de carbono al aire urbano. La gran afluencia de vehículos que trabajan a base de combustibles fósiles origina una gran cantidad de dióxido de carbono que se acumulan en la atmósfera como parte de los GEI y contribuyen al problema del calentamiento global.

Las cosas empiezan a cambiar, pero muy lentamente. Con base en las noticias difundidas por los expertos y ambientalistas se está generando conciencia, pero no con la suficiente rapidez para lograr detener la inercia de la crisis ambiental y climática.

Grandes volúmenes de residuos acumulados en tiraderos y depósitos sanitarios suponen múltiples riesgos para la salud al convertirse en focos de cultivo de bacterias que afectan no sólo al ser humano, sino también a otras especies de flora y fauna de los ecosistemas donde se localizan, y que alteran su equilibrio natural.

En el caso de los residuos orgánicos, estos además producen metano, que es otro componente de los GEI que contribuyen al calentamiento global, al acumularse en la atmósfera, cuando podrían convertirse en composta o en biocombustibles. Por tanto, una estrategia para el manejo de residuos ambientalmente adecuada es otro asunto que resolver en la zona de estudio, dado que muchos de estos residuos actuales, convertidos en basura al mezclarlos, se vierte en los canales, agravando su situación.

Como se observó en el capítulo cuatro de esta tesis, el desarrollo urbano puede magnificar el riesgo de desastres ambientales, como es el caso de las inundaciones súbitas. La contaminación y las barreras físicas que impiden el crecimiento de las raíces de los árboles y fomentan la pérdida de masa forestal, tan necesaria para la producción de oxígeno y la absorción del CO<sub>2</sub>, es una realidad en la zona de estudio. Hay que recordar que las áreas verdes que son destruidas por los modelos de urbanización actuales tienen funciones ambientales importantes además de la absorción del CO<sub>2</sub>: por ejemplo, detener las inundaciones, regular la humedad del

ambiente, regular la temperatura ambiental, reducir el riesgo de sequías, recargar los mantos acuíferos, evitar la erosión del suelo, entre las más importantes.

Las acciones locales con todos los actores que intervienen en la zona chinampera de Xochimilco son indispensables para lograr estabilizar el medio ambiente local. El cambio climático, la contaminación, el consumo inmoderado de bienes naturales, la pérdida de biodiversidad, etc., seguirán avanzando mientras no se cambien los procesos de crecimiento actuales que privilegian lo económico – la ganancia para unos pocos en detrimento de la mayoría –, al consumo y a la individualización sobre lo colectivo, solidario y cooperativo, por encima de todo, incluida la naturaleza y sus formas de vida y la mayoría de los seres humanos.

Las “ciudades” ruralizadas y naturalizadas, como son concebidas en esta propuesta, buscan el beneficio del ser humano a partir de la preservación e integración de espacios naturales y semiantropizados (rural-urbanos) como un todo, que permitan el desarrollo de los ecosistemas naturales, de los agroecosistemas y de los humanos de manera simultánea e inclusiva, sin sobreponerse unos a otros, sino respetándose, que será lo único que permita a los humanos una vida plena y sana y no como ha sido hasta ahora, al actuar como el mayor depredador de la vida en el planeta.

No se pueden negar los beneficios que el contacto con la naturaleza genera en las personas, pero en una ciudad como la Ciudad de México, este contacto es cada vez más difícil. La integración de la naturaleza a la ciudad y de la producción agroalimentaria ecológica, de manera consciente con sus funciones ambientales, debe ser parte de los planes y programas de desarrollo urbano-rural, territorial y ambiental y de la educación que se imparte a las nuevas generaciones en todos los niveles educativos.

Se debe dejar de construir ciudades consumidoras y desvinculadas con la generación de alimentos y la naturaleza. Los habitantes urbanos deben integrarse a los procesos de producción para ser autosuficientes en la alimentación, así como para cambiar sus ciclos lineales por ciclos cerrados donde se reduzcan al mínimo los residuos y fomentar la disminución del consumo de lo innecesario y los procesos de reciclaje.

El ser humano debe entender que no es un ente separado de lo natural, es parte de la naturaleza, vive en ella y depende de ella, por lo que su supervivencia está supeditada a su integración respetuosa y armónica con ella, haciendo un uso racional de los bienes naturales y sus productos, como diría Leff.

El caso de la chinampería tradicional es un ejemplo de integración. Las chinampas dependen del clima, del agua y en general, de todo el ecosistema para funcionar: debido a que su aplicación principal es para la agricultura, el cambio del clima las afecta profundamente. Para lograr su conservación, el estudio del cambio climático es necesario. Con los resultados obtenidos se podrían implementar estrategias de mitigación y adaptación como las descritas anteriormente en este apartado de la tesis, que permitan reducir los daños y aprovechar los cambios.

Es posible que debido al cambio climático los tipos de cosechas deban cambiar, adaptándose a esta situación. Esto deberá ser estudiado por especialistas en la producción agrícola, incluyendo a los chinamperos que son los que, con base a la experiencia, tienen un conocimiento del sistema. Tal vez se tengan que buscar otras especies que puedan integrarse al sistema tradicional de policultivo y que sean propicias para el ecosistema y para el nuevo clima que se está registrando, tomando en cuenta la tendencia observada.

En el caso de las ciudades, sus procesos deben cambiar desde la forma de concebir lo urbano. La ciudad debe integrarse a los ciclos naturales, a los ecosistemas naturales, a los agroecosistemas, incluyendo áreas arboladas suficientes y con especies propias del lugar y endémicas, adecuadas para el funcionamiento del sistema, cambiando el material de los pavimentos por otros que permitan la filtración de agua al subsuelo y que no capturen el calor con su alta masa térmica, reintegrando cuerpos de agua en la trama de la nueva configuración del campo-ciudad, entre otros. Ya existen proyectos que involucran estas temáticas, como la recuperación de los ríos de la ciudad, humedales, huertos urbanos, azoteas verdes, entre otras iniciativas ciudadanas, pero no logran captar la atención suficiente de las autoridades para llevarlos a cabo. Hay lugares en el mundo que ya implementan humedales artificiales para recolectar y filtrar el agua, en la Ciudad de México se tienen humedales naturales

vivos y otros perdidos hace tiempo que pueden recuperarse, como los del Lago de Texcoco. Es algo que se debe explorar y aprovechar.

Oportunidades existen, la Cuenca de México tiene mucha riqueza natural, pero es necesario concebirla de una manera diferente a como se le ha percibido en los últimos siglos, específicamente desde la conquista por parte de los españoles hasta nuestros días con el capitalismo neoliberal actual. Sin embargo, a nivel ideológico es necesario también romper con la enajenación, ser conscientes y cambiar la mentalidad y la forma de ver a la naturaleza como simple fuente de recursos a ser explotados y depredados por el “homo sapiens”, verla respetuosamente con una visión ecocéntrica, que no excluye lo humano sino lo revaloriza, visión que es necesaria para lograr hacer la diferencia. Ya ha comenzado, pero va demasiado lento con relación a la velocidad con que avanza el deterioro ambiental y el cambio climático, éste es el llamado urgente.

El IPCC informa que para asegurar el compromiso de una sociedad más sustentable y equitativa es necesario limitar el cambio climático a 1.5 °C, reduciendo con ello los impactos a nivel mundial para el 2030. El Centro Mario Molina y sus científicos sostienen que es ya en 2020 (Castro, ME, 2019: 3, citando a las dos fuentes señaladas: Informe IPCC, 2019 y CMM, 2019).

El compromiso debe ser compartido, es necesario que todos los sectores de la sociedad se sumen a él. Mientras el desarrollo económico sea para unos pocos (el 1% de la población mundial) y la individualidad siga siendo lo primero sobre lo colectivo-comunitario, marcando las políticas y la forma de actuar de la mayoría, frenar el cambio climático es una tarea que se vuelve imposible.

Son estas las conclusiones finales y propuestas de esta tesis.

## Referencias bibliográficas

ALFIE, Miriam, 2011. *Dinámica ambiental en México*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. División de Ciencias Sociales y Humanidades. México, Distrito Federal.

ÁNGEL Maya, Augusto, 2003. *Desarrollo Sostenible o Cambio Social*. Colombia. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.

AGUILAR, Ernesto, Aparicio, Javier y Gutiérrez, Alfonso, 2007. *Sistema de Drenaje Principal de la Ciudad de México*. (M. C. Ruiz, Ed.) Gaceta del IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (4), págs. 4-7.

ANON., s.f. Definiciona. *Definición y Etimología*. [En línea]. Fecha de consulta: 20 de febrero de 2017. <http://lexicoon.org/es/chinampa>.

ASAMBLEA Legislativa del Distrito Federal. VI Legislatura. (12 de marzo de 2014). Asamblea de Todos. (I. D. Federal y Sistema de Solicitudes de Información del D. F., Productores). [En línea] Fecha de consulta: 20 de marzo de 2015, de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal. VI Legislatura: <http://www.aldf.gob.mx/comsoc-vi-entenas-millon-litros-aguas-negras-los-canales-xochimilco--17101.html>

AYALA, Armando, 1991. *México de Carne y Hueso* (Vol. 1). México, D. F., Ed. Contenido.

BALBARENA, Patricia, 2009. *Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos*. En: Capital Natural de México vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México. Distrito Federal. CONABIO, pp. 185-245.

BANCO de Occidente de Colombia. (s.f.). *Planeta Azul*. [En línea] Fecha de consulta: 7 de julio de 2017, de Aprende más acerca del Agua. Llanura aluvial. <http://comunidadplanetaazul.com/agua/aprende-mas-acerca-del-agua/llanura-aluvial/>

BANCO Interamericano de Desarrollo, 2013. *Indicadores de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Guía Metodológica*. s.l.

BANCO Interamericano de Desarrollo, 2019. *Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES)*. [En línea]. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2019.  
<https://www.iadb.org/es/desarrollo-urbano-y-vivienda/programa-ciudades-emergentes-y-sostenibles>

BANCO Mundial, 2015. Banco Mundial. BIRF-AIF. T. W. Group, Productor [En línea] Fecha de consulta: 27 de marzo de 2015, de World Development Indicators. Urbanization: <http://wdi.worldbank.org/table/3.12>

BARKÍN, David, 1999. *Superando el Paradigma Neoliberal: Desarrollo Popular Sustentable*. Cuadernos de Desarrollo Rural (43).

BAUTISTA, Francisco; Pacheco, Aristeo y Ayala, Graciela, 2018. *Indicadores de cambio climático con datos diarios (ICC). Conceptos, ecuaciones y uso del sistema.*, Ciudad de México.

BAUTISTA, Francisco, Pacheco; Aristeo., Bautista-Hernández, Dario, 2018. *Análisis del cambio climático con datos mensuales (Clic-MD)*, Ciudad de México:

BELTRÁN, Enrique, 1958. *El Hombre y su Ambiente*. Tezontle, Ed. México, México. FCE.

BERG, Paúl, 1997. *Bioregionalisme Dossier*. Alternativa Verda.

BEMBIBRE, Cecilia, 2011. *Megalópolis*. Definición ABC. [En línea] Fecha: 12 de enero. [En línea] Fecha de consulta: 28 de marzo de 2018.  
<https://www.definicionabc.com/social/megalopolis.php>

BIRD, Jon, (Comp.), 1993. *Mapping the Futures. Local Cultures, Global Change*. New York (NY): Routledge.

BISHOP, William, 1883. *Old Mexico and Her Lost Provinces. A Journey in Mexico, Southern California and Arizona by Way of Cuba*. Nueva York, EE. UU. Harper & Brothers.

BRUNDTLAND, Gro., 1987. *Our Common Future*. Organización de las Naciones Unidas, Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo. Organización de las Naciones Unidas.

BUSTAMANTE, María 2018. *Carlos Contreras, un urbanista noble y lógico*. 23 de agosto. <https://obrasweb.mx/arquitectura/2018/08/23/carlos-contreras-un-urbanista-noble-y-logico>

CHÁVEZ Galindo, Ana María, 1999. *La Nueva Dinámica de la Migración Interna en México de 1970 a 1990*. Cuernavaca (Morelos): UNAM-Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.

CALVENTE, Arturo, 2007. *Resiliencia: un Concepto Clave Para la Sustentabilidad*. [En línea] Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2015  
<http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/cs/UAIS-CS-200-003%20-%20Resiliencia.pdf>.

CAMARERO, Jesús y Fortín, Marie-Josee, 2006. *Detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos*. *Ecosistemas*, septiembre, 15(3), pp. 76-87.

CAMARILLO Sarabia, Regina; Maurer Walls, Fernanda y Ulacia, Ramón, 2014. *Lago Tláhuac-Xico. Regeneración de un ecosistema hídrico urbano*. Tesis. México (D. F.): UNAM.

CAMPOS Reyes, Orlando, 2003. *Del paisaje a la ciudad*. *Revista Bitácora Urbano Territorial*. ISSN 0124-7913, enero-diciembre, 1(7), pp. 44-45.

CANABAL Cristiani, Beatriz & Narchi N, Nemer E. El agua en los pueblos del sur de la Ciudad de México

CAPRA, Fritjof., 2003. *Las conexiones ocultas*. Barcelona: Anagrama.

CARREON, Dora, 2017. *Extracción de agua aumenta riesgo de sismos en la CDMX* [Entrevista] (22 octubre 2017). La Razón en línea. [En línea] Fecha de consulta: 23 de marzo de 2018. <https://www.razon.com.mx/ciudad/extraccion-agua-aumenta-riesgo-de-sismos/>

CASTELS, MANUEL, 1974. *La cuestión urbana*. Madrid. Siglo XXI.

CASTRO, María Eugenia, 1998<sup>a</sup>. *El Mito del Desarrollo Sustentable y de la Sustentabilidad Urbana*. *Diseño y Sociedad*, otoño, Issue 8, pp. 3-7.

CASTRO, María Eugenia, 1998<sup>b</sup>. Globalización y Desarrollo Sostenible vs Autodesarrollo y Sustentabilidad. *Diseño y Sociedad*, Invierno (9), pp. 55-60.

CASTRO, ME (2020) La urgencia de contener el calentamiento global y los modelos de cambio climático. Aportes de la investigación a los campos del diseño, capítulo IV, pp. 51-64, en: Marquez, Lisset (coord.) Aportes de la investigación a los campos de los diseños, UAM X, en prensa.

CENAPRED, s.f. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*. [En línea] Fecha de consulta: 18 de febrero de 2019]. <https://www.gob.mx/cenapred/que-hacemos>

CENTRO de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y Urbanismo, 1993. *Obras hidráulicas en la América Colonial*. México:

CENTRO de Geociencias de la UNAM, 2017. *Atlas Nacional de Riesgos*. [En línea] Fecha de consulta: 18 diciembre 2017. <http://rmgir-servicios.cenapred.unam.mx/Geociencias/>

CENTRO de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C., 2016. *Mapa Interactivo de Servicios Ambientales, Suelo de Conservación y DF*. [En línea] Fecha de consulta: 17 marzo 2017.

<http://mapas.centrogeo.org.mx/website/geocm/geocmServicios/viewer.htm>

CERVANTES Sánchez, Enrique, 1988. *El desarrollo de la Ciudad de México*. Revista de la Coordinación de Estudios de Posgrado, junio. Año 4(11).

CERVANTES Sánchez, Juan, Rojas, Teresa, 2000. *Introducción del lirio acuático (Eichhornia crassipes) a México durante el porfiriato*. Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología., mayo-agosto, 13(2), pp. 177-190.

CERVANTES, E., 2003. *Posgrado UNAM*. [En línea] Fecha de consulta: 5 enero 2016. [http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant\\_omnia/11/03.pdf](http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_omnia/11/03.pdf)

CHÁVEZ, A. M., 1999. *La Nueva Dinámica de la Migración Interna en México de 1970 a 1990*. Cuernavaca, Morelos, México: UNAM-Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.

CONABIO, 2012. *Portal de ge información. Sistema nacional de información sobre biodiversidad*. [En línea] Fecha de consulta: 18 abril 2016]. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/hidro/chidro/cue250k\\_07gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/hidro/chidro/cue250k_07gw)

CONAGUA, 2004. *Compendio del agua, Región XII*, México:

CONAGUA, 2009. *Semblanza Histórica del Agua en México*. México: SEMARNAT.

CONAMP, 2012. *Listado de Sitios RAMSA en México*. [En línea] Fecha de consulta: 26 marzo 2015. <http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php>

CONANP, 2011. *La CONANP y los humedales*. [En línea] Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2015 [http://ramsar.conanp.gob.mx/la\\_conanp\\_y\\_los\\_humedales.php](http://ramsar.conanp.gob.mx/la_conanp_y_los_humedales.php).

CONAPO, SEDESOL e INEGI, 2005. *Delimitación de zonas metropolitanas de México 2005*. México D. F.

CONANT, Jeff y Fadem, Pam, 2011. *Guía Comunitaria para la Salud Ambiental*. Berkeley, California: Hesperian.

CONDE, Cecilia, 2016. *Conferencia: "Bases conceptuales y legales de cambio climático y adaptación en México"*, México.

CONDE, Cecilia y López Blanco, Jorge, 2016. *Variabilidad y cambio climático. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Propuesta para métodos de evaluación*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

CONGRESO de los Estados Unidos Mexicanos, 2008. *Ley de Aguas Nacionales*, s.l.:

CONVENCIÓN Ramsar, 2012. *Plan Estratégico de RAMSAR para 2009-2015. Adoptado por la Resolución X.1 (2008) y ajustado para el trienio 2013-2015 por la Resolución XI.3 (2012)*, Changwon.

CORENA, 2000. *Programa General de Ordenamiento Ecológico*, Distrito Federal.

CORRAL, Miguel, 2014. *2014, el año más caluroso*. El Mundo, 17 de diciembre.

COSTAS, G., 2014. *Fenómeno de El Niño y La Niña*. *Ciencia y Biología.com*. [En línea]. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2018. <https://cienciaybiologia.com/fenomeno-de-el-nino-y-la-nina/>

COTLER, Helena, 2010. *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización*. México, Distrito Federal. Pluralia Ediciones e Impresiones S.A. de C.V.

COWARDIN, Lewis, 1979. *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*. Washington (D.C.). Office of Biological Services. U. S. Department of the Interior. Fish and Wildlife Service.

CHRISTOPHERSON, Robert, 1994. *Geosystems: An Introduction to Physical Geography*. 9ª ed. New Jersey: Prentice Hall Inc.

CRUZ, L. C., 2005. *Presidencia de la Republica. México*. [En línea]. Fecha de consulta: 16 de febrero de 2016.

<http://fox.presidencia.gob.mx/mexico/sabiasque/?contenido=20022&pagina=4>

DE ANDA Tenorio, Alfonso, 2004. *Las Aves y la Ciudad de México*. [En línea] Fecha de consulta: 18 de enero de 2017. <http://www.jornada.unam.mx/2004/03/01/eco-i.html>

DEBORD, G., [1958] 1999. *Teoría de la deriva*. International Situacionista, Núm. 1, Literatura Gris. Madrid.

DE HUMBOLT, Alejandro, 1822. *Ensayo Político Sobre el Reino de la Nueva España*. Paris.

DEFINICIONA. *Definición y Etimología*. (s.f.). [En línea] Fecha de consulta: 20 de febrero de 2017, de Lexicón Diccionario Español. <http://lexicoon.org/es/chinampa>

DEPARTAMENTO del Distrito Federal. (1975). *Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. Tomo II (Vol. II)*. México, Distrito Federal. México. Talleres Gráficos de la Acción.

DE OLIVERA, Francisco, 1982. *Elegía para una Re(li)gión, Sudene, Nordeste. Planificación y conflictos de clase*. México: Fondo de Cultura Económica.

DEPARTAMENTO del Distrito Federal., 1975. *Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. Tomo II*. México, Distrito Federal. Talleres Gráficos de la Acción.

DEPARTAMENTO Distrito Federal. (2009). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. [En línea] Fecha de consulta 08 de mayo de 2015, de Xochimilco.

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09013a.html>

DICCIONARIOS Bilingües. (s.f.). Obtenido de DicLib.com: <http://www.diclib.com/cgi-bin/d1.cgi?l=es&base=moliner&page=showid&id=1290>

DIAMANT, Aron, Siebe, Christina, Estrada, Claudio, Aguillón, Javier, Chávez, Elizabeth y Sheinbaum, Claudia (2014). Retos y oportunidades para el aprovechamiento y manejo ambiental del ex lago de Texcoco. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67 (2), 145-166.

DUFFETEL, Dominique, 2008 (1993). Pequeña historia de las chinampas. *Artes de México*, Issue 20, pp. 21-30.

DURÁN, Diego, 1967. *Historia de las Indias de Nueva España e islas de la tierra firme*. Tomo I. Ciudad de México: Porrúa.

ECONOMIPEDIA, s.f. *Variancia*. [En línea] Fecha de consulta: 08 de mayo de 2019]. <https://economipedia.com/definiciones/varianza.html>

ESCAMILLA, Irma, 2012. *La Zona Metropolitana del Valle de México: Transformación Urbano-Rural en la Región Centro de México*, Bogotá: Geo Critica.

ETICCDI, 2001. Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs. 1998-2001.

EUROPEAN Commission, s.f. *Climate Action*. [En línea] Fecha de consulta: 18 noviembre 2018]. [https://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases_es.pdf)

EVANS, J. M., 2004. *e-Clim Análisis de Clima y Confort*, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

EXCELSIOR, 2014. Informe de la ONU. 2014, *el año más caluroso*. Excélsior, 04 de diciembre.

EXPANCIÓN en alianza con CNN, 2019. *Los últimos cinco años han sido los más calientes desde que se tiene registro*. [En línea] Fecha de consulta: 08 de marzo de 2019. <https://expansion.mx/mundo/2019/02/06/los-ultimos-cinco-anos-han-sido-los-mas-calientes-desde-que-se-tiene-registro>

EZCURRA, Exequiel, 2000. *De las Chinampas a la Megalópolis*. 1996 ed. México, Distrito Federal. Fondo de Cultura Económica.

EZCURRA, Exequiel, Mazarí, Marisa, Pianti, Irene, Aguilar, Aadrial, 2009. *La Cuenca de México, México*: México, Distrito Federal. Fondo de Cultura Económica.

FALK, Richard, 2002. *La Globalización Depredadora. Una crítica*. Revista del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, p. 271.

FAO, 2001. *Cuestiones éticas en los sectores de la alimentación y la agricultura*,

FOLADORI, Guillermo & TOMMASINO, Humberto. 2000, *El Enfoque Técnico y el Enfoque Social de la Sustentabilidad*. Revista Paranaense de *Desarrollo*, Curitiba, n. 98.

FONDO para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., 2015. *Cuencas Hidrográficas. ¿Qué es una Cuenca?* [En línea] Fecha de consulta: 17 de marzo de 2017. <https://agua.org.mx/que-es-una-cuenca/#que-es-una-cuenca>

FRANQUET, José, 2005. *Agua que no has de beber. 60 respuestas al Plan Hidrológico Nacional*. Barcelona (Cataluña): Universidad Internacional de Cataluña.

FUNDACIÓN española para la Ciencia y la Tecnología, 2004. *Meteorología y Climatología.*, Salamanca: Villena Artes Gráficas.

GLASER, Marion, Krause, Gesche, M.W. Ratte, Beatte & Welp, M., 2012. *Human-Nature-Interaction in the Anthropocene*. New York. NY. Routledge.

GARCÍA Chávez, José y Fuentes Freixanet, Victor, 2000. *Arquitectura y medio ambiente en la Ciudad de México*. México. Distrito Federal. Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco.

GASPARI, Fernanda, Rodríguez, Alfonso, Senisterra, Gabriela, Delgado, María Isabel y Besteiro, Sebastián, 2013. *Elementos Metodológicos para el Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Buenos Aires. La Plata. Editorial de la Universidad de la Plata.

GIAHS, 2017. Chinampa Agriculture in the World Natural and Cultural Heritage Zone in Xochimilco, Tláhuac and Milpa Alta. Globally Important Agricultural Heritage Systems. [En línea] Fecha de consulta: 05 de marzo de 2020.

<http://www.fao.org/giahs/giahsaroundtheworld/designated-sites/latin-america-and-the-caribbean/chinampa-agriculture-in-the-world-natural-and-cultural-heritage-zone-in-xochimilco-tlahuac-and-milpa-alta/en/>

GOBIERNO del Distrito Federal, 2005. Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación del Distrito Federal en Xochimilco. Gaceta Oficial del Distrito Federal. No. 53-TER. México D. F.

GONZÁLEZ, Alfonso, 1990. *Plan para la Regeneración Ecológica y el Desarrollo Regional de la Cuenca Hidrológica de Xochimilco*. México. Distrito Federal. Grupo de Estudios Ambientales A.C. Fundación Friedrich Ebert.

GONZÁLEZ Pozo, Alberto, 2005. *Catalogación de las Chinampas de Xochimilco: Inicio de un Proceso Indispensable*. México. Distrito Federal. Delegación Xochimilco & Universidad Autónoma Metropolitana.

GONZÁLEZ Pozo, Alberto, 2011. *Chinampas de Xochimilco en riesgo de extinción* [Entrevista] (05 marzo 2011).

GONZÁLEZ Rodríguez, Carlos, 2011. Trabajos de Abastecimiento de agua en la antigua ciudad de México, el origen de una civilización majestuosa. México. Centro del Agua para América Latina y el Caribe.

GONZÁLEZ, Luis, 1947. *Las Calles de México*. México. Distrito Federal. Botas México.

GRANADOS, Diódoro, Hernández, Miguel Ángel y López Ríos, Georgina, 2005. *La Cuenca Hidrológica. Unidad de Manejo*. México (Distrito Federal): Universidad Autónoma de Chapingo.

GOTTMANN, Jean, 1967, *Metropolis on the move: geographers look at the urban sprawl*. N. York- London: John Wiley.

GUTIÉRREZ, Juan José, 2009. *Planeación urbana en México: un análisis crítico sobre su proceso de evolución*. [En línea] Fecha de consulta: 06 2017.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19811644008>

GUILLERMO, Adrián, 2016. *La ciudad de México en el siglo XXI*. Ciudad de México: M.A. Porrúa.

GUIMARAES R. (2001) *Fundamentos territoriales y birregionales de la planificación*, CEPAL Series nº39. Santiago de Chile

HARVEY, David, 1994. *From Space to Place and Back Again. Reflection on the Condition of Postmodernity*. En: London: Routledge, pp. 3-29.

HENRIQUEZ, Alfonso, 2011. *Peter Singer y la ecología profunda*. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 4(32).

HERNÁNDEZ, Marcelo, 2009. *La Resiliencia de los Ecosistemas, Clave del Desarrollo Sostenible*. *Éxito Empresarial*, Issue 99.

HIGUERAS, Ester, 2006. *Urbanismo bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili.

HOLDREN, John, 2008. *Challenges in conservation science*. [En línea]. Fecha de consulta: 01 agosto 2013].  
<http://www.sciencemag.org/site/extra/conservation/?intcmp=HP-COLLECTION-PROMO-conservation>

HUMAN Development Reports, 1990. *Informe sobre Desarrollo Humano 1990*, s.l.:

ICAZA, Leonardo, 2009. *Mudejerías Novohispanas del Agua*. *Boletín de Monumentos Históricos.*, agosto. Issue 16.

INCROPERA, Frank y De Witt, David, 1999. *Fundamentos de la transferencia de calor*. Ciudad de México: Prentice Hall.

INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. [En línea] Fecha de consulta: 18 de octubre de 2018. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/contexto-internacional-17057>

INEGI, s.f. *Humedales Potenciales*. [En línea] Fecha de consulta: 28 noviembre 2016]. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/humedales/presentacion.aspx>

INEGI, 2010. *SIATL. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrológicas*. [En línea] Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2016]. [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#)

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015. *Red Nacional de Metadatos*. [En línea] Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016. <http://www.beta.inegi.org.mx/datos/>

INSTITUTO Nacional de Antropología e Historia, 2010. *El patrimonio de México y su Valor Universal*, México.

INSTITUTO Nacional de Ecología y Cambio Climático., 2018. *México comprometido ante el mundo contra el cambio climático*. [En línea] Fecha de consulta: febrero 2019 <https://www.gob.mx/inecc/prensa/mexico-comprometido-ante-el-mundo-contra-el-cambio-climatico?idiom=es>.

INZUNZA, Juan, 2007. *Cap. 3 Radiación solar directa*. Santiago: Universidad de Chile.

IPPC, 2007. *Cuarto informe de evaluación, Anexo I, Informe de síntesis. Preguntas frecuentes del Grupo de Trabajo I. Base de las Ciencias Físicas*. IPPC.

IPPC, 2013. *Fifth assessment report (AR5). WGI The physical science basis.*, IPPC.

IPCC, 2018. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, Ginebra, Suiza: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield. IPCC.

IPCC, 2019. *Comunicado de prensa del IPCC. Las decisiones que adoptemos ahora son fundamentales para el futuro de los océanos y la criosfera*. Mónaco. 25 de septiembre de 2019

ITURVIDE Argüelles, Rosario, 2015. Peligran Canales de Xochimilco por Asentamientos Irregulares y Aguas Negras: Cecciti-UNAM. [Entrevista] (18 junio 2015).

JAUREGUI, Ernesto, 1999. *El Clima de la Ciudad de México*. México, Distrito Federal. UNAM.

JIMENEZ, Marcela, 2013. *Resiliencia y adaptabilidad del sistema chinampero de Xochimilco*. UNAM.

JÓVENES en Resistencia Alternativa, 2009. *Tláhuac: la lucha de los pueblos contra la urbe. Los últimos campesinos*. [En línea] Fecha de consulta: 05 de julio de 2015. <http://jra.espora.org/index.php/noticias/239-conoce-las-razones-de-los-opositores-a-la-linea-12-del-metro.html>

KIMMELMAN, Michael, 2017. *Ciudad de México, al borde de una crisis por el agua*. The New York Times ES, 17 de febrero.

LEFEBRE, Henri, 1974. *La Production de L'espace*. Paris: Antropos.

LEGORRETA, Jorge 2002. *Historia de dos vialidades en camino de transformarse. Viaducto y Periférico, creaciones urbanísticas de Carlos Contreras*. La Jornada. México

D. F. [En línea] Fecha de consulta: 14 de febrero de 2016.

<https://www.jornada.com.mx/2002/10/16/02an1cul.php?printver=1>

LESSER, Luis, Lesser, Juan Manuel, Arellano, Santiago y González, David, 2011. *Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México central*. Revista mexicana de ciencias geológicas, 19 de enero, 28(3), pp. 323-336.

LESSER, Juan Manuel, 1998. *El hundimiento del terreno en la ciudad de México y sus implicaciones en el sistema de drenaje*. Ingeniería Hidráulica en México., septiembre-diciembre, XIII (3), pp. 13-18.

LEY de aguas nacionales, 2016. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. Secretaría General.

LIPKAU, Gustavo, 2008. *La recuperación del lago de Texcoco.*, México: s/n.

LIRA, Carmen, 2002. *Historia de dos vialidades en camino de transformarse*. La Jornada, 16 de octubre.

LÓPEZ, Liliana y Ramírez Blanca, 2012. *Pensar el Espacio: Región, Paisaje, Territorio y Lugar en las Ciencias Sociales*. Explorando Territorios, pp. 21-48.

LÓPEZ, Albert y Flores, José, 1994. *Diccionario de la Contaminación*. [En línea] Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2015. <http://www.osman.es/ficha/12363>

LOVELOCK, James, 1985. *GAIA, Una Nueva Visión Sobre la Vida en la Tierra*. Barcelona: Orbis, S. A.

LOVELOCK, James, 2007. *La Venganza de la Tierra*. Barcelona: Planeta.

BUENO Moreno, A. L. & S., F. J., 1994. *Diccionario de la Contaminación*. [En línea] <http://www.osman.es/ficha/12363> Recuperado el: 27 noviembre 2015.

LUEGE, José, 2010. *Cuencas hidrológicas: ¿Qué son?, ¿Por qué son importantes?* [En línea] <https://jlluege.wordpress.com/2010/11/09/cuencas-hidrologicas-¿que-son-¿por-que-son-importantes/> Recuperado: 05 noviembre 2016.

LUGO, José, 2011. *Diccionario geomorfológico*. Ciudad de México: Instituto de Geografía de la UNAM.

MCHARG, Ian., 2002. *Proyectar con la Naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili.

MÜLLER, Erich, 2002. *Termodinámica básica*. Sevilla: Consultora Kemiteknik C.A.

MAASS, Manuel, 2014. *La aplicación del concepto del sistema socioecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México*. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 2014 noviembre, 6(2), pp. 1-21.

MANSILLA, Hugo, 1997. *La Situación Actual del Medio Ambiente, el Neoliberalismo y la Ética de la Responsabilidad*. *Revista de Estudios Políticos*, enero-marzo. Issue 95.

MARROQUÍN, Manuel, SAGARPA, 1912. *Memoria Descriptiva de las Obras de Provisión de Aguas Potables Para la Ciudad de México*. [En línea]

MARTÍNEZ Arroyo, Amparo, 2017. *Cada año hay récords en temperaturas mayores: investigadora* [Entrevista] Fecha de consulta: 5 abril 2017).

MARSAL, Raúl y Sainz, Ignacio, 1956. *Breve Descripción del Hundimiento de la Ciudad de México*. [En línea] Fecha de consulta 26 junio 2017.

[http://ccvm.org.mx/repo/1956\\_BDHCM.pdf](http://ccvm.org.mx/repo/1956_BDHCM.pdf)

MARSAL R.J., Saíenz-Ortíz I. 1956. *Breve descripción del hundimiento de la Ciudad de México*. Volumen 19 Número 2. [En línea]. Fecha de consulta: 19 de octubre de 2017.

<http://dx.doi.org/10.18268/BSGM1956v19n2a1>

MASTRANDREA, Michael, Field, Christopher, Stocker, Thomas, Edenhofer, Ottmar, Ebi, Kristie, Frame, David, Held, Hermann, Kriegler, Elmar, Mach, KATHARINE, Matschoss,

Patrick, Plattner, Gian-Kasper, Yohe, Gary y Zwiers, Francis, 2010. *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*. California: IPCC.

MAZARI, Marisa. y Ezcurra, Exequiel, 1995. ¿Es Sustentable el Desarrollo Urbano en la Cuenca de México? *Universidad de México*, septiembre-octubre, Issue 536-537, pp. 52-56.

MELLENDEZ Herrada, Alejandro., 2012. *Las Aves Silvestres de Xochimilco: Una Riqueza Excepcional*. La Jornada Ecológica [En línea] Fecha de consulta: 14 de mayo de 2015.<http://www.jornada.unam.mx/2012/05/28/eco-e.html>

MOHAR, Alejandro, 2016. *Tendencias territoriales determinantes del futuro de la Ciudad de México*. México (Distrito Federal). Consejo Económico y Social de la Ciudad de México.

MONTOYA, Cristina, 1999. El Tajo de Nochistongo. *México en el tiempo*, mayo-junio.

MOOSER, Federico, 1975. *Historia Geológica de la Cuenca de México*. México (Distrito Federal). Departamento del Distrito Federal.

MORRONE, Juan, 2005. *Hacia una síntesis biogeográfica de México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 23 septiembre, 72(2), pp. 207-252.

NACIONES UNIDAS., 2015. *Aprobación del Acuerdo de París*, París: Naciones Unidas.

NACIONES UNIDAS, 2018. *Cambio climático*. [En línea] Fecha de consulta: mayo 2019. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

NAESS, Arne, 2007. *Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda: un resumen*. *Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, 23(1), pp. 98-101.

NATIONAL Aeronautics and Space Administration, 2019. *Climate*. [En línea] Fecha de consulta: marzo 2019. <https://www.nasa.gov/press-release/2018-fourth-warmest-year-in-continued-warming-trend-according-to-nasa-noaa>

NAZ, Álvaro, 2016. *Análisis comparativo de materiales para diferentes tecnologías fotovoltaicas*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

NOVO, Salvador, 1974. *Colección Testimonios de Fondo (7). Los Paseos de la Ciudad de México*. México. Distrito Federal. Fondo de Cultura Económica.

OCDE, 2015. *Estudios Territoriales de la OCDE. Valle de México, México, México, Distrito Federal*. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA).

OLGAY, Víctor, 1963. *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili.

OKE, Tim, 2004. *Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites*. Alberta,

ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas, 2016. *YouTube.com*. [En línea] <https://youtu.be/gGOzHVUQCw0>

ORGANIZACIÓN Mundial de la Salud. 2019. *El clima mundial: entre 2015 y 2019 se ha acelerado el cambio climático*. Comunicado de prensa. 22 de septiembre de 2019. [En línea]. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-clima-mundial-entre-2015-y-2019-se-ha-acelerado-el-cambio-climatico>

OROZCO, Alma y Vázquez Yáñez, Carlos, 2012. *La Destrucción de la Naturaleza*. México Distrito Federal. Fondo de Cultura Económica.

PÁRAMO, Ángel., 2011. *Excélsior*. [En línea] <http://www.excelsior.com.mx/node/719679> Recuperado 27 de junio de 2015].

PALERMO, Ángel, 1973. *Obras Hidráulicas Prehispánicas en el Sistema Lacustre del Valle de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

PALERMO, Ángel y Wolf, Erick, 1972. Agricultura y civilización en Mesoamérica. *Septentas*, 32(2).

PASTORMELO, Juan, & Souza, Edgardo, 2013. *Aprovechamiento de la masa térmica del hormigón para la construcción de Viviendas Sostenibles*. [En línea] Fecha de consulta: noviembre 2018.

<http://www.actualizarmiweb.com/sites/icpa/publico/Plataforma%20Hormigon/masa%20termica.pdf>

PAZ, María Fernanda, 2011. *La Participación en el Manejo de Áreas Naturales Protegidas*. México: CRIM-UNAM.

PEPPER, David (1986) *The roots of modern environmentalism*. London / New York, Routledge.

PEPPER, David (1993) *Eco-socialism. From deep ecology to social justice*. London/New York, Routledge.

PERÚ Ecológico, 2012. *Peruecologico*. [En línea] Fecha de consulta: 06 de julio de 2017. [http://www.peruecologico.com.pe/glosario\\_g.htm](http://www.peruecologico.com.pe/glosario_g.htm)

PERALTA Flores, A., 2011. *Xochimilco y su patrimonio cultural, Colección Científica*. México: INAH.

PÉRTILE, Viviana, Manoiloff, Raúl y Manoiloff, Raúl O., 2016. La Ciudad / Elemento Espacial. *Revista Geográfica Digital*, enero-junio. Año 13(25).

PNUMA, 2003. *Manual de Ecología Básica y de Educación Ambiental*”, Lausanne, DM Echange et Mission.

PONCE, Patricio, 2009. Análisis de las Teorías de Sistemas Complejos y su Aplicación a Sistemas Organizacionales. *Revista de Marina*, Volumen 1, p. 52.

PRADILLA, Emilio, 2009. *Los Territorios del Neoliberalismo en América Latina*. México: Porrúa.

PRADILLA, Emilio, 2013. *Teorías Sobre la Ciudad en América Latina*. México: Universidad Autónoma de México.

PROGRAMA de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015. *Panorama General. Informe sobre el Desarrollo Humano 2015*, Washington, D. C. Communications Development Incorporated.

PROGRAMA de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe., 2008. *Metodología para la elaboración de los informes GEO Ciudades*. Ciudad de Panamá: Centro de las Naciones Unidas para Asentamientos Humanos (UN HABITAT).

PROGRAMA de desarrollo de capacidades para el Caribe. Para el Patrimonio Mundial, 2004. *Gestión de Paisajes Culturales*, La Habana. UNESCO.

RAMIREZ, Blanca, 2015. *Del suburbio y la periferia al borde: el modelo de crecimiento de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)*. [En línea] Fecha de consulta: 27 marzo 2016. <http://documents.mx/documents/blanca-ramirez-velazquez1.html>

RAMÍREZ, Santiago, Cochi, Germinal, Torres, Carlos, Torres, Javier, Duval, Guy, Miramontes, Pedro, Miramontes, Octavio y Gutiérrez, José Luis, 1999. *Perspectivas en las Teorías de Sistemas*. México: Siglo XXI.

RAMSAR Convention of Wetland, 2006. Manual de la Convención de Ramsar. Guía a la Convención sobre los Humedales. *Humedales*. 11a Reunión de la Conferencia de las Partes en la Convención sobre los Humedales 4ª. edición. (Ramsar, Irán, 1971). Gland, Suiza.

RAMSAR Convention of Wetland, 2012. *11a Reunión de la Conferencia de las Partes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Bucarest.*

RAMSAR Convention of Wetland, 2018. *Informe de la Secretaría General de conformidad con el artículo 8.2 sobre la Lista de Humedales de Importancia Internacional, Dubái: COP13.*

RAMSAR, 1990. *Proceedings of the Third Meeting of the Conference of the Contracting Parties. Ramsar Convention Bureau, Gland.*

REAL Academia Española, 2001. *Diccionario de la lengua española, 23ª ed.* [En línea] <https://dle.rae.es> Fecha de consulta: 19 de marzo de 2015.

REAL Academia Española, 2012. *Real Academia Española.* [En línea] <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>  
Fecha de consulta: 28 junio 2015.

ROGER, Alain, 2000. *Breu Tractat del Paisatge.* Barcelona: La Campana.

ROGERS, Richard, 2001. *Ciudades Para un Pequeño Planeta.* Barcelona: Gustavo Gili.

ROJAS Rabiela, Teresa, Martínez, José Luis y Murillo, Daniel, 2009. *Cultura Hidráulica y Simbolismo Mesoamericano del Agua en el México Prehispánico.* México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social.

ROJAS Rabiela, Teresa, 1974. *Nuevas noticias sobre las obras hidráulicas prehispánicas y coloniales en el valle de México.* México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

ROJAS Rabiela, Teresa y García, V, 1992. Los sismos como fenómeno social: una visión histórica. En: *Macrosismos.* Ciudad de México: p. 9.

ROMERO, Héctor, 1987. *Historia del transporte en la ciudad de México: de la trajinera al metro*. México, Distrito Federal. Ediciones Gubernamentales.

RONDANELLI, Roberto y Bonatici, Giuseppe, 2013. *Alteración climática de un asentamiento urbano*, Santiago de Chile:

ROSAS, Alejandro, 2005. *Presidencia de la República*. [En línea] Fecha de consulta: 18 febrero 2016.

<http://fox.presidencia.gob.mx/mexico/sabiasque/?contenido=20022&pagina=4>

ROSENTAL, M & Iudin, P. 1946. *Diccionario filosófico marxista*. Ed. Pueblos Unidos. Montevideo. P. 15.

RUIZ, Daniel, 2014. *Director de Desarrollo Rural* [Entrevista] (noviembre 2014).

RUIZ, Ángel y López, Erika, 2015. *Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: un experimento numérico*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 15 abril, 67(2), pp. 215-225.

RUIZ-ANGULO, Á. & López-Espinoza, E. D., 2015. *Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: un experimento numérico*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 15 abril, 67(2), pp. 215-225.

RUTTER, Michael, 1993. *Resilience: Some Conceptual Considerations*. The Journal Adolesc Health, 14 de diciembre, 14(8), pp. 626-631. Ya tengo sueño, te quiero

SAFRANSKI, Rüdiger, 2005. *El mal o el drama de la libertad*. Tusquets editores.

SALAZAR, M., Figueroa, F., González, Venancio, Rubio, G., Salas, A., Rosas, E., Rosas, R., Ocaña, I., y Espinoza V., 2014. *Hacia un plan de manejo sustentable y por la regeneración socioambiental de la subcuenca hidrológica de Xochimilco y sus afluentes.*, México. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco,

SALLES, Vania, 1992. Xochimilco: *Perdurabilidad de la tradición en un contexto de cambio*. Estudios Sociológicos, 19 de marzo, X (29), pp. 341-362.

SALVADOR, Pedro, 2003. *Planificación Verde en las Ciudades*. Barcelona: Gustavo Gili.

SÁNCHEZ, F & Pontes Pedrajas, A., 2010. La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista EUREKA Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20-02, Issue 100, pp. 272-285.

SÁNCHEZ, Javier, s.f. *Hidrogeología*, Salamanca:

SÁNCHEZ, Óscar, 2007. Ecosistemas Acuáticos: diversidad, procesos, problemáticas y conservación. En: *Perspectivas sobre Conservación de Ecosistemas Acuáticos en México*. México, Distrito Federal Impresora y Encuadernadora Progreso, p. 295.

SÁNCHEZ Gerardo, (Coord.) 2003. *Planificación y Urbanismo visionarios de Carlos Contreras, escritos de 1925 a 1938*.

SÁNCHEZ Sánchez-Cañete, F. & Pontes Pedrajas, A., 2010. La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20-02, Issue 100, pp. 272-285.

SANDERS, William, 1976. *The Agricultural History of the Basin of Mexico (comp.)*. *The Valley of Mexico, Studies in Pre-Hispanic Ecology and Society*. Santa Fe (Nuevo México): School of American Research.

SANTOS, Milton., 1986. *Pensando o Espaço do homem*. Sao Paulo: Hucitec.

SANTOS, Milton, 2000. *La Naturaleza del Espacio. Técnica y Tiempo, Razón y Emoción*. Barcelona: Ariel.

SARRICOLEA Pablo, 2011. *La Isla de Calor Urbana. ¿Un Indicador de la Sostenibilidad Ambiental de las Ciudades?* Barcelona, Medamerica.

SCHULZWEIDA, Uwe, y Quast, Ralf, 2015. *Climate indices with CDO*, Hamburgo.

SCHWANCK, Joachim & Ehnis, A., 2004. *Manual de Métodos. Modelo de Sensitividad Prof. Vester*. s.l.: Management Zentrum St. Gallen.

SECRETARÍA de Programación y Presupuesto., 1985. *Antología de la Planeación en México.*, México: SPP-FCE.

SECRETARIA de Protección Civil del Gobierno del Distrito Federal, 2010. Norma Técnica Complementaria al Reglamento de la Ley de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-2010. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 04 de agosto.

SEGOB. Secretaría de Gobernación, 1992. *Diario Oficial de la Federación*. [En línea] Fecha de consulta: 27 febrero 2015.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4664640&fecha=07/05/1992](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4664640&fecha=07/05/1992)

SEMARNAT y CONAGUA, 1999, NORMA Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997, Fosas sépticas prefabricadas-Especificaciones y métodos de prueba. *Diario Oficial*

SEMARNAT y CONAGUA, 2013. *Lineamientos para la delimitación hidrológica y establecer el perímetro de protección de los humedales*, Distrito Federal.

SEMARNAT, 2007. *El Túnel Emisor Oriente duplicará la capacidad del drenaje profundo del Valle de México*, Ciudad de México.

SEMARNAT, 2013. *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México, Distrito Federal. SEMARNAT.

SEMARNAT, 2013. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. 2012 ed. México.

SERRA, Mari Carmen. y Lazcano, Juan Carlos, 2009. *Sci-Elo México. Scientific Electronic Library Online*, México.

SERRA Puche, Mari Carmen, 1988. *Los Recursos Lacustres de la Cuenca de México Durante el Formativo*. México, Distrito Federal. Coordinación General de Estudios de Posgrados de la UNAM.

SILKE, Cram, Cotler, Helena, Morales, Luis, Sommer, Irene y Carmona, Estela, 2008. Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal. Investigaciones geográficas. *Investigaciones Geográficas*, agosto. pp. 81-104.

STEPHAN-OTTO, Erwin, 1997. *La Chinampa, "Cosa Jamás Vista en Este Mundo", y sus Creadores*. México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 35.

STEPHAN-OTTO, Erwin, 1998. *Plan de manejo integral de la zona chinampera*. México, Asamblea Legislativa del Distrito Federal.

SUPREMA Corte de Justicia de la Nación, 2007. *Competencia Federal para Regular la Recarga del Acuífero de la Ciudad de México con Aguas Residuales*. México: Suprema Corte de Justicia de la Nación.

TABILO, Elier, 1999. *El Beneficio de los Humedales en América Central. EL Potencial de los Humedales para el Desarrollo*. 2a. ed. Heredia: Wetlands International Publ.

TÉLLEZ Girón, B. C. B. y. A, 2012 Reconstrucción esquemática del mapa de Tenochtitlán desde 1325 a 1519. Interpretación de don Manuel Carrera Stampa de acuerdo con Téllez Girón, Barlow, Caso, Bribiesca y Álvarez. [En línea] Fecha de consulta: 25 febrero 2016]. <http://www.mexicomaxico.org/Tenoch/TenochStampa.htm>

TERRONES, María Eugenia, 2006. *Xochimilco sin arquetipo. Historia de una integración urbana acelerada*. Revista Electrónica de geografía y ciencias sociales., 01 de agosto, X (218), p. 21.

TGC Geotecnia, 2013. *Artículos Técnicos*. [En línea] Fecha de consulta: 03 julio 2015. <http://tgc.com.mx/tgc/wp-content/uploads/2013/11/art001.pdf>

TOCA Claudia, 2011. Las Versiones del Desarrollo Sostenible. *Sociedad y Cultura*, junio, 14(1), pp. 195-204.

TOLEDO Villaseñor, Alejandro, 2000. *El Agua y su Historia*. s.l.: Siglo XXI.

TORTOLERO, Alejandro, 2000. *El agua y su historia: México y sus desafíos hacia el siglo XXI*. México: Siglo XXI.

TRASVALÚO, 2017. *Trasvalúo*. [En línea] Fecha de consulta: 27 febrero 2018. <https://tasvaluo.com/blog/93-tipos-de-suelo-en-la-ciudad-de-mexico>

UNAM, 2012. *Estudio interdisciplinario de los humedales de la república mexicana: desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación a nivel piloto*. Ciudad de México: UNAM.

UNAM, 2012. *Humedales de la República Mexicana*, Ciudad de México: UNAM.

UNAM, 2017. *Mapa de riesgos de la Ciudad de México*. [En línea] Fecha de consulta: enero 2018. <http://rmgir-servicios.cenapred.unam.mx/Geociencias/>

UNESCO México, 2014. *Oficina de la UNESCO en México. Patrimonio Cultural*. [En línea] Fecha de consulta: 20 de febrero de 2015. <http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage/>

UNIKEL, L., 1978. *El Desarrollo Urbano de México*. 2ª ed. México: El Colegio de México.

UNITED Nations, 2012. [En línea] Fecha de consulta 05 de octubre de 2016. <http://www.un.org/en/development/desa/publications/world-urbanization-prospects-the-2011-revision.html>

UNIVERSIDAD del Noreste. Facultad de Ingeniería., 2007. *Universidad Nacional del Noreste*. [En línea] Fecha de consulta: 07 julio 2017]. <http://ing.unne.edu.ar/pub/infi.pdf>

VARGAS, Sergio y Mollard, Erick, 2005. *Problemas socioambientales y experiencias organizativas en las Cuencas de México*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Venegas, Carlos; Lagarrigue, Andrés. 2014. Manual de gestión de sitios SIPAM. SIPAM, FAO y GEF. Centro de Educación y Tecnología Programa Chiloé. Chiloé, Chile

VERGARA, Alonso y De las Rivas, Juan Luis, 2004. *Territorios Inteligentes*. Madrid: Fundación Metrópoli.

VILLANUEVA, J., 2011. Ecocidio en Xochimilco. *El Universal. Metrópoli*, 11 de julio.

VILLASANA-Torres, C., s.f. *La ciudad en el tiempo: El Canal de la Viga*. [En línea] Fecha de consulta: 27 febrero 2016.

[http://fotos.eluniversal.com.mx/coleccion/muestra\\_fotogaleria.html?idgal=19813](http://fotos.eluniversal.com.mx/coleccion/muestra_fotogaleria.html?idgal=19813)

VOOGT, James, 2008. *Action Bioscience*. [En línea] Fecha de consulta: 20 diciembre 2017. <http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/voogt.html/>

WALKER, J., Veitch, S., Dowling, T., Braaten, R., Guppy, L. y Herron, N., 2002. *Assessment of Catchment Condition. The Intensive Land Use Zone in Australia*.

WARMAN, Arturo, 2003. La reforma agraria: una visión de largo plazo. *Reforma agraria. Colonización y cooperativas*, Issue ISSN 0251-1894, pp. 84-95.

WMO, 18. *Organización Meteorológica Mundial*. [En línea] Fecha de consulta: 27 diciembre 2017. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-organización-meteorológica-mundial-confirma-que-2016-es-el-año-más>

WMO, 2013. *Global Framework for Climate Services Office*. [En línea] Fecha de consulta: 04 abril 2016. <http://www.wmo.int/gfcs/node/182>

WMO, 2017. *Organización Meteorológica Mundial*. [En línea] Fecha de consulta: 27 diciembre 2017. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-año-2017-va-camino-de-ser-uno-de-los-tres-años-más-cálidos-con>

WOUTERS, Hendrik, De Ridder, Koen, Poelmans, Lien, Willems, Patrick, Brouwers, Johan, Hosseinzadehtalaei, Parisa, Tabari, Hossein, Vanden Broucke, Sam, P. M. van Lipzig, Nicole y Demuzere, Matthias, 2017. Heat stress increases under climate change twice as large in cities as in rural areas: A study for a densely populated mid-latitude maritime region. *AGU Publications. Geophysical Research Letters*, 07 septiembre, Issue Res. Lett., 44, 8997–9007, doi:10.1002/2017GL074889., pp. 8997-9007.

YANG, Ken, 1999. *Proyectar con la Naturaleza. Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico*. Barcelona: Gustavo Gili.

ZAMBRANO, Luis, 2014. La complejidad de los socioecosistemas. *Ciencias*, Issue 111-112, pp. 16-23.

ZAMBRANO, Luis, Pacheco, Rodrigo y Fernández, Tania, 2016. *A spatial model for evaluating the vulnerability of water management in Mexico City, Sao Paulo and Buenos Aires considering climate change*, México: UNAM.

ZEMP, Marcel; Huss, Mikael; Thibert, Emmanuel; Eckert, Nadine; McNabb, Robert; Huber, Johannes; Barandun, Martina; Machguth, Hort; Nussbaumer, Samuel; Gärtner-Roer, Isabelle; Thomson, Leonor; Paul, Franziska; Maussion, Fabiel; Kutuzov, Stanislav; Cogley, Graham. 2019. *Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016*. [En línea] Fecha de consulta: 12 de mayo de 2019. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0>

## ANEXO I.

### Índice de imágenes

<i>Imagen 1.</i>	<i>Parteaguas que delimitan una cuenca</i>	46
<i>Imagen 2.</i>	<i>Cuenca, subcuenca y microcuenca</i>	47
<i>Imagen 3.</i>	<i>a) Mapa de localización de las subcuencas de Xochimilco y Chalco en la Cuenca de México y dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM). b) Límite de la Cuenca de Xochimilco con la ubicación de algunos de los volcanes más importantes: Ajusco (Aju), Cerro de la Estrella (CE), Complejo Guespalapa (CG), Chichinautzin (Chi), Sierra Santa Catalina (SC), Teoca (Teo)Tehutli (Teu), Tláloc (Tla), Ocopiaco (Oco), Oyameo (Oya), Pelao (Pel), Xico (Xi), flujos de lava Xicomulco (Xic), Xitle (Xit), asíni como el sitio del sondeo XOC16-1 dentro de los viveros de Netzahualcóyotl y la actual extensión del lago de Chalco.</i>	64
<i>Imagen 4.</i>	<i>Gráficas de eventos meteorológicos extremos. Cambios en el promedio de la variable (a), la varianza (b) y forma de la distribución de probabilidad observada de una variable (c).</i>	108
<i>Imagen 5.</i>	<i>Datos recabados en sitio de lecturas de temperatura ambiental y de materiales de la zona de estudio.</i>	117
<i>Imagen 6.</i>	<i>Avenida Muyuguarda en tramo de camellón sin arbolado viario y con radiación directa con temperatura ambiente reportada por el SMN 27 °C.</i>	119
<i>Imagen 7.</i>	<i>Toma sobre asfalto en cauce vehicular cerca del camellón con radiación directa con un registro de 55.5 °C.</i>	119
<i>Imagen 8.</i>	<i>Toma sobre cemento en el camellón con radiación directa con un registro de 55.5 °C.</i>	119
<i>Imagen 9.</i>	<i>Avenida Muyuguarda en tramo de camellón con arbolado viario.</i>	120
<i>Imagen 10.</i>	<i>Toma sobre tierra en el camellón con radiación indirecta por arbolado viario.</i>	120
<i>Imagen 11.</i>	<i>Toma sobre tierra en el camellón en área sombreada por arbolado viario.</i>	120

<i>Imagen 12.</i>	<i>Toma sobre asfalto en el cauce vial en área sombreada por arbolado viario.</i>	<i>120</i>
<i>Imagen 13.</i>	<i>Toma sobre asfalto en el cauce vehicular en área con radiación solar directa cercana a la acera de enfrente donde no hay arbolado viario.</i>	<i>120</i>
<i>Imagen 14.</i>	<i>Comparativa entre los años 1500 y 1915 de la pérdida de cuerpos de agua en la Cuenca de México.</i>	<i>137</i>
<i>Imagen 15.</i>	<i>Comparativa entre los años 1500 y 1915 de la pérdida de cuerpos de agua en la Cuenca de México.</i>	<i>141</i>
<i>Imagen 16.</i>	<i>Comparativa entre los años 1500 y 19160 de la pérdida de cuerpos de agua en la Cuenca de México.</i>	<i>147</i>
<i>Imagen 17.</i>	<i>Relación de los lagos con los asentamientos humanos en la Cuenca de México en 1975.</i>	<i>152</i>
<i>Imagen 18.</i>	<i>Relación de los lagos con los asentamientos humanos en la Cuenca de México en 1990.</i>	<i>159</i>
<i>Imagen 19.</i>	<i>Relación de los lagos con los asentamientos humanos en la Cuenca de México en 2013.</i>	<i>167</i>
<i>Imagen 20.</i>	<i>Crecimiento urbano vs. desecación del sistema lacustre de la cuenca de México de 1500 a 2013.</i>	<i>182</i>
<i>Imagen 21.</i>	<i>Sistema de clasificación utilizada por la Convención Ramsar.</i>	<i>196</i>
<i>Imagen 22 y 23.</i>	<i>Nimphasea mexicana (izquierda) y Neoténico Ambistoma Mexicanum (derecha).</i>	<i>198</i>
<i>Imagen 24.</i>	<i>Zonas que integran a un humedal.</i>	<i>198</i>
<i>Imagen 25 y 26.</i>	<i>Daños causados en San Gregorio Atlapulco por el sismo del 17 de septiembre del 2017.</i>	<i>214</i>
<i>Imagen 27:</i>	<i>Falta de trabes longitudinales que den estabilidad a la estructura en edificio de tres pisos en San Gregorio Atlapulco.</i>	<i>215</i>
<i>Imagen 28:</i>	<i>Gallina de agua común (Gallinula galeata cachinnans) con sus crías en uno de los canales de Barrio 18.</i>	<i>225</i>

<i>Imagen 29:</i>	<i>Barda que divide la ciénaga Chica del Barrio 18.</i>	<i>228</i>
<i>Imagen30 y 31:</i>	<i>Línea de casas construidas en zona de transición de la colonia a la ciénaga chica de 6 metros de ancho.</i>	<i>229</i>
<i>Imagen 32:</i>	<i>Evidencias de inundación en casas de Barrio 18 resaltado con n rojo.</i>	<i>229</i>
<i>Imagen 33 y 34:</i>	<i>Evidencias de inundación en casas de Barrio 18 resaltado con en rojo.</i>	<i>230</i>
<i>Imagen 35:</i>	<i>Descarga clandestina de cascajo a un canal de la zona de El Paraje, ubicado atrás del Barrio 18, donde la alcaldía de Xochimilco ha detectado asentamientos irregulares desde el 2008.</i>	<i>231</i>
<i>Imagen 36:</i>	<i>Relación socioambiental en el barrio de la Santísima.</i>	<i>233</i>
<i>Imagen 37:</i>	<i>Chinampa con producción mediante invernaderos.</i>	<i>233</i>
<i>Imagen 38:</i>	<i>Chinampa con rescate de técnica ancestral y multicultivo.</i>	<i>234</i>
<i>Imagen 39:</i>	<i>Canal interrumpido por una calle en el barrio de San Juan.</i>	<i>236</i>
<i>Imagen 40:</i>	<i>Presencia de basura proveniente de las viviendas en el mismo canal.</i>	<i>236</i>
<i>Imagen 41:</i>	<i>Construcción sobre canal.</i>	<i>237</i>
<i>Imagen 42:</i>	<i>Canal convertido en calle. Las líneas azules aún conservan.</i>	<i>237</i>
<i>Imagen 43:</i>	<i>Casa con acceso a uno de los canales en el Barrio San Cristóbal.</i>	<i>239</i>
<i>Imagen 44:</i>	<i>Canal al cuidado de los vecinos en el Barrio San Cristóbal.</i>	<i>239</i>
<i>Imagen 45:</i>	<i>Representación de la obra teatral La Llorona Cihuacoatl en una chinampa.</i>	<i>240</i>

## Índice de mapas

Mapa 1.	<i>Localización del caso de estudio dentro de la Subcuenca de Xochimilco</i>	6
Mapa 2.	<i>Mapa de cuencas hidrográficas de México. Resaltado en amarillo, la Cuenca de México</i>	48
Mapa 3.	<i>Descripción gráfica de la formación geológica de la Cuenca de México.</i>	51
Mapa 4.	<i>Cuenca de México en el 3,000 a.C. según Mooser y la Subcuenca de Xochimilco.</i>	53
Mapa 5.	<i>Representación gráfica de la Cuenca de México y la Subcuenca de Xochimilco.</i>	54
Mapa 6.	<i>Pérdida de la condición endorreica de la llamada Cuenca de México a través del Sistema de Desagüe del Valle de México.</i>	60
Mapa 7.	<i>Representación en tercera dimensión de la Cuenca de México, vista desde el norponiente.</i>	61
Mapa 8.	<i>Representación en tercera dimensión de la Microcuenca de Xochimilco vista desde el norponiente.</i>	63
Mapa 9.	<i>Tipos de suelo según su relieve en la zona metropolitana dentro de la Cuenca de México.</i>	65
Mapa 10.	<i>Ubicación del polígono de la zona de estudio en la Subcuenca de Xochimilco.</i>	68
Mapa 11.	<i>Polígono de la zona de estudio con los embarcaderos cercanos y dentro de la zona.</i>	69
Mapa 12.	<i>Polígono de la zona de estudio y estaciones meteorológicas dentro de los 5 kilómetros de la zona de estudio utilizadas en esta tesis.</i>	70
Mapa 13.	<i>Estaciones meteorológicas dentro del radio de cinco kilómetros de la zona de estudio</i>	97
Mapa 14.	<i>Estaciones en zonas rurales encontradas cerca de la zona de estudio.</i>	124

<i>Mapa 15:</i>	<i>Polígono de la declaratoria de la UNESCO para la zona chinampera de Xochimilco.</i>	<i>186</i>
<i>Mapa 16:</i>	<i>Polígono de la declaratoria de la UNESCO con asentamientos humanos recientes detectados por la PAOT.</i>	<i>187</i>
<i>Mapa 17:</i>	<i>Polígono del Área Natural Protegida sujeta a conservación ecológica del ejido Xochimilco y San Gregorio.</i>	<i>189</i>
<i>Mapa 18:</i>	<i>Disminución del polígono del Área Natural Protegida de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.</i>	<i>190</i>
<i>Mapa 19:</i>	<i>Asentamientos humanos sobre Área Natural Protegida de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.</i>	<i>192</i>
<i>Mapa 20:</i>	<i>Área de suelo de conservación del Distrito Federal.</i>	<i>193</i>
<i>Mapa 21:</i>	<i>Infografía publicada por CONAMP y la ampliación del sitio Ramsar con su descripción y especificaciones.</i>	<i>199</i>
<i>Mapa 22:</i>	<i>Asentamientos humanos dentro del polígono de signado por la Comisión Ramsar.</i>	<i>203</i>
<i>Mapa 23:</i>	<i>Mapa de la zona Patrimonial con la delimitación de la zona patrimonio natural y mundial en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta en la que se basa la solicitud de la declaratoria de sitio SIPAM.</i>	<i>203</i>
<i>Mapa 24:</i>	<i>Mapa interactivo para análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia de tipos de suelo según su relieve para tipos de suelo según su relieve para Xochimilco.</i>	<i>213</i>
<i>Mapa 25:</i>	<i>Mapa interactivo para análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia de hundimiento y agrietamiento para Xochimilco.</i>	<i>217</i>
<i>Mapa 26:</i>	<i>Grados de filtración en la Cuenca de México.</i>	<i>219</i>
<i>Mapa 27:</i>	<i>Zonas de inundación en la Cuenca de México.</i>	<i>219</i>
<i>Mapa 28:</i>	<i>Mancha urbana sobre mapa de grados de filtración en la Cuenca de México.</i>	<i>221</i>
<i>Mapa 29:</i>	<i>Zonas de inundación en la Cuenca de México.</i>	<i>221</i>

<i>Mapa 30:</i>	<i>Acercamiento a la Subcuenca de Xochimilco en mapa de suelos sellados del Distrito Federal.</i>	223
<i>Mapa 31:</i>	<i>Barrios donde se aplicaron entrevistas durante el trabajo de campo.</i>	227
<i>Mapa 32</i>	<i>Síntesis de estudio realizado en San Gregorio Atlapulco después de los sismos de septiembre de 2017.</i>	251
<i>Mapa 33</i>	<i>Levantamiento de daños en el Mapa de Riesgos Sísmico.</i>	252

### **Índice de tablas**

<i>Tabla 1:</i>	<i>GEI causantes del cambio climático regulados a nivel internacional por los protocolos de Kioto y de Montreal</i>	16
<i>Tabla 2:</i>	<i>Indicadores de cambio climático</i>	33
<i>Tabla 3:</i>	<i>Indicadores relacionados con el estudio de las islas de calor</i>	34
<i>Tabla 4:</i>	<i>Funcionamiento de los programas ICC con datos diarios y Clic-MD</i>	36
<i>Tabla 5:</i>	<i>Tabla para recabar datos de estudio de temperatura ambiental y de elementos en campo</i>	41
<i>Tabla 5:</i>	<i>Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio por décadas</i>	82
<i>Tabla 6:</i>	<i>Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio por décadas</i>	82
<i>Tabla 7:</i>	<i>Resultados de las entrevistas realizadas en trabajo de campo relacionadas con el clima y la evidencia arrojada por el estudio con el ICC con datos diarios que corrobora la existencia de cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco.</i>	111
<i>Tabla 8:</i>	<i>Lista de cotejo de la existencia de elementos generadores de islas de calor en la zona de estudio expuesta a la urbanización</i>	112
<i>Tabla 9:</i>	<i>Registro de temperaturas de elementos urbanos y su afectación a la temperatura ambiental adyacente</i>	118

<i>Tabla 10.</i>	<i>Dinámica de población en la segunda mitad del siglo XX en Xochimilco.</i>	156
<i>Tabla 11.</i>	<i>Poblamiento por áreas para el año 2000.</i>	163
<i>Tabla 12.</i>	<i>Resultados de las entrevistas realizadas en trabajo de campo relacionadas con el clima y la evidencia arrojada por el estudio con el ICC que corrobora la existencia de cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco.</i>	241
<i>Tabla 13.</i>	<i>Comparación de datos de los resultados de los indicadores de temperatura para la tendencia y la prueba de correlación de Pearson por décadas.</i>	257

### **Índice de gráficas**

Gráfica 1.	Datos anuales de precipitación.	75
Gráfica 2.	Gráfica de promedios anuales de temperatura mínima.	76
Gráfica 3.	Gráfica de promedios anuales de temperatura máxima	77
Gráfica 4.	Climograma de la zona de estudio del periodo 1954 a 2018.	78
Gráfica 5.	Climograma de la zona de estudio de los periodos 1954 a 1984 y 1989 a 2018.	79
Gráfica 6.	Indicadores para la zona de estudio con tendencia a la baja.	83
Gráfica 7.	Indicadores para la zona de estudio con ligera tendencia a la baja.	84
Gráfica 8.	Indicadores para la zona de estudio con tendencia al alza.	85
Gráfica 9.	Indicadores para la zona de estudio con ligera tendencia al alza.	86
Gráfica 10.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador R10mm.	90

Gráfica 11.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador Rnn 50mm.	91
Gráfica 12.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador FD.	94
Gráfica 13.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador DTR.	95
Gráfica 14.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TNx.	96
Gráfica 15.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador SU.	97
Gráfica 16.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TX90p.	98
Gráfica 17.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TX10p.	99
Gráfica 18.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson para el indicador TNn.	100
Gráfica 19.	Aumento y disminución para el indicador de días de verano (SU)	102
Gráfica 20.	Aumento y disminución para el indicador de Frecuencia de días frescos (TX10p).	103
Gráfica 21.	Aumento y disminución para el indicador de Frecuencia de días calurosos (TX90p).	104
Gráfico 22.	Aumento y disminución para el indicador Temperatura mínima extrema (TNn).	105
Gráfico 23.	Aumento y disminución para el indicador de Temperatura mínima más alta (TNx).	106
Gráfica 24.	Graficas de eventos meteorológicos extremos para las temperaturas máximas extremas (TXx) para los periodos de 1954 a 1984 (línea roja) y para 1991 a 2019 (línea azul).	109
Gráfica 25.	Graficas de eventos meteorológicos extremos para las temperaturas mínimas extremas (TNx) para los periodos de 1954 a 1984 (línea roja) y para 1991 a 2019 (línea azul).	110

Gráfica 26.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y las tendencias obtenidas en la prueba Mann-Kendall para el indicador de diferencia de temperaturas (DTR).	114
Gráfica 27, 28, 29 y 30.	Resultados de la prueba de correlación de Pearson en indicadores para la zona de estudio relacionados con la generación de islas de calor.  Registro de temperaturas de elementos urbanos y su afectación a la temperatura ambiental adyacente.	115
Gráfica 31.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y las tendencias obtenidas en la prueba Mann-Kendall para los periodos de 1921 a 1970 para la temperatura mínima.	122
Gráfica 32 y 33.	Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas máximas en la zona de estudio y en Tláhuac.	127
Gráfica 34 y 35.	Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas mínimas en la zona de estudio y Tláhuac	128
Gráfica 36 y 37.	Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas máximas en la zona de estudio y San Gregorio Atlapulco	129
Gráfica 38 y 39.	Comparación de resultado de la prueba de correlación de Pearson obtenidas para las temperaturas mínimas en la zona de estudio y San Gregorio Atlapulco.	130
Gráfica 40.	indicadores para la zona de estudio relacionados con la generación de islas de calor	132
Gráfica 41.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1970 para la temperatura mínima.	148
Gráfica 42.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1970 para la temperatura máxima.	149

Gráfica 43.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1980 para la temperatura mínima.	153
Gráfica 44.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1980 para la temperatura máxima.	154
Gráfica 45.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1990 para la temperatura mínima.	160
Gráfica 46.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 1990.	161
Gráfica 47.	Dinámica de población en la segunda mitad del siglo XX en Xochimilco.	158
Gráfica 48.	Tendencia de crecimiento de población en la Alcaldía de Xochimilco.	158
Gráfica 49.	Superficie rural y Urbana en el 2000.	163
Gráfica 50.	Densidad Urbana en el 2000.	164
Gráfica 51.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2000 para la temperatura mínima.	170
Gráfica 52.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2000 para la temperatura máxima.	171
Gráficas 53.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para los periodos de 1954 a 2000 para la temperatura mínima.	172
Gráficas 54.	Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2000 para la temperatura máxima.	173

Gráficas 55. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2018 para la temperatura mínima.	174
Gráficas 56. Resultado de la prueba de correlación de Pearson y la tendencia obtenida en la prueba Mann-Kendall para el periodo de 1921 a 2018 para la temperatura máxima.	175
Gráficas 57. Gráfica que muestra el comportamiento de las tendencias por décadas desde 1970 hasta 2018, tomando como año base 1921.	258
Gráficas 58. Gráfica que muestra el comportamiento por décadas del valor $r$ en la prueba de correlación de Pearson, desde 1970 hasta 2018, tomando como año base 1921.	259
Gráficas 59. Gráfica que muestra el comportamiento de la pendiente de la línea de correlación de Pearson por décadas desde 1970 hasta 2018, tomando como año base 1921.	260

## ANEXO II

### Entrevistas dirigidas

En este anexo se presenta la parte del trabajo de campo que tiene que ver con las entrevistas y las visitas a la zona de estudio. Se presentan solo algunos ejemplos que resultaron más enriquecedores para poder definir cómo se está dando la relación socioambiental en la zona.

El objetivo de las entrevistas es la obtención de datos sobre la percepción de la población sobre la sustentabilidad y el cambio climático de Xochimilco y se busca realizar las entrevistas a vecinos que viven en predios que limitan con los canales y chinampas.

La población total de los barrios donde se encuentra el polígono de estudio se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla de población de la zona de estudio según el INEGI

BARRIO	POBLACIÓN
Barrio 18	2,624
Barrio Ampliación San Marcos	3,456
Zona Chinampera	
Barrio Sn. Juan	1,163
Barrio Concepción Tlacoapa	1,967
Barrio La Asunción	4,130
Barrio La Guadalupita	2,396
Barrio Sta. Crucita	1,012
Barrio de Belem	
Barrio Sn. Cristóbal	
Barrio Sn. Antonio	2,147
Total	18,895

Fuente. AGEBS. INEGI.

[http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/ageb\\_urb2010.aspx?c=28111](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/ageb_urb2010.aspx?c=28111)

Sin embargo, la población que interesa a esta investigación es aquella que tiene su vivienda ubicada a orillas de los canales y cuerpos de agua y debido a que se desconoce

el número de población en viviendas con esta característica, se considera la aplicación de 25 cuestionarios distribuidos en distintos barrios, cuidando que las personas encuestadas vivan en predios con la condición antes descrita. El criterio para asignar el número de encuestas a aplicar es el acceso que se tiene a los habitantes de los distintos barrios, tratando de mantener la presencia de encuestados en cada barrio del polígono de estudio.

BARRIO	Nº ENTREVISTAS REALIZADAS
Barrio 18	5
Barrio Ampliación San Marcos	3
Zona Chinampera	
Barrio Sn. Juan	2
Barrio Concepción Tlacoapa	2
Barrio La Asunción	3
Barrio La Guadalupita	4
Barrio Sta. Crucita	4
Barrio de Belem	
Barrio Sn. Cristóbal	
Barrio Sn. Antonio	2
Total	25

En un principio se pensó en aplicar solo encuestas, sin embargo, al llegar a la zona las personas que se contactaron se sentían más a gusto platicando y no contestando un cuestionario, por ello se optó por tomar el cuestionario de la encuesta como base para realizar entrevistas dirigidas que arrojaran los datos necesarios para la investigación

**Cuestionario base para la entrevista dirigida.**

**Integración.**

1. ¿Es usted originario de Xochimilco?

**Si contesto que no:**

¿De dónde viene usted? \_\_\_\_\_

a) ¿Por qué decidió venir a vivir a Xochimilco?

b) ¿A qué se ha dedicado usted desde que llegó a Xochimilco?

2. El terreno donde está la casa donde vive es...

Propio	
Rentado	
Cuido el terreno a cambio de vivir aquí	

3. ¿Tiene cosechas en su predio?

Si, Uso el sistema antiguo chinampero	Siembro y vendo mis cosechas	
	Solo para consumo personal	
Si, Siembro con sistemas más actualizados (agroquímicos)	Siembro y vendo mis cosechas	
	Solo para consumo personal	
No, no tengo cosechas en mi terreno		

**Relación con los canales.**

4. Mi vivienda con relación a los canales, ciénagas y/o lagos está...

5. ¿Cómo se relaciona usted y su familia con la naturaleza que lo rodea?

6. ¿Utiliza usted o su familia los canales para desplazarse hacia otros lugares?

## **Problemática**

7. ¿Cómo ve la situación de Xochimilco?
8. ¿Cuáles considera que son los principales problemas en la realización de actividades para los vecinos que se viven cerca de los canales?
9. ¿Considera que hay problemas de salud relacionados con los canales para los vecinos que habitan cerca de ellos?
10. ¿Sabe usted si hay descargas clandestinas de aguas negras en los canales?
11. ¿Cuáles considera que son los principales problemas ambientales para la población que vive cerca de los canales, ciénagas y lagos?
12. ¿Cree usted que los vecinos que viven cerca de los canales tienen alguna responsabilidad en el deterioro de los canales?
13. ¿Han desaparecido canales en su zona?
  - a. Si contestó que sí ¿Cuál cree que sea la causa de esta desaparición de canales? Marque todos los que crea convenientes
14. ¿Ha notado cambios en el clima de la zona desde que usted vive aquí? Marque todos los que ha notado

## **Programas y proyectos de mejora ambiental**

15. ¿Qué proyectos ha visto que se hayan implementado para mejorar las condiciones ambientales de los canales, ciénagas y lagos de Xochimilco?
16. ¿Han ayudado a mejorar las condiciones ambientales?
17. ¿Conoce algunas propuestas que se piensen implementar para mejorar la situación de los canales?
18. ¿Participa usted en la resolución de algunos de los problemas?
19. ¿Quién o quiénes cree usted que deberían tomar acciones para solucionar los problemas ambientales de los canales, las ciénagas y los lagos? Seleccione todas las que considere necesarias
20. ¿A qué aspectos cree usted que se debe dar prioridad en su resolución?

21. ¿Qué cree que se debería hacer para mejorar las condiciones ambientales de los canales, las ciénagas y los lagos?

**Datos del entrevistado**

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: (F) (M) A que se dedica \_\_\_\_\_

Nombre (opcional): \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Barrio: \_\_\_\_\_ Canal donde vive: \_\_\_\_\_

Teléfono o correo electrónico de contacto (opcional): \_\_\_\_\_

¿Nos autoriza a contactarlo para ampliar la entrevista en caso de ser necesario?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

---

**Ejemplos de entrevistas dirigidas realizadas**

---

**Dionisio Eslava Sandoval**

Originario del barrio de la Santísima en Xochimilco

Vive en Canal de Apatlaco s/n en la colonia Santa Rosa Chililico, Barrio de la Santísima

Edad: 65 años

Es campesino y presidente de una asociación civil en el barrio de la Santísima, Xochimilco.

Recuerda que sus padres y sus abuelos trabajaron en la chinampa produciendo maíz, rábano, col, lechuga, flor de ornato y una variedad muy grande de productos.

Trabajó en la delegación Xochimilco por 10 años, es campesino por tradición y actualmente preside la asociación civil Umbral Axochiatl.

El terreno donde vive es sede de la asociación civil y está a nombre de esta y se compró hace más de 20 años.

“En dicho predio no se tienen cultivos, pero se tiene una estación biológica de investigación y conservación del ajolote. Existen además otras chinampas donde si se siembra utilizando métodos tradicionales y utilizando fertilizantes naturales, sin químicos, dichas chinampas están arrendadas o en préstamo. El terreno esta de frente a uno de los canales más grandes del sistema de canales, Apatlaco.”

### **¿Cuál es la relación que tienen usted y su asociación con la naturaleza?**

“Nuestra relación es directa, estamos aquí todos los días, desde chamacos, queremos el entorno y tratamos de conservarlo” dice don Dionicio con orgullo reflejado en el semblante.

### **¿Cuáles son los principales problemas que ustedes que trabajan directamente en los canales y chinampas detectan?**

“Los principales problemas directamente para nosotros, los campesinos que seguimos cultivando la tierra, lo hemos manifestado en un sin número de ocasiones al delegado en turno y a dependencias internacionales, la calidad del agua es un asunto de prioridad, sin agua ya no somos nada. Ahora, se llevan toda el agua del subsuelo y por eso se abre la tierra.” Comenta, refiriéndose a las grietas como la que se formó hace unas semanas en el embarcadero Zacapa.

“La descarga, igual, siempre lo hemos manifestado, existen miles de descargas clandestinas ¿y que hacen? ¡nada!”.

Tanto en la chinampa donde trabaja como en su casa, Don Dionicio tiene baños con sistema biodigestor que va filtrando el agua: “¡Claro! ¡Hay que pagar por todo eso!”

### **¿Cómo percibe usted los problemas ambientales?**

“Son los mismos para los que vivimos acá que para los habitantes de toda la ciudad. La catástrofe es pareja, cuando se acabe el agua del subsuelo, todos vamos a sufrir... la responsabilidad es pareja, si allá en la ciudad cuidan el agua, si se buscan otras fuentes o se hacen plantas de tratamiento, pueden apaciguar el problema, pero la cosa es general.”

En cuanto al desecamiento de los cuerpos de agua, Don Dionicio comenta que desde que él era joven se han secado muchos canales, al igual que muchos apantles, que eran utilizados para trabajar la chinampa, ya no existen. Él indica que, debido al abandono de los agricultores, las chinampas se fueron compactando y los apantles desapareciendo, esto sucede porque los apantles requieren ser drenados constantemente para que no se sequen.

Explica que los cambios que él ha notado son: “las cosechas se desfasaron (cambiaron sus temporadas de crecimiento y cultivo), muchas aves que llegaban ya no están, las especies fueron desapareciendo, el mismo ajolote ya no lo hay (en los canales). Las tierras se van degradando con el monocultivo y el exceso de agroquímicos. La tierra ya no da igual. La ciudad ha crecido y se lo comió todo. Si a Xochimilco no se le hace una cirugía mayor en 20 años ya no habrá agua.”

Con relación a la basura dice que “La basura la tiran los propios vecinos. Mucha viene del turismo, pero la responsabilidad es pareja,”

### **¿En cuanto a las acciones del gobierno?**

“Históricamente, no se hacen con bases, solidad, ni estudios serios. Desde que se introdujeron las distintas especies de tilapia el colapso de Xochimilco se aceleró. Tampoco implementan programas a largo plazo y que no se hacen en colaboración con otras dependencias ni con la comunidad, que somos los que sabemos y estamos aquí. Programas como el estacado o la pesca de tilapia no tienen mucho impacto porque no se hacen en conjunto. Hay mucha corrupción con los fondos y todos se quieren llevar su tajada. Esto ya es una mafia. Como te digo, la responsabilidad es conjunta y lo que nos toca a nosotros es organizarnos como pueblo y llevar a cabo proyectos autónomos que es lo que hacen ellos.”

Don Dionicio es presidente de una asociación civil que se dedica a hacer trabajos de conservación y recuperación de las chinampas y canales, incluyendo una estación biológica de investigación y conservación del ajolote. Llevan a cabo proyectos de educación ambiental, turismo alternativo, y lo que él llama la Red Xochipa, que es la red de campesinos que están buscando un mercado alterno para sus productos, y cierra la entrevista con esta frase: “Pero la prioridad es el agua.”

Muchos de los datos que dio Don Dionicio en la entrevista, coinciden con los datos obtenidos en la investigación documental y en lo observado en las visitas durante la investigación de campo.

Además de la entrevista a Don Dionisio, se realizaron otras entrevistas a vecinos del Barrio de la Santísima, que, aunque no fueron tan extensas como la de Don Dionisio, permiten entender como se está relacionando la población con el ambiente. Aquí se transcriben solo dos como ejemplo del tipo de información que se obtuvo.

---

### **Armando Cortés Villarruel 76 años**

Originario del barrio de la Santísima

Campesino, cultiva una chinampa de su propiedad donde siembra planta de ornato. La chinampa está ubicada en el canal de Apatlaco s/n, ha cultivado acelga, coliflor, verdolaga, sábila, etc.

“Mi relación con los canales es muy estrecha, los utilizo todos los días para trasladarme a mi chinampa, también cuido a los patos para que la gente no les pegue.”

“La chinampería se está perdiendo, ya nadie de mi familia se ve atraído por la vida en la chinampa.”

Dentro de los problemas que ubica comenta “la pérdida de cultivos (la variedad), el agua hace falta y los canales se van secando.”

“...antes solo en febrero se sembraba, pero las cosechas han cambiado, se han recorrido los ciclos de cultivo.”

Sabe que han desaparecido algunos canales, recuerda que antes había muchas zanjas entre chinampas y pero no sabe de problemas de salud ocasionados por los canales

Conoce, como todos, los programas de la delegación de lirio, estacado y limpieza, pero que nunca ha participado de algún apoyo, siempre se llevan el dinero, dice.

Participa como colaborador en la asociación civil Umbral Axochiatl, como remero para recorridos ecoturísticos

Piensa que el gobierno debe tomar acciones para revertir los daños

“Con una semana que nos dejen el manantial se compone un poco todo esto.”

---

**Citlalli Hernández Jiménez 32 años**

Originaria del barrio de Caltongo

Trabaja una chinampa ubicada en la avenida Nuevo León # 161 al lado del embarcadero de Caltongo, se dedica también a la jardinería y a la capacitación. A la producción y cosecha de semillas

“El lugar es un espacio que es herencia y es compartido por varios familiares.”

“La relación con el entorno es muy fuerte, de respeto y responsabilidad y mi familia ha trabajado en este aspecto desde siempre.”

“La situación de Xochimilco en general es de sobrevivencia y atrapado en la corrupción. Uno de los grandes problemas es la transparencia en el uso de recursos para la demarcación, tanto local como internacional, la pobreza y la ignorancia.”

“Han desaparecido canales y zonas de chinampas desde hace tiempo, pero se ha disparado últimamente con la invasión entre Santa Cruz y Caltongo.

En cuanto al clima, comenta que “He notado grandes cambios en el clima, ahora es extremo.”

“Sé de proyectos y programas de SAGARPA, SEDEREC, FASOL y otras instancias, pero nunca se llevan a cabo del todo.”

Forma parte de una ONG llamada Sembrando Cultura Ambiental y una asociación civil llamada SECUAM A. C. encargadas de programas comunitarios de soberanía alimentaria y participa también en el Comité Ciudadano Independiente cuya finalidad es vigilar los programas de desarrollo que se piensan impulsar en la comunidad

Manifiesta que “la población tendría que empoderarse para la resolución de los problemas, no el gobierno”.

El problema al que ella le daría prioridad sería la corrupción y el coyotaje de recursos “porque dinero hay, solo que no llega a las manos correctas”.

---

### **Alma Delia De Jesús 36 años**

Originaria del pueblo de Nativitas

Trabaja desde hace 3 años en una tortillería ubicada en la calle Primavera # 52 en el pueblo de San Cristóbal a un costado del canal cuyo nombre desconoce, donde la tortillería renta el espacio

Manifiesta que no usa los canales y que ya no tiene una relación muy directa con estos.

No cosecha ni tiene conocimientos sobre las problemáticas ambientales en que está el barrio.... Ni tampoco de la desaparición de canales

No sabe de problemas relacionados a la calidad del agua, ni tampoco de programas que se desarrollen en la zona

Manifiesta que el gobierno debería tomar parte en las responsabilidades y los vecinos ya no deberían tirar tanta basura

Además, se realizaron varias visitas a la zona chinampera en compañía de personas relacionadas con la zona, de las cuales se presenta un resumen de dos.

## **VISITAS**

### **Resumen de la visita a la zona chinampera con Ehecatl Morales Valdelamar y Carlos Maravilla Santos, miembros y fundadores del Plan Acalli.**

“Nuestra principal labor es hacer vinculación con varios grupos de las chinampas desde donde han surgido varios proyectos artísticos, culturales y comunitarios, “... hay que hacer trabajo comunitario desde la comunidad, no se puede ir a otro lugar a hacer las cosas como yo creo que están bien...” comenta Carlos, uno de los integrantes del grupo Plan Acalli.

Plan Acalli es un proyecto a largo plazo, "... ubicarse en el mapa, conocer la cosmogonía del lugar..." así lo conciben sus integrantes. Les interesa compartir experiencias y generar propuestas diferentes a los recorridos turísticos tradicionales. Esto con la idea de crear conciencia.

"La ciudad ha perdido todo esto, perdió todos los lagos y sería un buen aporte venir, recorrer el canal y generar experiencias con diferentes grupos... la ciudad en un futuro podría ser diferente, quizá con más agua..."

Ellos creen firmemente en la necesidad de activar este lugar "...si no los activas se pueden perder".

Ehecatl comenta que está intentando restaurar la chinampa de su abuelo que se encuentra en el barrio de San Juan. "... Pero allá las condiciones son diferentes, allá tengo la mancha urbana rodeando la chinampa, el agua está muy sucia, jabonosa y de color amarillo. Es afortunado tener estos espacios todavía sin tanta huella... Si tienes una chinampa tienes que ver para que sirve, depende de las condiciones que existan en el lugar."

Con relación a las acciones de los gobiernos comentan: "Desde la época virreynal nos enseñaron que el agua es nuestro enemigo y nuestros gobernantes siguen pensando así, con un pensamiento virreynal."

Ellos además participan con voluntariado en la producción tradicional de una chinampa y la limpieza de canales de lirio acuático. Los lirios que sacan se utilizan para composta y otra se seca al sol para fabricar papel.

Este tipo de actividades son una opción para la utilización de chinampas que estén abandonadas para reducir el riesgo de invasión.

---

**Resumen de la visita a la zona chinampera con invasión de chinampas con el Dr. Roberto Páez, Subdirector de Conservación Ecológica de Xochimilco.**

En la zona llamada El Paraje Toltenco que se encuentra junto al Barrio 18, hacia los canales, ha tenido invasiones irregulares desde hace aproximadamente diez años sin

que la delegación haya logrado rescatar las chinampas. Aquí se presenta un resumen de la visita que se realizó a este asentamiento irregular en compañía del Dr. Roberto Páez que funge actualmente como Subdirector de Conservación Ecológica de la Alcaldía de Xochimilco.

“Todas estas casas que están junto al canal son irregulares. Aquí no se debe construir casas de dos y tres niveles. La ley lo prohíbe, pero ve la corrupción. Casi todas las casas tienen tres niveles”, comenta el Dr. Páez al llegar a la calle Camino a la Ciénaga, todavía en Barrio 18, desde donde se tiene que seguir a pie para llegar a El Paraje Toltenco, pues los autos no pueden pasar.

“Hace como cinco años se hizo el desalojo de estas casas, son invasores. El impacto que aquí ellos tienen es enorme. Ve todas las mangueras, se roban el agua. Nadie de ellos paga servicios ni de agua ni de luz. Como delegación no puedes entrar porque te linchan. Tienes primero que hablar con ellos, convencerlos. Es una tierra de nadie. Hay muchos ladrones. Incluso hay casas buenas como esa (una casa con tres niveles de material y bien acabada) que adentro tienen carros BMW, Audi, Mercedes Benz...”

“Mira los canales, el agua está contaminada, tiene heces fecales. Mira como tienen sus puentes para pasar” (puentes hechos con retazos de madera que cruzan los canales).

En el recorrido se observaron patos y gallinitas de agua, y comenta que se tienen que cuidar porque los gatos que traen las personas que se han asentado ahí se los comen, lo que afecta a la biodiversidad, ya que los gatos no son nativos de aquí y también a veces las personas los cazan para comer, sin importar si la especie está protegida o no.

Hay mucha violencia, se ve cableado clandestino y muchas casas en proceso de construcción. “Todas esas obras las van a venir a parar, pero por ejemplo esa (una casa de dos niveles ya terminada) ¿Cómo la quitas? Hay que demoler.”

“Hay muchos robos, aquí los terrenos se venden dos y tres veces, hay muchos juicios”.

“Todavía se ven los trazos de las chinampas, así como van los huejotes (ahuejotes) que son los límites de las chinampas”

“Lo primero que hay que hacer es censar a la gente y después poner tus límites. El censo ya lo tenemos, pero lo difícil es frenar el avance de la innovación”.

“Ahí puedes ver como se van metiendo a los canales, poco a poco, así empiezan y en poco tiempo ya está el canal sesgado.” Comenta el Dr. Páez al señalar un estacionamiento para un bicitaxi que se encuentra invadiendo parte del canal.

“Las personas que se han asentado aquí vienen del interior de la República: de Oaxaca, de Veracruz...”

“Para frenar la invasión se tiene que meter gente al reclusorio, el avance no frena, sigue a pesar de los operativos que hacemos. Son gente que dan la vida por sus tierras, es lo único que tienen. Estas tierras que han tomado”.

Ahí están descargando cascajo, están rellenando un canal.” En ese momento toma su teléfono para hacer el reporte y toma algunas fotos como evidencia de un camión que se encuentra parcialmente tapado con una lona, pero que se alcanza a ver como están descargando cascajo hacia un pequeño canal que divide dos chinampas.

Después de recabar evidencia del relleno del canal, emprendemos el regreso para terminar la visita. Seguimos comentando los detalles que se han visto en el recorrido hasta llegar de nuevo a Barrio 18.

El Dr. se despide comentando que “se está trabajando mucho para no generar basura, para no tirarla al mar, para cuidar a los animalitos, pero falta cambiar la forma de ver la proyección urbana y la forma de alimentarte.”

## ANEXO III

### Estudio de cambio climático

En este anexo se muestran todas las gráficas obtenidas en el estudio de cambio climático con los programas: ICC con datos diarios y Clic-MD.

La explicación de la interpretación de cada tipo de tabla se describe en los capítulos cuatro y cinco de esta tesis y aquí solo se presentan todas las tablas obtenidas para su consulta y detalle de los resultados.

Es conveniente comentar que no se integraron el total de las gráficas a este documento debido a la extensión del estudio, que incluye veintiocho gráficas por cada tipo de prueba calculada, más climogramas y comprobación de datos capturados, por lo que el reporte de resultados se haría muy extenso y complicado. Por lo que se decidió solo mostrar algunas gráficas significativas de los resultados, especialmente de los indicadores que obtuvieron un valor crítico en la prueba Mann-Kendal, y el total de los resultados se muestran en este anexo.

Es conveniente aclarar que todas las graficas son generadas automáticamente por los programas ICC con datos diarios y Clic-MD a excepción de las graficas de comportamiento de la tendencia por décadas. En este caso, se calcularon los datos de los programas y posteriormente se vaciaron a una hoja de cálculo y se generaron las gráficas correspondientes.

## Datos de precipitación

#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	55	56	131.4	405	145.2	302.8	212.9	0	0
2	1922	0	0	57	99	209	323.3	278.4	154.9	242.44	68.7	12.7	0
3	1923	0	38.2	16.7	44.4	0	148.74	142.63	105.5	35.6	61	0	0
4	1924	3	0	0	11.8	44.5	201.2	164.5	132.5	166	0	0	1
5	1925	47.5	1.07	23	33.3	47	186.1	176	128.5	200.3	119.4	33.5	58.5
6	1926	0	0	0.5	96.1	63.5	116	170.7	192	212.3	5.5	18	0
7	1927	0	2	6.5	12.6	41.5	128.8	139.5	122.5	130.1	44.4	12.5	1.5
8	1928	29.5	6.5	20.24	18.8	38.5	42	141.5	153	157.1	41	23.5	0
9	1929	2	0	1	0	55.4	123.8	135.2	178	100.74	36.5	5.2	13.5
10	1954	5	6	10.3	33.5	69	143	123.1	173.5	177.8	94.4	16.5	0
11	1955	0	23.4	7.5	36	141	59.5	226.6	247.6	254.6	191.5	5	10
12	1956	0	6	5.5	36	134.5	65.76	151.6	296	258.5	36	0	0
13	1957	5	0	0	62.8	2	136.91	254.5	269.5	115.6	125.5	127.8	12.5
14	1958	7.5	15.5	2	0.36	155.5	279	302	256.5	335.6	67.2	74.5	22
15	1959	9	9.08	11	44.6	125	195.3	149.5	193.5	162.2	84.5	37.5	0
16	1960	13	25	0	37.1	35	72.5	199	184.5	262.5	121	72.2	23
17	1961	2.8	0.4	0.5	20.28	8.7	136.78	181.4	116.2	71.76	23.6	7.7	3.4
18	1962	2.5	0.3	0.6	85.8	99.6	90.04	72.7	163.6	124.7	39.6	0.4	17.2
19	1963	0	0	33.8	3.88	75.2	115.76	200.4	101.9	132.18	60.6	4.92	0.9
20	1964	29.2	0	2.6	1.8	121.8	148.18	112.6	44.1	98.56	12	17.02	6.9
21	1965	1.3	19.4	2	29.56	27.7	125.36	117.3	209	95.3	62.1	4.2	6.5
22	1966	0	2.5	26	1.6	17	85.3	228.5	105.5	106	58	0	5.5
23	1967	80	18	4	24.7	74.1	160.8	167	214.5	188.8	57.5	4.2	7.6
24	1968	6.5	10	0	60.2	65.3	242	202.5	73.5	194.6	36	5.5	27.5
25	1969	23.5	0	11	10.5	16.5	79.8	195	254.5	152	61.5	0	0
26	1970	3	7.5	1	7	45.1	119.78	215	87.3	150.46	18.5	0.5	0
27	1971	7.5	0	24.6	7.7	22.1	136.98	126.2	152.4	128.64	50.2	4.3	9.6
28	1972	0.7	8.5	11	35.1	151.7	108.4	99.9	89.8	105.2	35	15.1	2
29	1973	0	6.05	5.5	9.8	73.5	57.4	164.5	117.1	128.3	50.5	42	0
30	1974	2.5	3	8.5	41.6	77.2	172	195	85	94	7	7.5	0
31	1975	31.5	0	0	45.1	148	161.7	98	115.5	98.1	102.5	0	0
32	1976	0	6.1	6.1	30.1	50.5	65.8	124.5	206	216.3	154.5	13.4	24
33	1977	0	2	4	17.4	57.7	111.42	111.6	61.8	107.08	69.9	3	5.7
34	1978	2.7	8.4	54.5	0	22.9	110.6	123.7	116.4	213.34	99.6	7.5	0
35	1979	0	12.51	0	13.6	99.3	84.98	103	143.6	124.8	0	0	15.4
36	1980	33.9	6.62	0	17.4	39.6	78.82	89.5	84.9	48.84	51.9	12.7	0
37	1981	23.4	13.17	2.7	54.14	48	184.72	186.6	87.08	95.16	66.4	19.4	2.7
38	1982	0	14.21	2.6	26.26	79.7	111.14	90.5	127.3	29.8	44.3	1	1.5
39	1983	20.6	5.2	6	0	22.7	85	175.3	185	136.7	98	12.6	46
40	1984	5	7.5	1	6.3	93.1	172.46	263.2	165.5	180.06	56.8	4.4	0.5
41	1985	4	10.76	3.44	44.9	68.4	193.94	126.2	158.4	106.56	50.3	2.84	0.7
42	1986	0	0	0	26.36	94.8	221.24	120.7	119	131.84	23.2	6.1	0
43	1987	0	1.5	8.6	9.36	62.5	185.18	137.8	182.1	93.6	5.1	4.4	0
44	1988	0	2.93	32.5	4.92	58.3	135.04	117.3	84.7	147.2	45.7	6	0
45	1989	14.8	5.2	3.7	20.62	47.5	199.16	215.6	134.5	147.94	6.3	5.8	0
46	1990	5	0	5.8	34.5	71.4	102.84	233.4	178.4	192.54	117.3	0	0
47	1991	8.9	0	0	3.6	46.1	209.86	221.4	70.2	152.5	158.3	33.5	0
48	1992	35.6	17.5	22	29.99	94.2	5.9	249.1	172.5	177.3	211.5	39.5	31.5
49	1993	74.6	0	0	27.8	47.26	246.32	98	110.1	139.9	53.6	5.3	0
50	1994	52.29	0	3.2	0	110.63	124.5	168.8	199.18	119.5	53.6	34.5	0
51	1995	18.5	0	5.3	25.56	65.6	268.4	139.1	256.4	63.3	55	41.8	108.5
52	1996	0	0	0	30.08	39.5	183.38	152.2	180.4	230.2	18.2	0	11.8
53	1997	0	0	38.5	51.3	84.5	105.88	184.1	155.6	122.36	110.5	6.4	4.5
54	1998	6.5	0	0	0	0	43.06	99.6	223.1	394.36	133.9	0	0
55	1999	0	0	31.67	21.74	9.5	69.24	124.65	219.58	129.92	84.76	0	0
56	2000	0	0	0	0	139.84	133.32	138.06	273.19	160	87.6	10	0
57	2001	2.3	9	0	78.9	168.5	122.24	169.38	141.7	189.6	142	7.8	2
58	2002	6	2.5	8.2	9.7	50.8	197.6	189.8	87.67	313.46	122.2	38.3	0
59	2003	0	0	0	35	3.5	212.48	150.1	184.63	32	25.3	0.6	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	114.9	64.6	113.2	39.3	0	0.3
61	2005	27.2	27.4	25.3	47.3	55.1	167.8	216.3	164.6	76.9	74.2	33.5	3
62	2006	175.9	318.1	284	358.86	377.5	87.36	225	295.8	183.3	59.5	92.9	0
63	2007	13.6	85.8	154.7	133.4	712.3	1029.04	1149.26	1355.1	1321.27	209.7	0	2.9
64	2008	0	2.1	5.07	26.2	80.82	48.16	177.67	130.46	83.63	10.37	14.1	0
65	2009	16.2	20.88	9.7	4.96	51.9	34.3	22.66	77.21	228.93	50.75	3.3	0
66	2010	33.22	58.6	0.25	13.71	41.62	0	173.27	143.14	116.24	37.03	0	0
67	2011	129.16	0	102.34	155.27	93.92	0	25.88	952.28	10.15	511.04	3.29	0
68	2012	0	0	0	1.25	4.29	123.52	158.57	139.54	162.79	15.46	17	0
69	2013	1.25	3.79	1.5	24.79	78.16	87.53	7.4	135.9	175.15	87.93	46.38	1.02
70	2014	0	1.4	4	28.24	71.2	103.08	61.4	101.6	72.04	60.8	4	0
71	2015	0	6	49.6	20	50.4	99.68	61.2	39.2	10.4	18.2	2.6	0
72	2016	8.6	0.35	42.2	12.6	50.6	85.88	66.6	72	116.36	21.8	43.4	2.4
73	2017	0	0	14.6	6.6	39	0.2	0	44	108.14	3.2	0	0
74	2018	0	3.36	25.2	76.04	44.2	57.52	39.4	1.6	47.4	0	0	0

## Datos de temperatura máxima

#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	55	56	131.4	405	145.2	302.8	212.9	0	0
2	1922	0	0	57	99	209	323.3	278.4	154.9	242.44	68.7	12.7	0
3	1923	0	38.2	16.7	44.4	0	148.74	142.63	105.5	35.6	61	0	0
4	1924	3	0	0	11.8	44.5	201.2	164.5	132.5	166	0	0	1
5	1925	47.5	1.07	23	33.3	47	186.1	176	128.5	200.3	119.4	33.5	58.5
6	1926	0	0	0.5	96.1	63.5	116	170.7	192	212.3	5.5	18	0
7	1927	0	2	6.5	12.6	41.5	128.8	139.5	122.5	130.1	44.4	12.5	1.5
8	1928	29.5	6.5	20.24	18.8	38.5	42	141.5	153	157.1	41	23.5	0
9	1929	2	0	1	0	55.4	123.8	135.2	178	100.74	36.5	5.2	13.5
10	1954	5	6	10.3	33.5	69	143	123.1	173.5	177.8	94.4	16.5	0
11	1955	0	23.4	7.5	36	141	59.5	226.6	247.6	254.6	191.5	5	10
12	1956	0	6	5.5	36	134.5	65.76	151.6	296	258.5	36	0	0
13	1957	5	0	0	62.8	2	136.91	254.5	269.5	115.6	125.5	127.8	12.5
14	1958	7.5	15.5	2	0.36	155.5	279	302	256.5	335.6	67.2	74.5	22
15	1959	9	9.08	11	44.6	125	195.3	149.5	193.5	162.2	84.5	37.5	0
16	1960	13	25	0	37.1	35	72.5	199	184.5	262.5	121	72.2	23
17	1961	2.8	0.4	0.5	20.28	8.7	136.78	181.4	116.2	71.76	23.6	7.7	3.4
18	1962	2.5	0.3	0.6	85.8	99.6	90.04	72.7	163.6	124.7	39.6	0.4	17.2
19	1963	0	0	33.8	3.88	75.2	115.76	200.4	101.9	132.18	60.6	4.92	0.9
20	1964	29.2	0	2.6	1.8	121.8	148.18	112.6	44.1	98.56	12	17.02	6.9
21	1965	1.3	19.4	2	29.56	27.7	125.36	117.3	209	95.3	62.1	4.2	6.5
22	1966	0	2.5	26	1.6	17	85.3	228.5	105.5	106	58	0	5.5
23	1967	80	18	4	24.7	74.1	160.8	167	214.5	188.8	57.5	4.2	7.6
24	1968	6.5	10	0	60.2	65.3	242	202.5	73.5	194.6	36	5.5	27.5
25	1969	23.5	0	11	10.5	16.5	79.8	195	254.5	152	61.5	0	0
26	1970	3	7.5	1	7	45.1	119.78	215	87.3	150.46	18.5	0.5	0
27	1971	7.5	0	24.6	7.7	22.1	136.98	126.2	152.4	128.64	50.2	4.3	9.6
28	1972	0.7	8.5	11	35.1	151.7	108.4	99.9	89.8	105.2	35	15.1	2
29	1973	0	6.05	5.5	9.8	73.5	57.4	164.5	117.1	128.3	50.5	42	0
30	1974	2.5	3	8.5	41.6	77.2	172	195	85	94	7	7.5	0
31	1975	31.5	0	0	45.1	148	161.7	98	115.5	98.1	102.5	0	0
32	1976	0	6.1	6.1	30.1	50.5	65.8	124.5	206	216.3	154.5	13.4	24
33	1977	0	2	4	17.4	57.7	111.42	111.6	61.8	107.08	69.9	3	5.7
34	1978	2.7	8.4	54.5	0	22.9	110.6	123.7	116.4	213.34	99.6	7.5	0
35	1979	0	12.51	0	13.6	99.3	84.98	103	143.6	124.8	0	0	15.4
36	1980	33.9	6.62	0	17.4	39.6	78.82	89.5	84.9	48.84	51.9	12.7	0
37	1981	23.4	13.17	2.7	54.14	48	184.72	186.6	87.08	95.16	66.4	19.4	2.7
38	1982	0	14.21	2.6	26.26	79.7	111.14	90.5	127.3	29.8	44.3	1	1.5
39	1983	20.6	5.2	6	0	22.7	85	175.3	185	136.7	98	12.6	46
40	1984	5	7.5	1	6.3	93.1	172.46	263.2	165.5	180.06	56.8	4.4	0.5
41	1985	4	10.76	3.44	44.9	68.4	193.94	126.2	158.4	106.56	50.3	2.84	0.7
42	1986	0	0	0	26.36	94.8	221.24	120.7	119	131.84	23.2	6.1	0
43	1987	0	1.5	8.6	9.36	62.5	185.18	137.8	182.1	93.6	5.1	4.4	0
44	1988	0	2.93	32.5	4.92	58.3	135.04	117.3	84.7	147.2	45.7	6	0
45	1989	14.8	5.2	3.7	20.62	47.5	199.16	215.6	134.5	147.94	6.3	5.8	0
46	1990	5	0	5.8	34.5	71.4	102.84	233.4	178.4	192.54	117.3	0	0
47	1991	8.9	0	0	3.6	46.1	209.86	221.4	70.2	152.5	158.3	33.5	0
48	1992	35.6	17.5	22	29.99	94.2	5.9	249.1	172.5	177.3	211.5	39.5	31.5
49	1993	74.6	0	0	27.8	47.26	246.32	98	110.1	139.9	53.6	5.3	0
50	1994	52.29	0	3.2	0	110.63	124.5	168.8	199.18	119.5	53.6	34.5	0
51	1995	18.5	0	5.3	25.56	65.6	268.4	139.1	256.4	63.3	55	41.8	108.5
52	1996	0	0	0	30.08	39.5	183.38	152.2	180.4	230.2	18.2	0	11.8
53	1997	0	0	38.5	51.3	84.5	105.88	184.1	155.6	122.36	110.5	6.4	4.5
54	1998	6.5	0	0	0	0	43.06	99.6	223.1	394.36	133.9	0	0
55	1999	0	0	31.67	21.74	9.5	69.24	124.65	219.58	129.92	84.76	0	0
56	2000	0	0	0	0	139.84	133.32	138.06	273.19	160	87.6	10	0
57	2001	2.3	9	0	78.9	168.5	122.24	169.38	141.7	189.6	142	7.8	2
58	2002	6	2.5	8.2	9.7	50.8	197.6	189.8	87.67	313.46	122.2	38.3	0
59	2003	0	0	0	35	3.5	212.48	150.1	184.63	32	25.3	0.6	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	114.9	64.6	113.2	39.3	0	0.3
61	2005	27.2	27.4	25.3	47.3	55.1	167.8	216.3	164.6	76.9	74.2	33.5	3
62	2006	175.9	318.1	284	358.86	377.5	87.36	225	295.8	183.3	59.5	92.9	0
63	2007	13.6	85.8	154.7	133.4	712.3	1029.04	1149.26	1355.1	1321.27	209.7	0	2.9
64	2008	0	2.1	5.07	26.2	80.82	48.16	177.67	130.46	83.63	10.37	14.1	0
65	2009	16.2	20.88	9.7	4.96	51.9	34.3	22.66	77.21	228.93	50.75	3.3	0
66	2010	33.22	58.6	0.25	13.71	41.62	0	173.27	143.14	116.24	37.03	0	0
67	2011	129.16	0	102.34	155.27	93.92	0	25.88	952.28	10.15	511.04	3.29	0
68	2012	0	0	0	1.25	4.29	123.52	158.57	139.54	162.79	15.46	17	0
69	2013	1.25	3.79	1.5	24.79	78.16	87.53	7.4	135.9	175.15	87.93	46.38	1.02
70	2014	0	1.4	4	28.24	71.2	103.08	61.4	101.6	72.04	60.8	4	0
71	2015	0	6	49.6	20	50.4	99.68	61.2	39.2	10.4	18.2	2.6	0
72	2016	8.6	0.35	42.2	12.6	50.6	85.88	66.6	72	116.36	21.8	43.4	2.4
73	2017	0	0	14.6	6.6	39	0.2	0	44	108.14	3.2	0	0
74	2018	0	3.36	25.2	76.04	44.2	57.52	39.4	1.6	47.4	0	0	0

## Datos de Temperatura media

#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	11.98	12.57	15.21	16.82	17.74	18.35	17.26	17.4	18.68	17.61	9.84	8.79
2	1922	8.58	11.63	13.95	15.79	16.77	16.66	15.69	16.18	15.93	12.56	12.29	9.68
3	1923	9.85	11.67	13.9	15.45	16.84	16.29	17.06	17.82	18.27	16.26	15.3	14.18
4	1924	13.6	14.63	17.44	18.62	19	18.55	17.56	18.47	17.31	16.92	14.31	13.73
5	1925	12.56	13.76	15.5	17.23	17.06	18.11	17.52	17.69	17.62	17.26	15.27	12.89
6	1926	13.6	14.39	17.19	16.24	17.44	19.27	18.62	18.57	17.94	16.56	13.86	13.07
7	1927	11.56	13.36	16.02	17.86	20.12	18.67	17.46	17.93	17.36	16.07	13.24	12.8
8	1928	12.51	13.82	17.51	17.61	18.5	19.89	17.38	17.45	17.32	16.45	14.19	12.86
9	1929	12.19	14.51	15.57	17.99	17.61	17.79	16.67	16.89	16.97	14.71	14.93	12.42
10	1954	11.94	13.52	17.4	16.65	18.98	18.9	17.34	18.27	16.94	15.02	12.97	11.4
11	1955	11.66	13.4	14.72	16.69	19.9	19.77	17.2	17.27	17.13	14.75	13.82	12.21
12	1956	9.49	13	13.45	18.03	17.18	19.62	19.85	17.19	18.87	19.11	13.38	11.39
13	1957	12.35	12.26	16.6	17.4	17.15	19.86	16.6	17.14	17.01	17.47	17.49	15.1
14	1958	13.03	9.36	18.6	18.13	18.14	18.68	19.05	18.24	19.6	18.35	17.97	13.04
15	1959	15.69	18.1	18.56	18.98	18.69	19.56	17.8	18.08	17.32	16.99	16.41	12.04
16	1960	10.98	12.78	16.06	19.48	19.98	19.97	20.05	15.98	16.02	17.31	17.5	15.58
17	1961	11.32	11.42	13.64	15.87	16.22	16.59	15.72	15.72	15.28	13.19	12.51	11.2
18	1962	10.95	13.57	15.08	14.66	16.9	17	16.17	16.98	16.91	15.19	12	11.03
19	1963	11.09	10.57	15.11	16.83	16.42	17.38	16.02	16.12	15.86	13.77	11.92	10.77
20	1964	11.48	13.11	14.52	16.5	16.59	16.65	16.38	16.04	16.24	13.24	12.47	10.78
21	1965	9.44	11.73	14.43	14.88	16.6	16.88	15.6	15.72	15.93	13.13	12.4	11.68
22	1966	11.87	12.17	10.42	10.9	15.13	15.2	14.85	15.74	15.5	13.45	10.6	9.15
23	1967	9.17	10.69	12.94	15.05	16.56	15.97	15.94	15.97	15.02	13.27	11.64	10.33
24	1968	8.74	9.78	12.7	14.74	15.6	16.88	15.88	16.52	16	15.43	12.43	11.65
25	1969	10.56	13.1	14.96	15.28	16.12	18.6	17.15	16.19	16.64	14.91	12.84	10.6
26	1970	10.27	12.22	14.17	17.2	16.59	17.07	16.74	16.99	16.6	15.48	12.14	10.42
27	1971	11.27	12.04	14.34	13.64	15.85	15.99	16.2	16.07	16.54	15.66	12.72	11.57
28	1972	11.08	12.14	12.9	16.67	17.43	17.52	16.74	16.81	17.17	16.89	15.92	12.54
29	1973	12.46	13.76	16.52	18.44	18.02	18.41	17.4	17.43	16.99	16.22	15.06	10.87
30	1974	11.13	13.37	14.52	16.07	17.55	17.42	16.09	16.13	15.92	14.57	13.04	13.8
31	1975	12.31	11.92	15.27	18.12	17.94	17.11	16.71	17.35	15.72	15.63	13.5	11.15
32	1976	11.37	11.15	15.63	15.98	16.65	16.88	16.16	16.47	17.31	16.35	14.34	14.29
33	1977	13.61	13.18	16.31	15.58	17.64	17.79	17.48	17.93	17.6	15.95	13.18	13.13
34	1978	12.37	11.71	13.04	16.18	17.88	17.8	17.38	17.49	17.18	15.95	15.36	14.2
35	1979	12.89	13.69	16.31	18.06	18.29	18.53	18.31	16.99	15.93	15.65	13.97	12.83
36	1980	12.5	13.65	17.17	17.01	18.98	18.47	18.19	18.04	17.62	16.74	13.65	11.85
37	1981	11.38	13.8	16.19	17.7	18.44	18.75	18.26	17.81	18.04	17.5	13.34	13.23
38	1982	13.51	13.9	16.62	18.15	19.16	19.51	17.73	17.67	18.31	16.73	14.45	13.13
39	1983	11.97	12.55	15.51	18.3	21.65	19.85	17.6	18.38	18	16.82	15.69	14.72
40	1984	13.35	14.87	14.82	17.74	16.5	17.34	16.56	15.9	14.89	16.14	12.47	11.53
41	1985	9.79	12.7	16.17	15.63	17.88	17.21	17.76	16.23	15.82	14.38	12.59	13
42	1986	9.17	12.13	13.98	16.05	16.68	16.88	16.46	16.35	16.47	15.98	14.11	13.42
43	1987	11.15	13.4	13.92	15.25	16.61	17.47	17.12	17.96	18.29	14.61	12.93	12.27
44	1988	12.29	13.92	15.02	17.92	18.1	18	16.75	16.64	17.47	15.35	15.4	14.05
45	1989	14.61	15.22	16.61	18.79	20.1	19.52	17.66	18.19	16.31	16.29	15.85	12.87
46	1990	14.3	15.11	17.85	19.72	20.9	19.41	17.24	17.97	18.21	16.75	15.67	14.32
47	1991	15.06	14.19	19.64	21.29	19.94	17.87	18.37	18.6	17.12	15.65	13.35	13.45
48	1992	14.05	15.68	18.98	18.45	16.95	20.34	18.04	17.85	18.12	16.66	15.04	15.33
49	1993	14.46	16.44	17.61	19.14	17.42	18.67	17.83	18.44	17.26	17.67	16.6	16.5
50	1994	13.82	16.86	18.4	18.89	16.99	18.14	17.8	17.97	17.5	17.76	16.49	16.46
51	1995	15.38	15.61	18.98	19.82	20.72	19.87	17.89	18.03	17.78	15.94	16.17	14.02
52	1996	13.9	15.88	17.65	18.3	19.76	18.12	18.62	17.75	18.19	15.99	14.71	16.01
53	1997	15.15	18.53	18.66	19.67	19.24	20.45	19.56	19.48	19.03	17.26	17.32	15.61
54	1998	15.64	17.48	19.72	22.73	23.71	22.69	20.17	19.78	19.19	17.37	17.8	15.62
55	1999	14.63	15.86	18.91	21.66	20.9	20.04	18.3	19.02	18.39	16.38	15.56	13.27
56	2000	13.87	15.79	18.71	20.17	20.05	18.6	18.93	18.74	18.74	18.82	17.75	13.11
57	2001	14.68	16.42	18.68	19.78	18.54	18.81	18.83	18.94	19.06	17.65	14.73	13.53
58	2002	14.75	14.98	19.21	19.53	20.13	18.68	18.2	18.85	18.03	15.96	15.15	14.43
59	2003	15.2	17.61	17.05	17.66	20.98	18.35	18.86	18.08	18.41	17.52	16.12	13.2
60	2004	14.15	15.44	15.91	17.8	18.94	18.33	17.99	19.81	18.51	18.42	16.31	14.06
61	2005	14.21	15.62	18.02	20.2	20.62	20.19	18.29	18	17.88	16.93	15.63	14.6
62	2006	14.12	16.38	18.11	19.82	19.45	18.7	17.13	18.13	17.51	16.8	14.24	13.85
63	2007	14.96	16.13	17.52	19.02	18.26	19.85	18.96	18.61	18.6	16.31	15.4	15.21
64	2008	14.62	16.92	17.14	19.63	20.47	17.48	18.45	15.49	18.13	17.36	14.91	14.36
65	2009	14.3	15.75	17.81	19.65	20.15	20.51	20.12	19.64	18.86	18.21	15.59	15.47
66	2010	14.2	15	18.15	19.46	21.46	21.03	18.84	19.11	18.63	17.19	14.77	12.79
67	2011	18.4	16.91	17.95	20.34	22.2	19.74	18.69	19.55	18.31	16.75	16.25	14.49
68	2012	14.77	16	17.18	18.68	20.54	19.85	18.39	18.71	18.74	18.4	15.85	15.34
69	2013	14.89	17.43	16.98	19.77	20.05	19.17	18.73	18.76	18.27	17.97	15.72	15.51
70	2014	13.65	16.71	18.34	19.42	18.65	19.04	18.49	18.84	18.74	17.09	16.42	15.02
71	2015	14.83	16.23	16.24	19.79	19.38	19.45	19.2	19.18	18.56	18.26	17.81	15.7
72	2016	13.71	15.72	17.26	19.71	20.94	19.18	18.85	19.45	19.08	17.82	15.88	15.98
73	2017	14.72	16.55	17.03	19.36	20.93	20.08	18.69	19.19	18.14	17.45	15.67	14.5
74	2018	13.19	16.2	18.8	18.67	20.02	19.31	18.97	18.33	18.84	17.83	14.8	13.98

## Datos de Temperatura mínima

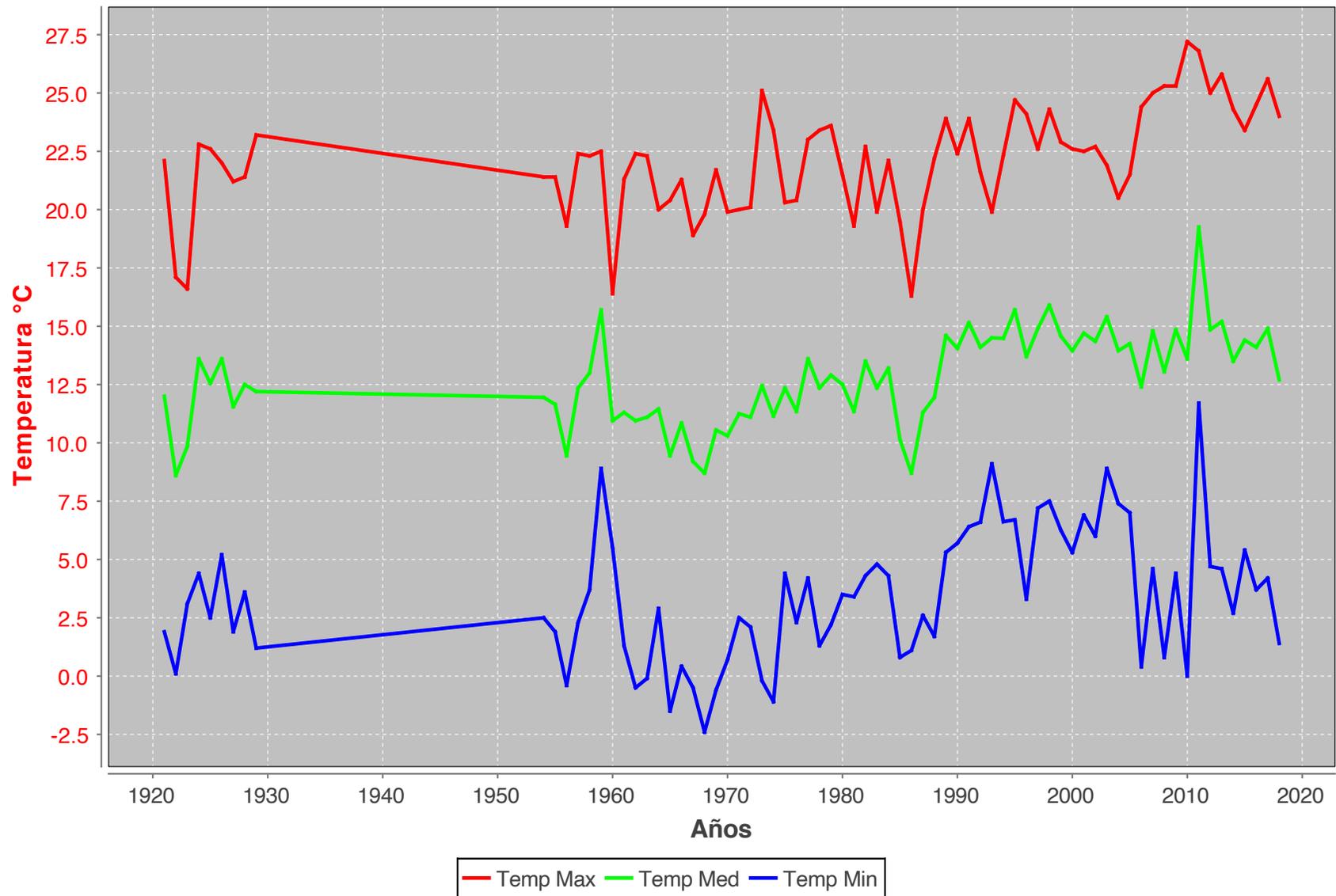
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	1.87	2.04	4.97	7.32	8.26	10.26	10.81	10.32	11.79	10.81	4.38	0.65
2	1922	0.06	2.55	5.61	6.85	9.06	11.06	9.32	10.19	11.32	5.48	6.86	2.13
3	1923	3.1	2.9	6	7.86	7.94	9.72	10.41	11.19	11.16	9.87	6.65	3.81
4	1924	4.39	4.87	6.06	8.64	10.26	12.33	11.52	11.87	12.18	9.12	4.75	4.06
5	1925	2.55	3.83	6.45	7.92	8.61	12.2	11.29	11.48	12.63	10.65	8.22	5.9
6	1926	5.23	3.93	8.52	8.24	9.58	13.32	12.71	13	13.08	9.65	4.94	3.42
7	1927	1.87	4.78	6	8.31	11.23	12.39	10.94	11.97	12.36	9.24	3.93	3.36
8	1928	3.64	3.67	7.72	6.69	9.49	10.3	10.21	9.92	11.58	8.9	6.16	2.24
9	1929	1.17	2.39	4.17	6.68	8.25	9.91	9.86	10	10.31	5.93	5.52	2.36
10	1954	2.45	4.77	11.95	8.44	10.56	12.2	11.53	11.52	12.22	9.87	4.55	2.71
11	1955	1.92	4.37	5.34	8.43	10.84	12.56	12.2	12.08	12.06	8.42	5.58	4.21
12	1956	-0.35	3.04	3.36	9.9	10.1	12.85	13.39	11.6	13.29	12.31	6.07	3.21
13	1957	2.31	2.7	8.31	9.55	8.81	13.25	10.56	11.76	11.12	10.52	10.52	6.47
14	1958	3.72	1.45	12.23	10.76	10.76	12.6	12.68	12.03	13.15	11.84	11.32	5.56
15	1959	8.9	11.77	11.74	12.44	12.27	12.76	11.35	11.5	11.16	11	11.47	6.21
16	1960	5.53	7.9	8.59	11.58	11.91	12.32	12.25	10.87	10.77	11.37	11.3	8.31
17	1961	1.31	0.26	3.23	5.5	6.55	11.43	10.55	9.82	9.7	5.68	4.38	1.81
18	1962	-0.48	1.73	3.99	5.91	7.81	9.11	9	10.06	10.77	7.35	2.03	2.4
19	1963	-0.08	-1.47	4.82	6.58	8.16	10.95	10.15	9.6	10.36	8.31	2.66	2.03
20	1964	2.94	1.96	4.68	5.89	7.95	10.54	10.1	8.27	9.87	4.58	3.59	1.21
21	1965	-1.55	1.5	3.18	4.66	7.44	9.72	9.32	9.82	8.74	5.82	1.96	2.11
22	1966	1.53	3.06	1.84	4.07	6.77	6.28	7.19	8.87	8.82	6.18	0.96	-1.61
23	1967	-0.55	-0.3	2.29	5	8	8.71	9.23	9.45	9.83	5.82	1.65	0.89
24	1968	-2.37	-1.04	1.77	5.76	7.58	10.28	10.15	10.24	10.06	8.18	2.55	3.24
25	1969	-0.6	2.67	5.53	4.57	6.6	10.45	10.79	11.03	12.19	7.84	4.23	1.35
26	1970	0.69	4.3	5.53	8.84	8.44	11.95	12.31	12.13	12.4	8.47	2.34	0.47
27	1971	2.52	2.5	6.19	5.66	9.27	11.33	11.82	11.74	12.01	10.11	4.35	3.18
28	1972	2.06	2.6	3.32	7.07	9.37	10.9	11.05	10.71	10.33	9.16	6.99	1.66
29	1973	-0.21	2.19	5.24	9.84	9.87	10.89	11.42	11.56	10.12	9.08	6.63	0.52
30	1974	-1.1	3.43	4.23	6.52	8.52	11.76	9.89	8.63	8.92	7.44	3.95	4.73
31	1975	4.35	1.64	5.08	7.82	10.18	10.3	9.68	11.06	9.1	9.13	4.16	1.24
32	1976	2.31	0.27	6.1	7.63	8.65	10.11	9.9	9.97	10.52	10.06	8.39	6.58
33	1977	4.19	3.4	5.24	6.85	9.37	11.01	11.06	10.97	10.56	8.27	4.77	4.42
34	1978	1.32	1.89	3.4	5.3	8.13	11.95	10.77	11.1	11.08	10.24	7.26	5.21
35	1979	2.19	4.65	6.23	8.47	9.11	11.92	11.97	11.63	10.85	6.58	5.58	4.71
36	1980	3.45	4.35	7.11	8.29	11.24	11.43	11.76	12.45	12.72	9.98	5.47	3.21
37	1981	3.44	5.23	7.61	9.98	11.18	13.6	12.66	11.98	12.67	11.4	4.46	4.98
38	1982	4.27	5.58	7.39	9.14	11.71	11.67	10.84	10.53	12.02	9.69	5.9	3.85
39	1983	4.45	3.21	5.29	8.66	13.66	11.97	11.44	12.19	12.34	10.18	8.48	6.61
40	1984	4.32	6.33	5.5	7.92	8.34	10.25	10.4	9.26	9.75	8.31	3.61	3.63
41	1985	1.06	2.79	4.73	6.15	8.81	10.77	10.77	9.69	7.96	5.94	4.32	4.45
42	1986	0.98	1.36	2.19	6.55	8.19	10.17	9.35	7.84	8.95	8.06	4.47	3.61
43	1987	2.42	2.74	3.76	5.51	7.34	10.36	10.84	11.16	10.95	6.27	3.84	2.89
44	1988	2.21	3.46	5.29	8.05	8.16	9.77	8.13	9.97	9.77	7.76	6.1	5.81
45	1989	5.18	6.13	7.61	9.74	11.34	12.1	11.27	11.63	10.6	9.35	8.12	4.71
46	1990	6.11	7.25	9.42	11.64	12.31	12.14	11.26	11.76	12.22	10.15	7.92	6.48
47	1991	6.21	6.31	8.89	12	11.06	11.57	11.85	11.61	11.06	9.66	6.08	5.74
48	1992	7.02	6.61	10.31	9.95	10.56	12.35	10.92	11.52	11.61	10.53	9.43	9.53
49	1993	9.04	9.27	10.43	11.51	11.34	11.92	11.32	11.98	11.52	10.84	8.8	7.71
50	1994	8.53	8.95	11.89	11.21	10.92	11.27	10.61	11.55	11.46	10.82	8.22	7.53
51	1995	6.23	7.21	9.13	9.35	11.37	11.86	10.77	11.76	10.43	7.69	7.28	4.94
52	1996	3.65	6.15	8.16	8.85	10.24	11.14	11.42	10.98	11.49	8.84	6.85	8.61
53	1997	7.48	11.17	11.23	12.31	12.02	13.12	12.95	12.63	12.48	10.58	10.4	7.95
54	1998	7.21	8.36	9.95	13.94	14.74	14.44	14.08	13.92	14.39	12.71	11.21	8.22
55	1999	6.59	8.06	10.89	13.57	13.53	13.55	11.73	12.98	12.42	11.12	8.38	5.08
56	2000	5.26	7.26	10.81	12.13	13.13	12.91	12.9	13.13	13.29	12.63	11.18	5.87
57	2001	6.69	9.4	10.73	12.49	13.09	12.6	13.55	14.19	14.33	11.68	8.27	6.42
58	2002	6.58	7.86	10.9	12.42	14.34	13.42	14.06	14.19	14.06	9.76	9.13	8.31
59	2003	8.47	10.12	10.42	11.98	14.77	14.58	14.26	14.19	14.53	13.35	9.81	5.57
60	2004	7.65	8.55	8.6	12.65	13.1	13.39	13.74	14.73	13.73	13.17	8.59	6.89
61	2005	6.96	9.19	9.83	12.52	12.9	15.07	14.9	15.02	13.13	12.76	8.78	7.7
62	2006	6.57	8.95	10.16	12.35	12.74	13.68	13.52	13.66	13.51	12.63	8.48	6.32
63	2007	8.21	8.35	10.28	12.34	10.27	13.72	13.25	13.15	13.32	10.43	8.65	7.86
64	2008	6.96	9.84	9.86	12.57	13.72	10.4	12.93	5.81	13.48	11.95	7.99	6.54
65	2009	7.56	8.26	10.04	12.53	13.76	14.41	14.25	13.9	14.35	13.07	9.42	9.39
66	2010	8.39	8.35	10.56	12.47	14.42	14.97	14.17	14.31	13.89	10.97	7.05	4.8
67	2011	12.63	9.67	10.13	13.08	14.83	14.4	13.59	13.9	12.71	10.2	9.76	7.31
68	2012	7.67	9.71	9.79	11.17	13.22	13.84	13.11	13.91	13.63	11.59	9.66	7.46
69	2013	8.17	9.32	9.68	12.81	13.42	13.7	13.5	13.57	13.95	12.76	9.99	9.19
70	2014	6.84	9.44	11.35	12.65	12.74	14.26	13.12	13.38	13.99	11.98	10.14	8.99
71	2015	8.45	9.23	10.75	13.49	13.08	14.2	13.21	13.72	13.9	13.16	11.9	8.6
72	2016	7.24	8.42	10.88	13.01	14.31	13.73	13.48	14.01	14.23	12.75	10.36	9.46
73	2017	7.15	9.22	10.35	12.61	14.66	14.61	13.36	14.44	13.96	12.18	8.35	7.04
74	2018	6.26	9.94	11.57	12.27	13.46	14.2	13.16	13.29	13.77	11.94	7.63	6.93

## Revisión de captura de datos de temperaturas por mes

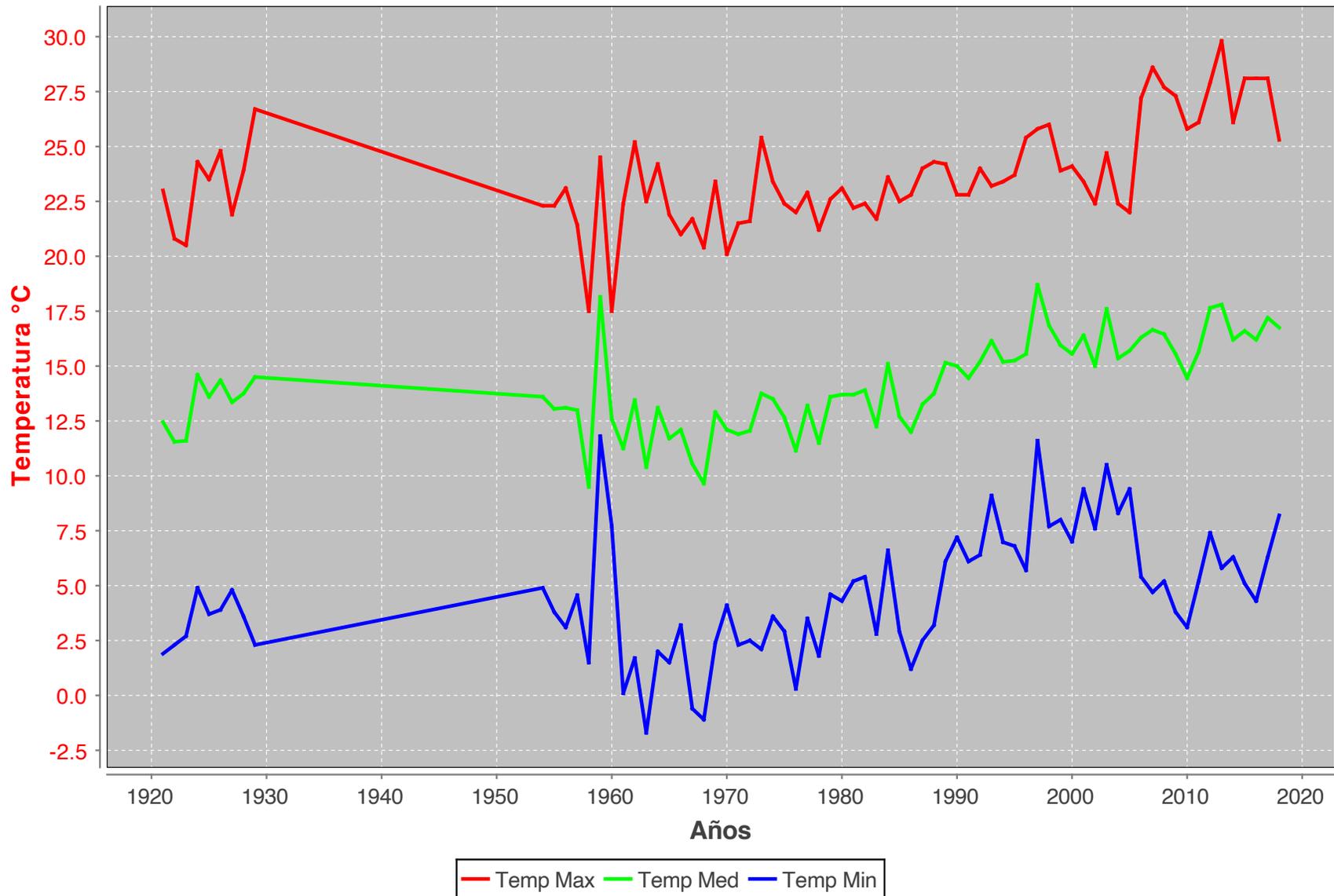
Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco.

Mes: Enero.

Periodo: 1921 – 2018



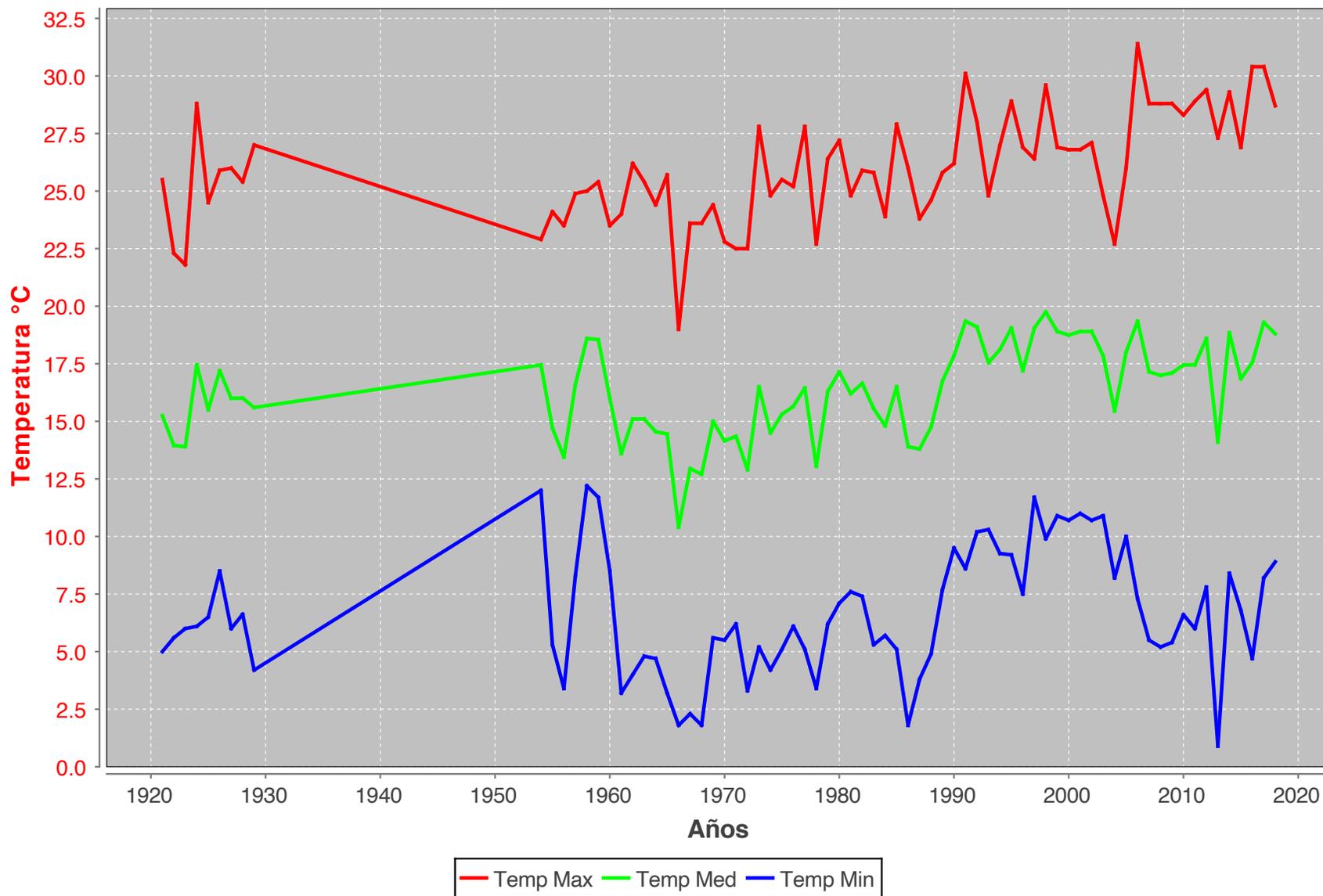
Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Febrero. Periodo: 1921 – 2018



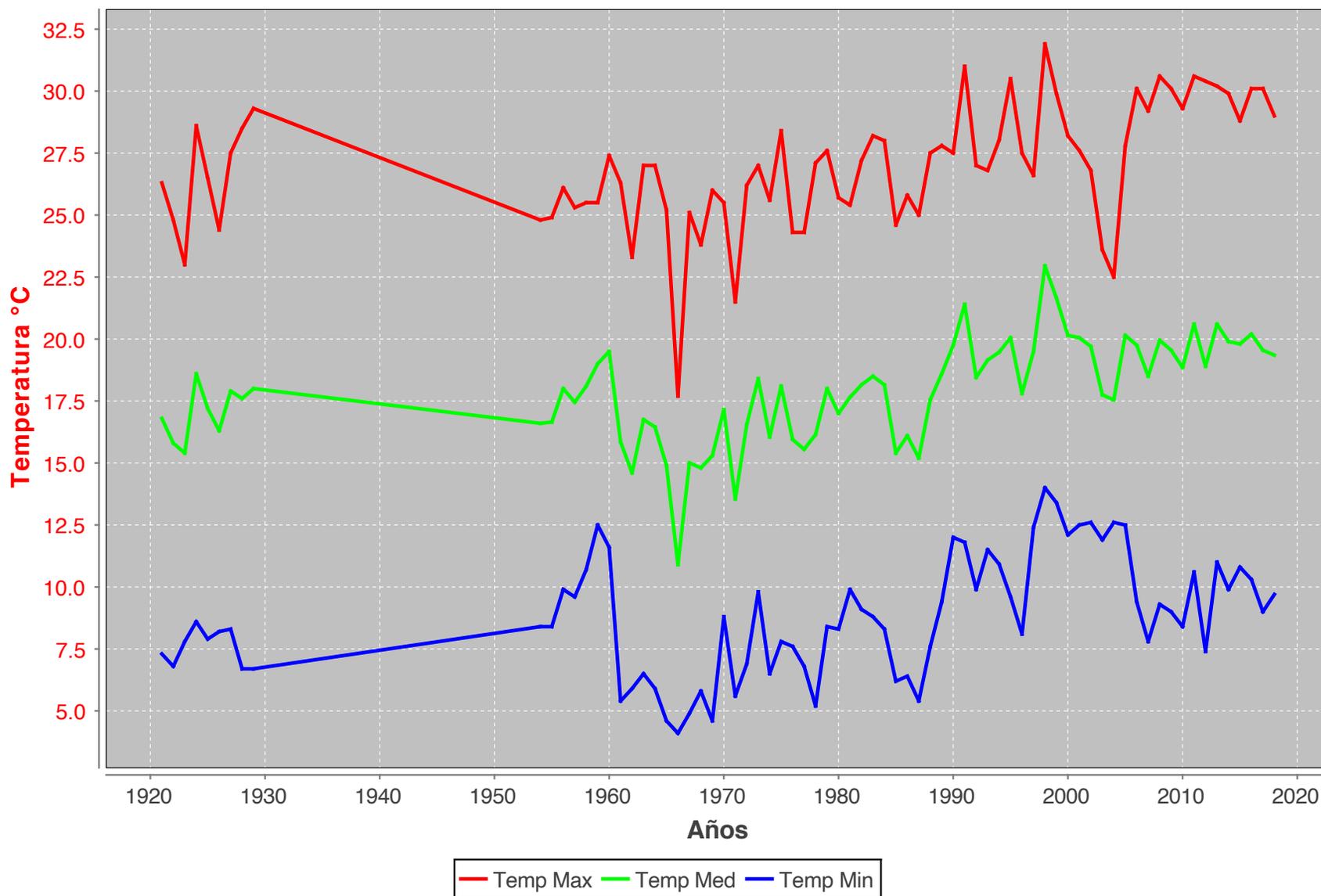
Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco.

Mes: Marzo.

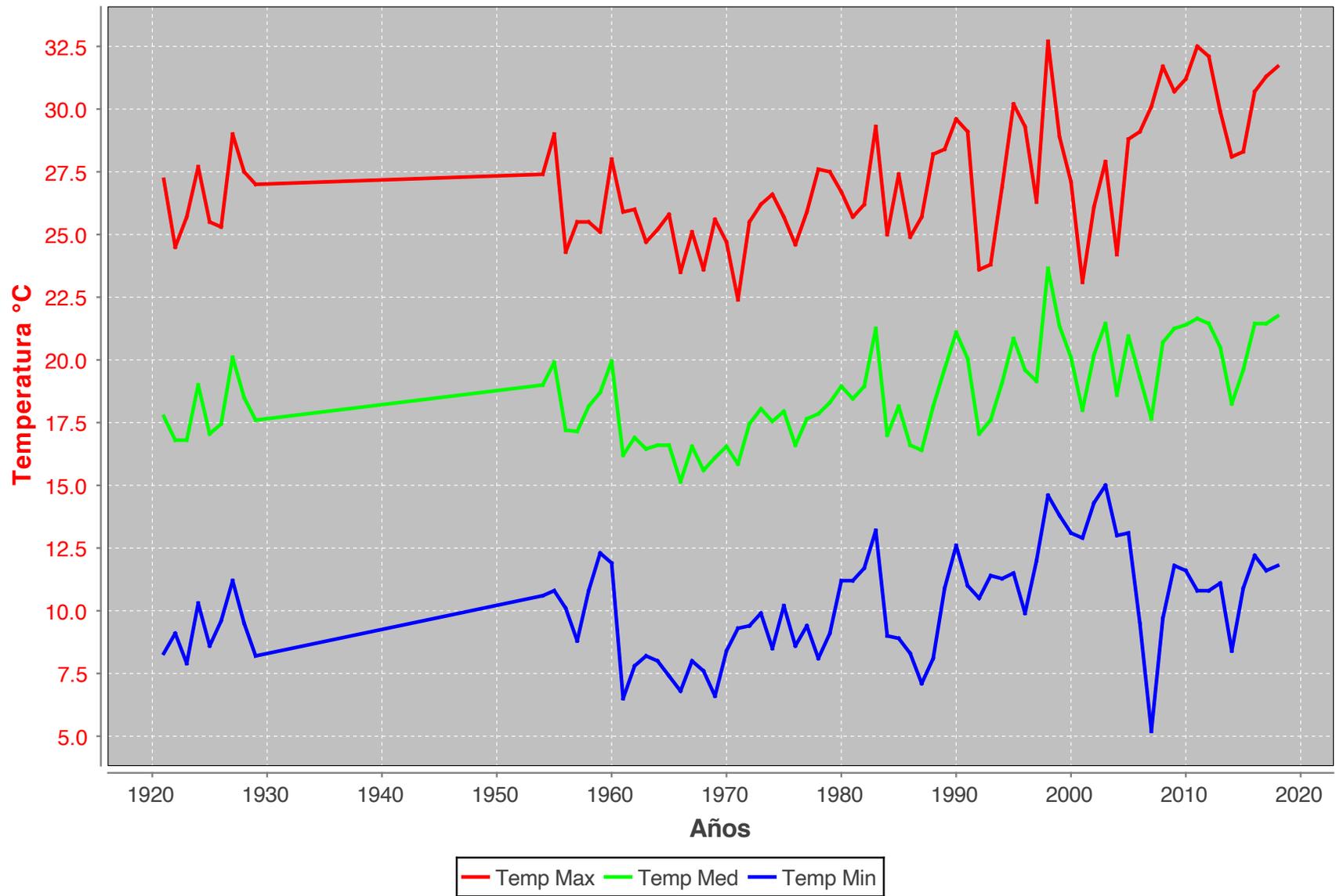
Periodo: 1921 – 2018



Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Abril. Periodo: 1921 – 2018



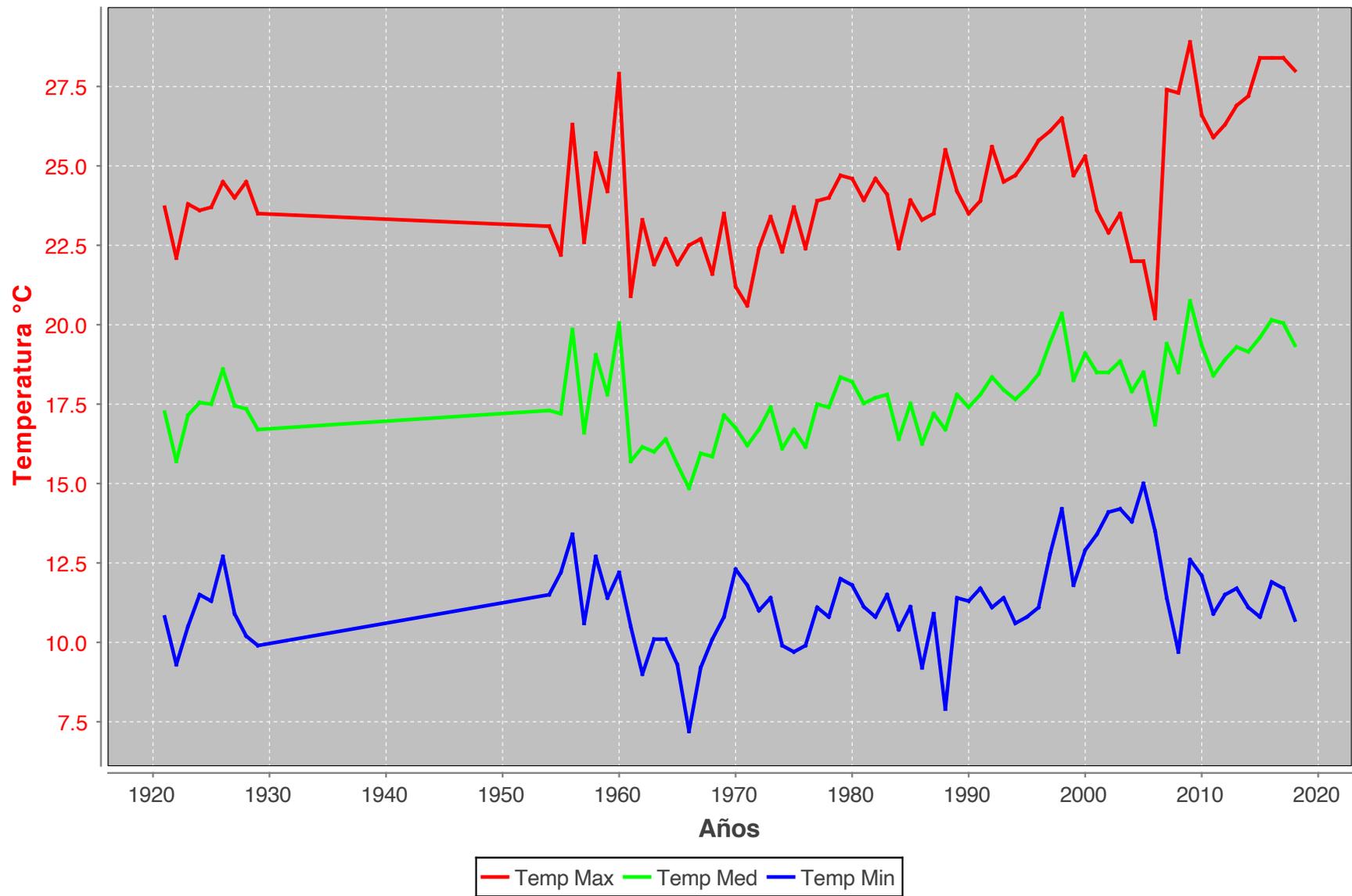
**Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Mayo. Periodo: 1921 – 2018**



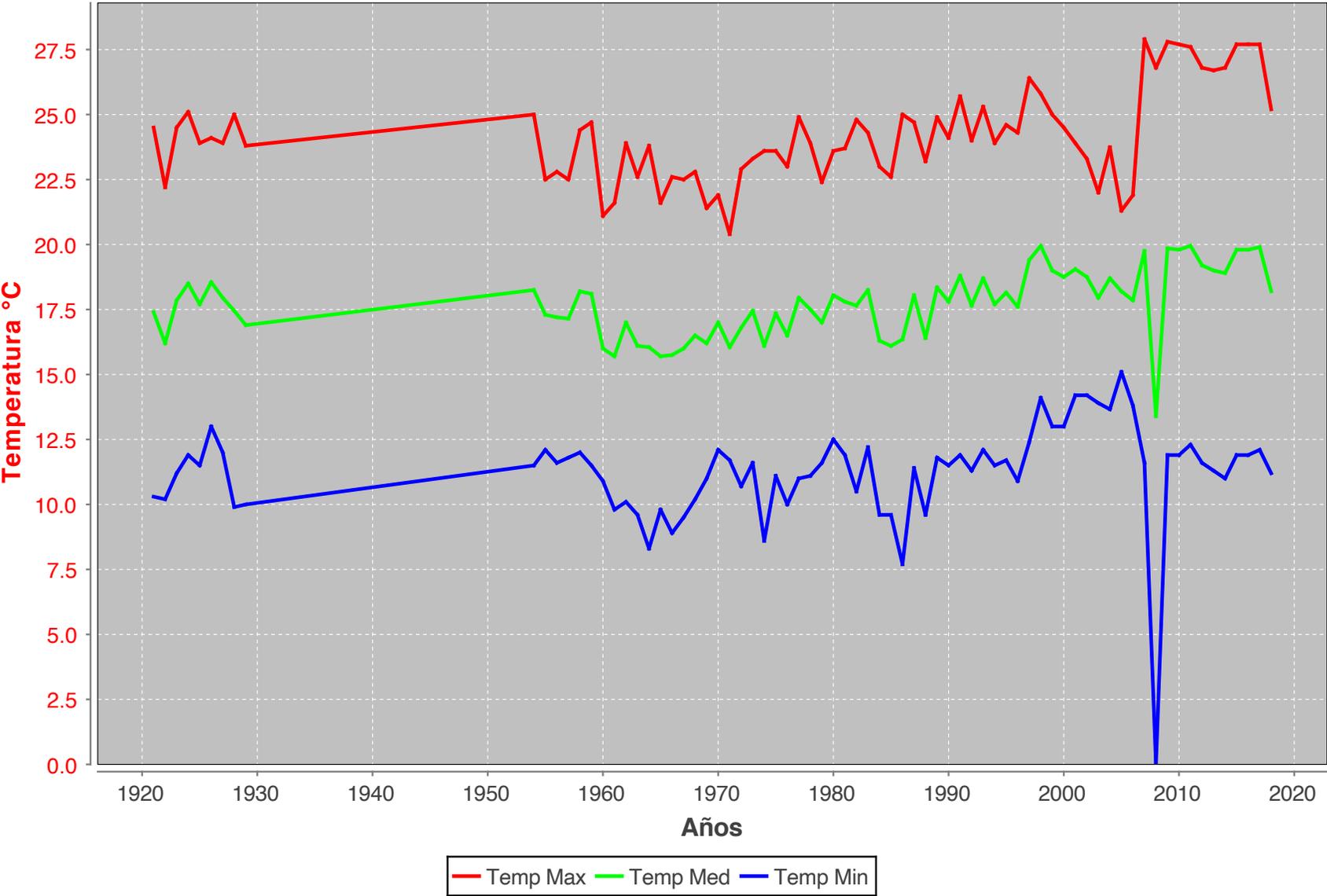
**Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Junio. Periodo: 1921 – 2018**



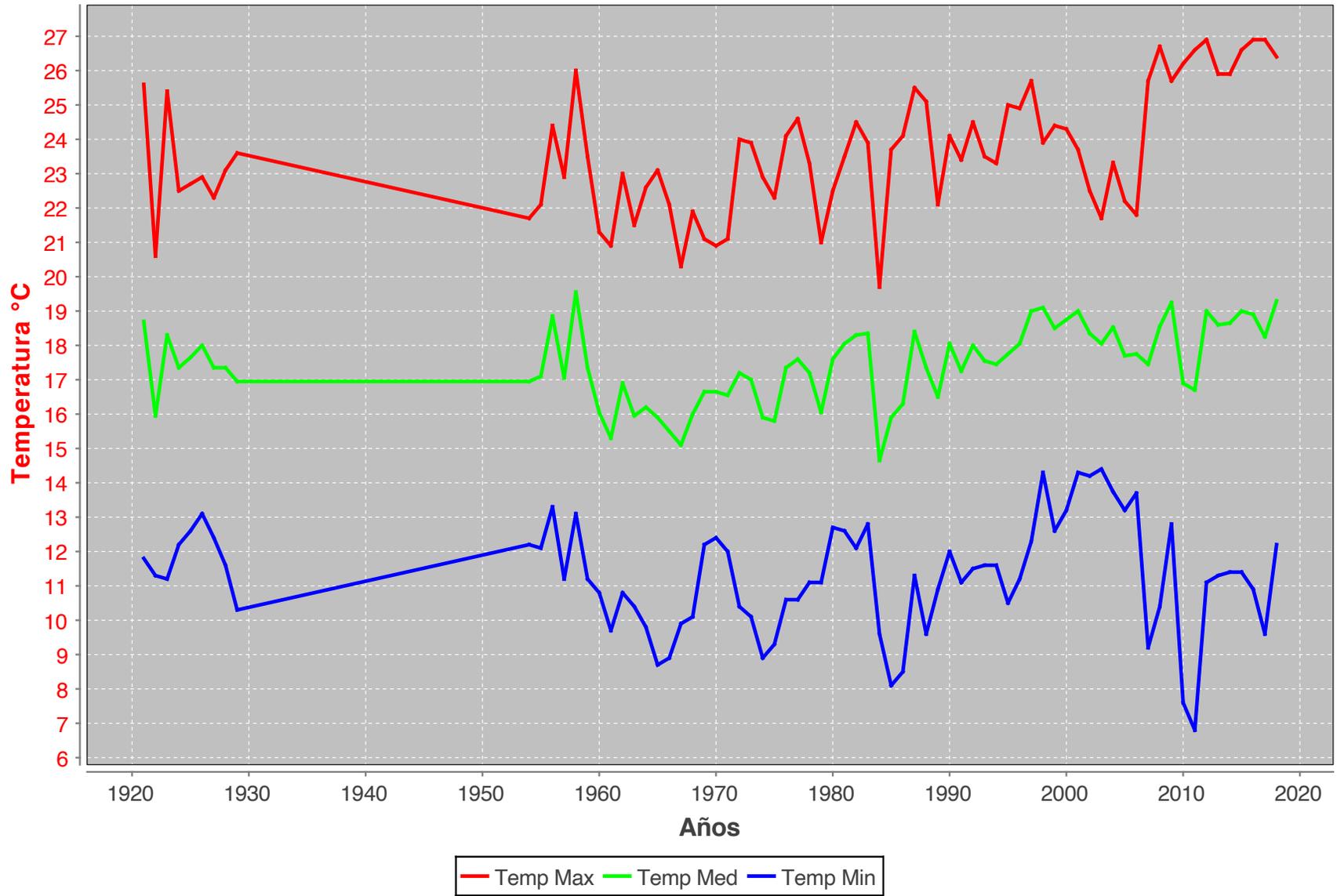
Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Julio. Periodo: 1921 – 2018



Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Agosto. Periodo: 1921 – 2018



**Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Septiembre. Periodo: 1921 – 2018**



Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco.

Mes: Octubre.

Periodo: 1921 – 2018



Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Noviembre. Periodo: 1921 – 2018

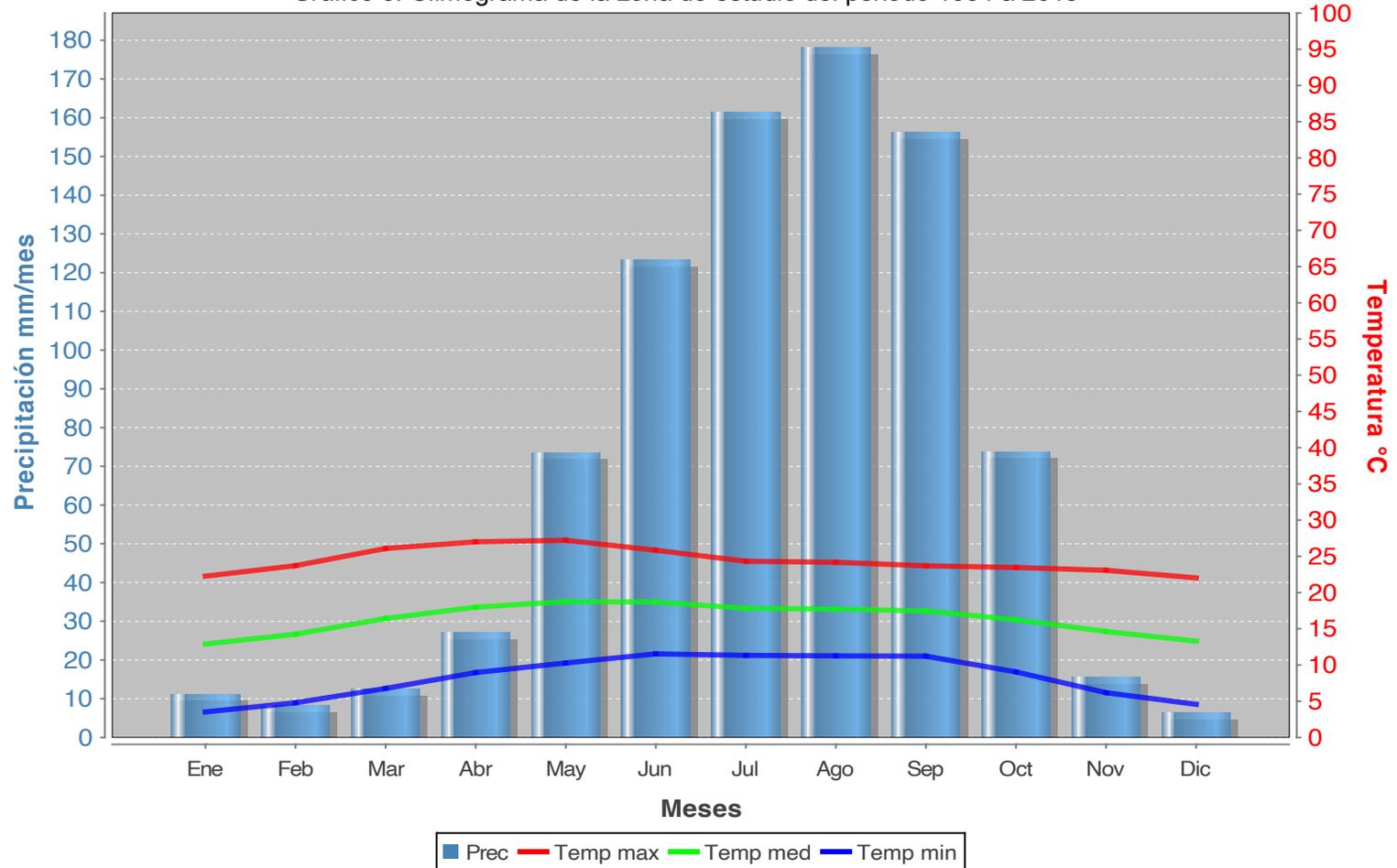


Zona de estudio: Zona chinampera de Xochimilco. Mes: Diciembre. Periodo: 1921 – 2018



## Climograma

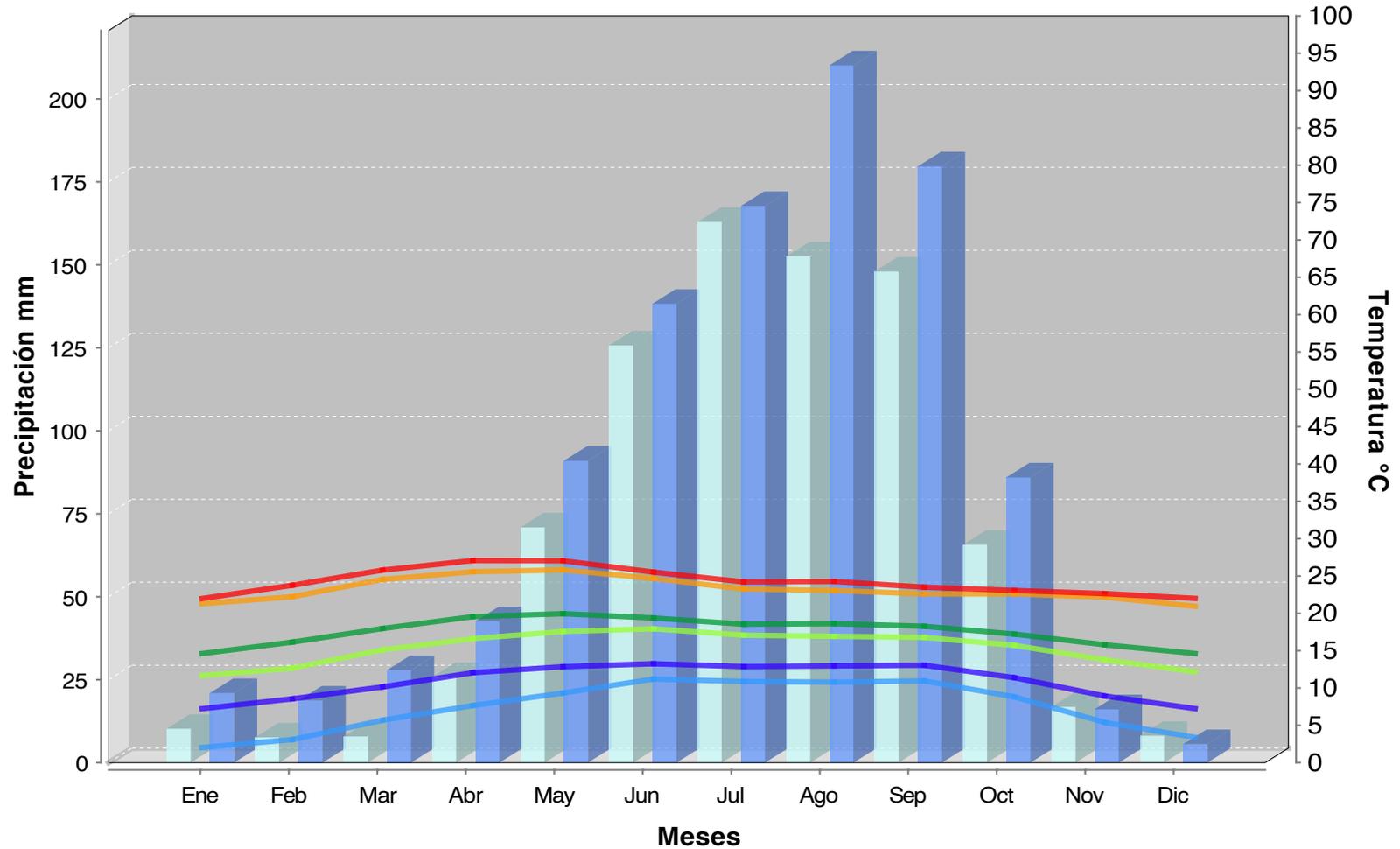
Gráfico 3. Climograma de la zona de estudio del periodo 1954 a 2018



Fuente: Elaboración propia con ayuda del Clic-MD y datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Coapa y ENP1, 2019.

Gráfico 4. Climograma de la zona de estudio de los periodos 1954 a 1984 y 1989 a 2018

### 1954-1984/1989-2018



■ Prec-Base 1954-1984   
 ■ Prec-Cambio 1989-2018   
 — Temp max-Base 1954-1984   
 — Temp med-Base 1954-1984  
— Temp min-Base 1954-1984   
 — Temp max-Cambio 1989-2018   
 — Temp med-Cambio 1989-2018   
 — Temp min-Cambio 1989-2018

Fuente: Elaboración propia con ayuda del programa ICC y datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Caopa y ENP1 (2019).

## Indicadores de cambio climático relacionados con temperatura

CSDI													
Duración de los periodos fríos													
Número de días en un año que, como mínimo, hay en 6 consecutivos con TN < percentil 90													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SU													
Días de verano													
Número de días en un año en que TX > 25° C													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	1	17	20	30	23	6	9	15	12	0	0
2	1922	0	0	1	12	10	1	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	1	4	17	5	3	6	17	2	10	11
4	1924	8	10	30	27	28	12	4	12	2	0	10	4
5	1925	5	10	11	24	18	8	1	0	0	9	7	0
6	1926	5	13	17	14	19	18	12	11	3	7	1	1
7	1927	0	1	21	26	26	18	6	4	3	7	2	0
8	1928	1	11	31	25	21	31	11	14	4	6	6	3
9	1929	5	28	27	31	26	21	3	7	10	8	10	1
10	1954	0	2	5	15	26	14	7	14	0	0	0	1
11	1955	0	0	8	15	29	25	4	2	0	2	1	0
12	1956	0	2	5	18	13	26	26	1	7	20	1	0
13	1957	0	0	12	15	15	31	6	6	8	11	12	12
14	1958	11	0	16	19	18	15	15	16	23	15	12	1
15	1959	7	13	20	17	17	23	13	16	7	4	1	0
16	1960	1	2	12	27	29	28	30	2	2	7	10	6
17	1961	1	6	6	23	21	2	0	0	0	0	0	0
18	1962	1	15	23	11	22	15	6	2	0	1	0	0
19	1963	1	4	14	26	12	11	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	9	13	26	14	0	0	5	0	0	0	0
21	1965	0	0	17	19	19	15	0	0	1	0	0	1
22	1966	0	3	1	0	14	11	0	0	0	1	0	0
23	1967	0	1	8	12	14	7	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	10	8	9	10	0	2	0	1	0	0
25	1969	0	4	12	20	21	23	6	1	0	0	0	0
26	1970	0	0	7	16	19	5	0	0	0	4	3	0
27	1971	0	1	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	2	24	15	10	3	0	5	12	11	7
29	1973	17	12	28	22	17	16	3	3	5	2	7	0
30	1974	1	4	13	14	19	6	0	2	1	0	0	3
31	1975	0	0	16	27	12	6	0	0	0	4	0	0
32	1976	0	0	10	9	9	4	0	1	1	1	1	1
33	1977	5	2	23	9	22	8	2	13	10	9	1	2
34	1978	2	2	9	27	28	4	9	10	7	1	1	4
35	1979	5	6	22	26	26	18	15	0	0	12	2	0
36	1980	2	8	27	20	29	18	9	1	1	5	0	0
37	1981	0	3	17	17	17	7	9	4	8	7	1	0
38	1982	2	1	23	27	21	26	10	10	10	7	0	0
39	1983	0	1	18	26	26	24	7	6	6	5	1	0
40	1984	0	3	9	24	12	6	2	1	0	8	0	0
41	1985	0	0	29	17	23	6	13	3	2	0	0	0
42	1986	0	2	21	16	13	2	3	9	2	7	7	2
43	1987	2	6	10	11	18	15	8	11	17	2	0	1
44	1988	0	6	9	25	30	19	16	6	10	4	12	3
45	1989	5	12	17	31	29	18	9	11	4	4	10	0
46	1990	2	3	19	28	28	21	6	9	9	8	5	1
47	1991	5	4	30	30	26	10	12	21	2	2	0	1
48	1992	4	16	27	27	8	31	14	10	10	2	0	3
49	1993	0	7	10	25	5	14	9	12	8	6	6	17
50	1994	0	3	3	31	3	12	13	6	2	8	8	18
51	1995	15	10	31	31	28	26	13	8	14	9	16	5
52	1996	10	16	26	28	31	14	19	13	13	7	6	5
53	1997	4	18	22	17	20	25	21	21	15	10	7	9
54	1998	11	20	30	31	31	31	27	19	3	6	10	1
55	1999	1	11	26	28	28	20	13	13	13	1	4	0
56	2000	4	8	22	26	23	9	13	9	9	16	9	0
57	2001	4	7	23	20	6	13	7	6	8	8	0	0
58	2002	7	1	22	19	17	8	2	6	0	0	2	0
59	2003	1	17	11	7	19	2	6	3	1	1	1	0
60	2004	1	0	3	6	13	4	0	16	5	11	8	2
61	2005	0	1	20	28	28	12	3	0	3	0	3	1
62	2006	0	10	23	28	23	10	2	3	3	0	0	0
63	2007	0	14	16	18	22	22	16	11	12	9	0	3
64	2008	1	13	14	22	25	16	13	20	5	6	3	1
65	2009	1	15	19	26	21	22	22	22	4	11	1	3
66	2010	4	2	22	24	27	27	9	8	5	12	3	0
67	2011	17	10	19	29	31	16	7	18	16	3	8	0
68	2012	0	7	15	23	27	20	7	10	8	21	1	5
69	2013	4	19	18	27	24	9	8	8	7	8	1	2
70	2014	0	10	16	20	16	9	8	13	3	2	2	2
71	2015	0	7	3	25	20	15	15	14	9	12	10	1
72	2016	0	7	13	23	28	10	12	16	10	8	4	0
73	2017	5	9	8	22	26	19	9	12	8	4	5	1
74	2018	0	1	21	14	23	11	14	3	5	0	0	0

FD													
Días con helada													
Número de días en un año en que TN < 0°C													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12
2	1922	14	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
3	1923	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	1926	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
9	1929	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
10	1954	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9
11	1955	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	7	9	2	0	0	0	0	0	0	0	7	0
18	1962	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
19	1963	18	21	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6
20	1964	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
21	1965	24	6	3	1	0	0	0	0	0	2	12	0
22	1966	18	3	3	0	2	0	0	0	0	0	12	21
23	1967	19	12	2	0	0	0	0	0	0	7	9	10
24	1968	28	21	10	0	0	0	0	0	0	1	2	1
25	1969	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
26	1970	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	11
27	1971	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
28	1972	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9
29	1973	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
30	1974	19	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8
32	1976	1	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
44	1988	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TR													
Noches tropicales													
Número de días en que Tn ≥ 20°C													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ID													
Días con hielo													
Número de días en un año en que TX < 0°C													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tn10p													
Frecuencia de noches frías													
Porcentaje de días en que TX < percentil 10													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	9	0	0	6	9	6	0	3	6	3	6	6
2	1922	3	3	9	6	3	3	3	9	3	6	6	6
3	1923	3	3	3	3	3	3	6	9	9	9	3	0
4	1924	9	9	6	6	9	3	6	6	3	9	6	6
5	1925	0	6	6	9	9	3	3	9	3	3	9	6
6	1926	6	6	3	3	9	6	3	6	6	6	6	0
7	1927	3	3	9	0	6	3	9	9	6	9	9	9
8	1928	6	3	9	9	6	9	9	9	6	9	9	9
9	1929	9	9	6	9	6	9	9	9	9	9	9	9
10	1954	3	6	6	3	3	6	6	0	6	3	9	9
11	1955	9	3	0	3	9	0	6	6	9	6	0	3
12	1956	3	9	6	9	9	6	6	0	6	6	9	6
13	1957	6	6	3	9	9	9	9	3	6	9	9	3
14	1958	9	0	9	6	3	6	0	9	9	6	6	9
15	1959	9	6	9	9	6	3	6	6	9	9	9	6
16	1960	0	6	9	9	9	9	3	3	3	6	9	9
17	1961	9	9	6	3	9	9	3	9	9	3	9	9
18	1962	6	6	9	9	9	9	9	6	9	9	6	0
19	1963	3	6	9	6	0	6	3	6	6	6	6	9
20	1964	9	9	9	9	9	9	3	6	3	0	6	9
21	1965	9	6	9	6	6	6	9	9	3	9	9	9
22	1966	9	9	9	3	6	6	9	6	9	9	9	9
23	1967	6	3	6	9	6	9	9	9	3	3	6	6
24	1968	6	3	9	9	9	9	3	3	9	9	9	6
25	1969	6	9	6	9	9	6	0	6	9	9	9	9
26	1970	6	9	6	9	9	9	9	9	0	9	0	6
27	1971	3	9	6	6	9	9	6	9	9	9	9	6
28	1972	9	9	9	9	9	6	9	6	6	6	9	9
29	1973	9	6	9	6	0	6	3	9	9	0	9	3
30	1974	0	9	9	6	0	0	9	9	6	3	9	6
31	1975	9	6	0	9	3	3	0	3	9	9	3	9
32	1976	3	9	9	3	3	9	6	3	3	9	6	0
33	1977	9	0	9	9	6	6	6	6	6	9	9	9
34	1978	0	9	9	6	3	6	9	9	6	9	0	9
35	1979	3	6	9	6	6	9	9	9	6	6	9	9
36	1980	9	6	9	6	9	6	3	9	9	9	6	9
37	1981	0	9	9	9	6	6	9	9	9	9	9	9
38	1982	6	6	3	9	9	9	9	0	9	9	6	9
39	1983	0	0	9	0	9	6	6	9	6	9	9	9
40	1984	6	6	9	3	6	6	9	3	3	9	6	9
41	1985	3	9	9	9	0	9	6	6	3	9	6	3
42	1986	9	0	9	9	9	3	9	9	3	9	0	9
43	1987	3	9	9	0	6	6	9	6	0	9	6	9
44	1988	9	9	9	9	3	0	3	0	6	6	3	6
45	1989	9	6	6	6	9	9	3	6	3	9	9	9
46	1990	0	9	9	9	9	6	0	6	6	9	9	3
47	1991	9	6	6	9	6	9	9	3	6	3	0	9
48	1992	3	9	3	9	9	6	9	9	9	6	6	6
49	1993	3	9	9	6	3	9	9	3	3	9	6	0
50	1994	9	9	9	9	9	9	3	0	9	9	3	0
51	1995	9	6	3	6	3	9	3	3	9	6	9	9
52	1996	0	6	6	6	6	9	3	6	9	9	9	6
53	1997	9	9	9	9	6	3	6	9	9	9	6	0
54	1998	6	9	9	0	9	3	9	9	9	9	9	9
55	1999	9	9	9	3	9	3	9	9	9	9	9	6
56	2000	0	6	6	6	6	9	3	3	6	9	9	0
57	2001	0	9	9	9	9	6	9	6	0	6	6	3
58	2002	0	9	9	6	3	0	9	9	6	6	6	9
59	2003	6	6	9	0	6	9	0	9	9	9	3	0
60	2004	6	6	0	6	9	6	9	9	9	9	6	9
61	2005	6	9	6	9	9	9	9	3	9	9	9	9
62	2006	9	9	9	9	9	9	0	9	9	9	9	9
63	2007	9	9	9	9	9	9	6	9	9	9	9	9
64	2008	9	9	9	6	9	9	9	0	9	6	6	6
65	2009	9	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9
66	2010	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
67	2011	9	9	6	9	9	9	9	6	9	9	9	9
68	2012	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
69	2013	9	9	9	9	9	9	9	6	9	9	9	9
70	2014	6	9	9	9	9	9	6	9	9	6	9	9
71	2015	9	9	9	9	0	6	9	9	9	9	9	9
72	2016	6	6	9	9	9	9	9	9	9	6	6	9
73	2017	9	9	6	9	9	9	9	6	9	9	6	9
74	2018	9	9	6	9	9	6	9	9	9	9	9	6

TN90p													
Frecuencia de noches cálidas													
Porcentaje de días en que TN > percentil 90													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	9	3	9	0	9	6	0	0	6	3	3	9
2	1922	9	9	9	3	6	3	9	3	9	9	0	9
3	1923	9	9	9	9	9	3	9	9	3	3	9	6
4	1924	6	6	3	9	6	9	6	0	3	6	9	6
5	1925	9	9	3	3	9	6	6	6	0	3	9	9
6	1926	6	9	9	3	6	3	3	6	0	6	9	3
7	1927	9	9	3	6	6	0	9	3	6	9	9	9
8	1928	9	9	9	9	9	9	9	6	9	9	9	9
9	1929	9	9	9	9	6	9	6	6	9	9	9	9
10	1954	6	9	9	9	3	6	6	3	3	3	9	9
11	1955	9	6	6	6	9	9	6	6	6	3	9	6
12	1956	9	6	6	9	0	9	3	6	9	9	6	6
13	1957	6	9	6	0	6	6	9	6	9	6	6	6
14	1958	3	9	6	9	0	6	9	9	9	9	3	6
15	1959	9	6	3	6	6	9	3	3	9	3	6	6
16	1960	6	6	6	6	9	3	0	6	9	9	3	9
17	1961	9	6	9	9	9	3	6	9	0	0	3	9
18	1962	9	6	9	3	6	3	6	9	0	3	9	9
19	1963	3	3	9	6	6	0	6	6	9	9	9	9
20	1964	9	3	9	9	6	0	0	9	9	9	6	9
21	1965	9	6	9	9	6	6	0	9	9	9	6	9
22	1966	9	9	0	6	9	6	3	6	6	9	9	9
23	1967	6	9	9	9	9	9	6	9	3	6	9	6
24	1968	9	6	6	9	6	6	3	9	9	9	9	6
25	1969	9	6	6	6	6	9	3	6	6	9	9	6
26	1970	9	6	6	9	3	3	3	6	9	9	9	9
27	1971	9	9	6	9	6	0	0	0	3	9	6	9
28	1972	6	6	6	9	3	6	0	3	9	3	9	9
29	1973	6	9	9	6	9	9	9	9	9	6	9	6
30	1974	0	3	6	6	3	0	6	9	0	3	9	9
31	1975	3	9	9	0	3	9	9	0	9	0	6	6
32	1976	3	3	3	3	0	3	6	9	9	6	0	3
33	1977	6	6	9	3	9	9	9	9	9	3	9	9
34	1978	0	9	9	9	9	9	6	6	9	9	6	9
35	1979	6	9	9	6	9	9	6	6	9	9	3	6
36	1980	6	6	9	6	9	9	9	6	0	6	9	6
37	1981	9	9	9	6	6	6	6	6	6	6	9	3
38	1982	9	9	6	9	9	6	3	6	0	6	6	9
39	1983	9	6	9	9	9	3	9	3	3	6	6	6
40	1984	6	3	9	6	6	3	0	3	9	0	6	6
41	1985	9	6	3	3	6	0	6	9	6	9	6	3
42	1986	6	0	3	9	6	6	9	9	9	9	9	9
43	1987	3	6	3	0	0	6	6	3	9	9	9	3
44	1988	3	9	9	6	9	9	9	6	9	9	6	9
45	1989	9	6	9	9	9	0	9	9	3	9	9	6
46	1990	9	6	6	6	9	6	9	9	9	3	3	3
47	1991	6	9	9	0	9	0	9	0	6	9	9	9
48	1992	6	3	9	6	9	3	3	0	9	3	9	6
49	1993	3	6	6	6	3	3	6	0	9	6	9	9
50	1994	9	6	9	6	9	3	9	9	3	9	3	9
51	1995	9	9	3	3	9	6	9	6	6	9	0	9
52	1996	3	9	6	9	6	6	3	9	6	3	6	9
53	1997	6	6	9	6	9	6	9	6	3	9	9	3
54	1998	3	9	6	9	6	6	9	6	3	0	0	9
55	1999	6	6	6	9	9	9	6	0	9	6	9	9
56	2000	9	6	6	9	0	6	6	6	9	9	9	6
57	2001	6	9	9	9	6	9	3	9	3	0	6	6
58	2002	6	6	3	9	9	9	9	3	9	6	9	9
59	2003	9	9	9	9	0	0	9	9	3	0	9	3
60	2004	9	3	6	9	3	9	9	9	9	9	9	9
61	2005	3	6	3	9	6	3	3	9	9	3	9	9
62	2006	9	6	9	9	9	6	3	0	3	6	6	9
63	2007	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9
64	2008	9	9	9	6	9	9	9	9	6	9	9	9
65	2009	9	9	9	6	9	6	9	9	9	9	9	9
66	2010	9	9	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9
67	2011	9	9	9	9	9	6	9	6	9	9	9	6
68	2012	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
69	2013	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9	6	9
70	2014	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9
71	2015	6	6	3	9	9	3	6	9	6	9	9	9
72	2016	9	9	9	9	6	9	6	9	9	9	9	9
73	2017	9	9	6	6	9	9	6	3	9	9	9	9
74	2018	9	9	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Tx10p													
Frecuencias de días frescos													
Porcentaje de días en que TX < percentil 10													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	9	9	9	3	3	9	9	3	6	6	6	3
2	1922	9	3	3	6	6	3	6	6	0	3	0	9
3	1923	6	6	6	9	6	0	6	0	3	9	9	9
4	1924	9	6	3	9	9	6	3	0	9	9	9	9
5	1925	9	9	6	3	0	3	9	9	6	6	6	6
6	1926	9	6	9	3	6	9	6	6	9	6	9	9
7	1927	9	6	0	9	9	9	9	0	9	9	6	9
8	1928	9	9	6	9	9	9	9	9	9	6	9	9
9	1929	9	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9
10	1954	6	3	9	9	6	9	9	6	9	6	9	9
11	1955	9	9	3	9	9	6	9	9	9	3	6	9
12	1956	9	9	9	6	9	9	9	6	6	3	9	6
13	1957	6	9	3	9	0	6	0	9	9	9	6	3
14	1958	3	6	9	9	9	9	9	0	3	9	9	6
15	1959	9	9	6	9	9	9	9	9	9	6	6	9
16	1960	3	9	9	9	6	9	9	9	3	3	6	9
17	1961	6	9	6	9	6	9	9	6	6	6	9	9
18	1962	6	9	9	9	9	9	9	3	6	3	6	9
19	1963	6	9	9	3	6	9	6	9	9	9	9	9
20	1964	6	6	9	9	6	9	9	9	9	9	9	6
21	1965	9	9	9	9	9	3	9	0	6	9	9	9
22	1966	9	9	9	3	3	9	6	6	9	6	6	9
23	1967	9	9	6	9	6	6	9	6	9	6	6	9
24	1968	9	9	9	9	6	9	0	6	9	6	3	6
25	1969	9	9	6	9	9	9	6	3	9	6	9	9
26	1970	6	9	6	6	9	6	3	6	9	9	6	9
27	1971	9	9	9	9	9	3	6	6	3	9	6	6
28	1972	6	9	6	9	6	9	9	9	9	6	9	6
29	1973	9	9	9	6	6	6	9	9	9	9	3	3
30	1974	3	9	9	9	9	9	6	3	9	6	9	6
31	1975	9	6	9	6	6	3	6	3	6	9	6	3
32	1976	9	6	6	6	6	6	0	0	9	0	9	3
33	1977	6	3	6	6	6	9	6	3	9	9	9	6
34	1978	6	6	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9
35	1979	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9	9
36	1980	6	9	6	3	6	9	9	6	9	9	3	9
37	1981	6	9	9	3	9	9	9	9	6	9	6	9
38	1982	6	6	9	9	6	9	6	9	6	9	9	3
39	1983	9	6	9	9	9	9	3	9	9	6	3	9
40	1984	3	9	3	3	9	6	3	0	3	3	9	9
41	1985	9	3	6	6	6	3	9	6	6	3	9	3
42	1986	3	3	9	9	6	3	6	9	6	9	9	9
43	1987	6	9	6	3	9	9	9	6	6	6	0	9
44	1988	6	6	9	9	3	6	6	6	6	6	0	9
45	1989	9	9	9	0	9	3	9	6	6	9	9	9
46	1990	9	6	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9
47	1991	6	9	6	9	3	9	3	6	9	9	9	9
48	1992	6	6	3	9	9	3	9	6	3	9	6	9
49	1993	6	9	6	6	9	9	9	6	6	6	9	6
50	1994	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	9
51	1995	9	9	0	9	9	0	9	6	6	6	9	3
52	1996	3	9	6	9	0	9	6	9	6	6	9	3
53	1997	3	6	9	6	6	9	3	6	9	9	9	6
54	1998	3	9	9	9	9	6	6	9	9	9	6	9
55	1999	6	6	6	9	9	6	9	9	3	9	9	6
56	2000	9	6	3	9	9	0	3	0	9	3	9	9
57	2001	9	9	9	9	9	9	6	9	9	6	9	6
58	2002	9	9	6	3	9	9	6	3	6	6	9	9
59	2003	9	9	3	9	0	3	9	6	9	9	6	9
60	2004	6	6	9	6	9	6	9	9	9	9	9	9
61	2005	9	6	6	9	9	9	3	9	9	9	9	9
62	2006	9	9	9	9	9	9	6	9	9	3	9	9
63	2007	9	9	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9
64	2008	6	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9
65	2009	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9
66	2010	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9	9
67	2011	9	9	9	9	9	9	9	6	9	6	9	9
68	2012	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9	9	6
69	2013	9	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9
70	2014	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	9	9
71	2015	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6
72	2016	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
73	2017	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9	9
74	2018	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6

TX90p													
Frecuencia de noches cálidas													
Porcentaje de días en que TN > percentil 90													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	3	3	3	0	9	0	3	9	9	9	0	0
2	1922	3	9	3	3	9	3	6	3	9	3	3	3
3	1923	3	0	9	6	9	3	9	0	6	6	0	0
4	1924	0	6	9	3	6	9	3	0	6	9	3	3
5	1925	0	3	9	0	6	9	3	0	0	9	0	3
6	1926	3	6	0	6	9	9	0	3	9	3	3	3
7	1927	3	3	9	3	6	6	9	3	9	9	6	3
8	1928	9	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	1929	9	9	9	6	6	6	9	9	9	9	9	9
10	1954	9	6	9	6	9	6	9	3	9	6	0	9
11	1955	9	9	6	6	9	3	9	9	6	9	9	0
12	1956	6	6	6	9	3	9	3	6	9	6	9	6
13	1957	9	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6
14	1958	6	9	0	3	9	9	0	0	6	3	0	9
15	1959	9	9	0	6	9	0	9	0	3	6	3	6
16	1960	9	6	6	6	9	6	3	9	6	9	6	3
17	1961	9	9	6	9	6	6	6	6	9	9	6	9
18	1962	6	9	9	3	6	3	0	6	0	9	6	9
19	1963	6	3	6	3	9	6	9	6	6	6	3	6
20	1964	9	6	9	9	9	0	0	6	0	0	6	6
21	1965	9	3	0	6	9	9	9	9	3	3	0	9
22	1966	0	9	3	9	6	6	6	3	9	9	6	9
23	1967	9	9	9	9	3	3	9	9	6	9	6	9
24	1968	9	6	6	9	9	9	9	9	6	3	3	9
25	1969	0	3	6	6	6	3	3	6	6	6	6	3
26	1970	6	9	6	9	9	9	6	9	6	9	9	6
27	1971	9	9	0	6	6	9	0	9	9	6	6	9
28	1972	3	9	6	9	9	6	9	0	3	6	6	9
29	1973	9	0	9	6	0	9	9	9	3	6	0	9
30	1974	3	0	3	9	0	6	0	6	3	0	0	9
31	1975	3	6	6	0	0	9	0	0	6	3	9	0
32	1976	6	6	9	9	9	0	3	3	3	9	9	3
33	1977	0	6	9	3	3	3	6	6	9	6	9	6
34	1978	6	9	6	6	6	9	3	3	9	3	3	3
35	1979	9	9	3	9	0	9	0	3	6	9	6	3
36	1980	9	9	9	6	6	3	6	3	6	9	9	6
37	1981	0	9	9	9	6	6	9	0	9	6	9	9
38	1982	6	6	9	9	9	9	9	6	6	0	0	9
39	1983	9	9	9	6	6	6	9	9	6	3	6	6
40	1984	0	9	9	3	6	9	6	6	9	6	6	3
41	1985	6	3	6	9	3	6	3	9	6	9	9	9
42	1986	6	6	6	3	6	6	9	6	6	0	6	6
43	1987	6	6	9	9	6	0	0	9	0	6	9	6
44	1988	3	9	6	9	6	9	3	6	9	3	0	9
45	1989	9	6	6	6	9	9	9	0	6	3	6	6
46	1990	6	9	9	9	6	9	0	9	9	3	6	3
47	1991	0	9	9	9	3	9	9	0	6	9	0	6
48	1992	9	9	6	3	6	9	6	3	6	6	6	9
49	1993	3	3	9	3	9	9	9	9	9	6	6	3
50	1994	9	9	9	9	9	3	6	6	6	9	3	3
51	1995	9	6	6	6	9	9	9	9	3	6	9	0
52	1996	3	3	6	9	9	9	9	6	9	9	9	3
53	1997	0	6	6	9	6	6	6	9	3	9	9	9
54	1998	6	9	6	3	6	9	6	6	9	6	9	9
55	1999	9	3	0	9	3	9	0	6	0	9	9	3
56	2000	6	3	9	0	6	9	9	9	6	9	3	3
57	2001	9	6	6	9	9	3	6	9	9	9	9	9
58	2002	9	9	3	9	6	9	6	9	9	0	6	9
59	2003	6	6	6	6	9	9	6	9	3	9	9	9
60	2004	9	3	9	9	6	9	6	9	9	9	9	9
61	2005	9	6	9	6	9	9	9	6	9	9	9	9
62	2006	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6
63	2007	9	6	9	9	9	9	9	6	6	9	9	9
64	2008	9	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	6
65	2009	6	9	9	6	9	6	9	9	9	9	9	9
66	2010	9	9	6	9	9	9	6	9	9	9	9	9
67	2011	9	9	9	9	6	9	9	9	0	9	9	6
68	2012	6	9	9	6	9	9	9	9	6	9	9	9
69	2013	9	9	6	9	9	9	9	6	9	9	9	9
70	2014	9	6	9	9	9	9	6	9	9	9	6	9
71	2015	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9
72	2016	9	9	9	9	9	9	9	3	9	6	9	9
73	2017	9	9	3	9	9	9	6	9	6	6	9	9
74	2018	9	9	9	9	9	6	6	9	9	9	9	9

TXn													
Temperatura mínima más alta													
Valor máximo anual de la temperatura mínima diaria													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	18	16	20	19	25	22	20	21	21	20	9	13
2	1922	10	17	18	21	19	17	20	20	19	15	15	15
3	1923	12	17	17	17	21	19	21	23	23	18	16	19
4	1924	13	19	25	23	21	20	20	23	15	24.2	18	16
5	1925	10	11	15	21	23	20	21	21	17	18	15	11
6	1926	15	18	22	17.5	18.5	18.5	19.5	20.5	15.5	18	18.5	18.5
7	1927	14.5	17.5	23.5	20.5	19.5	18.5	20.5	22.5	17.5	17	14.2	16.6
8	1928	14.8	19.4	26.9	22	23	25.6	21	19.8	17.8	20.8	15.2	18.8
9	1929	18.4	21.2	22.4	26.8	21.4	20.2	20	18.8	16.4	14.4	17.6	19.8
10	1954	19	18	18	18	19.5	14.5	15	21	15	12.5	16.5	8.5
11	1955	14	18.5	20.5	18	23	19	16.5	18	17	14	18.5	15
12	1956	11	19.5	20.5	16	20	23	23.5	18.5	22	23	12.5	12.5
13	1957	19	21.74	21.5	18	22	26.4	19	16.5	14.5	19	19	18.5
14	1958	12.5	12.5	21	20.5	19	19.5	19.5	19.5	19.5	19	19	16.5
15	1959	16.5	18.5	21.5	21.5	14.5	22.5	19	18	19	19	16	11.5
16	1960	10	10.5	16	21.8	24	24.5	25	15	18.5	19	18.5	18.5
17	1961	17	12.5	19	20	21.5	18.5	16.5	19	17.5	9.5	12.5	14
18	1962	19	21	23	15.5	21	20	18.5	21	19	19	18	15.5
19	1963	19	14	19	19	18	18	17	20	15.5	12	12	14
20	1964	15.5	19	16.5	22	18.5	20	19.5	21.5	17	17.5	12	16
21	1965	11	15.5	22	17	18	17	17	20	19	14	19	12.5
22	1966	20	15.5	13	15.5	17	20	19.5	19	14	13.5	16	12
23	1967	6	18	18	22	20	18	20	19.5	15	16.5	15	13
24	1968	16	13	15	20	18	17	19	18.5	19	19	18.5	13
25	1969	17.5	19	19.5	22	20	19	19	18	16	18	14.5	17
26	1970	14.5	17	19	20	19	18	18.5	17	17	16.5	15	13
27	1971	14	17	16	15	19	17	18	18	17.5	17	18	15
28	1972	16	17.5	15	21.5	19	19	18	18	19	17.5	21.5	12
29	1973	18	21	22	21	19	20.5	19.5	20.5	18	18	18	15
30	1974	20	20	20	21	19	19	17	14	16	18	12	15
31	1975	12	22.15	21	22	20	19	21	21	20	16	18	18
32	1976	11	12	23	20	20	20	20	20	20	20	12	19
33	1977	13	10	20	16	22.5	20.5	21	22	21.5	18	14.5	17
34	1978	22	11	5.1	21.5	21.5	16.5	21	19.5	19	14	17.5	20
35	1979	18.5	17	21.5	22.5	21.5	20	20.5	15.5	15.5	21	17.5	9.5
36	1980	14	18	22.5	18	22	21.5	22	22	18	16.5	15	16.5
37	1981	9.5	17	19.5	20	18.5	19	18	19	12.5	19	18.5	15.5
38	1982	20	17.5	17	20.5	21.5	22	20	21	20	17	19	15
39	1983	13	12.5	19	21	21	21	20	20	17	20	17	18
40	1984	17	17	19	19	16	21.5	18	20	15	17	17	15
41	1985	11	20	23	20	23	20	20	15	21	20	17	19
42	1986	9	19.5	22	20	21.5	19	20	23	21	19.5	17	19.5
43	1987	15	21	17	22	23	16	17	20	23	20	20	18
44	1988	19	22	23	21	25	24	22	19.5	23	18	22	15
45	1989	21.5	18	22	26	23	20	19	21	15	19	17.5	12
46	1990	17.5	18	21	22	18	20	18	18	18	19	19	18
47	1991	19.5	15	24.5	25	22	18.5	19	23	19	17.5	18	18
48	1992	13	16.5	23	23	19	26	21	19	19	18	17	17
49	1993	16	19	22.5	22.5	20	21	19	22	16	20	21	20
50	1994	18.4	22	24.29	26.15	22.05	21	19	21	21	20	21	20
51	1995	16	19	27	26	24	25	21	21	22	19.5	18	18
52	1996	19.5	21	22	24	27	18	23	18	18	17.5	18	20
53	1997	18.5	22	19	21	22	22	23	23	22	17	21	17
54	1998	19.5	21	24	26	29	26	18	21	21.5	15	21	20.5
55	1999	19	18	23	24	23	23	21	22	20.5	15	18	15.5
56	2000	18	19	21	23	21	22	21.5	22	20	22	21	18
57	2001	18.5	17	22	20	18.5	20	21	21	20	16	17	13.5
58	2002	15	17	23	20	20	20	20	20	18	19	10	10
59	2003	12	20	10	20	22	19	18	18	18	18	20	10
60	2004	16	20	20	15	21	20	19.5	19.5	17.5	18	20.4	14.9
61	2005	15	18	22	25	23.1	20	17.5	18	18	17	17.9	18.2
62	2006	14.3	16.2	20.3	24.6	22.9	18.5	16	17.5	18	18	8.5	17.4
63	2007	11.1	10.9	18.5	20.7	22.6	22.9	20.2	16.9	17.6	10.4	18.3	18.4
64	2008	17.8	18.6	18.6	20.4	17.9	18.6	18.9	22.6	18.1	14.2	15.8	19.5
65	2009	12.7	15	23.3	21.9	18.6	21.8	21.1	19.5	19.3	15.4	17.4	17.3
66	2010	0	11.8	22.5	23.1	22.1	21.4	17.3	18.1	17.9	14	15.8	17.2
67	2011	12.6	19.9	19.7	22.6	25.7	15.3	20.8	18.3	17	20.2	14.4	21.4
68	2012	15.4	12.1	14.9	23.4	21.6	19.65	18.9	18.9	18.5	21.1	17.9	20
69	2013	15.8	21.1	13.5	23.2	22.9	19.2	20.1	18.9	17.6	14.8	12.6	15.9
70	2014	13.6	17.4	21.2	22.4	19.2	19.3	20.5	19.8	20.1	18.1	19.2	14
71	2015	12.7	16.8	15.4	19.1	18.6	21.7	21.8	21.9	16.3	15.2	18.1	22.34
72	2016	13.1	15.6	13.5	19.7	22.8	21.3	20.7	21.4	20.1	16.3	15.1	19.3
73	2017	16.6	18.9	19.2	19.5	23.2	22.7	20.1	17.4	17.8	18.1	19.1	17.1
74	2018	11.9	12.5	22.9	22.4	19.6	19.8	21.5	20.3	21.6	23.46	21.75	20.97

TXx													
Temperatura máxima extrema													
Valor máximo anual de la temperatura máxima diaria													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	25	26	30	29	29	29	27	28	32	29	20	20
2	1922	22	24	26	29	28	27	24	24	24	23	21	20
3	1923	21	23	26	28	29	27	28	26	27	26	27	27
4	1924	27	27	33	33	33	29	27	27	26	24.87	28	27
5	1925	26	28	28	29	29	29	26	25	25	27	27	25
6	1926	27	28	28	28.5	28.5	29.5	28.5	27.5	25.5	26.5	25.5	27.5
7	1927	24.5	25.5	28.5	31.5	33.5	30.5	26.5	26.5	25.8	27.6	25.8	24.8
8	1928	25.2	28.6	27.38	34.8	33.8	31.8	28.2	29	25.8	28.8	27	26.4
9	1929	27.4	29.6	31.8	31.4	32.2	29.4	26.8	26.5	26.6	27.2	27.5	25.4
10	1954	23.5	26	27	30.5	30	32	26.5	27	25	25	24	25.5
11	1955	24.5	24.5	29.5	30.5	31.5	29.8	29.5	29	25	27.5	27.5	23
12	1956	24.5	28	29	30.8	28	28.5	28.5	25.5	28	34	25.5	24
13	1957	24.5	21.88	31.5	29.5	31.5	26.6	28	29	27.5	28.5	28.5	28.5
14	1958	28.5	25	27.5	28.5	29.5	28.5	28.5	27.5	28.5	28	27.5	25.5
15	1959	27.5	27.5	27.5	28	28.5	28.5	35	27.5	27	27	25.5	25
16	1960	25.5	26	28	30.5	30.5	30.5	30.5	27.5	26.5	28.5	28.5	27.5
17	1961	28	26.5	28.5	29	29	26	22.5	23.5	23	24.5	24.5	25
18	1962	25.5	29.5	29	28	31.5	28.5	26	27	25	25.5	25	22
19	1963	25.5	26	28.5	30	28	29	24.5	25	24.5	23.5	24	23
20	1964	25	27	28	30.5	30	24.5	24	26	24.5	24.5	24.5	24
21	1965	24	25	28	28	29	28.5	25	24	25.5	24.5	25	26
22	1966	23	26.5	26	20	30	29	25	24.5	25	27.5	24	23.5
23	1967	23	26	27	31.5	30.5	27.5	25	25	23	22.5	25	23.5
24	1968	23.5	25	28	28	28	28	24	26	25	25.5	25	23
25	1969	24	26	27	30	29.5	31	26.5	26.5	24.5	24.5	25	23
26	1970	22	23	29.5	29.5	29.5	26.5	24	24	23.5	26.5	26	25
27	1971	24	25.5	25	29.5	27	25	22.5	23	23.5	24	24	22.5
28	1972	22.5	24.5	26	29.5	30	29.5	26.5	25	32.5	28.5	28	27
29	1973	29	28.5	32	31	32	34.5	28	26	26.5	27	28	25
30	1974	26	26	30	30	30	28	25	27	26	25	25	27
31	1975	25	22.29	30	31	30	27	25	25	25	27	25	23
32	1976	25	25	27	28	28	27	25	26	29	26	26	26
33	1977	26	30	31.5	30	29.5	26.5	26.5	27	27.5	27	25.5	27
34	1978	25.5	26.5	29	32	31	26.5	26.5	26.5	27	26.5	25.5	26
35	1979	28.5	26.5	29.5	31.5	30.5	28.5	26.5	25	24	27	26	24
36	1980	26	27.5	30.5	30	31	29.5	27.5	25.5	26	28	24.5	24.5
37	1981	23.5	26.5	29	30.5	29.5	27.5	29	25.5	27.5	26	25.5	25
38	1982	26.5	25.5	28.5	30.5	30.5	31.5	27	27.5	28	26	25	25
39	1983	24.5	26	30	32	33	33.5	27.5	36	27	26	25.5	25
40	1984	24	27	29	31.5	31	28	26.5	35	25	28	25	24
41	1985	24	25	35	29	31	27	28	26	26	25	25	25
42	1986	23	26	29	29.5	30	26	29	27	26	26	27.5	26
43	1987	26	27	29	29	31	29	26	29.5	27	27	25	26
44	1988	25	27	27	31	32	29	28	27	27	27	26.5	27
45	1989	26.5	27.5	28.5	29.5	33	32.5	27	27	27.5	27	28.5	25
46	1990	26	27	30	32.5	32.5	32	26	27	27	26.5	27	26
47	1991	27	26	33	33	32.5	32	32	27	26	26	23	26
48	1992	27	29	30	29.5	27	32	29.5	28	27	26	25	27
49	1993	24	26.5	28	29.5	27	32.5	29	27	27	28	27	28
50	1994	25	25.03	29	30	31	30	28	29	26	28	28	28
51	1995	27	27	31	34	33	33.5	29	28	27.5	28	28	26
52	1996	27	29	31.5	31	33	29.5	30	28	29	28	28	27.5
53	1997	26	29.5	30	33	31	32.5	31	29	28.5	30	28	29
54	1998	27	30	33.5	34.5	35	34	28	28	26	26.5	28	26
55	1999	25.5	27	29	34	31.5	30	28	28	27	26	26	24.5
56	2000	27	27.5	31	32	31	28	29	27	28	27	27.5	24
57	2001	26	29	31	32.5	32.5	30.5	28	27	28.5	28	25	24
58	2002	29.5	26	32	32	32.5	28	26	28	25	23.5	27	25
59	2003	29	29	31	28.5	34	27	27	26	26	25.1	25.6	25
60	2004	28	25	26	31	29.5	30	25	28.6	27.1	28.4	26.1	25.7
61	2005	24.5	26	29.5	29.5	32.5	33.5	26.5	25	27.5	25	25.7	25.4
62	2006	24.4	27.2	31.4	30.1	30.1	30.4	26.6	27.9	28	25	24.6	24.5
63	2007	25	28.6	27.6	29.2	28.6	31.1	27.4	26.6	25.7	26.7	24.3	25.9
64	2008	25.3	27.7	28.8	30.6	31.7	28.7	27.3	27.8	26.7	27.6	26.6	25.3
65	2009	25.3	27.3	28.8	30.1	31.2	30.4	28.9	27.8	26	28.4	25.1	25.9
66	2010	27.2	25.8	28.3	29.3	31.2	30.7	26.4	27.7	26.2	26.6	26.1	23.4
67	2011	26.8	26.1	29.4	30.6	32.5	29.8	25.9	27.6	26.6	26	26.7	22.9
68	2012	25	27.9	28	30.4	32.1	31.2	26.3	26.8	26.9	27.1	25.1	25.8
69	2013	25.8	29.8	27.3	30.2	29.9	29.7	26.9	26.8	25.9	26.3	25.6	25.4
70	2014	24.3	26.1	29.3	29.9	28.1	28.6	27.2	26.7	25.9	26.3	25.9	25.2
71	2015	24.6	28.1	26.9	28.8	30.7	28.2	28.4	27.7	26.6	26.8	26.9	25.2
72	2016	24.5	26.7	30.4	30.1	30.6	28.2	27.2	27.3	26.9	26.2	29.4	24.8
73	2017	25.6	27.1	26.8	29.8	31.3	29.4	26.6	27.6	26.9	25.6	27.7	25.1
74	2018	24	25.3	28.7	29	31.7	29.6	28	25.2	26.4	23.88	22.08	21.16

TNn Temperatura mínima extrema Valor mínimo anual de la temperatura mínima diaria													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	3	5	5	1	9	8	9	6	-7	-4
2	1922	-3	-2	3	5	6	8	6	7	8	-3	3	0
3	1923	-1	-2	3	4	5	6	7	8	7	3	2	0
4	1924	0	1	2	2	6	9	8	7	5	8.6	0	0
5	1925	0	-2	2	4	4	8	9	9	9	7	0	-2
6	1926	-1	-1	4	3	5	11	9	10	10	4	0	1
7	1927	-2	0	2	6	8	4	6	9	8	0.2	-0.8	-0.5
8	1928	0.4	0	7.2	2.2	3.8	5.6	5	4	6.8	5	-0.6	-0.4
9	1929	-4.8	-2.8	1.8	3.2	5	4.2	8	7	4	1.4	1.4	-5
10	1954	-1	1	10	4.5	6	9	8	10	4	5	-1	-0.5
11	1955	-2.5	0	2	4.5	5.5	9	9	9.5	8.5	0	3	1
12	1956	-6.5	1	1.1	4	4	10.5	11	9	8	10.5	2	1
13	1957	-1.5	2.57	2	3	3	13.19	5.9	8	6	5	5	2
14	1958	0	0	2.5	0.1	7.5	7.5	11	9	10	6	7	0
15	1959	0	8.5	4.5	11	10	9.5	2.5	8	8	6	7	1
16	1960	1.5	1.5	2.5	8	8	9.5	10	8.5	8	8	8	0.5
17	1961	-2	-6.5	-1.5	2	1.5	7	7	5	6.5	2	-5	0
18	1962	-4	-4	0.6	2.5	4	5	4	7	8.5	2.5	-4.5	0.5
19	1963	-2	-7	2.5	3	6	6.5	6.5	6	7	3.5	-2	-6
20	1964	-3	-1.5	1	2.5	1	4.5	6.5	5	6.5	0.5	0.5	-2
21	1965	-6	-2.5	-1.5	-2	4.5	5.5	5.5	6	5	-1	-2.5	0
22	1966	-4	-6	-4	2	-4	3	3	6	3	1	-9	-6
23	1967	-8	-10	-1.5	1	5	3.5	7	3	5	-5	-4	-5
24	1968	-6	-7	-3	2	1	4.5	7	6	7	-1	-1	-2
25	1969	-6	-4.5	2.5	1	2.5	5.5	8	8	8	4	1	-3
26	1970	-4	-4.5	1	3	2	6.5	7	6.5	10.5	4	-1	-3
27	1971	-1.5	-2.5	-1	1	5.5	5.5	9	8.5	7	3	1	-1.5
28	1972	-5	-5	-1.5	1	1	8	7	6	8.5	2.5	3	-5
29	1973	-6.5	-3	1	2.5	7	6.5	9	8.5	2.5	5	1.5	-4
30	1974	-5	0	-6	3	5	10	6	3	2	2.5	-4	2
31	1975	1	1.53	2	5	8	8	8	8	2	3	-1.5	-5
32	1976	-2	-4	-3	4	5	4	6	7	7	3	4	3
33	1977	1	1	-0.5	3	5.5	5.5	7	8.5	6.5	1.5	0.5	1
34	1978	1	-2.5	1	2.5	5	8.5	8.5	6.5	7	4	4.5	1
35	1979	-1.5	0.5	3.5	5	5.5	5.5	9	7.5	3	3	0.5	1
36	1980	-1.5	-1.5	3.5	3.5	8	7.5	7.5	8.5	5.5	5.5	1	-2.5
37	1981	0.5	1.5	2.5	5.5	8	10.5	10	8	9	7	-1	1
38	1982	2	0.5	3	4	7.5	8.5	6	9	7	4	1	-2
39	1983	0	0	0	6	10	4.5	8	10	5	7	3	2
40	1984	-2	2	2	3	5	7	9	6	7	5	0	1
41	1985	-3	-1	0	2	6	7	8	7	5	4	2	2.5
42	1986	-5	0	0	3	5	8	6	6	6.5	5	1	0
43	1987	-2	-1	0	4	5	8	9	7	9	2	-3	1
44	1988	-3	-2	1	4	6	8	5	9	5	4	4	2
45	1989	0	1	5	6	8.5	9.5	9	8.5	6.5	5	5	0
46	1990	4	4	4	7	9	10	10	9	9	6	5	1
47	1991	3	3.5	7.5	8	9	9.5	9	9.5	9	5	3	3
48	1992	3	0	6	6	7	11	9	9.5	9.5	8	6	6.5
49	1993	6.5	7	6	9	9	9.5	9	9	9.5	7	6	6
50	1994	7	4	8	8.5	8.5	8	8	10	8	7	4	6
51	1995	1	4	6	6.5	8.5	10	8.5	9	6	2	3	2
52	1996	1	1	5.5	6	7	9	9.5	8.5	9	4	2	4
53	1997	3	2.5	8	10	10	10.5	11	11	10	5	8	3
54	1998	5	2	8	12	12	11	11.5	12	13	9.5	8	4.5
55	1999	5	3	9	11.5	11	11.5	2.5	11	11	5	2	2
56	2000	3	3	7.5	9	9	11	11	11	11	10	9	3
57	2001	3	6	7.5	11	11	10	11.5	12	13	7	4	3.5
58	2002	3	4	9	8	12	12	10.5	12	11	4	2	3
59	2003	0	8	4.5	10	12	13	13	12	10.5	10	7	3
60	2004	5	5	4	10	10	11	12	12.3	11.4	11.1	4.6	2.3
61	2005	3	5	7.3	9	11	13	13	13	7	9	5.4	3.1
62	2006	0.4	5.4	7.6	9.4	9	10.1	12	12	12	7.5	4	2
63	2007	0.8	4.7	5.5	7.8	5.2	9	11.4	6.6	9.2	3.9	5.5	4.9
64	2008	2	5.2	5.2	9.3	10.6	5.2	9.7	0	10.4	7.2	4.6	4
65	2009	4.4	3.8	6.6	9	11.6	11.8	12.6	11.9	13.2	7.5	0	5.2
66	2010	0	3.1	7.9	8.4	11.6	12.1	12.1	12.1	7.6	8	1.3	1.2
67	2011	6.4	5.2	6	9.2	10.8	12.5	10.9	12.3	6.8	5.1	2.1	7.17
68	2012	4.7	7.4	0.9	7.4	10.8	11.2	11.5	11.6	11.1	7.9	6.3	5.3
69	2013	4.6	5.8	3.7	11	11.5	11.2	12.3	11.3	11.3	6.7	6.6	7
70	2014	2.7	6	8.4	9.9	8.4	12.6	11.1	11	11.4	7.8	3.4	7.1
71	2015	5.4	5.1	6.8	10.3	11.4	12.1	10.8	11.9	11.4	9.1	9	8.42
72	2016	3.7	4.3	4.7	9.2	12.2	11.1	11.9	11.9	10.9	8.6	6.7	4.4
73	2017	4.2	6.3	8.2	9	11.6	11.8	11.7	12.1	9.6	7.3	4.8	1.8
74	2018	1.4	8.2	8.9	9.7	11.8	11.8	10.7	11.2	12.2	11.8	7.5	6.85

TNx													
Temperatura mínima más alta													
Valor máximo anual de la temperatura mínima diaria													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	4	5	11	9	14	19	12	12	14	15	8	7
2	1922	5	9	11	9	13	14	12	13	14	11	9	5
3	1923	7	9	11	11	12	15	14	14	14	15	11	14
4	1924	10	12	17	13	14	15	15	14	15	9.37	16	8
5	1925	10	9	10	11	13	15	14	14	14	14	13	10
6	1926	9	8	14	12	14	18	15	15	14	14	13	7
7	1927	8	9	10	12	14	15	14	15	15	15	14.6	9
8	1928	7.4	11	7.97	10.6	13.2	16.6	15.6	13.2	14.6	12.2	12.4	5.8
9	1929	9.2	5.4	7.6	11.8	12.6	13.4	12	12.2	12.6	11.2	10.6	7.6
10	1954	8	13	14.5	11	14	14	14	13.5	15	13.5	12	12
11	1955	8.5	14	13	11	15.5	18.5	14.5	14	14.5	13	12.5	10
12	1956	5.5	5.5	6.5	14	13	15	16	13.5	16	14	11.5	7.5
13	1957	9.5	2.79	13.5	11.5	13.5	13.35	14.5	18	14	13.5	13.5	12
14	1958	10	9.5	16	15	13.5	14.5	16.5	16	17	14	14	11.5
15	1959	14.5	15.5	14.5	14.5	14.5	15	15.5	14.5	14.5	13.5	14.5	12.5
16	1960	13.5	13.5	12	14.5	14	15	14.5	13.5	13.5	14.5	13.5	13
17	1961	6.5	8.5	7.5	10	10	13.5	12.5	13	11.5	10	10.5	6
18	1962	2.5	4	10	9	12	12.5	12	12.5	12.5	11.5	10	6
19	1963	2	2	9	9.5	10.5	12.5	12.5	12.5	13	11.5	9	7.5
20	1964	7.5	5	9	9.5	12.5	12.5	12	11.5	12	11.5	8.5	7
21	1965	4.5	6	7	10	10.5	13	12	12	12.5	10.5	9	7
22	1966	10.5	12.5	4	7	12	11.5	12	11.5	12.5	11	8	5
23	1967	9	8	7	8.5	12	13	11.5	13	12	12	8	7
24	1968	2	5.5	7	9	11.5	14	13.5	13.5	13.5	13	5	9
25	1969	5	7	8	8.5	10	14	14	14	14.5	12	8	11
26	1970	5	9	9	14.5	11.5	14.5	14.5	15	14.5	14	8.5	4
27	1971	9	9	11	10	13	14	13.5	13.5	14	14.5	12	9.5
28	1972	6	8	8	12	12.5	13.5	13	14	13	12.5	10	11
29	1973	6.5	9	12.5	15	13	15.5	15	13.5	13	14	11.5	8
30	1974	6	5.5	9	10	13	14	13	13	12	12	9	8
31	1975	8	1.74	9	10	13	13	12	13	14	12	12	6
32	1976	7	5	11	13	11	14	13	12	14	13	12	13
33	1977	9	7	10	10	13.5	13.5	14	14	13.5	13	10.5	9.5
34	1978	2	6.5	6	8	12.5	14.5	13.5	14	13.5	14	12	9.5
35	1979	5.5	8	10.5	11.5	12.5	16.5	15.5	14	14.5	13	11.5	11
36	1980	10.5	9.5	11.5	12.5	15.5	15	15.5	14.5	14.5	13	10.5	8
37	1981	10	8.5	12.5	13.5	14	16.5	16	14.5	14.5	14	11.5	10
38	1982	7	9.5	11.5	14	17.5	15.5	13.5	13.5	14	14	10	8
39	1983	10	10	14	12	16	18	14	15	15	13	13	12
40	1984	7	11	9	13	11	14	12	12	12	10	8	8
41	1985	5	6	6.5	9	12	13	13.5	12	11.5	11	6	7
42	1986	4	3	6	10	15	12	15	10	14	12	8	7
43	1987	6	5	6	7	9	14	13	13.5	15	12	7.5	5.5
44	1988	6	7	9	13	12	15	12.5	12.5	13	10.5	9	10
45	1989	9.5	10	10.5	13	14.5	14	13	13.5	13.5	13.5	11	8
46	1990	9.5	9.5	14.5	15	15.5	14	13.5	14	26	13.5	11	10
47	1991	9	8.5	12	13.5	13.5	13	13.5	13	13	12.5	10.5	12.5
48	1992	11	9.5	13.5	14	14	14	13	13	13	12.5	12	13
49	1993	12.5	11.5	13.5	14.5	14	14.5	13	13.5	13.5	14	12	11
50	1994	8.82	9.4	12.39	11.59	11.1	14	13	13	14	14	12	11
51	1995	11	12	12	12	15	13.5	14	14	12.5	11	10	11.5
52	1996	8	12	15	15	13.5	14	14	14	14	12.5	12.5	12.5
53	1997	11	14	14.5	14	15	16.5	15	16	14.5	14	13	12.5
54	1998	11	12	12	18	17	18	15.5	15.5	16	15	13	10
55	1999	7	12	12.5	18	16.5	15	13.5	15	15	14	13	9.5
56	2000	11.5	12	13	15	15	15.5	14.5	15	15.5	15.5	13.5	10.5
57	2001	9.5	11.5	13	15	16	15	15.5	15.5	16	14	12	10.5
58	2002	10	11.5	13	16	17	16	16	16	16	15	15	11
59	2003	12	14	14	15	16.5	16	16	17.1	18	16	13.6	9.9
60	2004	9.5	11.5	15	16.5	15.5	16	16	18.2	15.5	16	14.4	11.4
61	2005	10	12	12	14.5	15.5	17	17	16.5	16	16	13.7	12.2
62	2006	11.2	14	13.3	15.2	15.6	16	16	15	15.5	15	12.9	10.1
63	2007	13	11.4	13.7	15.2	13.6	17.4	14.8	16	15.5	14.6	12.8	12.3
64	2008	10.8	13.3	13.6	15.3	16.1	14.1	15	18.03	16.7	15.2	10.6	14.8
65	2009	12.3	13.7	13.8	15.3	16.4	16.4	16.3	15.4	16.4	16.1	12.4	13.7
66	2010	14.6	13	14.5	15.8	17.6	17	16.1	16.1	15.7	14.3	10.6	8.4
67	2011	14.8	14.4	13.4	15.4	17	15.8	14.6	18.6	15.2	14.7	13.4	8.9
68	2012	11.3	13.7	12.4	14.8	15.3	16.6	14.9	15.3	15.3	14.9	14.3	11.6
69	2013	13.1	12.7	12.4	15.8	15.4	15.5	15.4	15.3	16.4	15.4	12.7	11.7
70	2014	12.6	13	13.5	15.6	15.4	16	15.4	15.4	16.2	14.5	13.2	11.8
71	2015	11.6	12.4	14.9	15.7	15.1	15.4	14.8	15.6	15.9	14.6	15.3	10.4
72	2016	12.4	12.4	15.2	16	17.7	15.7	15.4	15.1	16.2	15.1	15.1	13.4
73	2017	12.3	12.5	13	17.7	17.3	16.9	14.8	16.2	16.4	15.1	13	12.3
74	2018	9.8	12.5	13.1	14.2	15.9	16.4	14.6	15.4	15.3	12.03	7.87	7.14

DC40													
Días consecutivos mayores o iguales a 40 °C													
Número de días consecutivos en que la TX ≥ 40°C													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DTR													
Rango diurno de temperatura													
Media anual de ka diferencia entre TX y TN													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	20.23	21.06	20.48	19	18.97	16.17	12.9	14.16	13.77	13.61	10.92	16.29
2	1922	17.03	18.15	16.68	17.9	15.42	11.19	12.74	11.97	9.23	14.16	10.85	15.1
3	1923	13.52	17.55	15.81	15.17	17.81	13.14	13.29	13.26	14.22	12.77	17.3	20.74
4	1924	18.42	19.53	22.74	19.96	17.48	12.45	12.1	13.19	10.25	15.59	19.11	19.32
5	1925	20.03	19.87	18.1	18.61	16.9	11.83	12.45	12.42	9.99	13.23	14.1	13.97
6	1926	16.74	20.92	17.35	16	15.73	11.9	11.82	11.15	9.72	13.84	17.85	19.31
7	1927	19.37	17.16	20.05	19.1	17.79	12.55	13.05	11.92	10	13.65	18.62	18.88
8	1928	17.74	20.3	19.57	21.83	18.03	19.19	14.33	15.06	11.48	15.08	16.06	21.24
9	1929	22.04	24.24	22.8	22.63	18.72	15.75	13.62	13.79	13.31	17.57	18.8	20.12
10	1954	18.97	17.51	10.9	16.41	16.84	13.39	11.61	13.5	9.44	10.29	16.83	17.37
11	1955	19.5	18.06	18.77	16.52	18.13	14.42	10	10.37	10.14	12.65	16.47	16.01
12	1956	19.69	19.92	20.19	16.25	14.17	13.55	12.91	11.18	11.15	13.61	14.63	16.35
13	1957	20.09	19.13	16.6	15.7	16.68	13.22	12.08	10.76	11.78	13.9	13.94	17.27
14	1958	18.62	15.81	12.74	14.75	14.76	12.16	12.74	12.41	12.9	13.03	13.31	14.95
15	1959	13.56	12.65	13.63	13.07	12.84	13.6	12.89	13.16	12.32	11.98	9.87	11.66
16	1960	10.89	9.77	14.94	15.81	16.14	15.31	15.61	10.21	10.49	11.87	12.41	14.55
17	1961	20.03	22.32	20.82	20.75	19.34	10.32	10.34	11.79	11.17	15.03	16.25	18.79
18	1962	22.87	23.67	22.19	17.5	18.18	15.77	14.34	13.82	12.28	15.66	19.95	17.26
19	1963	22.34	24.08	20.58	20.49	16.52	12.85	11.74	13.05	11	10.94	18.51	17.47
20	1964	17.1	22.3	19.69	21.21	17.27	12.23	12.56	15.53	12.75	17.32	17.76	19.15
21	1965	21.97	20.46	22.5	20.45	18.32	14.33	12.55	11.79	14.39	14.61	20.88	19.15
22	1966	20.68	18.23	17.16	13.66	16.71	17.84	15.32	13.74	13.38	14.55	19.28	21.53
23	1967	19.44	21.98	21.29	20.12	17.13	14.51	13.44	13.03	10.38	14.9	19.97	18.89
24	1968	22.21	21.63	21.85	17.97	16.03	13.19	11.47	12.55	11.87	14.5	19.77	16.81
25	1969	22.31	20.87	18.88	21.43	19.05	16.3	12.73	10.32	8.91	14.15	17.21	18.48
26	1970	19.16	15.85	17.27	16.73	16.31	10.24	8.87	9.73	8.4	14.03	19.6	19.9
27	1971	17.52	19.08	16.29	15.95	13.15	9.31	8.76	8.66	9.06	11.1	16.74	16.79
28	1972	18.03	19.09	19.15	19.2	16.11	13.25	11.39	12.21	13.68	15.45	17.86	21.76
29	1973	25.34	23.15	22.55	17.2	16.29	15.04	11.95	11.73	13.75	14.27	16.85	20.71
30	1974	24.45	19.88	20.6	19.1	18.06	11.32	12.4	15	13.99	14.27	18.18	18.15
31	1975	15.9	20.56	20.37	20.59	15.53	13.63	14.06	12.58	13.23	13	18.66	19.82
32	1976	18.13	21.75	19.06	16.71	16	13.55	12.52	13	13.57	12.56	11.89	15.42
33	1977	18.84	19.56	22.16	17.47	16.53	13.55	12.82	13.92	14.08	15.35	16.82	17.42
34	1978	22.1	19.65	19.28	21.77	19.5	11.69	13.21	12.79	12.21	11.42	16.2	17.98
35	1979	21.39	18.08	20.16	19.17	18.35	13.23	12.69	10.73	10.18	18.13	16.79	16.24
36	1980	18.1	18.61	20.11	17.44	15.47	14.08	12.87	11.18	9.81	13.52	16.35	17.29
37	1981	15.89	17.14	17.15	15.43	14.53	10.3	11.2	11.65	10.75	12.19	17.76	16.5
38	1982	18.47	16.66	18.47	18.03	14.9	15.68	13.79	14.27	12.58	14.06	17.09	18.55
39	1983	15.03	18.68	20.44	19.27	15.98	15.77	12.32	12.37	11.32	13.29	14.4	16.21
40	1984	18.05	17.07	18.65	19.63	16.32	14.18	12.31	13.27	10.28	15.66	17.71	15.81
41	1985	17.45	19.82	22.89	18.95	18.15	12.87	13.97	13.08	15.71	16.89	16.54	17.1
42	1986	16.37	21.53	23.56	19	16.97	13.42	14.21	17.03	15.03	15.82	19.28	19.61
43	1987	17.47	21.33	20.32	19.49	18.55	14.22	12.56	13.6	14.68	16.68	18.18	18.77
44	1988	20.16	20.92	19.47	19.75	19.89	16.45	17.24	13.34	15.39	15.18	18.61	16.48
45	1989	18.87	18.19	18	18.1	17.52	14.84	12.77	13.11	11.43	13.87	15.46	16.32
46	1990	16.37	15.72	16.85	16.17	17.19	14.55	11.97	12.42	11.97	13.21	15.49	15.68
47	1991	17.69	15.76	21.5	18.57	17.74	12.61	13.03	13.98	12.11	11.98	14.53	15.42
48	1992	14.06	18.14	17.34	16.99	12.77	15.97	14.24	12.68	13.02	12.26	11.23	11.6
49	1993	10.85	14.35	14.36	15.25	12.16	13.5	13.02	12.92	11.49	13.66	15.6	17.58
50	1994	10.58	15.83	13.01	15.34	12.14	13.73	14.37	12.84	12.06	13.87	16.54	17.85
51	1995	18.31	16.81	19.71	20.94	18.69	16.02	14.23	12.55	14.7	16.5	17.77	18.16
52	1996	20.5	19.46	18.97	18.91	19.03	13.96	14.4	13.53	13.4	14.31	15.71	14.79
53	1997	15.34	14.72	14.87	14.73	14.45	14.65	13.23	13.71	13.11	13.35	13.84	15.32
54	1998	16.86	18.25	19.53	17.58	17.94	16.5	12.18	11.73	9.6	9.32	13.19	14.8
55	1999	16.07	15.61	16.05	16.18	14.73	12.97	13.15	12.07	11.94	10.52	14.36	16.37
56	2000	17.23	17.07	15.81	16.07	13.84	11.39	12.05	11.23	10.9	12.39	13.13	14.48
57	2001	15.97	14.04	15.9	14.57	10.9	12.43	10.56	9.5	9.46	11.94	12.91	14.22
58	2002	16.35	14.24	16.61	14.22	11.58	10.53	8.29	9.32	7.95	12.4	12.05	12.24
59	2003	13.45	14.98	13.26	11.36	12.41	7.55	9.19	7.79	7.77	8.34	12.62	15.26
60	2004	13.02	13.77	14.63	10.31	11.69	9.87	8.49	10.16	9.56	10.5	15.43	14.35
61	2005	14.51	12.86	16.38	15.36	15.44	10.24	6.77	5.97	9.5	8.34	13.69	13.81
62	2006	15.09	14.86	15.89	14.93	13.41	10.05	7.21	8.94	8.01	8.35	11.53	15.07
63	2007	13.5	15.56	14.48	13.34	15.98	12.25	11.43	10.9	10.55	11.77	13.48	14.68
64	2008	15.31	14.15	14.55	14.12	13.5	14.17	11.04	19.36	9.29	10.81	13.83	15.65
65	2009	13.48	14.99	15.54	14.24	12.78	12.2	11.74	11.48	9.03	10.28	12.34	12.16
66	2010	11.62	13.3	15.16	13.98	14.08	12.11	9.34	9.61	9.48	12.44	15.43	15.99
67	2011	11.56	14.49	15.65	14.52	14.74	10.69	10.2	11.29	11.2	13.11	12.99	14.36
68	2012	14.19	12.58	14.79	15.04	14.63	12.02	10.57	9.6	10.23	13.61	12.38	15.76
69	2013	13.42	16.21	14.6	13.93	13.26	10.94	10.46	10.39	8.66	10.42	11.45	12.65
70	2014	13.64	14.53	13.97	13.53	11.81	9.57	10.74	10.91	9.52	10.22	12.57	12.06
71	2015	12.76	14.01	11	12.59	12.61	10.51	11.99	10.92	9.33	10.18	11.83	14.2
72	2016	12.94	14.62	12.76	13.4	13.25	10.89	10.74	10.89	9.7	10.14	11.04	13.03
73	2017	15.14	14.67	13.35	13.51	12.53	10.94	10.65	9.51	8.36	10.54	14.65	14.91
74	2018	13.86	12.51	14.45	12.81	13.13	10.22	11.63	10.07	10.14	11.77	14.35	14.1

WSDI													
Duración de los períodos cálidos													
Número de días en un año que, como mínimo, hay 6 días consecutivos con TN < percentil 90													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**GSL**

Duración de la estación de crecimiento

Número de días en un año entre la primavera racha de, como mínimo, 6 días con TG > 5°C y la primera racha después del 1 de julio con, como mínimo, 6 días con TG < 5°C

#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
2	1922	28	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
3	1923	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
4	1924	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
5	1925	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
6	1926	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
7	1927	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
8	1928	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
9	1929	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
10	1954	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	1
11	1955	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
12	1956	27	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
13	1957	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
14	1958	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
15	1959	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
16	1960	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
17	1961	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
18	1962	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
19	1963	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
20	1964	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
21	1965	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
22	1966	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	1
23	1967	30	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
24	1968	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
25	1969	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
26	1970	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
27	1971	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
28	1972	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
29	1973	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
30	1974	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
31	1975	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
32	1976	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
33	1977	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
34	1978	31	31	29	31	31	31	31	31	0	0	0	0
35	1979	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
36	1980	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
37	1981	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
38	1982	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
39	1983	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
40	1984	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
41	1985	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
42	1986	28	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
43	1987	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
44	1988	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
45	1989	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
46	1990	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
47	1991	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
48	1992	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
49	1993	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
50	1994	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
51	1995	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
52	1996	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
53	1997	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
54	1998	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
55	1999	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
56	2000	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
57	2001	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
58	2002	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
59	2003	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
60	2004	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
61	2005	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
62	2006	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
63	2007	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
64	2008	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
65	2009	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
66	2010	30	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
67	2011	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
68	2012	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
69	2013	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
70	2014	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
71	2015	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
72	2016	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
73	2017	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0
74	2018	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	0	0

## Indicadores de cambio climático relacionados con precipitación

PRCPTOT													
Precipitación total													
PPTtotal anual en días en que PPT ≥ 1 mm													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RX1Day													
Precipitación máxima en un día													
Valor máximo anual de la PPT diaria													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	30	25	50	80	64	86	75.9	0	0
2	1922	0	0	48	45	75	92.5	162.5	26.2	37.5	30	6.5	0
3	1923	0	12.5	11.5	9	0	17.5	26.5	18	8.5	19.5	0	0
4	1924	2	0	0	9.5	19	27	42	24	26.5	0	0	1
5	1925	33	0.6	8.5	13	12	25.4	44	31.5	34.5	43.5	14.5	29
6	1926	0	0	0.5	27.5	45.5	14.5	23.5	31	42	4	18	0
7	1927	0	2	3.5	6	12.5	22	21.5	37	25	11.8	9	1.5
8	1928	11.5	4	1.3	8.5	8	19	24.5	26.5	39	15	8	0
9	1929	2	0	1	0	20	37.5	27	40	17.3	36.5	5	13.5
10	1954	5	6	5.5	11	16	35	20	40	28	28.5	7.5	0
11	1955	0	5	5.5	11	20	10	38.5	29.5	36.5	32	5	5
12	1956	0	5	2	22	23	11.8	27.5	56.5	32	13.5	0	0
13	1957	3	0	0	15.5	2	5.23	45	30	15	29.5	19.5	5
14	1958	4.5	5.5	2	0.3	48	48	33.5	26	42	11.5	15	8
15	1959	3	4.5	5	8.5	28	29	21.5	28.5	32.5	18.5	10.5	0
16	1960	5	8.5	0	7.5	7.5	11.5	26.5	21.5	35	23.5	14.5	6.5
17	1961	2.5	0.4	0.5	8.6	7.2	31.2	41.9	35.5	10.8	21	5.7	3.4
18	1962	2.5	0.3	0.5	31.4	57.5	23.5	23.9	28	25.8	14.9	0.4	16
19	1963	0	0	20.6	2	24.5	27.5	37.4	19.9	24	10.4	1.6	0.9
20	1964	15.7	0	2.4	1.4	25.7	26.5	13.7	13	13.3	6.9	8.6	6.3
21	1965	1.3	17.8	2	11.1	10.6	42	25.7	21.5	21	13.3	3.6	6
22	1966	0	2.5	20	0.7	7	18	35	19	29	24	0	5
23	1967	49.5	8	4	9.5	20	22.5	27.5	28.5	24	12	3.5	4
24	1968	5	3	0	17.5	17.8	40	22	12.5	75	12.5	5	9.5
25	1969	8	0	6	4.5	9	13	29	35	53	21.5	0	0
26	1970	3	2.5	1	3.5	20	19.4	32.5	20.5	23	4.5	0.5	0
27	1971	5	0	11.9	3.8	10.5	23	17.9	35.5	17	21.7	4	9.1
28	1972	0.7	4.5	5	18	60.5	25.6	21	14.2	19.4	19.5	5.5	2
29	1973	0	3.5	3.5	7	18	13.5	22.5	43	29	15.5	25	0
30	1974	2.5	3	2.5	11.1	25	26	26.5	20	17.5	4.5	4.5	0
31	1975	19.5	0	0	43	33	22	14.5	35	31	40	0	0
32	1976	0	3.1	5.5	5	14	22	21.5	28.5	28	26.5	5	11.5
33	1977	0	1.5	1.58	4.9	14.9	33.2	20	14.2	18.3	46.2	1.2	3.7
34	1978	2.7	6.7	31	0	12.7	28.5	17	28.6	54	25.2	4.5	0
35	1979	0	5	0	4.1	20.2	22.2	20.1	18.9	27.3	0	0	9
36	1980	17.5	3	0	7.2	16.4	16.3	24.4	14.7	10.5	14.1	5.7	0
37	1981	22.8	5.8	1.3	32.3	18.5	48	52	13	15.5	22.5	11.4	2.1
38	1982	0	6.4	1.3	16.7	21	38.7	14.5	31.5	8.5	32	1	1.5
39	1983	12	3.7	6	0	7	28	29	85	20	25	7.6	40
40	1984	3	5	1	4.3	33.5	35	40	30	39	13.5	4.4	0.5
41	1985	2	5.5	2	10.1	15.5	37	31	18.9	45.3	35	2.1	0.7
42	1986	0	0	0	8.7	27.8	29.8	33.5	27.7	48.2	9	2.8	0
43	1987	0	1.5	5.5	4.7	19.2	45.3	22.1	33.5	20.3	4.6	3.5	0
44	1988	0	2.5	30.6	3	15.2	21.7	20.5	20.5	68.6	24.1	5	0
45	1989	14.8	5.2	3.5	11.7	10.3	56.5	35.5	20.5	24.5	2.5	4.2	0
46	1990	3.5	0	3.2	7.5	18.2	28.5	93	45.5	45.5	34	0	0
47	1991	6.5	0	0	3.5	8.9	42.5	57	18.7	25.5	32	22	0
48	1992	11.5	11.5	21	9.3	18	5.9	39.2	20.5	27	27	21.5	18
49	1993	18.5	0	0	11	12.5	53.5	10.8	18.5	26.6	16.3	5.3	0
50	1994	2.42	0	3.2	0	5.8	17.5	31	42.2	37.9	16.3	29.2	0
51	1995	17.3	0	5.3	10	42.2	52.5	28.6	68.3	21.5	19.8	18.5	33.2
52	1996	0	0	0	7.3	20.2	37.5	35.8	40	47.3	7	0	10.3
53	1997	0	0	9	18.5	16.7	20.5	24.3	38.5	13.8	35.5	6.4	4.5
54	1998	3.5	0	0	0	0	10	20	30.5	79.5	33.5	0	0
55	1999	0	0	18.7	13.5	4.6	23.3	18.5	28.5	51.5	22	0	0
56	2000	0	0	0	0	30	31	26	52	57	35	4	0
57	2001	2.3	3	0	37	40	52	21.5	43	30	7.7	4	2
58	2002	5	1.5	2.5	4.7	30.3	73	18	22.5	72.8	61	17.8	0
59	2003	0	0	0	9.5	2	40	20	30.4	22.4	14.3	0.6	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	29	24.8	18.1	11.8	0	0.3
61	2005	7	11.6	9.1	11.4	11.8	36	29.7	24.2	28	26.5	21.1	3
62	2006	10.4	76.4	13.3	15.2	15.6	25.5	70.3	39.6	58	18	44.7	0
63	2007	13.6	65.3	64.2	108.4	211.8	157.5	255.4	415.6	283.9	79.5	0	2.6
64	2008	0	0.75	5.07	4.56	46.23	18.97	42.4	18.03	14.98	2.79	13.8	0
65	2009	5.6	14.7	5.2	1.1	30.3	6.5	7.2	12.5	35.7	17.7	3.3	0
66	2010	16	41.62	0.25	4.07	13.97	0	42.14	43.17	33.02	8.89	0	0
67	2011	18.03	0	26.17	31.25	9.66	0	20.82	489.71	9.9	263.91	1.77	0
68	2012	0	0	0	0.75	2.28	69.84	44.44	23.87	40.64	7.37	14.46	0
69	2013	0.5	3.54	1	17.78	18.3	29.46	4	27.42	44.93	30.76	16.25	1.02
70	2014	0	1.4	3.8	18.4	21.2	26.8	16.8	31.6	7.8	14.8	4	0
71	2015	0	5.4	8.4	11.2	17.2	23.8	8	6.4	10.2	5.4	1.8	0
72	2016	6.8	0.2	38	4	12.6	16.2	13.6	18	25.4	11.6	12.6	2.4
73	2017	0	0	5.8	2.8	12.2	0.2	0	15	23.8	3	0	0
74	2018	0	0.8	9.4	41	10.4	14.2	16.6	0.2	17.2	0	0	0

RX5Day													
Presipitación máxima en 5 días													
Máxima anual de la PPT registrada en 5 días consecutivos													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	30	43	83	133	87.2	142	94	0	0
2	1922	0	0	57	99	112	167.5	205	62.2	93.1	68.7	10.2	0
3	1923	0	38.2	16.7	19.9	0	36.1	52.5	39.5	18	33	0	0
4	1924	3	0	0	9.5	41	48	68	41.5	68.5	0	0	1
5	1925	47.5	0.9	17.5	15.5	22.5	62.4	54.5	44.5	67	47	17	29
6	1926	0	0	0.5	47	46.5	29.8	55.2	57	70	5.5	18	0
7	1927	0	2	6.5	9	33.5	33.5	47.5	64	48	16.8	12.5	1.5
8	1928	26	6.5	3.11	13.5	15.5	20	35	53	70.5	21.5	13.5	0
9	1929	2	0	1	0	23.2	56	52.9	49.5	33.3	36.5	5.2	13.5
10	1954	5	6	7.8	21	24.5	70.5	55	50	53	48.5	13.5	0
11	1955	0	15.5	5.5	21	43	19	95.5	73.3	108.5	75	5	5
12	1956	0	5	2	33	53	21.8	50	81.5	79	25	0	0
13	1957	5	0	0	33.7	2	17.99	85	57	34	37	35	12.5
14	1958	7.5	13	2	0.3	88	78.5	74	75.5	89	28.2	23.5	15.5
15	1959	6	4.5	8	16	55.5	85	55	69	64	29	21	0
16	1960	13	23	0	19	11.5	29.5	84	61.5	75	50	30.5	14
17	1961	2.5	0.4	0.5	16.4	7.2	40.6	85.3	63.7	24	21.5	5.7	3.4
18	1962	2.5	0.3	0.6	62.9	57.5	37.4	31.8	43.3	41	23.9	0.4	16
19	1963	0	0	24	2.88	49.4	46.4	64.8	53.4	53.2	24.7	3	0.9
20	1964	19	0	2.4	1.4	68.3	44.78	38.3	23	29.1	9.7	8.8	6.3
21	1965	1.3	19.4	2	28.56	12.7	83.5	40.2	50.3	31.8	25.2	3.6	6.5
22	1966	0	2.5	26	0.8	12	33.5	93	34	52	28	0	5
23	1967	80	18	4	13.5	40.5	61.5	58.5	72.5	46.5	17.9	4.2	7
24	1968	5	5.5	0	28.2	20	89.5	73.5	26.4	126	12.5	5	16
25	1969	23.5	0	10	9	9	34.5	73	76.5	97.5	21.5	0	0
26	1970	3	6	1	7	31.5	38	80.1	42.1	48.2	8.5	0.5	0
27	1971	7.5	0	19.9	7.2	11.7	56	41.2	46.6	41.54	29.8	4.3	9.6
28	1972	0.7	8.5	6	21.6	71.5	51.7	39.8	34.2	33	25	8	2
29	1973	0	5.04	5.5	7.8	25.7	18.5	45	52	48.5	25.5	25	0
30	1974	2.5	3	5.5	21.2	34	50.5	57.5	28	28.6	4.5	7.5	0
31	1975	31	0	0	43	45	51.5	32	62	42.5	41	0	0
32	1976	0	6.1	5.5	9	21	25	32	55.5	62	57.5	9	21.5
33	1977	0	1.5	4	13.5	30.1	44.4	30.7	20.9	31.1	58.4	1.3	5.7
34	1978	2.7	8.2	40	0	12.7	30.4	40.2	39.4	123.2	52.4	4.5	0
35	1979	0	9.4	0	6.3	54	31.7	39.2	56.6	60.3	0	0	15.4
36	1980	33.5	5.52	0	8.2	30.7	31.8	42.2	26.7	18.8	23.1	12.7	0
37	1981	23.4	7	1.6	33.2	28	73.6	71.5	38	28.9	34.3	11.4	2.7
38	1982	0	8.5	1.3	23.7	38.2	51.84	36	44.5	11.8	32.8	1	1.5
39	1983	12	3.7	6	0	7.7	58.5	49.5	111.5	39.5	35	7.6	40
40	1984	3	7.5	1	6.3	49.7	59.5	89.5	46	93	26.8	4.4	0.5
41	1985	2	8.18	3	28.1	34.4	82.8	49.6	52.4	50.5	43.3	2.64	0.7
42	1986	0	0	0	12.16	58.1	48.64	46.4	42.1	49.8	12.9	3.6	0
43	1987	0	1.5	5.5	6.7	34.2	88.7	54.9	50.8	44.4	5.1	3.8	0
44	1988	0	2.5	30.7	3	35.5	63.1	36.8	25.1	96.5	32.3	6	0
45	1989	14.8	5.2	3.6	13	20	68.2	60.7	26.9	38.4	2.5	5.8	0
46	1990	5	0	4.4	15.4	36.2	42.2	110.9	78.7	78.7	63.8	0	0
47	1991	6.5	0	0	3.6	19.1	71.5	96	33.5	53.9	65	33.5	0
48	1992	25.1	11.5	22	16.8	40.5	5.9	83	31.8	52.8	62.8	36.5	20.5
49	1993	27.5	0	0	14.5	29.2	85.3	31.3	32.1	46.1	20.3	5.3	0
50	1994	7.6	0	3.2	0	15.42	36.3	54.8	90.5	52.1	20.3	29.2	0
51	1995	17.3	0	5.3	21.3	45.3	106.8	70.9	112.4	22.3	38.2	41.8	54.7
52	1996	0	0	0	14.1	31.7	87.3	66.2	45.6	63.2	11.8	0	11.8
53	1997	0	0	24	28.3	28.8	35	53.8	56.4	36.96	55.3	6.4	4.5
54	1998	6.5	0	0	0	0	21.3	37.2	61.7	139	46.2	0	0
55	1999	0	0	22.74	18.5	4.9	41	31.7	60.2	69.88	38.36	0	0
56	2000	0	0	0	0	78.3	57.1	39.58	87.6	85.5	39	5	0
57	2001	2.3	4.5	0	46.7	55	52	40.5	63	76	27.9	4.8	2
58	2002	5	2.5	3.7	7.2	30.3	74.5	48.3	29	105.1	87	29.3	0
59	2003	0	0	0	13.5	2	67.7	52	51.6	22.4	14.3	0.6	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	46	49.5	32.4	22.5	0	0.3
61	2005	20.2	26.4	24.3	33.1	34.3	94.3	64.7	47.2	46.2	57.7	21.1	3
62	2006	35.5	84.17	49.4	54.6	57.2	37.16	89.3	73.9	84	30.5	44.7	0
63	2007	13.6	82.6	154.4	108.4	275.7	402.2	533	453.9	523.8	121	0	2.9
64	2008	0	1.08	5.07	15.71	58.15	37.41	53.35	42.9	27.16	4.81	14.1	0
65	2009	16.2	17.48	5.2	2.1	43.2	13.8	9.8	29.4	103.2	20.7	3.3	0
66	2010	31.2	41.62	0.25	5.34	21.34	0	76.9	54.09	39.37	19.55	0	0
67	2011	42.9	0	48.01	79.25	24.9	0	25.88	922.05	10.15	508.77	2.02	0
68	2012	0	0	0	1.25	3.29	84.77	68.27	44.17	56.88	14.96	17	0
69	2013	1	3.79	1.5	18.03	27.41	73.14	7.4	39.6	76.43	48.02	22.08	1.02
70	2014	0	1.4	3.8	21.6	26.2	36	18.6	46.4	22.2	35.8	4	0
71	2015	0	6	16.8	18	26.8	30.48	19.4	17.2	10.4	5.6	1.8	0
72	2016	7	0.35	42.2	11.8	18.8	28.6	27	25.4	61.8	16.8	33.8	2.4
73	2017	0	0	7.6	6	25.6	0.2	0	44	35.2	3	0	0
74	2018	0	1.38	15	42	17.8	21.6	30	0.4	22.6	0	0	0

R10mm													
Días con lluvia mayor a 10 mm													
Número anual de días en que PPT ≥ 10 mm													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	2	3	5	10	4	6	5	0	0
2	1922	0	0	1	3	6	6	5	8	11	3	0	0
3	1923	0	2	1	0	0	6	5	2	0	1	0	0
4	1924	0	0	0	0	2	9	7	5	6	0	0	0
5	1925	2	0	0	1	2	5	4	4	7	3	2	2
6	1926	0	0	0	4	1	4	6	5	9	0	1	0
7	1927	0	0	0	0	2	4	5	3	5	1	0	0
8	1928	2	0	0	0	0	1	5	7	6	1	0	0
9	1929	0	0	0	0	2	5	4	7	3	1	0	1
10	1954	0	0	0	1	3	3	5	7	7	3	0	0
11	1955	0	0	0	1	5	1	9	9	11	9	0	0
12	1956	0	0	0	1	5	2	6	9	12	2	0	0
13	1957	0	0	0	2	0	0	9	11	4	4	4	0
14	1958	0	0	0	0	4	12	14	13	11	1	1	0
15	1959	0	0	0	0	4	9	5	6	4	2	1	0
16	1960	0	0	0	0	0	3	8	7	10	5	1	0
17	1961	0	0	0	0	0	3	5	5	3	1	0	0
18	1962	0	0	0	3	3	3	1	7	5	1	0	1
19	1963	0	0	1	0	4	2	6	4	4	1	0	0
20	1964	1	0	0	0	5	6	4	1	3	0	0	0
21	1965	0	1	0	1	1	4	4	11	3	1	0	0
22	1966	0	0	1	0	0	4	11	3	2	2	0	0
23	1967	3	0	0	0	3	10	5	9	6	3	0	0
24	1968	0	0	0	2	2	8	9	2	4	1	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	4	7	9	3	2	0	0
26	1970	0	0	0	0	1	5	9	2	5	0	0	0
27	1971	0	0	1	0	1	8	6	6	6	1	0	0
28	1972	0	0	0	1	5	3	3	5	3	1	0	0
29	1973	0	0	0	0	2	1	7	3	4	2	1	0
30	1974	0	0	0	1	2	8	8	3	2	0	0	0
31	1975	1	0	0	1	5	7	4	4	3	3	0	0
32	1976	0	0	0	0	2	2	6	8	11	8	0	2
33	1977	0	0	0	0	3	2	2	1	3	1	0	0
34	1978	0	0	1	0	1	2	4	4	7	3	0	0
35	1979	0	0	0	0	4	3	3	5	6	0	0	0
36	1980	1	0	0	0	2	3	3	1	2	2	0	0
37	1981	1	0	0	1	1	5	6	3	2	2	1	0
38	1982	0	0	0	1	4	3	4	4	0	2	0	0
39	1983	1	0	0	0	0	5	7	5	5	3	0	1
40	1984	0	0	0	0	2	6	10	7	6	2	0	0
41	1985	0	0	0	1	3	8	3	5	4	1	0	0
42	1986	0	0	0	0	2	10	5	4	4	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	3	5	6	7	4	0	0	0
44	1988	0	0	1	0	1	8	4	3	4	1	0	0
45	1989	1	0	0	1	1	5	9	4	5	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	5	1	7	6	6	4	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	7	5	2	4	5	1	0
48	1992	1	1	1	0	3	0	10	6	7	10	2	1
49	1993	1	0	0	1	2	7	2	2	5	2	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	5	7	7	4	2	1	0
51	1995	1	0	0	1	1	8	4	6	2	1	2	4
52	1996	0	0	0	0	1	6	4	6	9	0	0	1
53	1997	0	0	0	2	2	3	7	5	3	3	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	1	3	10	14	4	0	0
55	1999	0	0	1	1	0	2	3	9	3	3	0	0
56	2000	0	0	0	0	6	5	6	11	4	2	0	0
57	2001	0	0	0	3	4	4	6	4	10	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	1	5	11	2	9	2	1	0
59	2003	0	0	0	0	0	8	7	7	1	2	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	4	2	5	1	0	0
61	2005	0	1	0	3	3	7	8	6	2	2	2	0
62	2006	2	7	18	26	27	3	7	13	6	1	2	0
63	2007	1	1	3	2	10	12	13	18	12	6	0	0
64	2008	0	0	0	0	1	1	4	5	3	0	1	0
65	2009	0	1	0	0	1	0	0	1	8	1	0	0
66	2010	1	1	0	0	1	0	6	3	2	0	0	0
67	2011	5	0	4	8	0	0	1	5	0	3	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	2	4	6	4	0	1	0
69	2013	0	0	0	1	3	3	0	5	5	3	1	0
70	2014	0	0	0	1	3	3	2	1	0	2	0	0
71	2015	0	0	0	1	1	3	0	0	1	0	0	0
72	2016	0	0	1	0	1	5	2	2	4	1	2	0
73	2017	0	0	0	0	2	0	0	2	4	0	0	0
74	2018	0	0	0	2	1	1	1	0	1	0	0	0

R20mm													
Días con lluvia mayor a 20 mm													
Número anual de días en que PPT ≥ 20 mm													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	2	1	1	7	4	6	4	0	0
2	1922	0	0	1	3	4	5	3	4	4	2	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	3	2	2	3	0	0	0
5	1925	1	0	0	0	0	2	2	2	3	2	0	2
6	1926	0	0	0	1	1	0	2	3	3	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	1	2	2	5	0	1	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	2	1	1	3	2	0	0
11	1955	0	0	0	0	1	0	5	3	3	2	0	0
12	1956	0	0	0	1	1	0	1	4	2	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	4	4	0	1	0	0
14	1958	0	0	0	0	3	4	4	3	5	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	2	3	1	1	1	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	3	1	4	1	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	1	3	2	0	1	0	0
18	1962	0	0	0	2	2	1	1	2	1	0	0	0
19	1963	0	0	1	0	1	1	3	0	2	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0
22	1966	0	0	1	0	0	0	2	0	2	2	0	0
23	1967	2	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	5	4	0	2	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	5	4	2	1	0	0
26	1970	0	0	0	0	1	0	4	1	2	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	0
28	1972	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	1	0
30	1974	0	0	0	0	1	2	3	1	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	1	2	1	0	1	1	2	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
34	1978	0	0	1	0	0	1	0	2	4	2	0	0
35	1979	0	0	0	0	2	1	1	0	2	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
37	1981	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
38	1982	0	0	0	0	1	1	0	2	0	1	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	1
40	1984	0	0	0	0	1	1	5	2	1	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	4	1	0	1	1	0	0
42	1986	0	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	4	1	2	1	0	0	0
44	1988	0	0	1	0	0	1	1	1	2	1	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	3	4	1	1	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	3	3	0	3	3	1	0
48	1992	0	0	1	0	0	0	3	2	2	2	1	0
49	1993	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	1	0
51	1995	0	0	0	0	1	4	1	3	1	0	0	4
52	1996	0	0	0	0	1	3	2	3	3	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	1	2	2	0	1	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	1	4	7	2	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	1	0	3	1	2	0	0
56	2000	0	0	0	0	2	1	1	2	3	2	0	0
57	2001	0	0	0	1	2	1	3	1	3	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	1	3	0	1	4	2	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	3	1	3	1	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	2	4	2	1	2	1	0
62	2006	0	1	0	0	0	1	3	5	2	0	2	0
63	2007	0	1	3	2	7	12	10	14	10	4	0	0
64	2008	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0
66	2010	0	1	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0
67	2011	0	0	1	1	0	0	1	5	0	3	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	2	0	2	2	1	0	0
70	2014	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
74	2018	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Rnn 50mm													
Días con precipitación mayor a 50mm													
Número anual de días en que PPT ≥ 50 mm													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	3	1	2	2	0	0
2	1922	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
63	2007	0	1	2	1	5	7	6	8	9	1	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R95p													
Días muy húmedos													
PPT total anual (en días en que PPR≥1 mm) cuando PPT diaria acumulada es superior al percentil 95													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	30	25	50	80	64	86	75.9	0	0
2	1922	0	0	48	45	75	92.5	162.5	26.2	37.5	30	6.5	0
3	1923	0	12.5	11.5	9	0	17.5	26.5	18	8.5	19.5	0	0
4	1924	2	0	0	9.5	19	27	42	24	26.5	0	0	1
5	1925	33	0	8.5	13	12	25.4	44	31.5	34.5	43.5	14.5	29
6	1926	0	0	0	27.5	45.5	14.5	23.5	31	42	4	18	0
7	1927	0	2	3.5	6	12.5	22	21.5	37	25	11.8	9	1.5
8	1928	11.5	4	1.3	8.5	8	19	24.5	26.5	39	15	8	0
9	1929	2	0	1	0	20	37.5	0	40	17.3	36.5	5	13.5
10	1954	5	6	5.5	11	16	35	20	40	28	28.5	7.5	0
11	1955	0	5	5.5	11	20	10	38.5	29.5	36.5	32	5	5
12	1956	0	5	0	22	23	11.8	27.5	56.5	32	13.5	0	0
13	1957	3	0	0	15.5	2	5.23	45	0	0	29.5	19.5	5
14	1958	4.5	5.5	2	0	48	48	33.5	26	42	11.5	15	8
15	1959	3	4.5	5	8.5	28	29	21.5	28.5	32.5	18.5	10.5	0
16	1960	5	8.5	0	0	7.5	0	26.5	21.5	35	23.5	14.5	6.5
17	1961	2.5	0	0	8.6	7.2	31.2	41.9	35.5	0	21	5.7	3.4
18	1962	2.5	0	0	31.4	57.5	23.5	23.9	28	25.8	14.9	0	16
19	1963	0	0	20.6	2	24.5	27.5	37.4	19.9	24	10.4	1.6	0
20	1964	15.7	0	2.4	1.4	25.7	26.5	13.7	13	13.3	6.9	8.6	6.3
21	1965	1.3	17.8	2	11.1	10.6	42	25.7	21.5	21	13.3	3.6	6
22	1966	0	2.5	20	0	7	18	35	19	29	24	0	5
23	1967	49.5	8	4	9.5	20	22.5	27.5	28.5	24	0	3.5	4
24	1968	5	3	0	17.5	17.8	0	22	12.5	75	12.5	5	9.5
25	1969	8	0	6	4.5	9	13	29	35	53	21.5	0	0
26	1970	3	2.5	1	3.5	20	19.4	32.5	20.5	23	4.5	0	0
27	1971	5	0	11.9	3.8	10.5	23	17.9	35.5	17	21.7	4	9.1
28	1972	0	4.5	5	18	60.5	25.6	21	14.2	19.4	19.5	5.5	2
29	1973	0	3.5	3.5	7	18	13.5	22.5	43	29	15.5	25	0
30	1974	2.5	3	2.5	11.1	25	26	26.5	20	17.5	4.5	4.5	0
31	1975	19.5	0	0	43	33	22	14.5	35	31	40	0	0
32	1976	0	3.1	5.5	5	14	22	21.5	28.5	28	26.5	5	11.5
33	1977	0	1.5	1.58	4.9	14.9	33.2	20	14.2	18.3	46.2	1.2	3.7
34	1978	2.7	6.7	31	0	12.7	28.5	17	28.6	54	25.2	4.5	0
35	1979	0	5	0	4.1	20.2	22.2	20.1	18.9	27.3	0	0	9
36	1980	17.5	3	0	7.2	16.4	16.3	24.4	14.7	10.5	14.1	5.7	0
37	1981	22.8	5.8	1.3	32.3	18.5	48	52	0	15.5	22.5	11.4	2.1
38	1982	0	6.4	1.3	16.7	21	38.7	14.5	31.5	8.5	32	1	1.5
39	1983	12	3.7	6	0	7	28	29	85	20	25	7.6	40
40	1984	3	5	1	4.3	33.5	35	40	30	39	13.5	4.4	0
41	1985	0	5.5	2	10.1	0	37	31	18.9	45.3	35	2.1	0
42	1986	0	0	0	8.7	27.8	29.8	33.5	27.7	48.2	9	2.8	0
43	1987	0	1.5	5.5	4.7	19.2	45.3	22.1	33.5	20.3	4.6	3.5	0
44	1988	0	2.5	30.6	3	15.2	21.7	20.5	20.5	68.6	24.1	5	0
45	1989	14.8	5.2	3.5	11.7	10.3	56.5	35.5	20.5	24.5	2.5	4.2	0
46	1990	3.5	0	3.2	7.5	18.2	28.5	93	45.5	45.5	34	0	0
47	1991	6.5	0	0	3.5	8.9	42.5	57	18.7	25.5	32	22	0
48	1992	11.5	11.5	21	9.3	18	5.9	39.2	20.5	27	27	21.5	18
49	1993	18.5	0	0	11	12.5	53.5	10.8	18.5	26.6	16.3	5.3	0
50	1994	2.42	0	3.2	0	5.8	17.5	31	42.2	37.9	16.3	29.2	0
51	1995	17.3	0	5.3	10	42.2	52.5	28.6	68.3	21.5	19.8	18.5	33.2
52	1996	0	0	0	7.3	20.2	37.5	35.8	40	47.3	7	0	10.3
53	1997	0	0	9	18.5	16.7	20.5	24.3	38.5	13.8	35.5	6.4	4.5
54	1998	3.5	0	0	0	0	10	20	30.5	79.5	33.5	0	0
55	1999	0	0	18.7	13.5	4.6	23.3	18.5	28.5	51.5	22	0	0
56	2000	0	0	0	0	30	31	26	52	57	35	4	0
57	2001	2.3	0	0	37	40	52	21.5	43	30	7.7	4	2
58	2002	5	1.5	2.5	4.7	30.3	73	18	22.5	72.8	61	17.8	0
59	2003	0	0	0	9.5	2	40	20	30.4	22.4	14.3	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	29	24.8	18.1	11.8	0	0
61	2005	7	11.6	9.1	11.4	11.8	36	29.7	24.2	28	26.5	21.1	3
62	2006	10.4	76.4	13.3	15.2	15.6	25.5	70.3	39.6	58	18	44.7	0
63	2007	13.6	65.3	64.2	108.4	211.8	157.5	255.4	415.6	283.9	79.5	0	2.6
64	2008	0	0	5.07	0	46.23	18.97	42.4	18.03	14.98	2.79	13.8	0
65	2009	0	14.7	5.2	1.1	30.3	6.5	7.2	12.5	35.7	17.7	3.3	0
66	2010	16	41.62	0	4.07	13.97	0	42.14	43.17	33.02	8.89	0	0
67	2011	18.03	0	26.17	31.25	9.66	0	20.82	489.71	9.9	263.91	1.77	0
68	2012	0	0	0	0	2.28	69.84	44.44	23.87	40.64	7.37	14.46	0
69	2013	0	3.54	1	17.78	18.3	29.46	4	27.42	44.93	30.76	16.25	1.02
70	2014	0	1.4	3.8	18.4	21.2	26.8	16.8	31.6	7.8	14.8	4	0
71	2015	0	5.4	8.4	11.2	17.2	23.8	8	6.4	10.2	5.4	1.8	0
72	2016	6.8	0	38	0	12.6	16.2	13.6	18	25.4	11.6	12.6	2.4
73	2017	0	0	5.8	2.8	0	0	0	0	23.8	3	0	0
74	2018	0	0	9.4	41	10.4	14.2	16.6	0	17.2	0	0	0

R99p													
Días Extremadamente húmedos													
PPT total anual (en días en que PPR≥1 mm) cuando PPT diaria acumulada es superior al percentil 99													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

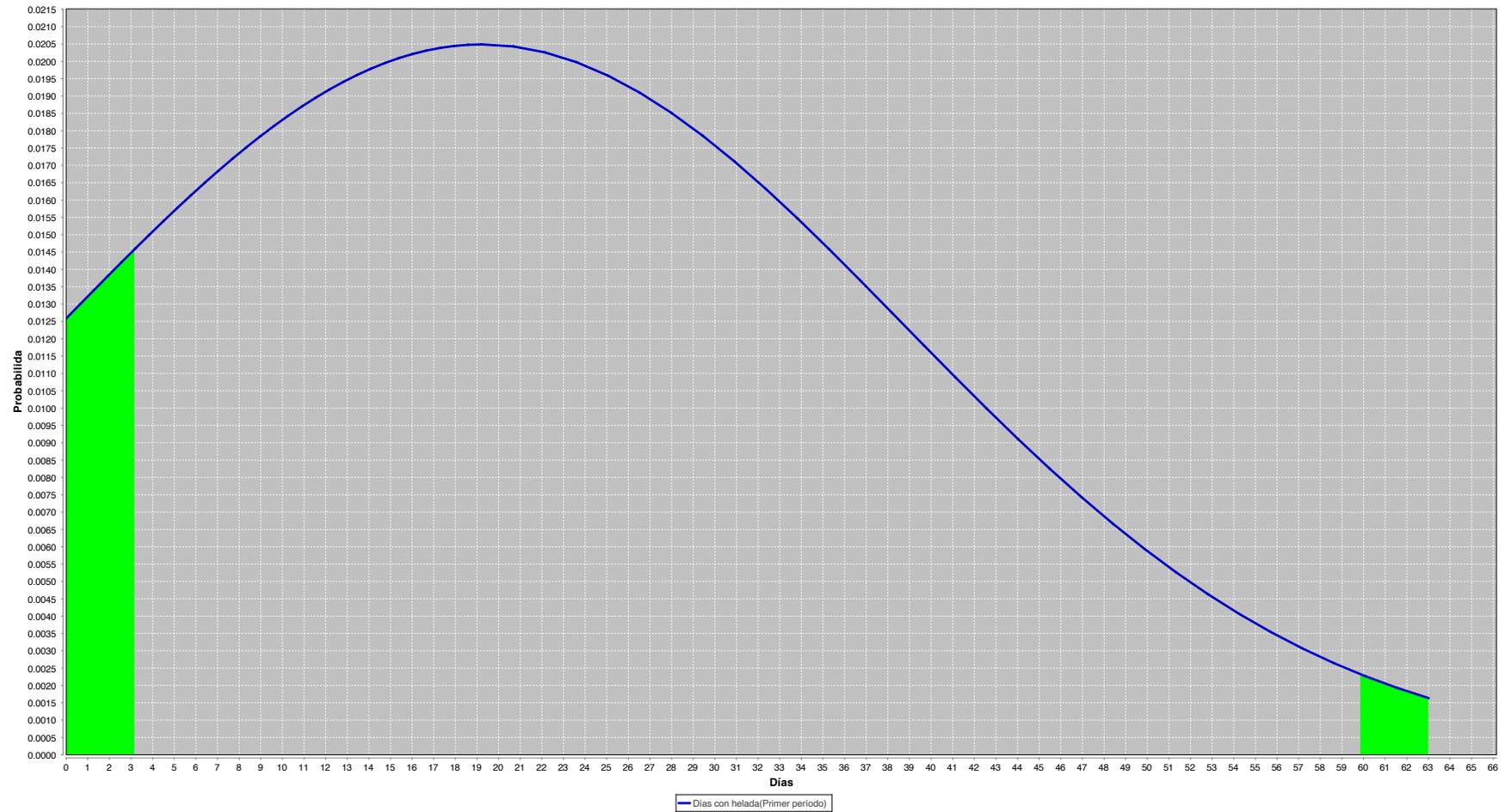
CCD													
Días secos consecutivos													
Máximo número en un año de días consecutivos con PPT < 1mm													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	31	31	31	11	26	9	5	16	12	11	31	31
2	1922	31	31	17	21	12	7	4	13	6	17	18	31
3	1923	31	17	24	9	31	2	3	3	8	15	31	31
4	1924	24	31	31	18	14	3	6	4	3	31	31	21
5	1925	20	31	17	11	8	5	3	7	3	8	12	16
6	1926	31	31	31	18	11	5	3	1	2	19	27	31
7	1927	31	24	26	23	13	4	4	4	5	10	15	20
8	1928	21	18	30	19	8	7	2	3	6	6	19	31
9	1929	26	31	20	31	9	12	3	4	5	19	29	29
10	1954	24	17	12	8	8	5	10	4	4	18	26	31
11	1955	31	21	27	8	8	7	6	2	3	3	15	16
12	1956	31	19	21	12	10	5	5	6	3	18	31	31
13	1957	17	31	31	11	27	0	3	2	4	4	4	24
14	1958	17	26	28	31	6	5	3	2	1	7	5	16
15	1959	26	23	17	7	8	4	6	3	6	9	10	31
16	1960	19	18	31	7	13	8	5	4	6	4	9	11
17	1961	19	31	31	25	14	6	4	5	6	17	26	19
18	1962	15	31	31	13	20	7	5	4	6	9	31	13
19	1963	31	31	19	22	12	7	3	12	4	11	21	31
20	1964	24	31	29	29	13	7	3	7	4	16	8	30
21	1965	20	19	28	23	8	9	4	2	4	10	27	27
22	1966	31	20	21	31	19	9	2	4	10	10	31	15
23	1967	20	25	21	11	6	8	2	4	4	10	29	29
24	1968	14	15	31	8	7	4	4	3	7	12	19	14
25	1969	25	31	29	15	15	9	6	3	8	8	31	31
26	1970	26	20	30	24	9	5	2	3	6	14	31	31
27	1971	17	31	17	25	19	9	3	6	4	19	23	30
28	1972	31	24	11	8	9	7	2	5	3	8	15	18
29	1973	31	26	29	17	9	6	4	3	5	7	10	31
30	1974	17	22	15	14	15	6	2	6	7	16	17	31
31	1975	19	31	31	18	6	2	4	5	13	9	31	31
32	1976	31	29	30	10	7	7	3	2	2	4	10	11
33	1977	31	23	28	11	8	8	5	5	7	11	20	19
34	1978	22	21	14	31	11	3	2	4	7	12	15	31
35	1979	31	11	31	11	11	7	5	6	12	31	31	27
36	1980	21	26	31	9	12	13	5	6	5	14	26	31
37	1981	16	13	15	12	15	2	5	4	5	11	18	24
38	1982	31	24	30	10	5	9	4	6	8	19	28	28
39	1983	12	13	18	31	13	16	6	10	2	9	22	13
40	1984	23	25	17	28	7	2	2	3	8	12	19	31
41	1985	10	23	21	18	8	8	3	4	10	13	29	31
42	1986	31	31	31	13	6	1	4	6	4	11	11	31
43	1987	31	21	22	17	11	8	7	3	10	28	25	31
44	1988	31	22	20	12	8	11	4	4	11	19	26	31
45	1989	17	29	20	21	6	3	8	4	4	11	17	31
46	1990	20	31	15	8	18	5	4	5	5	5	31	31
47	1991	20	31	31	19	13	4	6	6	5	7	28	31
48	1992	14	13	22	14	10	30	3	2	3	4	21	12
49	1993	5	31	31	10	15	3	9	3	5	10	28	31
50	1994	3	31	30	31	2	4	4	5	13	10	27	31
51	1995	25	31	16	22	10	6	2	2	9	13	15	20
52	1996	31	31	31	11	23	5	2	4	4	13	31	15
53	1997	31	31	7	16	8	7	3	3	2	15	21	17
54	1998	15	31	31	31	31	9	8	4	3	7	31	31
55	1999	31	31	14	12	16	8	3	3	10	15	31	31
56	2000	31	31	31	31	9	3	10	2	8	12	16	31
57	2001	25	24	31	17	3	7	3	7	7	2	24	17
58	2002	20	24	10	18	13	4	4	5	3	6	19	31
59	2003	31	31	31	12	15	6	5	3	16	15	31	31
60	2004	31	31	31	31	31	31	4	17	7	19	31	31
61	2005	18	19	17	10	8	8	5	3	13	25	16	30
62	2006	3	2	3	1	1	7	3	4	2	10	14	31
63	2007	23	24	21	16	4	7	3	3	6	11	31	30
64	2008	31	31	25	8	8	20	6	3	7	16	28	31
65	2009	17	17	18	16	12	9	9	5	3	10	30	31
66	2010	23	16	31	17	11	31	4	7	3	13	31	31
67	2011	4	31	7	12	3	31	28	19	30	23	24	31
68	2012	31	31	31	31	17	6	5	4	7	24	28	31
69	2013	31	30	19	22	8	11	29	3	3	8	11	23
70	2014	31	23	26	11	8	6	3	6	7	14	30	31
71	2015	31	22	9	17	15	5	8	13	29	12	29	31
72	2016	21	31	24	16	4	4	4	5	7	16	18	19
73	2017	31	31	12	20	14	31	31	27	6	30	31	31
74	2018	31	31	10	9	9	8	16	31	11	31	31	31

CWD													
Días húmedos consecutivos													
Máximo número en un año de días consecutivos con PPT ≥ 1 mm													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	1	1	3	3	2	3	3	0	0
2	1922	0	0	3	3	3	2	3	2	6	3	1	0
3	1923	0	4	2	3	0	5	7	6	4	4	0	0
4	1924	1	0	0	1	2	10	6	4	11	0	0	1
5	1925	2	0	3	1	2	8	5	4	9	3	4	2
6	1926	0	0	0	5	2	9	7	6	8	2	1	0
7	1927	0	1	2	3	5	6	5	8	8	4	2	1
8	1928	3	2	1	3	4	2	4	6	4	2	2	0
9	1929	1	0	1	0	2	6	8	3	8	1	1	1
10	1954	1	1	1	3	2	5	11	6	8	5	2	0
11	1955	0	5	1	2	4	2	6	11	8	4	1	2
12	1956	0	1	1	3	5	3	5	11	6	1	0	0
13	1957	1	0	0	4	1	31	11	8	4	6	6	3
14	1958	2	3	1	0	7	7	8	12	9	6	3	3
15	1959	3	1	2	3	5	4	8	7	7	4	3	0
16	1960	3	4	0	4	4	4	6	6	15	4	4	2
17	1961	1	0	0	1	1	9	8	5	7	1	1	1
18	1962	1	0	0	4	3	5	4	5	3	3	0	1
19	1963	0	0	2	1	6	7	3	3	3	3	2	0
20	1964	2	0	1	1	10	4	4	4	5	2	1	1
21	1965	1	2	1	4	2	5	7	8	6	4	1	1
22	1966	0	1	3	0	2	5	8	8	6	2	0	1
23	1967	3	3	1	2	4	12	3	10	10	2	1	2
24	1968	1	2	0	3	4	15	6	4	8	1	1	3
25	1969	4	0	2	3	3	4	11	9	9	2	0	0
26	1970	1	5	1	3	3	4	8	4	12	2	0	0
27	1971	1	0	2	2	1	7	5	4	4	4	1	1
28	1972	0	2	2	3	3	4	3	4	6	2	2	1
29	1973	0	1	2	1	5	7	5	6	5	4	2	0
30	1974	1	1	2	4	5	9	6	5	4	1	2	0
31	1975	3	0	0	1	3	10	4	5	6	1	0	0
32	1976	0	2	1	3	2	3	5	9	6	9	2	2
33	1977	0	1	3	4	3	10	7	3	5	2	1	1
34	1978	1	2	3	0	1	10	11	5	6	4	1	0
35	1979	0	3	0	1	5	4	4	5	5	0	0	2
36	1980	4	2	0	2	3	5	3	5	3	2	3	0
37	1981	1	3	1	2	3	5	4	5	6	3	1	1
38	1982	0	4	1	3	2	2	4	3	3	1	1	1
39	1983	1	1	1	0	2	2	16	7	7	2	2	1
40	1984	1	3	1	2	4	8	5	4	5	3	1	0
41	1985	1	3	1	8	3	7	5	4	3	1	1	0
42	1986	0	0	0	3	3	5	5	10	4	2	1	0
43	1987	0	1	1	2	2	3	7	5	6	1	1	0
44	1988	0	1	1	1	7	6	4	4	3	3	2	0
45	1989	1	1	1	2	5	5	4	8	4	1	2	0
46	1990	2	0	1	4	3	4	5	6	5	6	0	0
47	1991	1	0	0	1	3	6	10	3	8	4	3	0
48	1992	5	1	1	2	4	1	11	9	11	13	3	1
49	1993	3	0	0	2	3	12	11	5	6	3	1	0
50	1994	28	0	1	0	28	8	4	5	4	3	1	0
51	1995	1	0	1	2	5	8	6	9	2	3	2	3
52	1996	0	0	0	3	2	7	4	13	11	2	0	2
53	1997	0	0	2	3	5	5	6	6	5	4	1	1
54	1998	2	0	0	0	0	3	3	5	9	3	0	0
55	1999	0	0	2	1	1	2	6	7	6	7	0	0
56	2000	0	0	0	0	10	8	4	7	3	3	2	0
57	2001	1	2	0	3	7	4	6	5	4	25	1	1
58	2002	1	2	2	1	4	5	10	5	14	5	4	0
59	2003	0	0	0	2	1	7	4	5	1	1	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	5	2	6	3	0	0
61	2005	3	3	3	3	3	5	6	7	4	3	1	1
62	2006	23	28	28	28	28	3	4	5	4	4	2	0
63	2007	1	3	2	1	7	5	9	9	5	6	0	1
64	2008	0	0	1	4	4	10	6	4	7	3	1	0
65	2009	3	2	1	1	4	7	2	6	7	2	1	0
66	2010	3	2	0	2	4	0	8	9	4	7	0	0
67	2011	4	0	5	7	8	0	2	4	1	3	1	0
68	2012	0	0	0	0	1	5	4	5	6	2	2	0
69	2013	0	1	1	2	3	4	2	3	5	3	3	1
70	2014	0	1	1	1	6	4	3	5	6	4	1	0
71	2015	0	1	8	3	5	4	3	5	1	2	1	0
72	2016	1	0	3	3	4	3	4	5	3	2	3	1
73	2017	0	0	2	2	3	0	0	4	7	1	0	0
74	2018	0	0	2	4	3	4	4	0	4	0	0	0

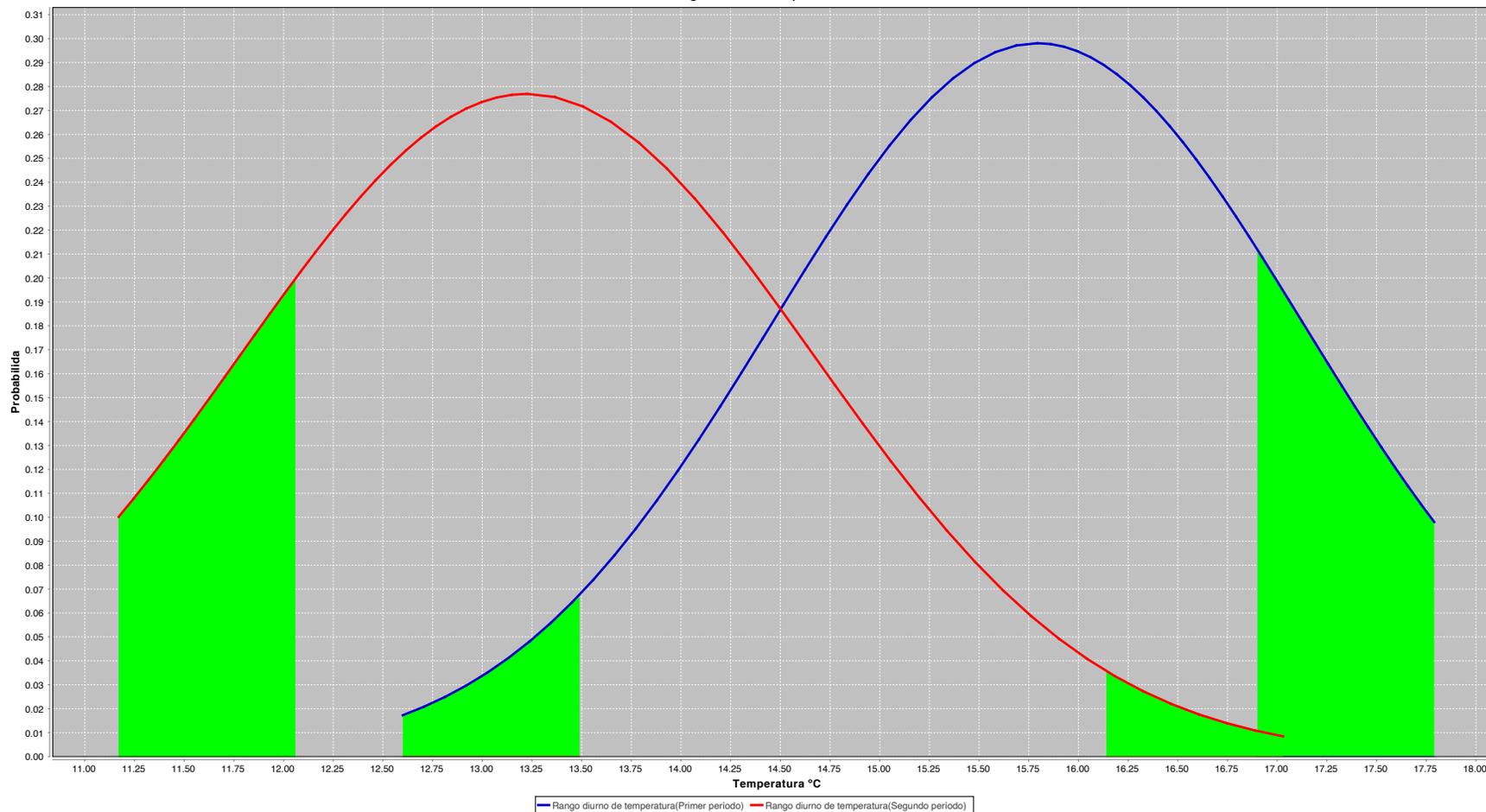
SDII													
Índice simpe de intensidad diaria													
PTT total anual dividida entre el número de díascon PPT ≥ 1mm													
#	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1921	0	0	0	27.5	18.67	14.6	31.15	24.2	43.26	30.41	0	0
2	1922	0	0	19	33	34.83	53.88	23.2	17.21	16.16	22.9	4.23	0
3	1923	0	9.55	8.35	6.34	0	7.44	7.13	5.86	3.24	6.1	0	0
4	1924	1.5	0	0	5.9	8.9	9.58	13.71	8.83	7.55	0	0	1
5	1925	15.83	0	3.29	6.66	5.22	8.86	8.38	9.88	9.1	10.85	5.58	14.62
6	1926	0	0	0	8.74	10.58	6.11	8.13	7.38	9.65	2.75	18	0
7	1927	0	2	3.25	2.52	6.92	6.78	6.98	7.66	6.85	4.93	6.25	1.5
8	1928	7.38	3.25	20.24	3.76	3.85	6	7.08	7.29	9.82	4.56	4.7	0
9	1929	2	0	1	0	5.54	11.25	6.44	11.12	6.3	36.5	5.2	13.5
10	1954	5	6	3.43	4.79	6.9	8.41	6.84	9.13	9.36	10.49	5.5	0
11	1955	0	2.92	3.75	4.5	8.81	5.41	11.93	10.32	11.57	11.97	5	3.33
12	1956	0	3	1.83	9	11.21	6.58	10.11	14.1	11.24	9	0	0
13	1957	2.5	0	0	6.28	2	4.42	12.12	11.23	7.22	7.84	7.1	4.17
14	1958	3.75	3.88	2	0	11.11	14.68	12.08	10.69	12.43	4.8	5.32	4.4
15	1959	2.25	4.54	3.67	4.46	8.33	10.85	8.31	9.68	9.01	7.04	6.25	0
16	1960	4.33	5	0	3.37	3.5	6.04	13.27	9.71	12.5	8.07	6.02	4.6
17	1961	2.8	0	0	6.76	4.35	6.51	9.55	10.56	4.78	11.8	7.7	3.4
18	1962	2.5	0	0	14.3	19.92	7.5	6.06	9.62	8.91	5.66	0	8.6
19	1963	0	0	11.27	1.94	7.52	6.81	11.13	8.49	9.44	5.51	1.64	0
20	1964	7.3	0	2.6	1.8	10.15	9.88	5.93	4.41	5.48	4	3.4	6.9
21	1965	1.3	9.7	2	5.91	4.62	8.95	7.33	9.5	6.35	6.9	4.2	6.5
22	1966	0	2.5	8.67	0	4.25	6.56	10.39	5.55	8.15	9.67	0	5.5
23	1967	26.67	6	4	4.94	6.74	10.72	9.82	9.33	8.58	8.21	4.2	3.8
24	1968	3.25	2.5	0	6.69	6.53	12.1	9.64	4.59	11.45	9	5.5	3.93
25	1969	5.88	0	5.5	2.62	4.12	5.7	10.83	10.6	10.13	10.25	0	0
26	1970	3	1.5	1	2.33	5.64	7.49	9.77	5.14	7.52	3.7	0	0
27	1971	3.75	0	6.15	3.85	7.37	8.56	7.01	9.52	8.58	6.28	4.3	9.6
28	1972	0	4.25	2.2	4.39	13.79	8.34	5.88	6.91	6.58	7	3.78	2
29	1973	0	3.02	2.75	4.9	4.9	3.59	8.22	6.51	8.55	6.31	8.4	0
30	1974	2.5	3	1.7	5.2	6.43	10.12	9.29	5.31	6.27	2.33	3.75	0
31	1975	10.5	0	0	22.55	9.87	7.7	5.76	8.25	6.54	17.08	0	0
32	1976	0	3.05	6.1	3.01	6.31	5.98	6.92	9.36	9.83	7.72	2.23	6
33	1977	0	2	1.33	2.9	7.21	7.96	6.98	6.87	5.95	11.65	1.5	2.85
34	1978	2.7	4.2	10.9	0	7.63	5.53	5.38	7.76	14.22	11.07	3.75	0
35	1979	0	3.13	0	3.4	9.03	6.54	6.06	7.98	13.87	0	0	7.7
36	1980	8.48	2.21	0	2.49	4.4	6.06	7.46	5.66	4.44	7.41	4.23	0
37	1981	23.4	3.29	1.35	10.83	5.33	8.4	11.66	6.22	6.34	6.64	9.7	2.7
38	1982	0	2.84	2.6	5.25	8.86	11.11	6.46	12.73	2.98	14.77	1	1.5
39	1983	5.15	2.6	6	0	3.78	12.14	7.3	12.33	6.51	12.25	3.15	15.33
40	1984	2.5	2.5	1	3.15	6.21	7.5	12.53	9.19	10.59	6.31	4.4	0
41	1985	2	2.69	1.72	4.49	7.6	12.93	7.42	8.34	8.2	10.06	2.84	0
42	1986	0	0	0	4.39	7.9	9.22	8.62	7.93	10.14	4.64	3.05	0
43	1987	0	1.5	4.3	3.12	10.42	15.43	8.61	9.58	8.51	5.1	4.4	0
44	1988	0	2.93	16.25	2.46	4.86	12.28	8.38	6.52	16.36	9.14	3	0
45	1989	14.8	5.2	3.7	6.87	3.96	11.06	13.48	6.4	8.22	2.1	2.9	0
46	1990	2.5	0	1.93	4.31	11.9	6.43	12.97	9.91	10.13	7.33	0	0
47	1991	4.45	0	0	3.6	6.59	11.05	11.65	6.38	6.93	9.89	11.17	0
48	1992	3.96	5.83	11	5	6.73	5.9	10.83	6.9	8.06	11.13	9.88	6.3
49	1993	6.22	0	0	6.95	6.75	11.73	6.53	5.79	8.74	5.36	5.3	0
50	1994	1.87	0	3.2	0	3.81	6.92	8.88	11.72	9.96	5.36	17.25	0
51	1995	9.25	0	5.3	6.39	6.56	13.42	6.96	10.68	9.04	9.17	13.93	21.7
52	1996	0	0	0	5.01	9.88	10.79	8.46	8.2	11.51	3.64	0	5.9
53	1997	0	0	4.81	8.55	5.28	6.62	9.69	7.78	5.56	9.21	6.4	4.5
54	1998	3.25	0	0	0	0	3.91	6.64	11.16	17.93	7.88	0	0
55	1999	0	0	6.33	7.25	3.17	6.29	5.94	10.46	9.99	9.42	0	0
56	2000	0	0	0	0	10.76	7.02	9.86	11.38	14.55	10.95	2.5	0
57	2001	2.3	2.25	0	11.27	8.43	13.58	8.47	9.45	12.64	5.07	3.9	2
58	2002	3	1.25	2.05	3.23	8.47	12.35	9.99	5.16	13.63	10.18	6.38	0
59	2003	0	0	0	5	1.75	12.5	8.83	10.26	16	12.65	0	0
60	2004	0	0	0	0	0	0	8.21	12.92	6.29	4.91	0	0
61	2005	5.44	6.85	6.32	5.91	5.51	12.91	10.82	7.48	7.69	12.37	16.75	3
62	2006	6.51	10.97	10.14	12.37	12.58	9.71	12.5	15.57	10.18	5.95	11.61	0
63	2007	13.6	17.16	51.57	66.7	41.9	79.16	63.85	61.6	82.58	23.3	0	2.9
64	2008	0	0	5.07	3.28	8.98	4.82	10.45	6.87	5.58	1.73	14.1	0
65	2009	5.4	6.96	4.85	4.96	7.41	3.81	3.24	4.29	11.45	7.25	3.3	0
66	2010	8.3	19.53	0	2.74	5.2	0	9.63	10.22	5.81	4.11	0	0
67	2011	7.18	0	9.3	11.94	4.27	0	12.94	190.46	10.15	127.76	1.64	0
68	2012	0	0	0	0	4.29	9.5	9.33	9.3	10.17	5.15	8.5	0
69	2013	0	3.79	1.5	8.26	8.68	12.5	3.7	9.06	8.34	8.79	5.8	1.02
70	2014	0	1.4	4	7.06	5.48	7.93	4.72	6.77	4.5	7.6	4	0
71	2015	0	6	4.13	5	4.58	7.12	4.71	3.27	10.4	2.6	2.6	0
72	2016	4.3	0	14.07	4.2	4.22	6.61	5.12	5.14	7.76	5.45	6.2	2.4
73	2017	0	0	4.87	2.2	5.57	0	0	11	6.36	3.2	0	0
74	2018	0	0	4.2	9.5	4.91	5.23	5.63	0	6.77	0	0	0

# Gráficas de eventos meteorológicos extremos

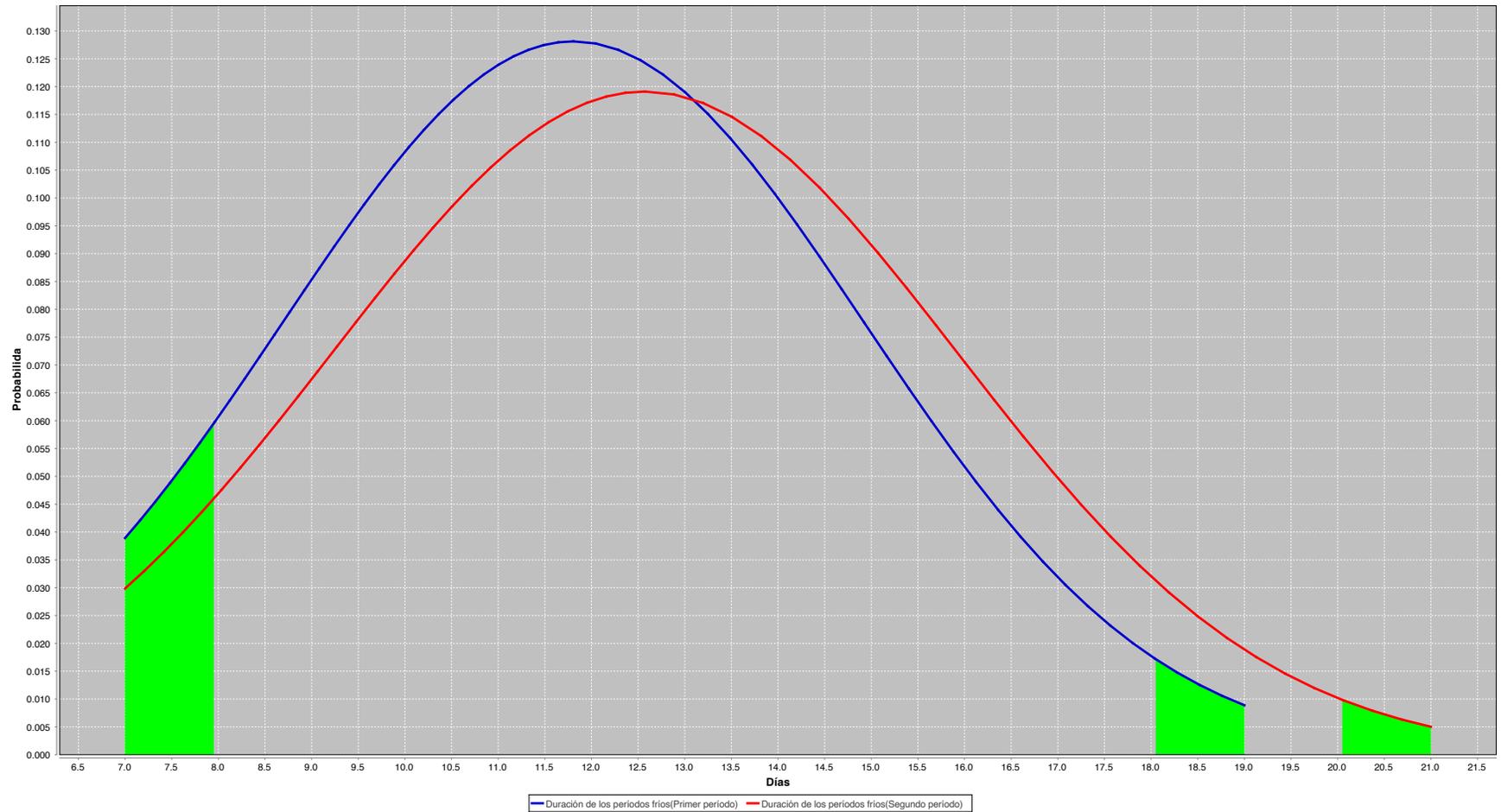
FD Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Días con helada



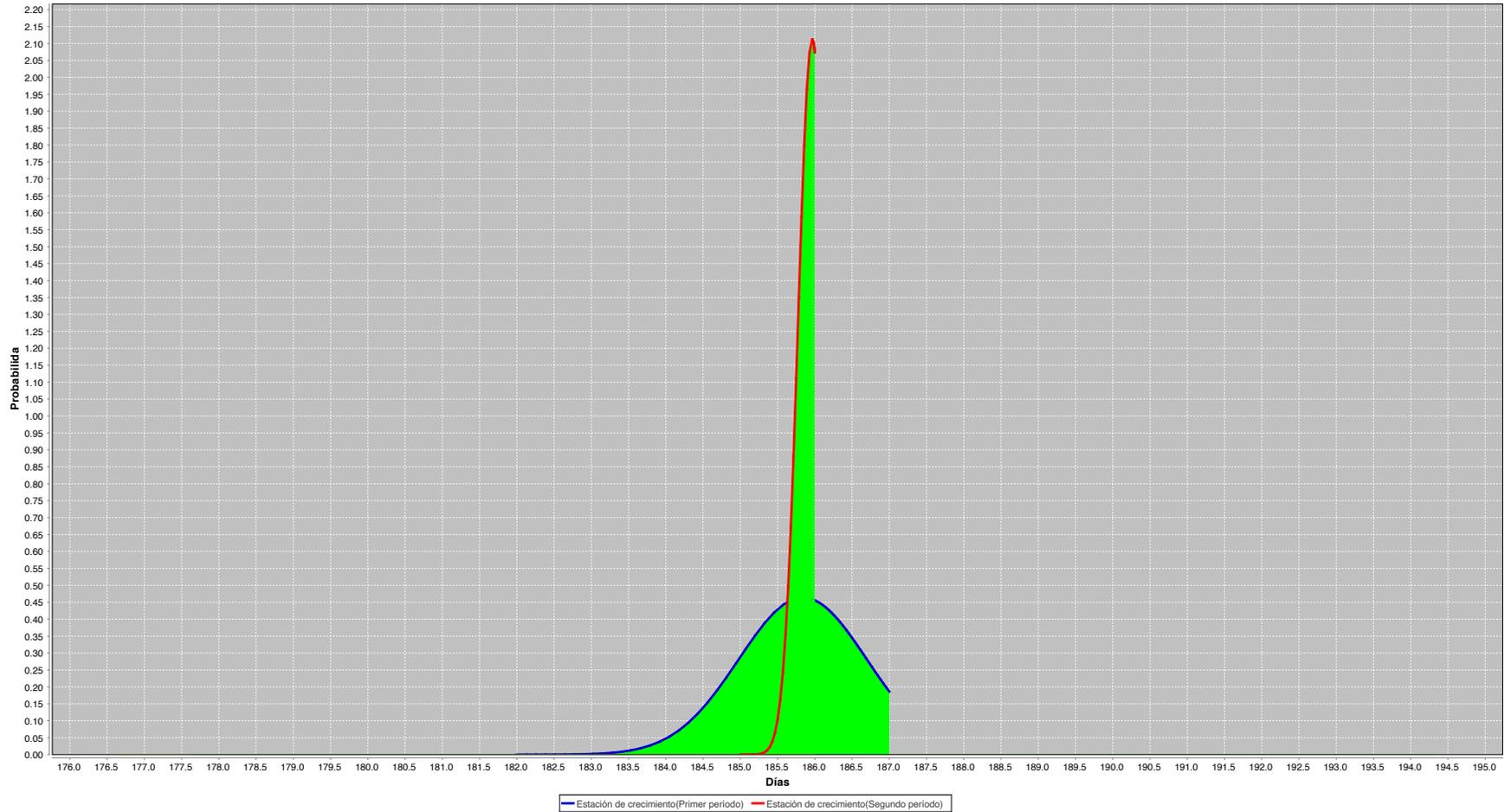
DTR Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Rango diario de temperatura



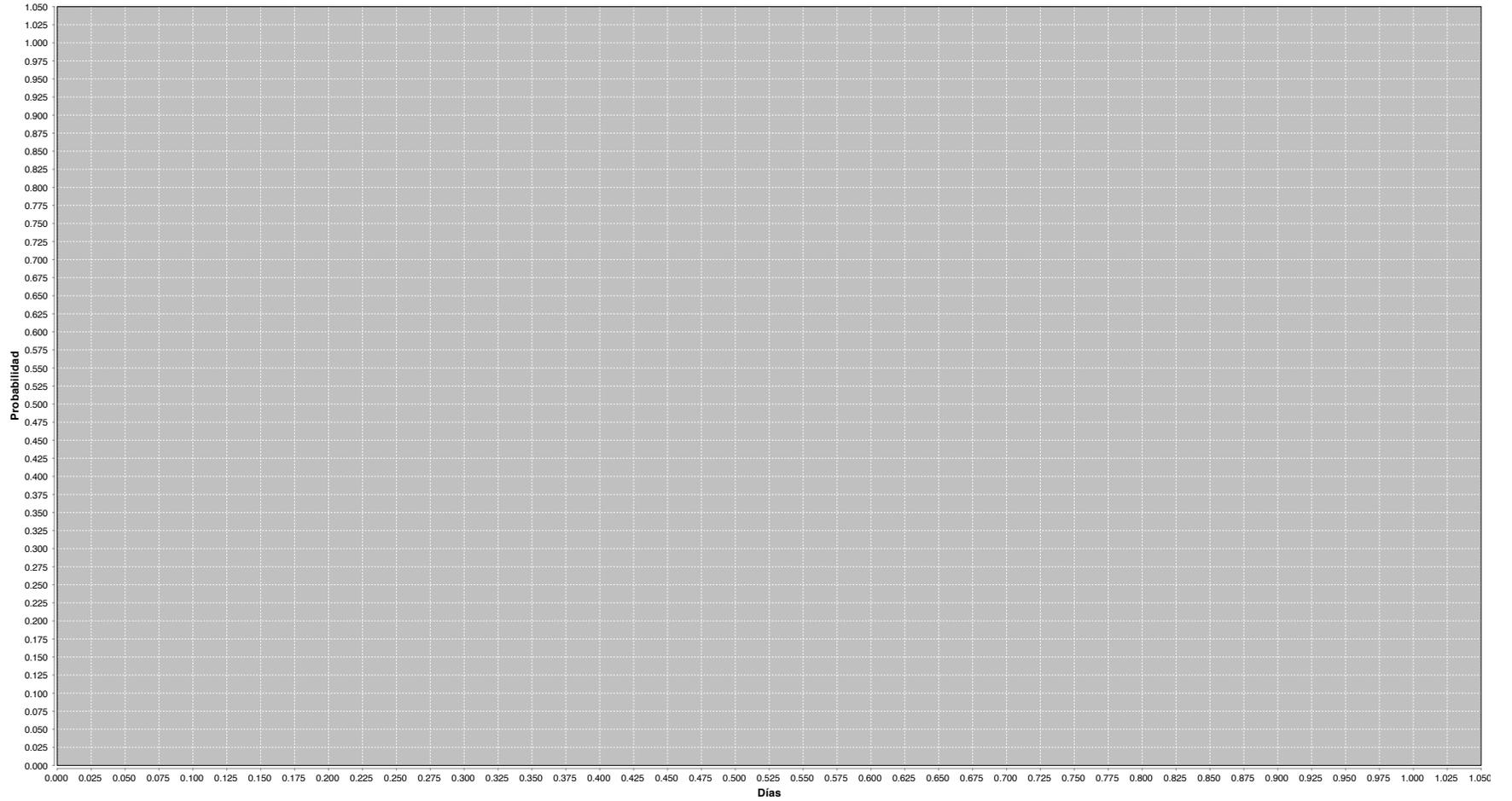
CSDI Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Duración de los periodos fríos



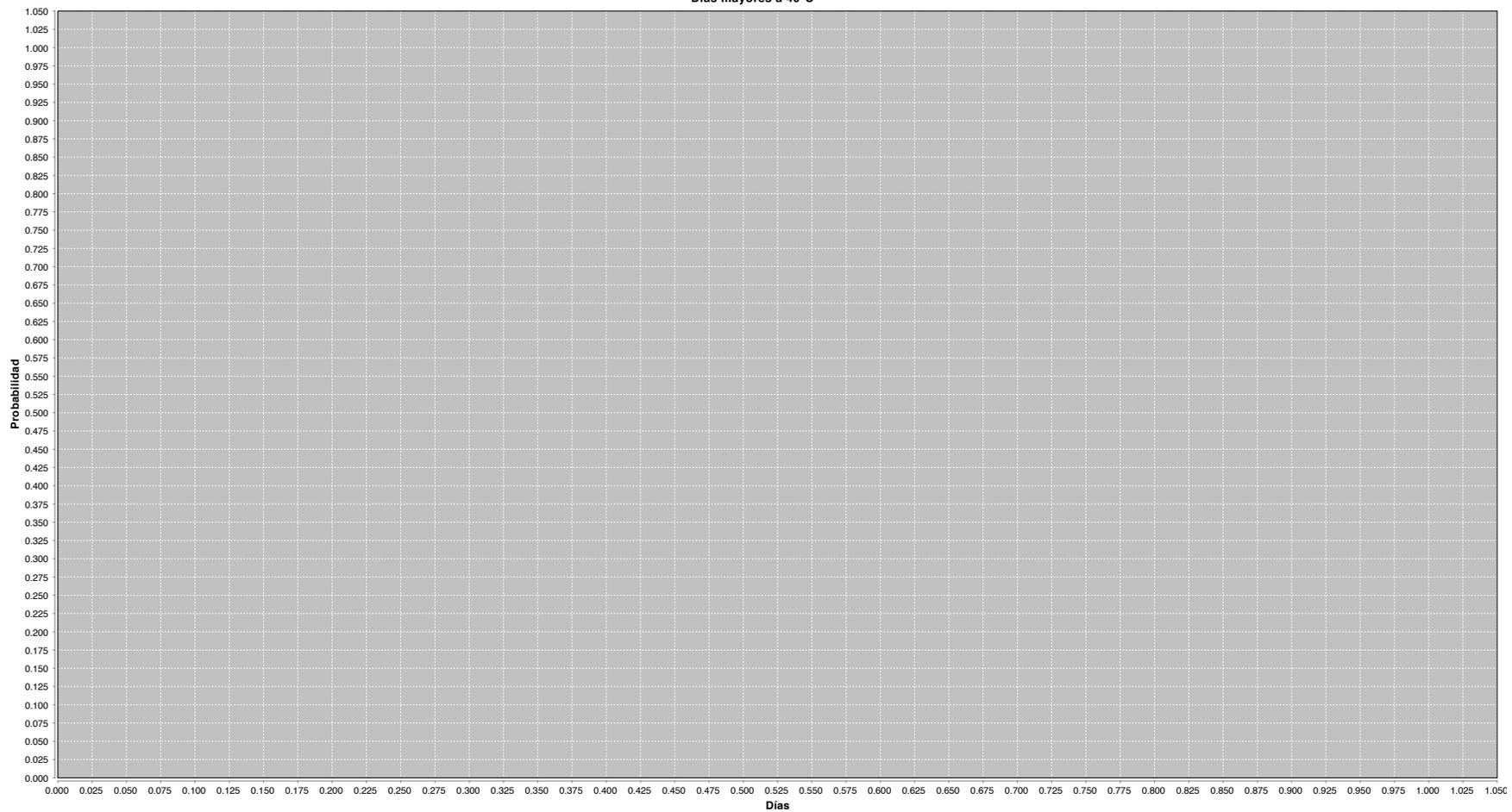
GSL Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Estación de crecimiento



ID Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Días con hielo

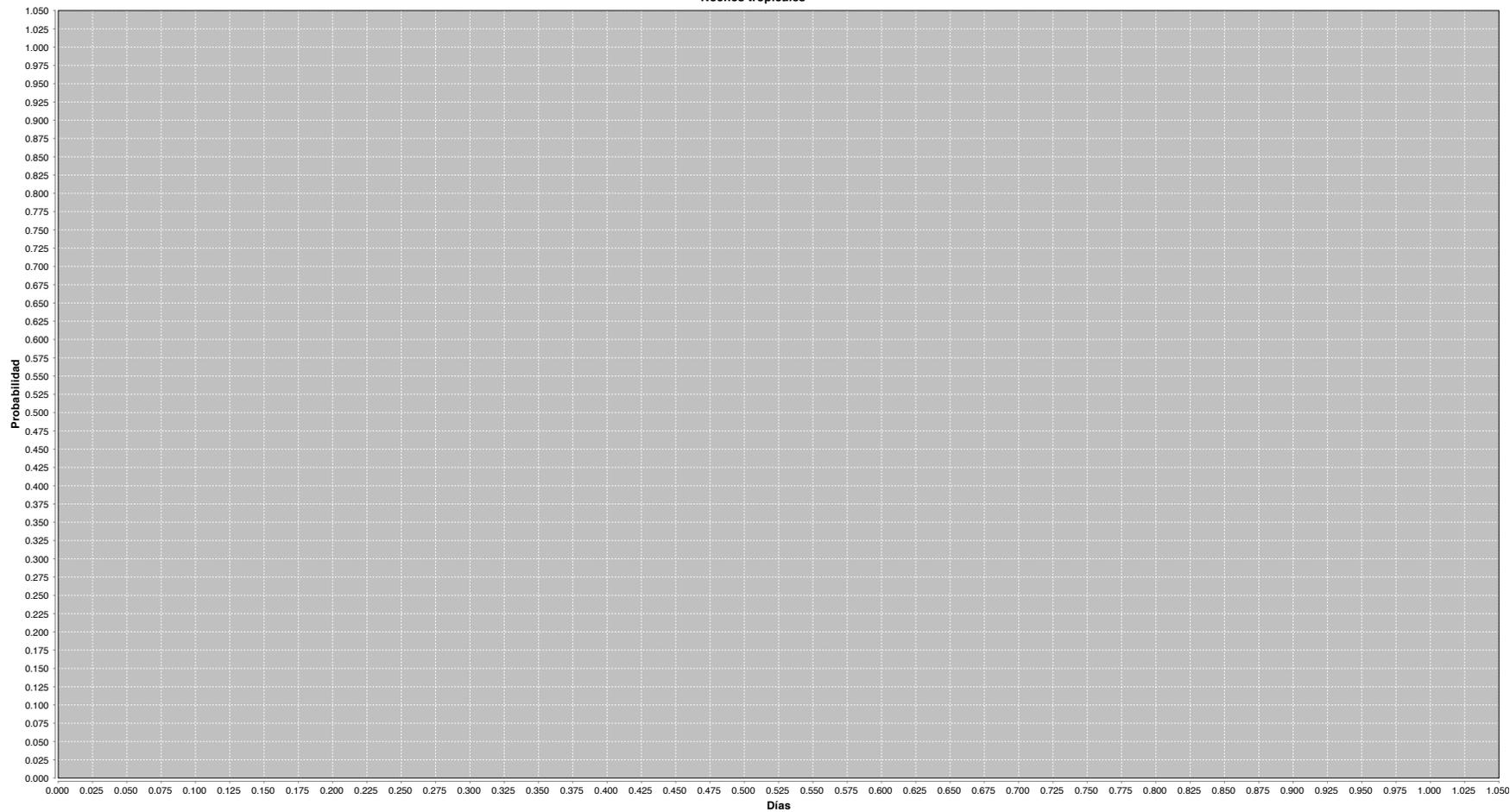


DC40 Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Días mayores a 40°C



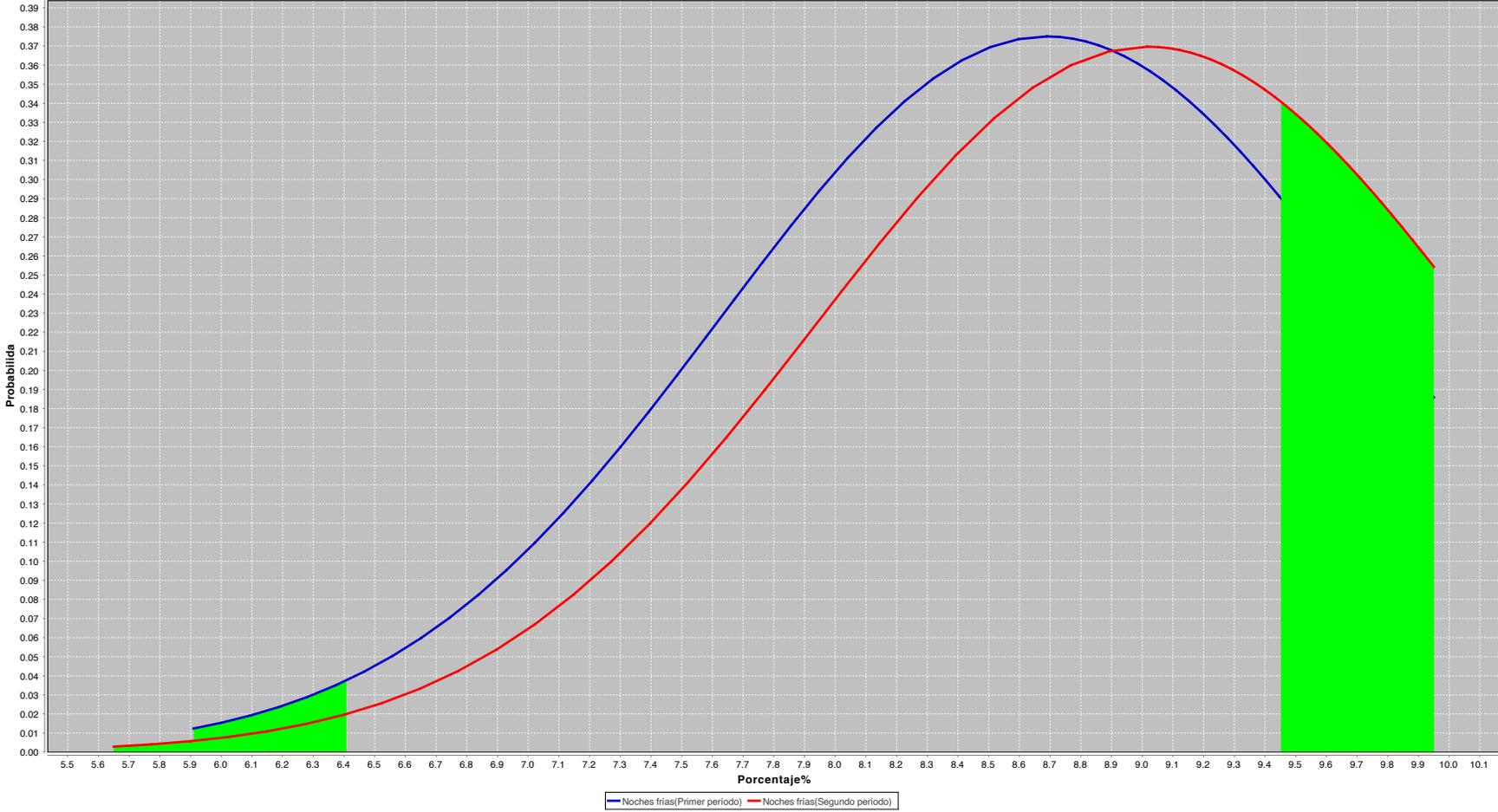
TR Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018

Noches tropicales

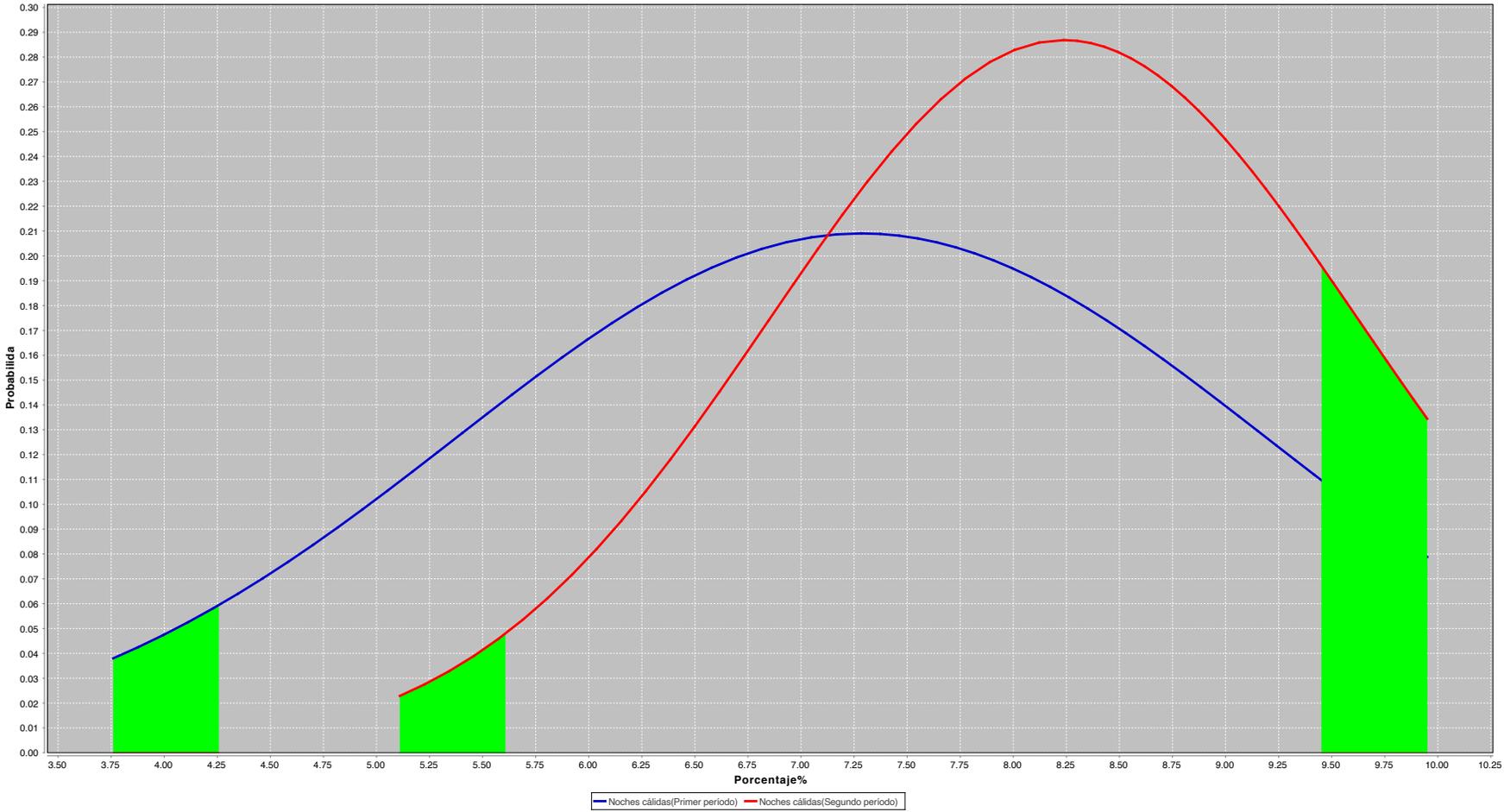


TN10p Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018

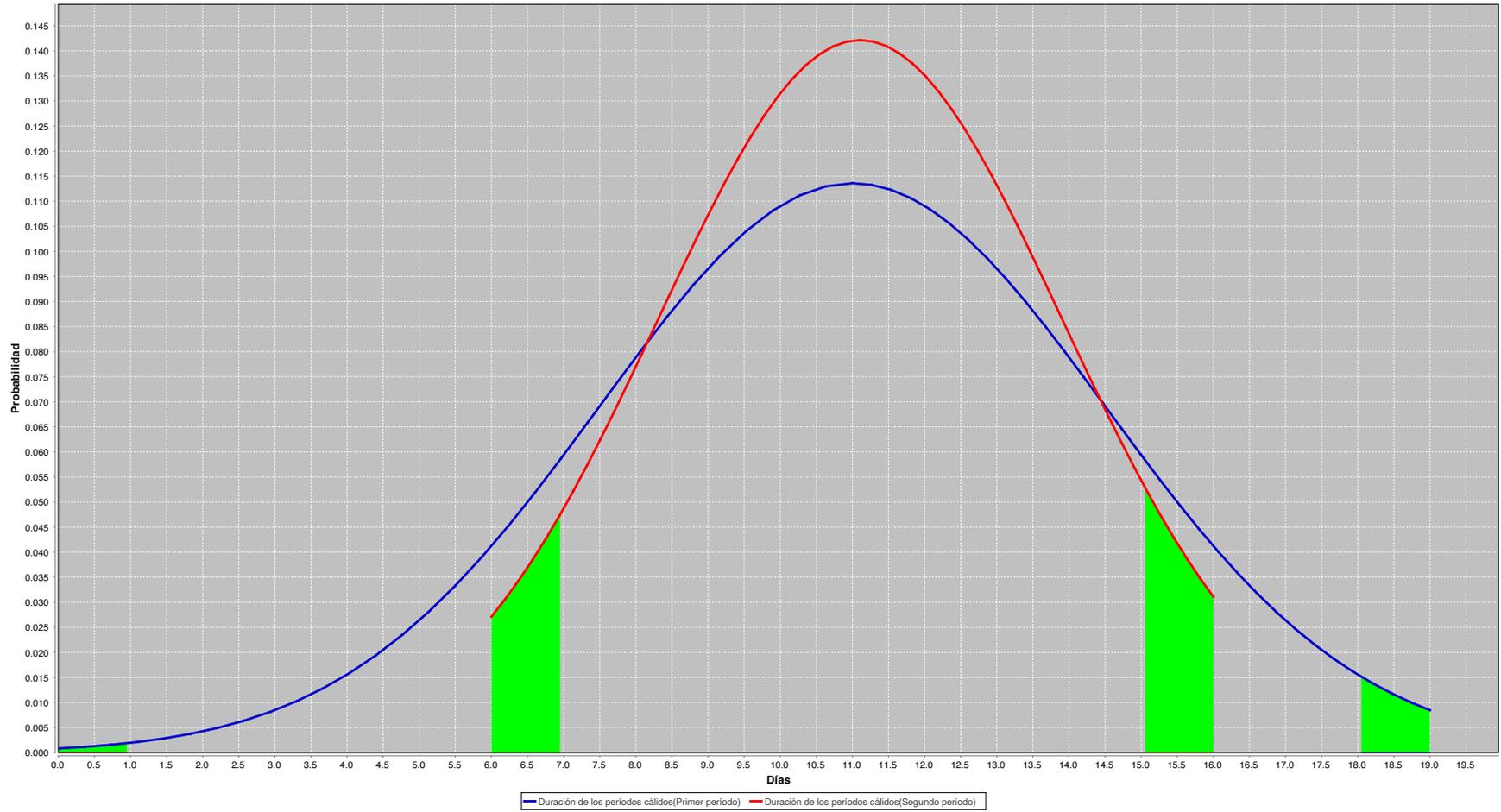
Noches frías



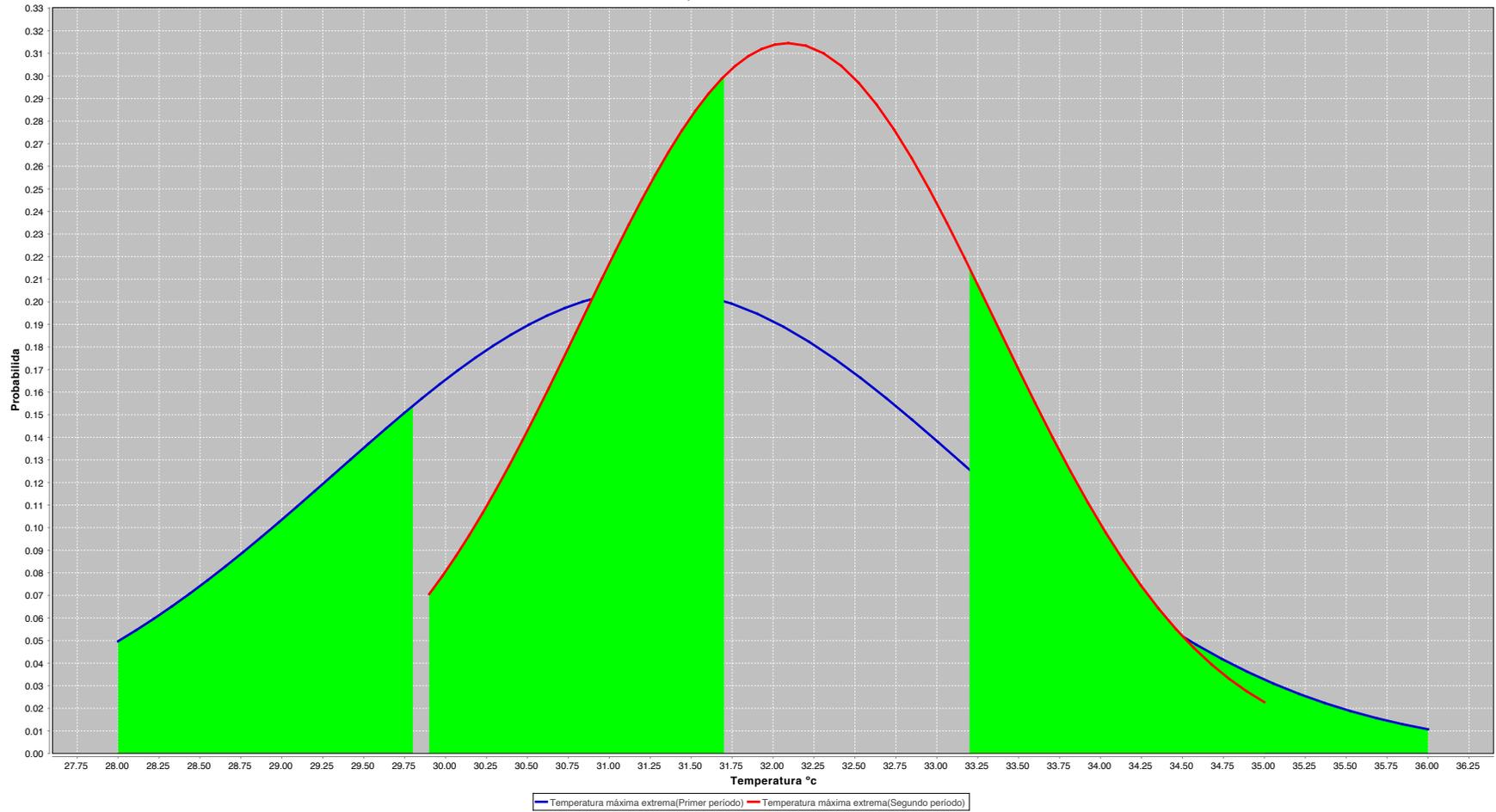
TN90p Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Noches cálidas



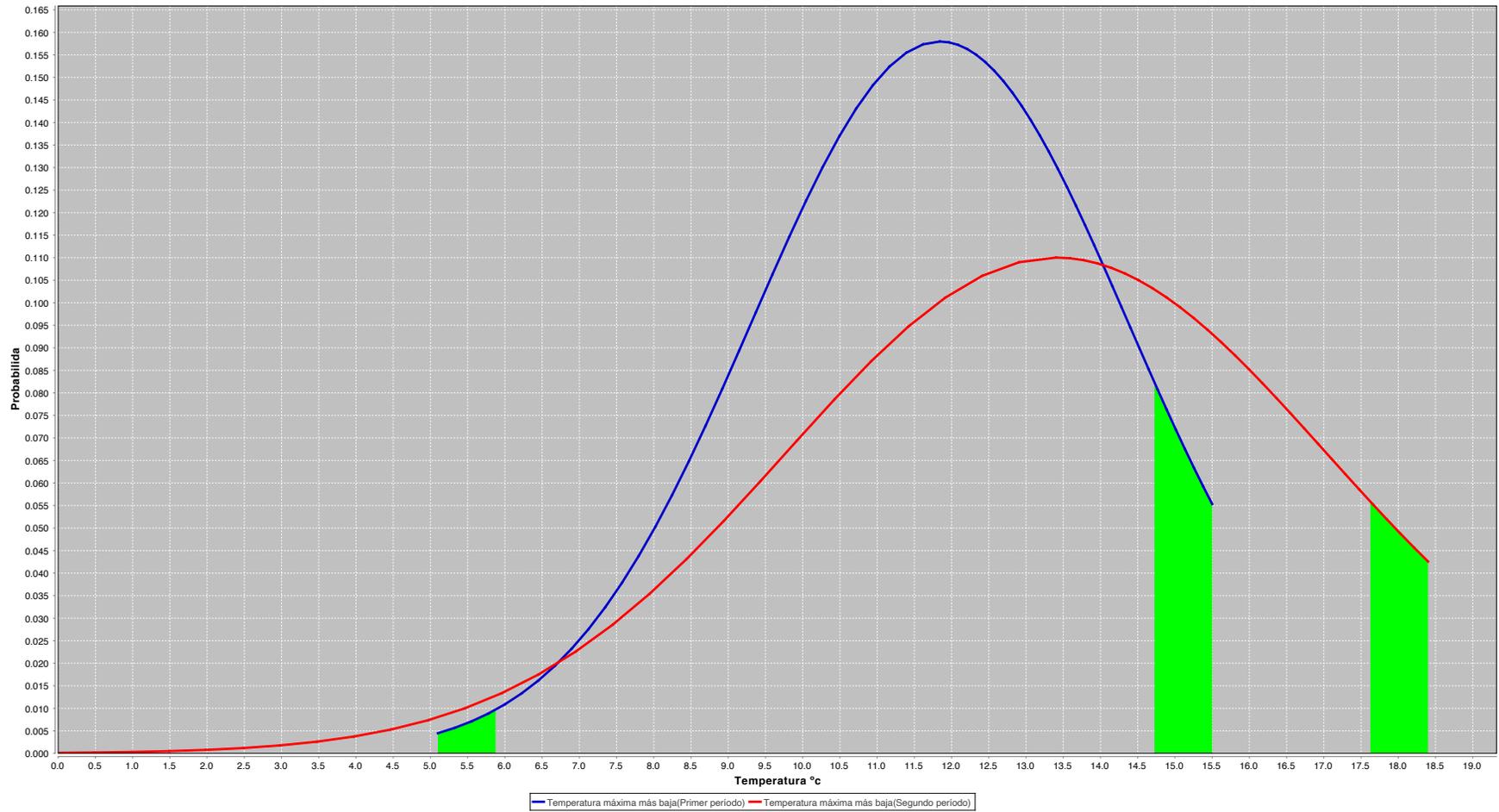
WSDI Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Duración de los períodos cálidos



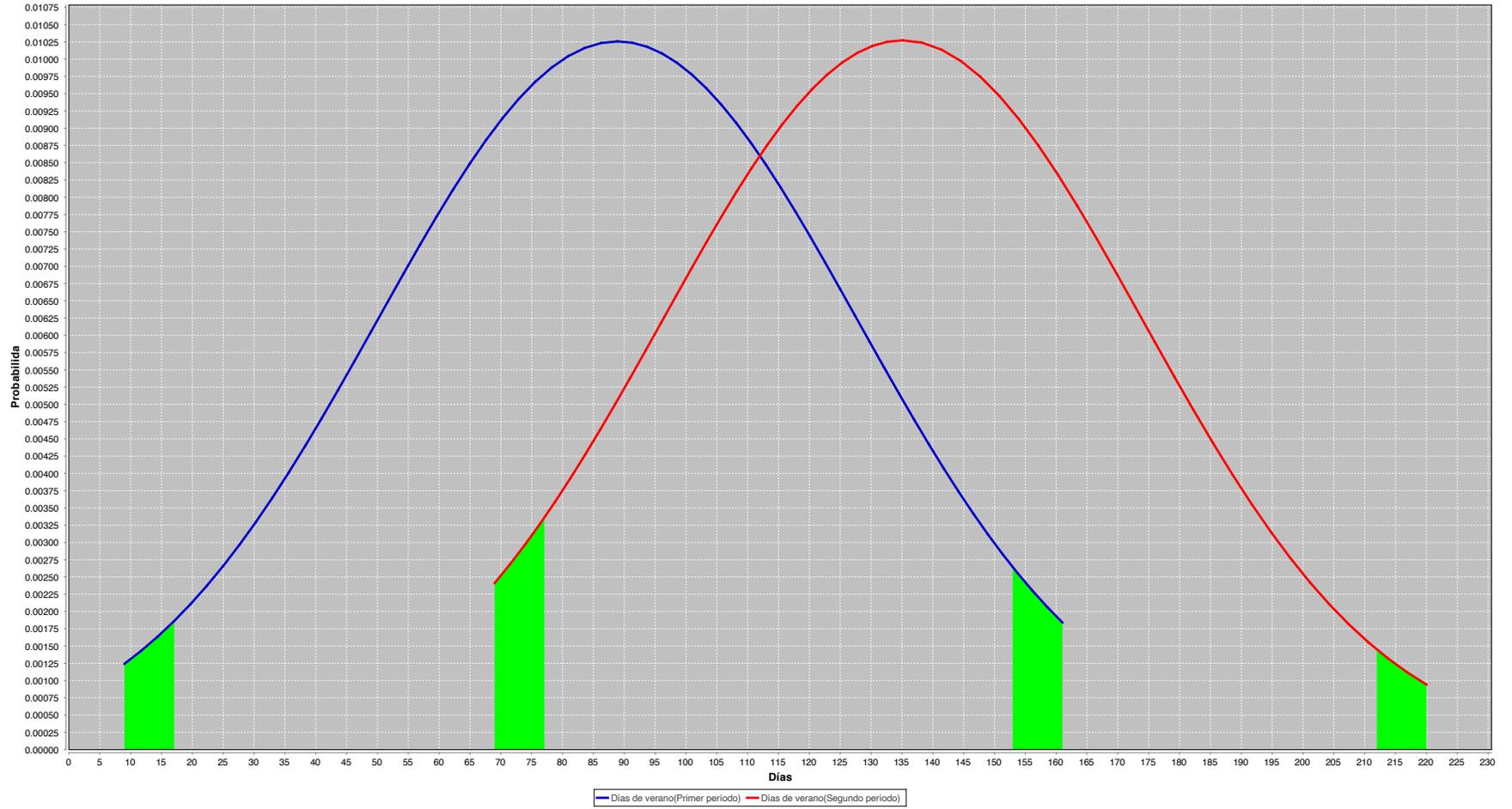
TXx Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Temperatura máxima extrema



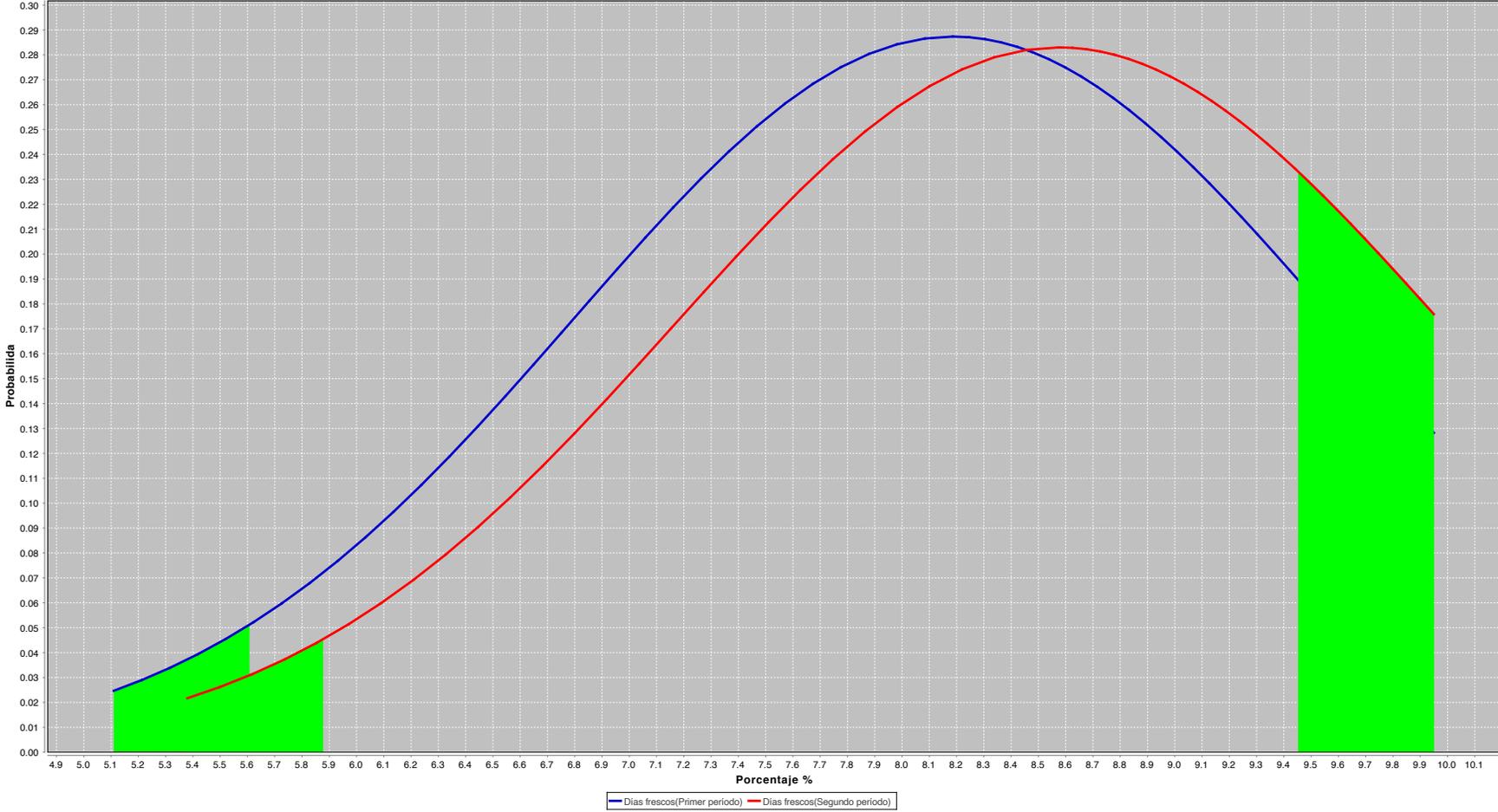
TXn Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Temperatura máxima más baja



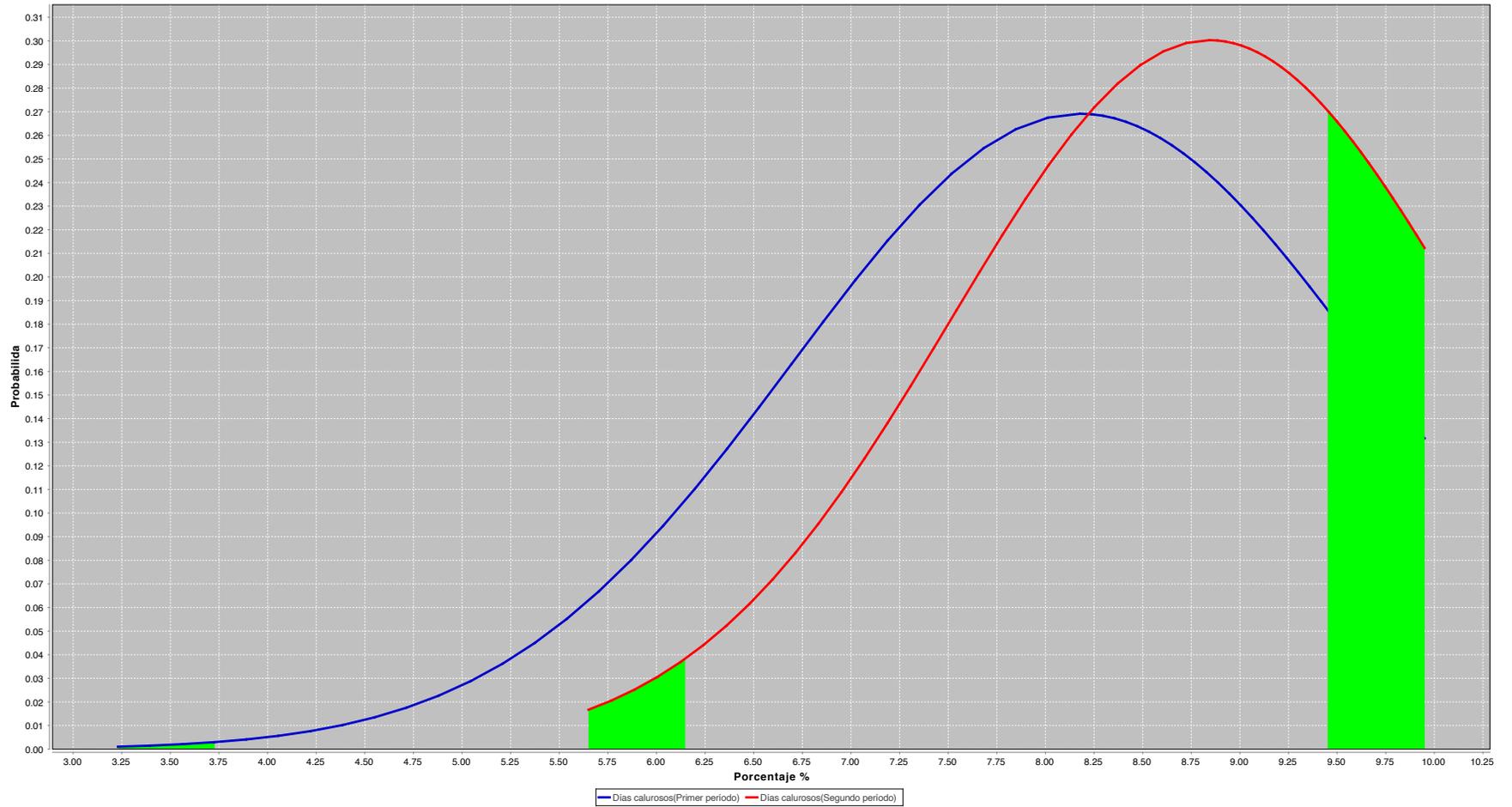
SU Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Días de verano



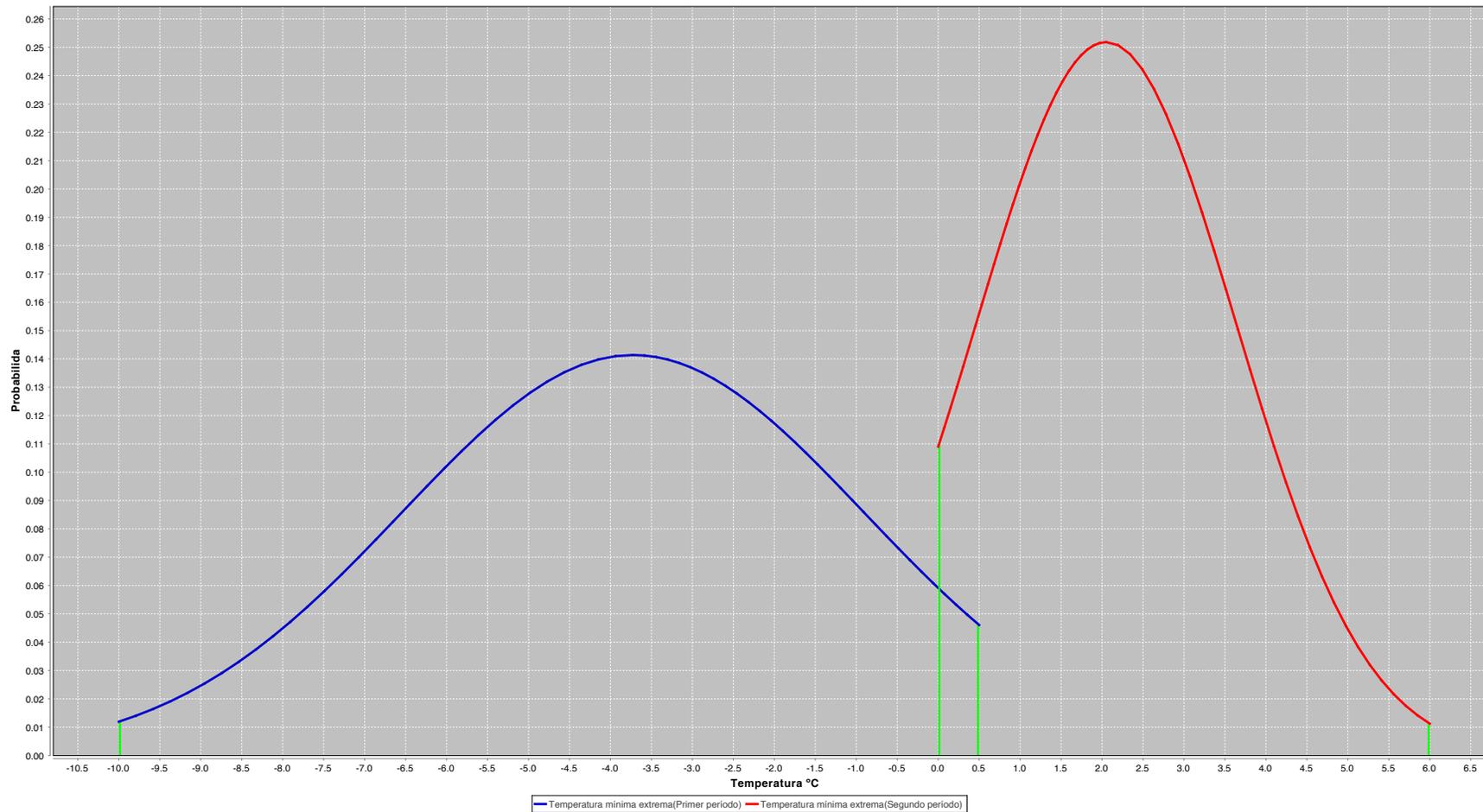
TX10p Perodo de referencia 1954 - 1984 / Perodo de cambio 1991-2018  
Dias frescos



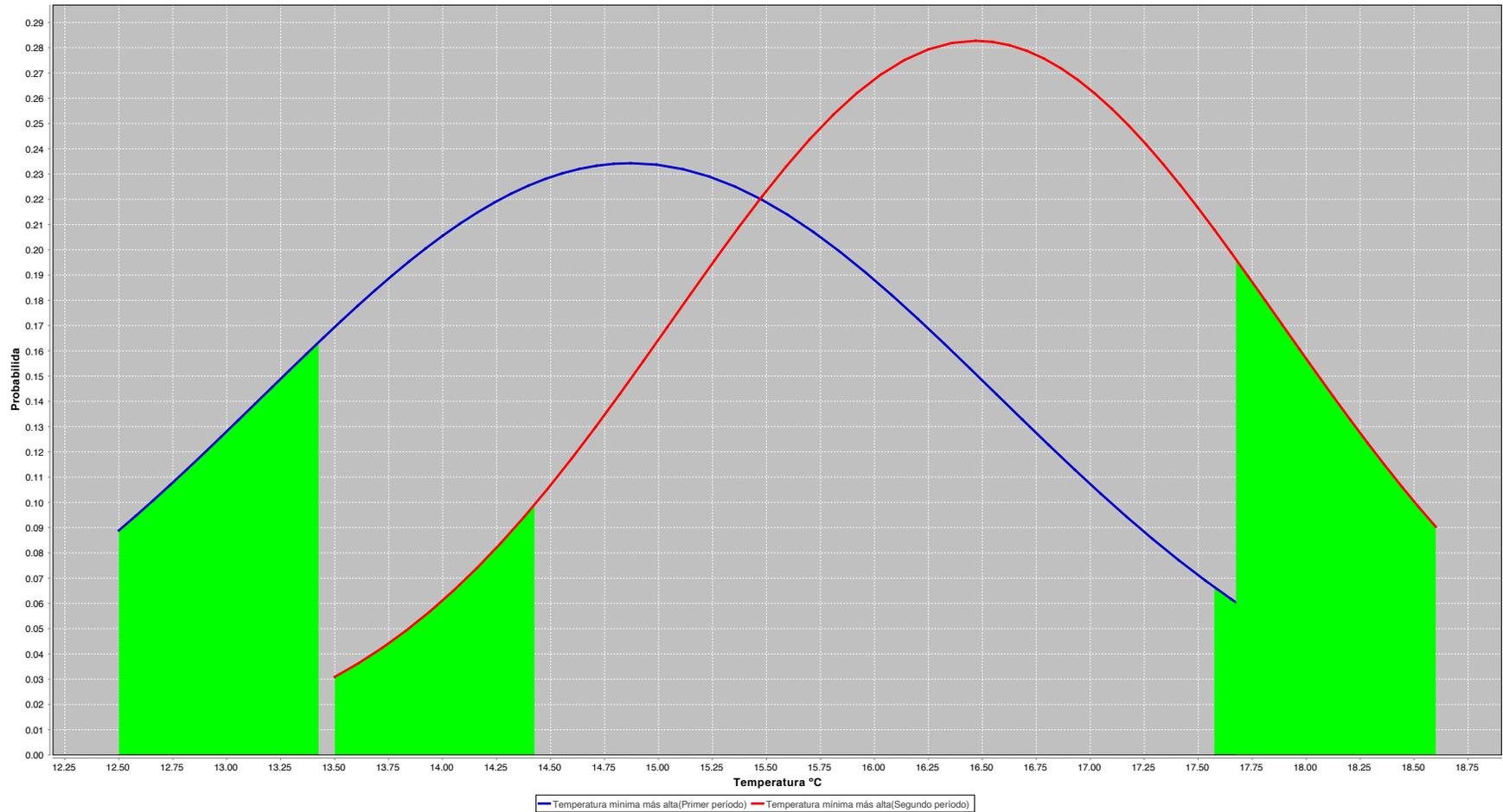
TX90p Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Días calurosos



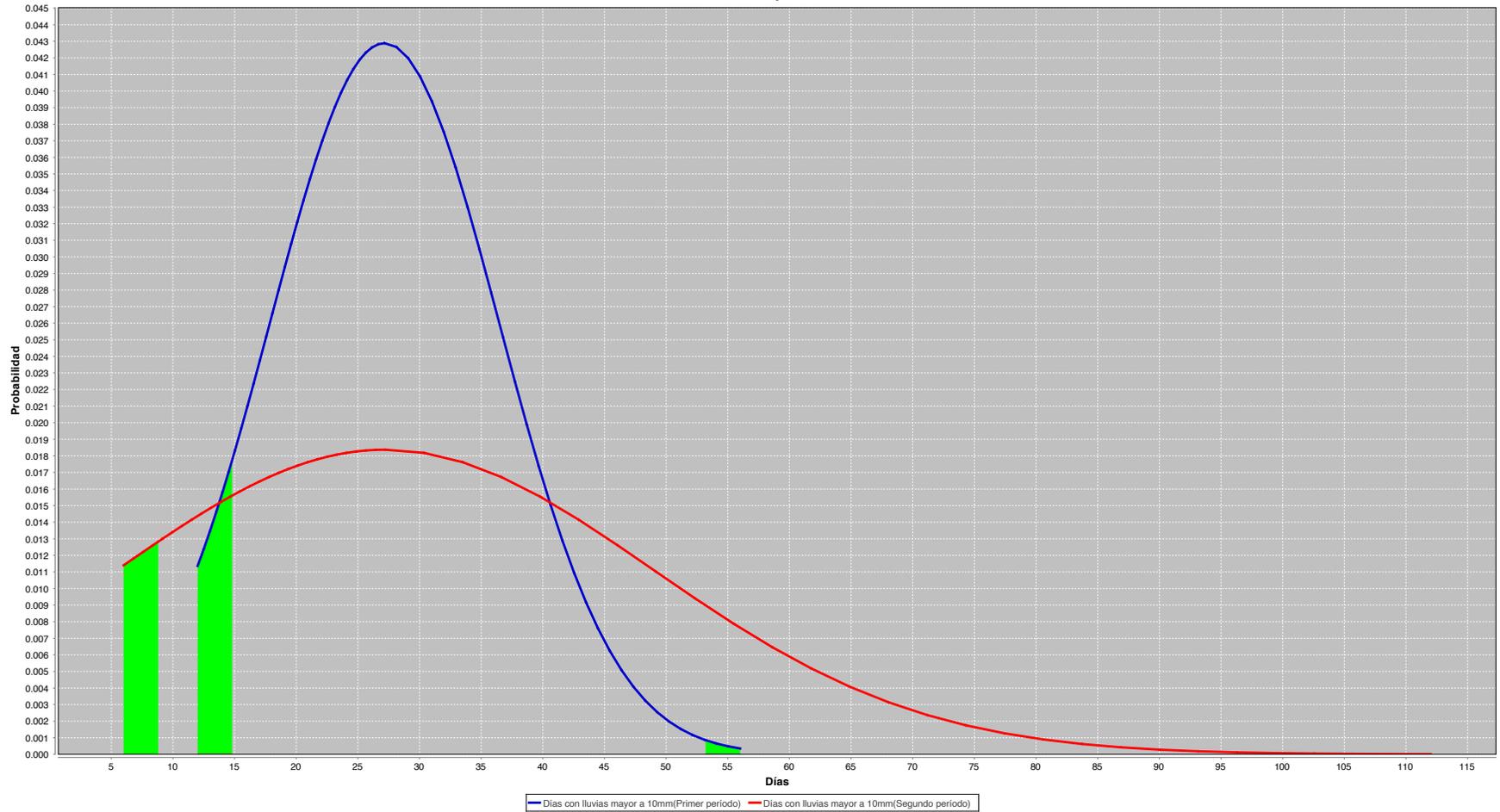
TNn Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Temperatura mínima extrema



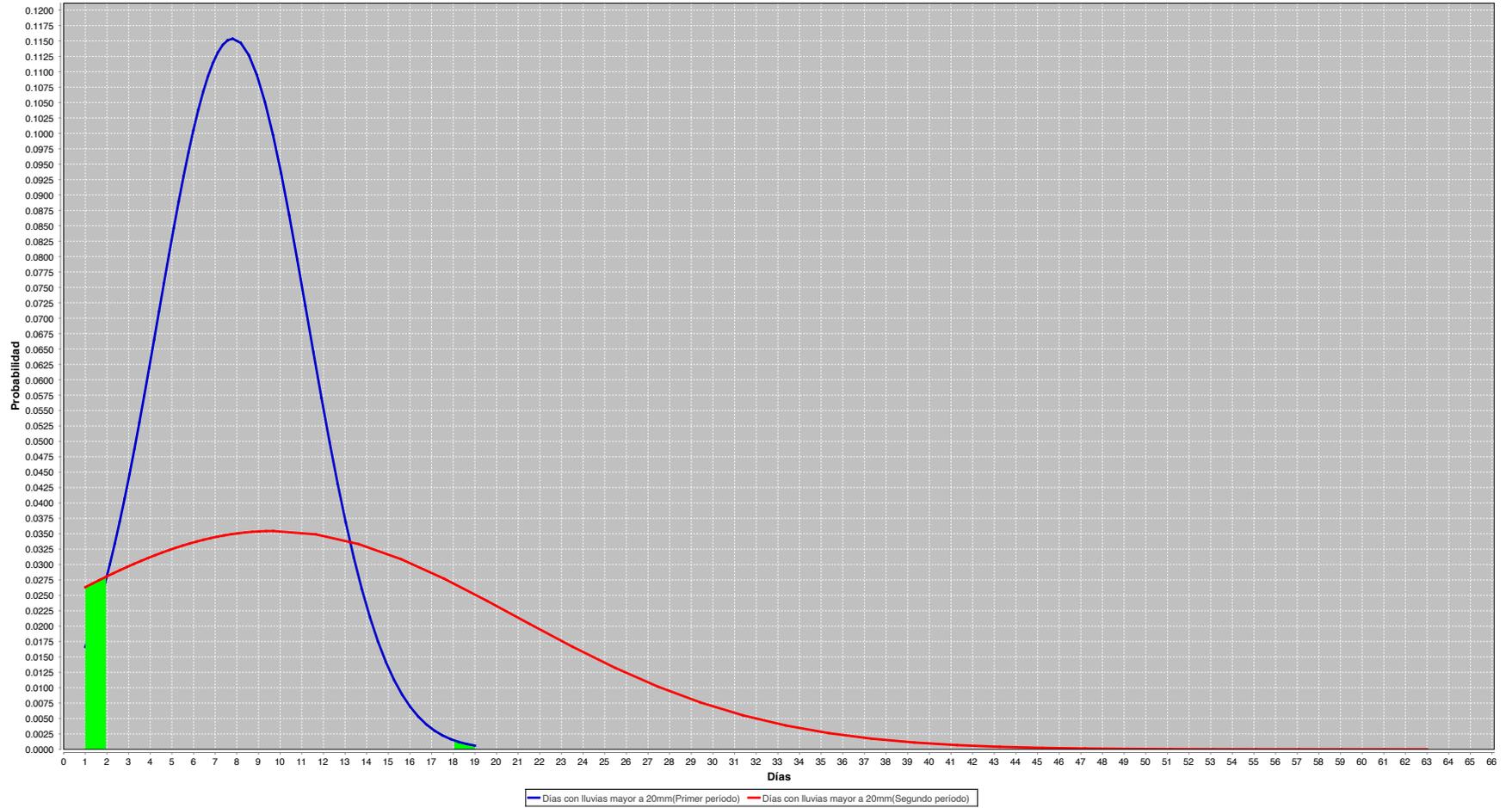
TNx Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Temperatura mínima más alta



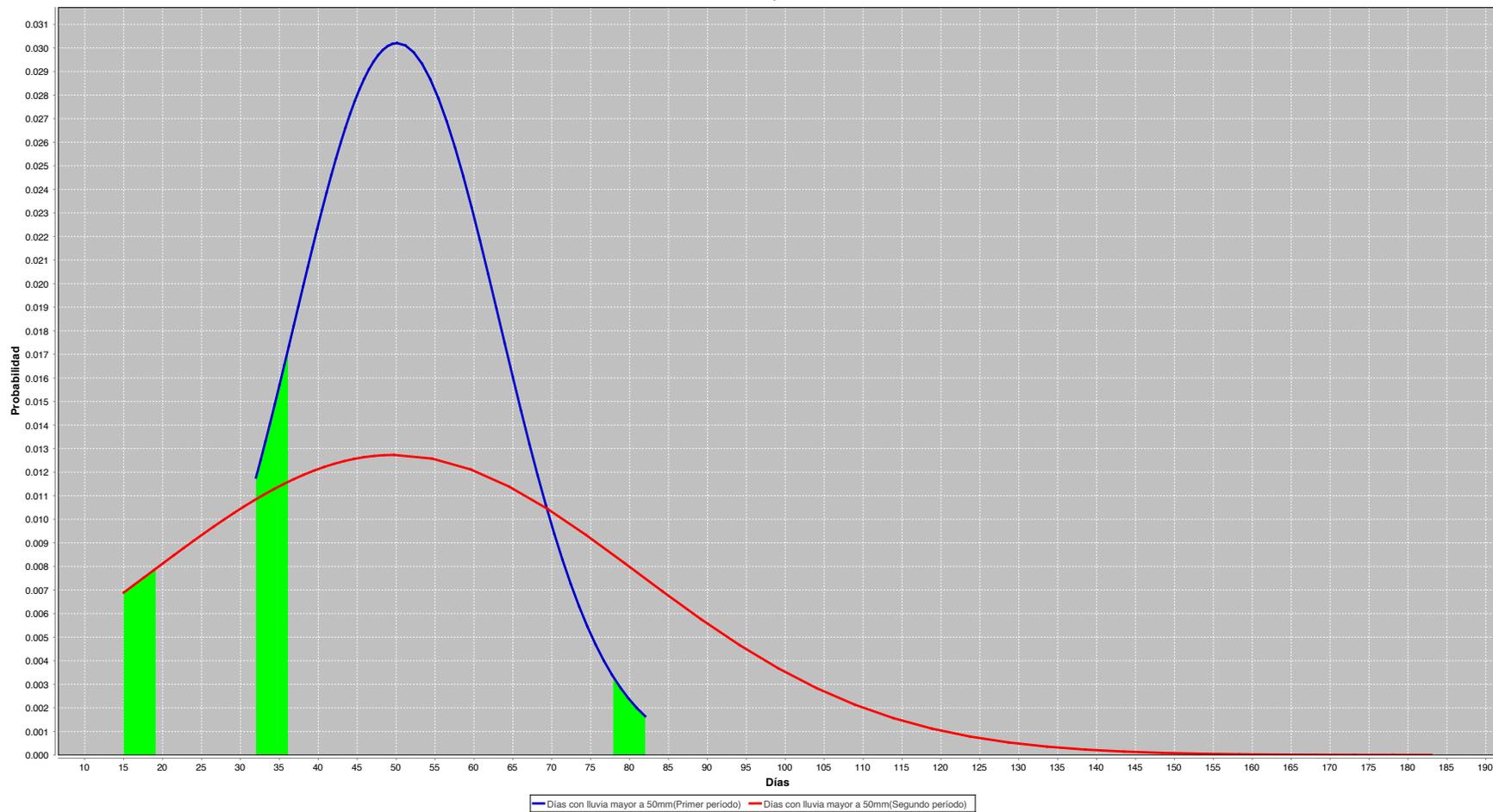
R10mm Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Días con lluvias mayor a 10mm



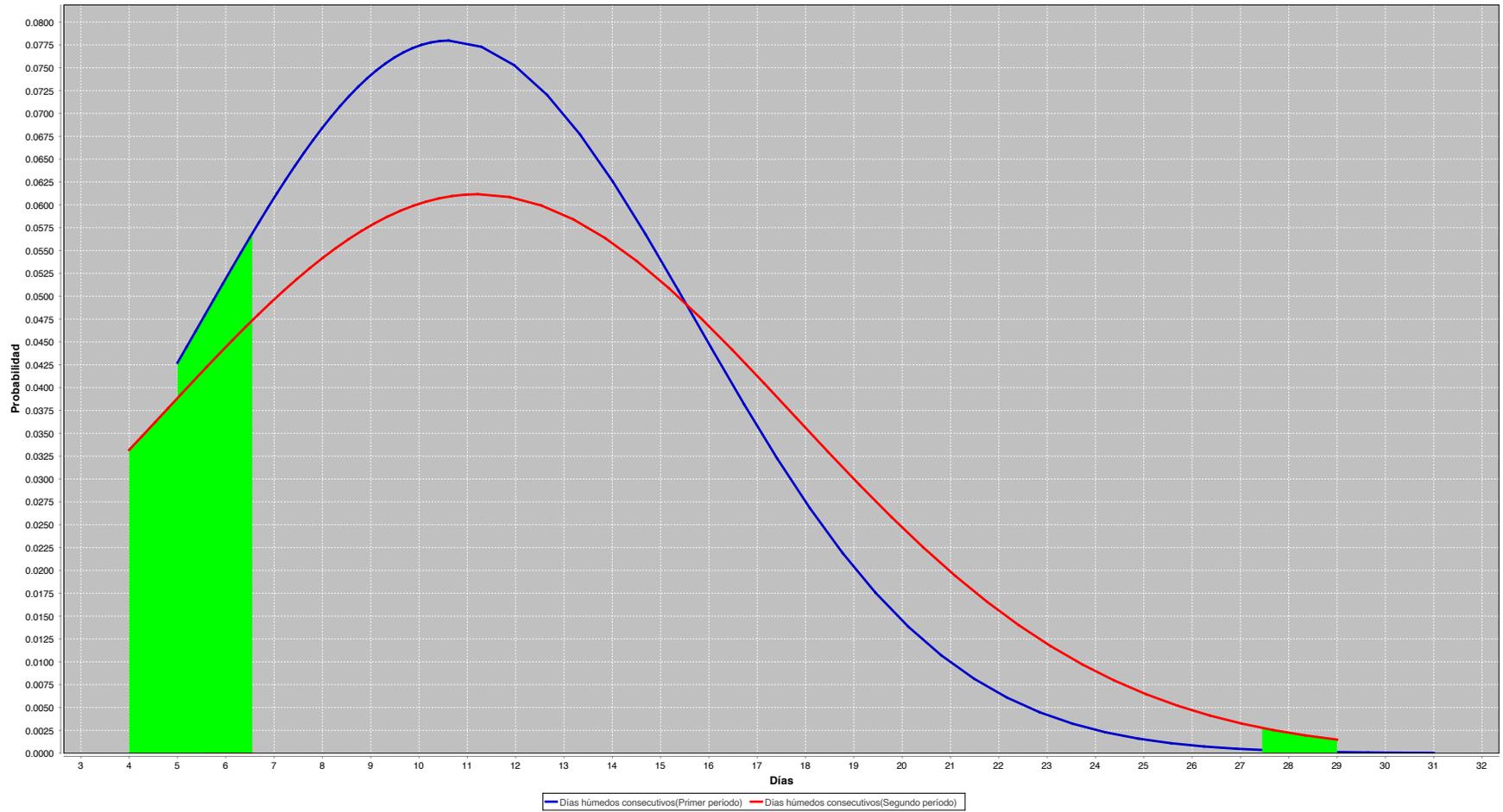
R20mm Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Dias con lluvias mayor a 20mm



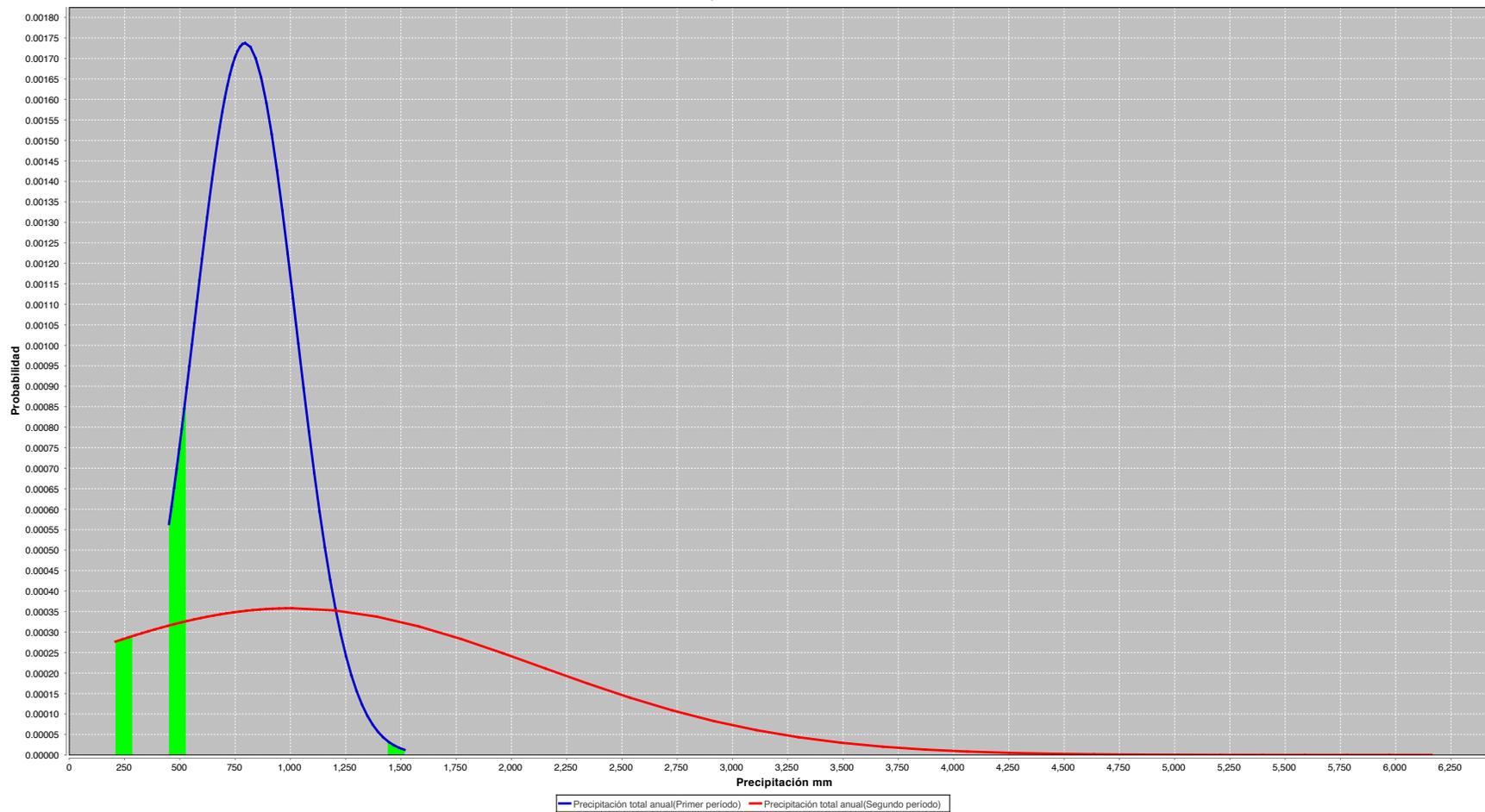
Rnn 50mm Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Días con lluvia mayor a 50mm



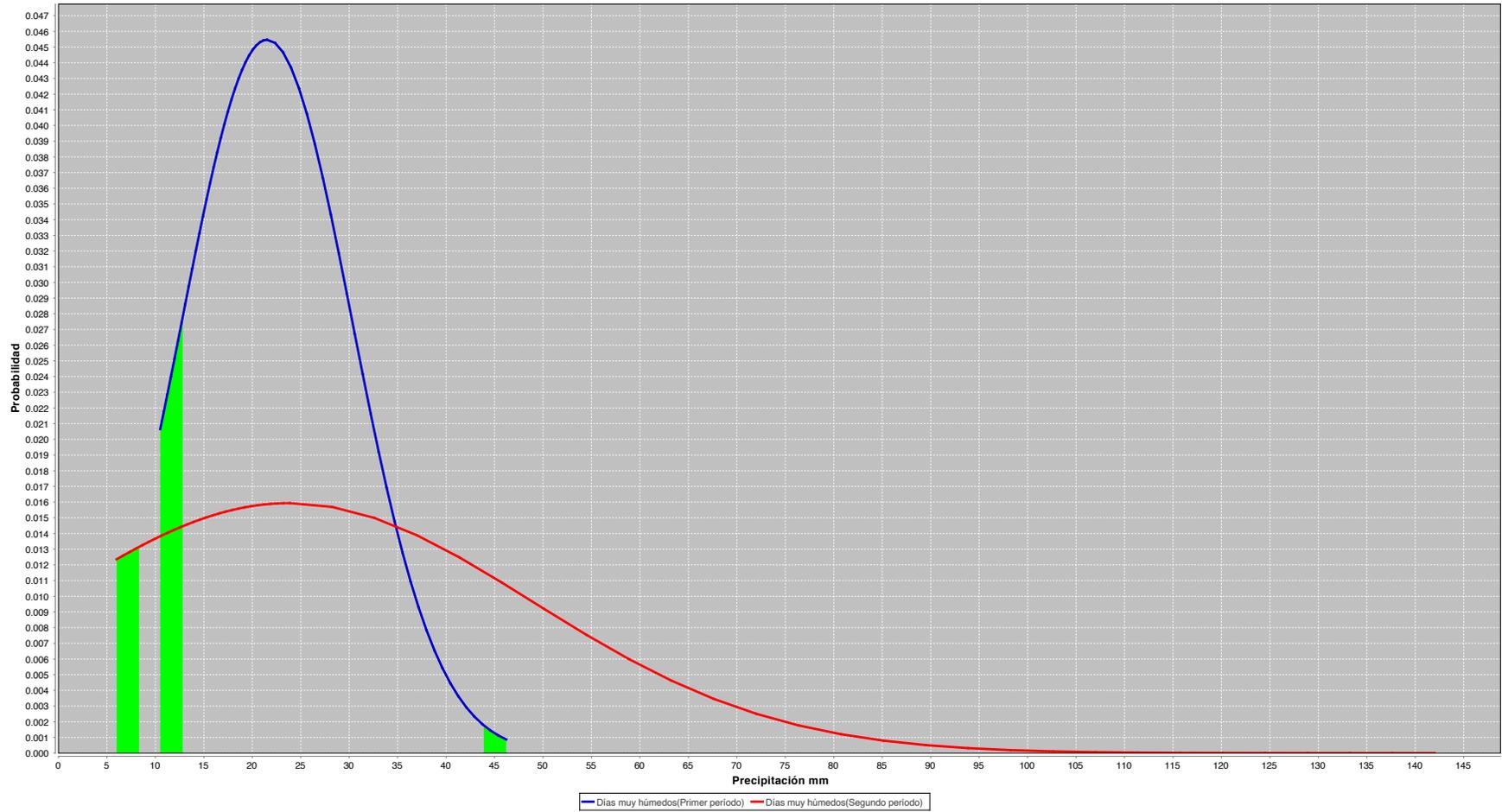
CWD Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Días húmedos consecutivos



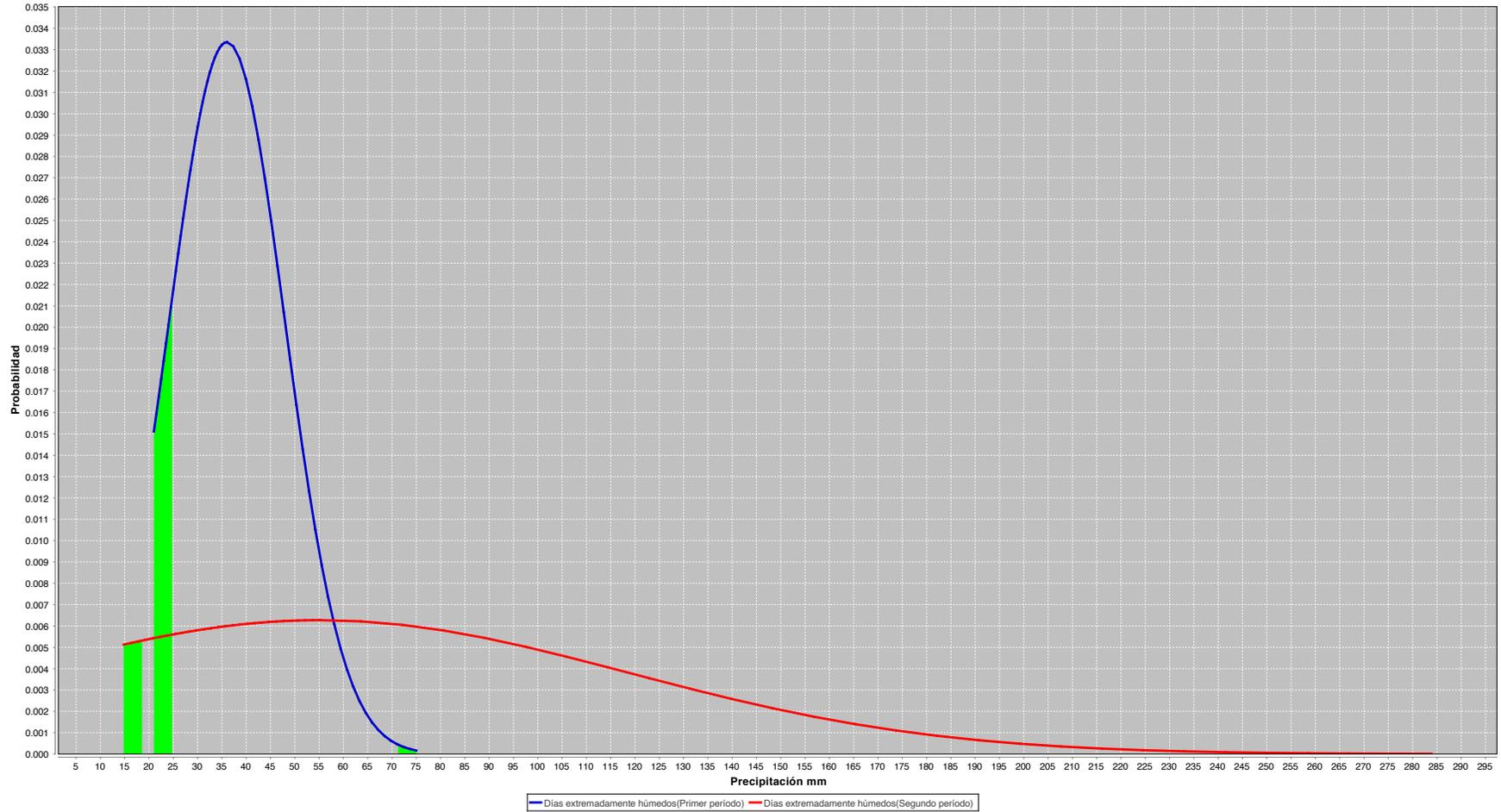
PRCPTOT Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Precipitación total anual



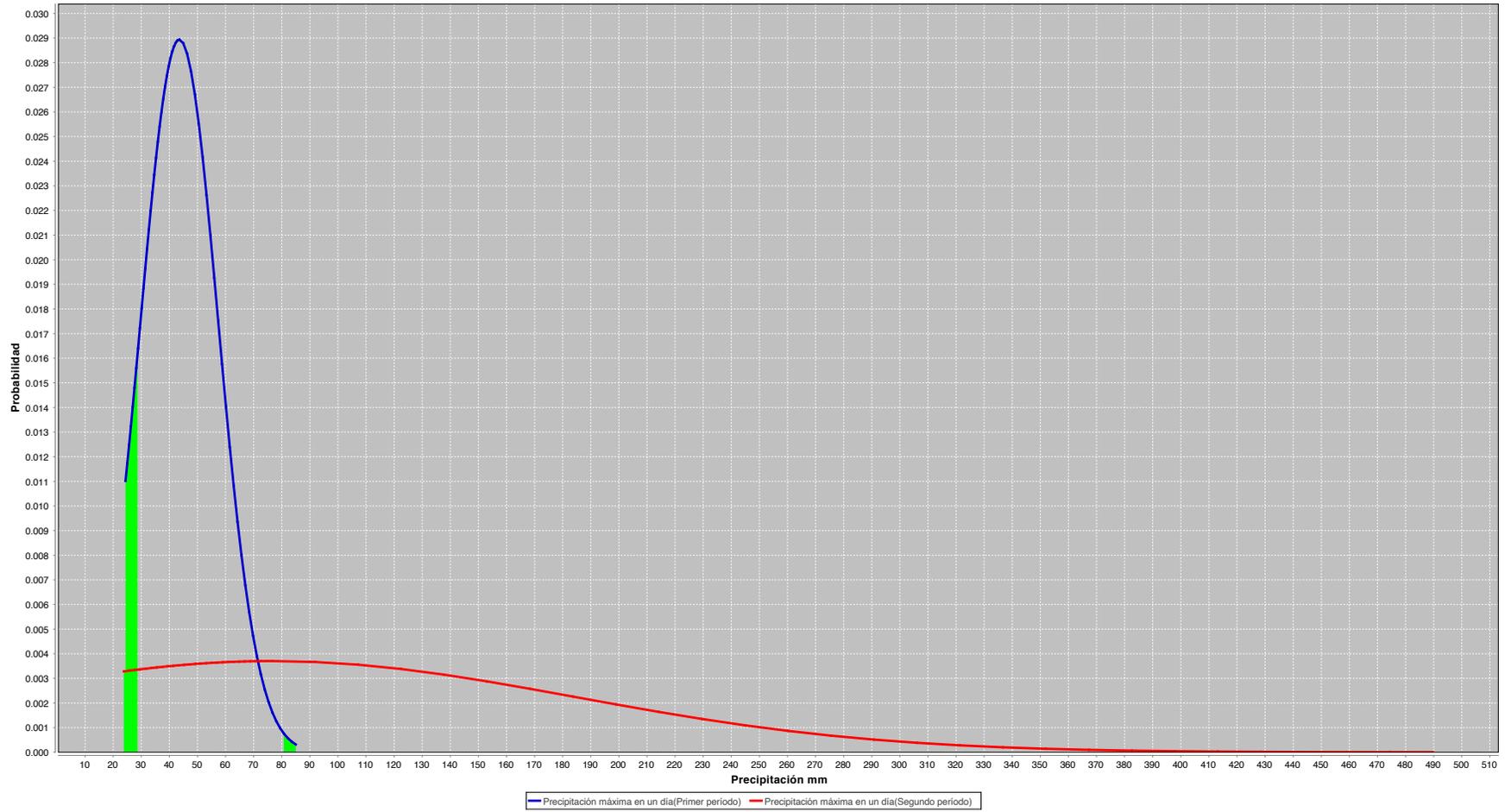
R95p Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Días muy húmedos



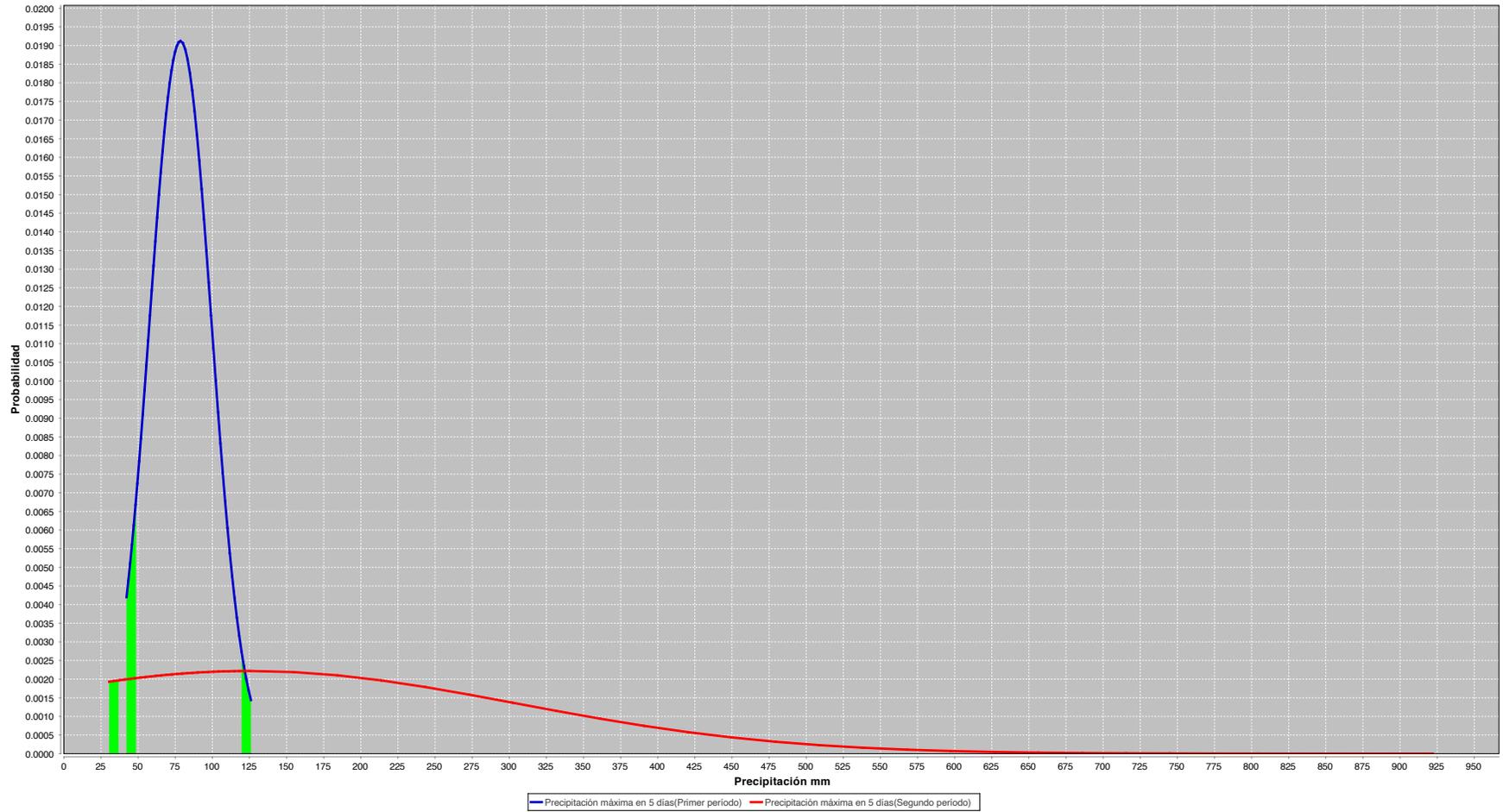
R99p Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Días extremadamente húmedos



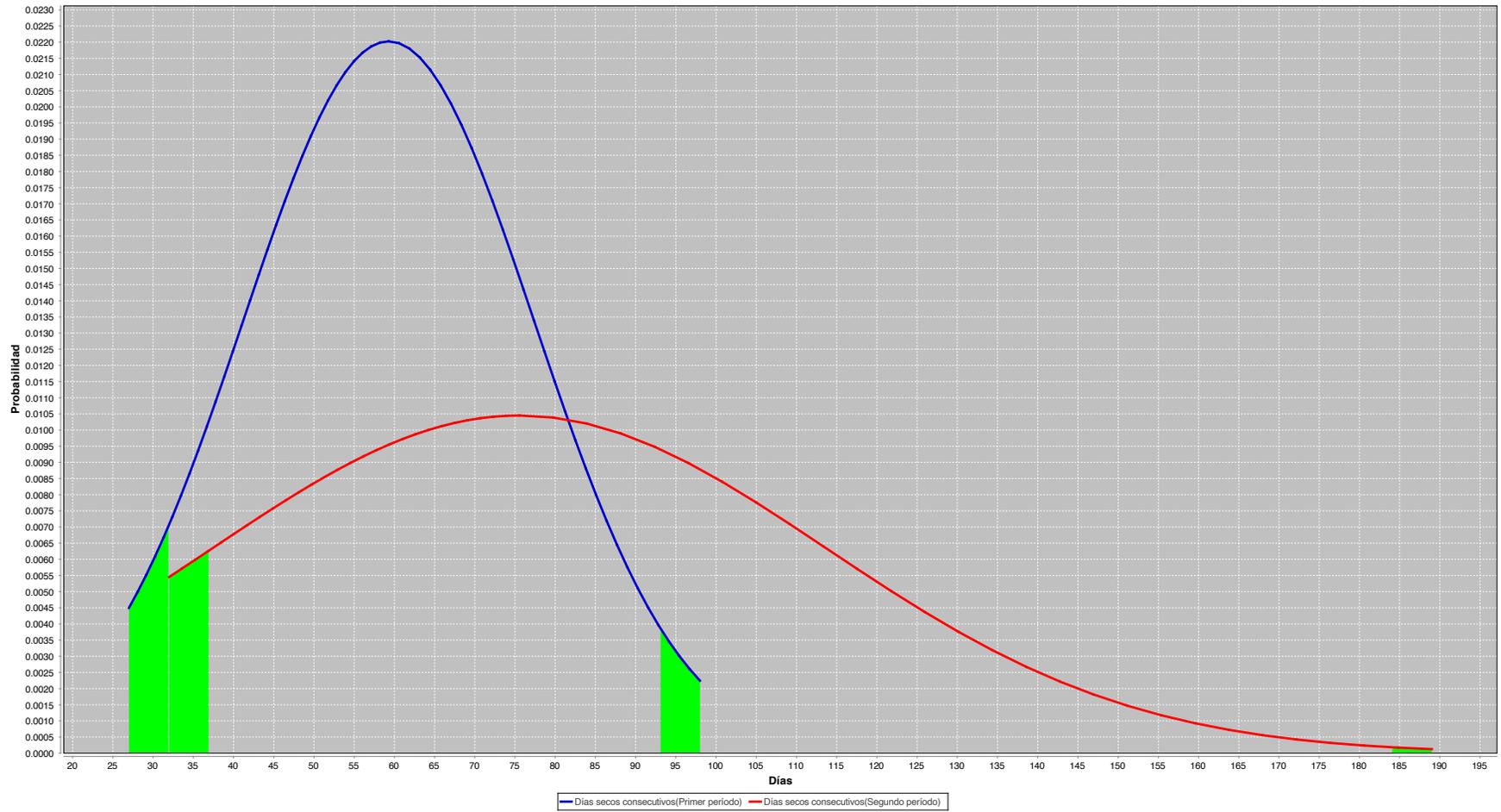
RX1Day Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Precipitación máxima en un día



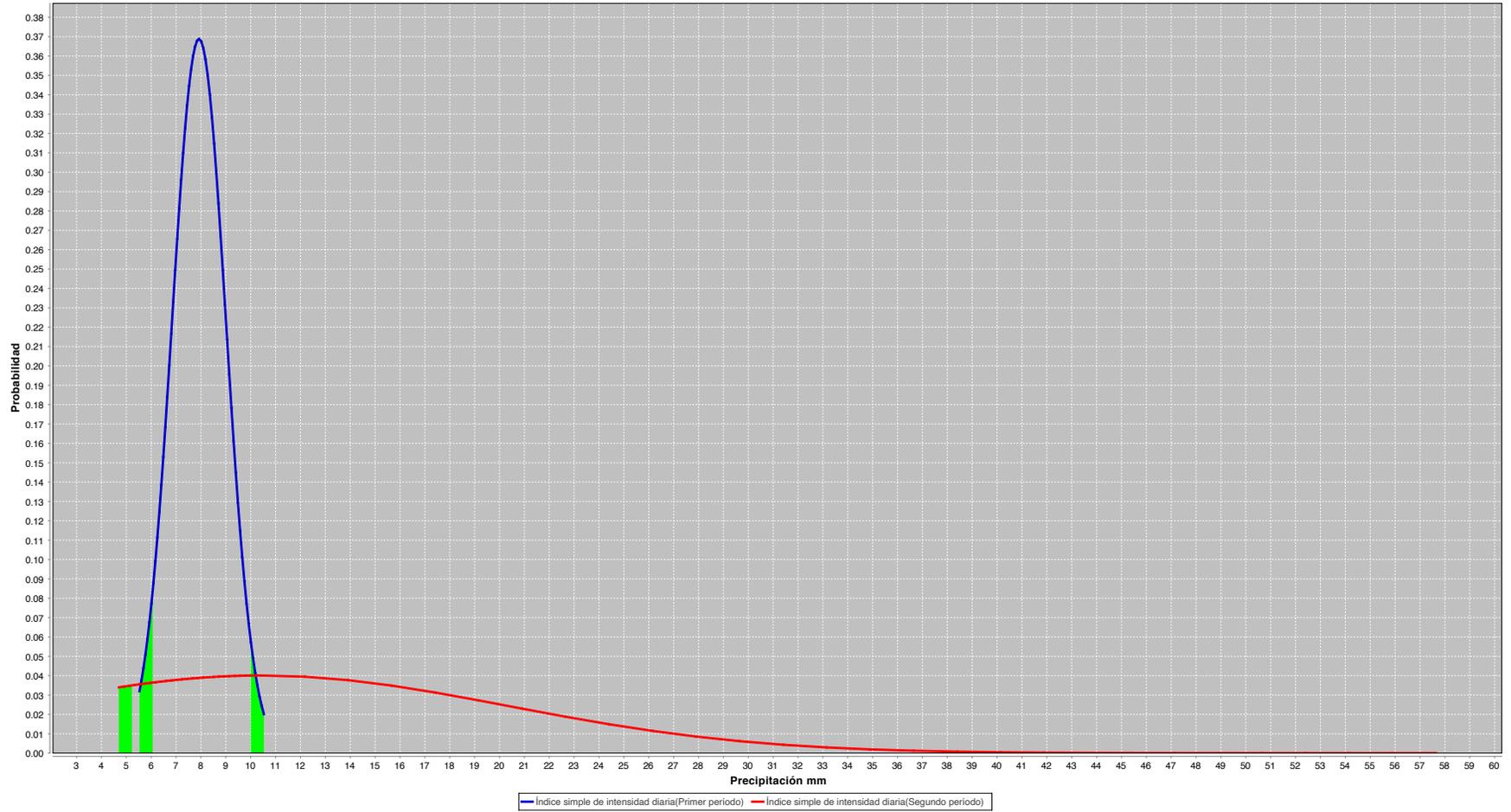
RX5Day Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Precipitación máxima en 5 días



CDD Período de referencia 1954 - 1984 / Período de cambio 1991-2018  
Días secos consecutivos



SDII Periodo de referencia 1954 - 1984 / Periodo de cambio 1991-2018  
Índice simple de intensidad diaria



## Resultados de la prueba mann-kendal

Tabla 5. Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio por décadas.

Dato	FD	DTR	CSDI	GSL	ID	DC40	TR	TN10p	TN90p	WSDI	TXx	TXn	SU	TX10p
S	-1060	-916	60	-27	0	0	8	181	303	254	260	307	576	350
V	31195.33	31200	31190	29505	31200	31200	26241.67	31190.33	31197	31199	31195	31195	31198	31193
N	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Z	-6	-5.18	0.33	-0.15	0	0	0.04	1.02	1.71	1.43	1.47	1.73	3.26	1.98

TX90p	TNn	TNx	R10mm	R20mm	Rnn 50mm	CWD	PRCPTOT	R95p	R99p	RX1Day	RX5Day	CDD	SDII
496	1091	730	-438	-272	-465	-339	-318	-264	7	167	-106	96	-42
31187.67	31191.33	31184.67	31195.33	31192.33	31198	31192.33	31200	31199	31200	31200	31199	31199	31200
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
2.8	6.17	4.13	-2.47	-1.53	-2.63	-1.91	-1.79	-1.49	0.03	0.94	-0.59	0.54	-0.23

Fuente: Elaboración propia con ayuda del programa ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1 (2019)

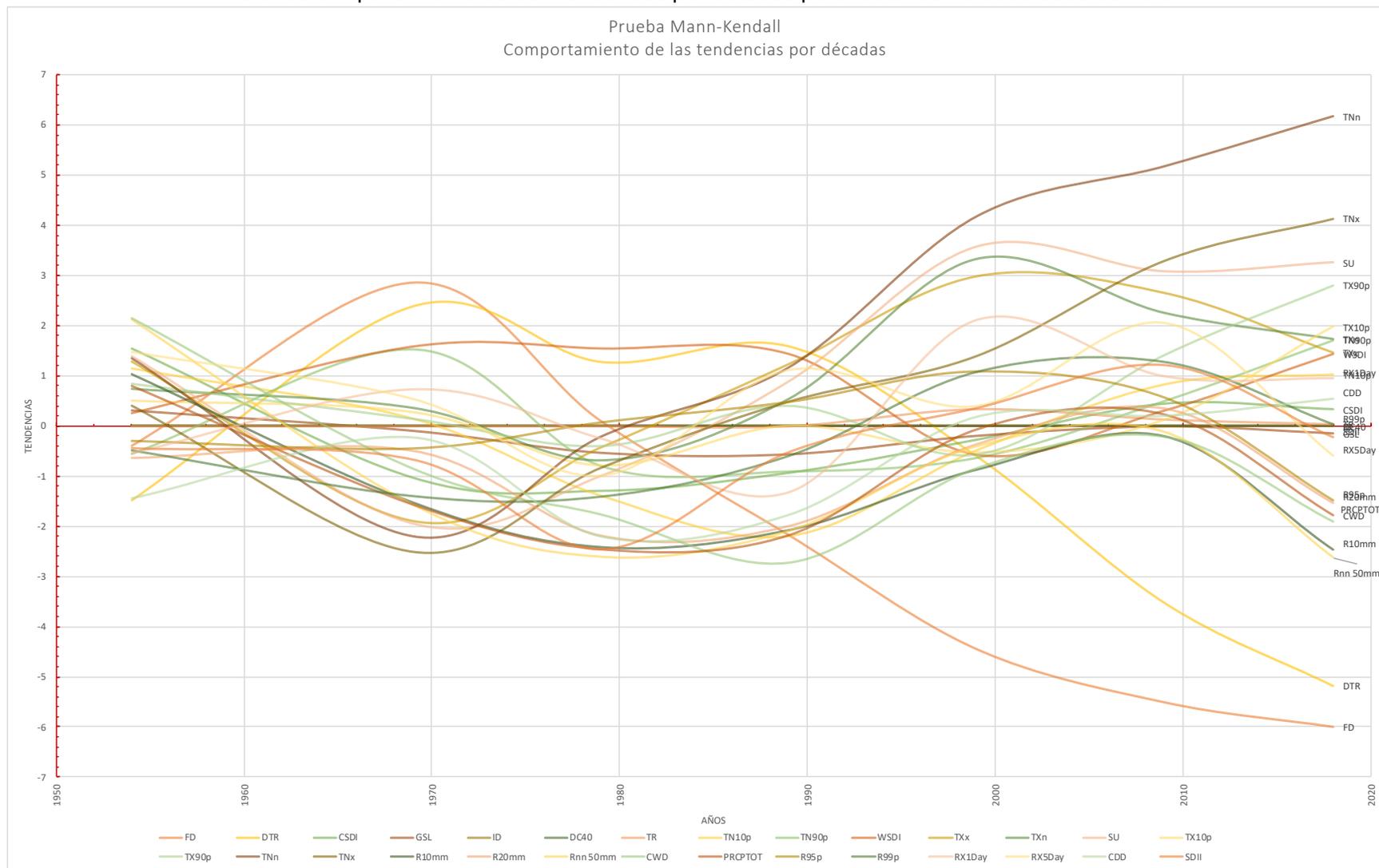
Tabla 6. Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio por décadas.

	Proyección de la tendencia anual de los indicadores climáticos relacionados con temperatura														Proyección de la tendencia anual de los indicadores climáticos relacionados con precipitación													
	FD	DTR	CSDI	GSL	ID	DC40	TR	TN10p	TN90p	WSDI	TXx	TNn	TXn	SU	TX10p	TX90p	TNn	TXn	R10mm	R20mm	Rnn	CWD	PRCPTOT	R95p	R99p	RX1Day	RX5Day	CDD
1954	-0.4	-1.5	1.54	0.31	0	0	0	1.14	-0.55	0.25	1.29	0.74	1.39	0.5	0.84	1.34	0.4	1.04	-0.64	2.13	2.14	0.79	-0.3	-0.49	-0.55	1.48	-1.44	-0.45
1969	2.85	2.39	-1.04	-0.1	0	0	0	0.14	1.53	1.58	-1.89	0.36	-1.94	0.27	0.14	-2.21	-2.52	-1.53	-0.5	-1.58	-0.86	-1.58	-0.45	-1.4	0.72	0.54	-0.23	-0.68
1979	0.09	1.28	-1.3	-0.54	0	0	0	-1.39	-0.79	1.54	-0.42	-0.68	-0.99	-0.79	-0.4	-0.22	-0.84	-2.42	-2.18	-2.62	-1.77	-2.47	0.07	-1.41	-0.26	-0.99	-2.2	-2.47
1989	-2.2	1.59	-0.94	-0.57	0	0	0	-2.19	-0.9	1.43	1.24	0.54	0.89	0	0.4	1.16	0.48	-2.08	-1.99	-2.1	-2.73	-2.19	0.48	-0.6	-1.33	1.12	-1.77	-0.53
1999	-4.5	-0.6	-0.28	-0.2	0	0	0.33	-0.49	-0.63	-0.58	2.99	3.32	3.57	-0.53	-0.57	4.17	1.39	-0.87	-0.37	-0.41	-0.85	-0.08	1.09	1.07	2.1	0.4	0.18	0.35
2009	-5.5	-3.5	0.44	-0.01	0	0	0.13	0.82	0.5	0.3	2.66	2.25	3.08	0.12	1.41	5.17	3.29	-0.2	0.34	-0.12	-0.22	0.22	0.57	1.27	0.98	2.06	0.2	1.21
2018	-6	-5.2	0.33	-0.15	0	0	0.04	1.02	1.71	1.43	1.47	1.73	3.26	1.98	2.8	6.17	4.13	-2.47	-1.53	-2.63	-1.91	-1.79	-1.49	0.03	0.94	-0.59	0.54	-0.23

Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos del estudio con el ICC y datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1

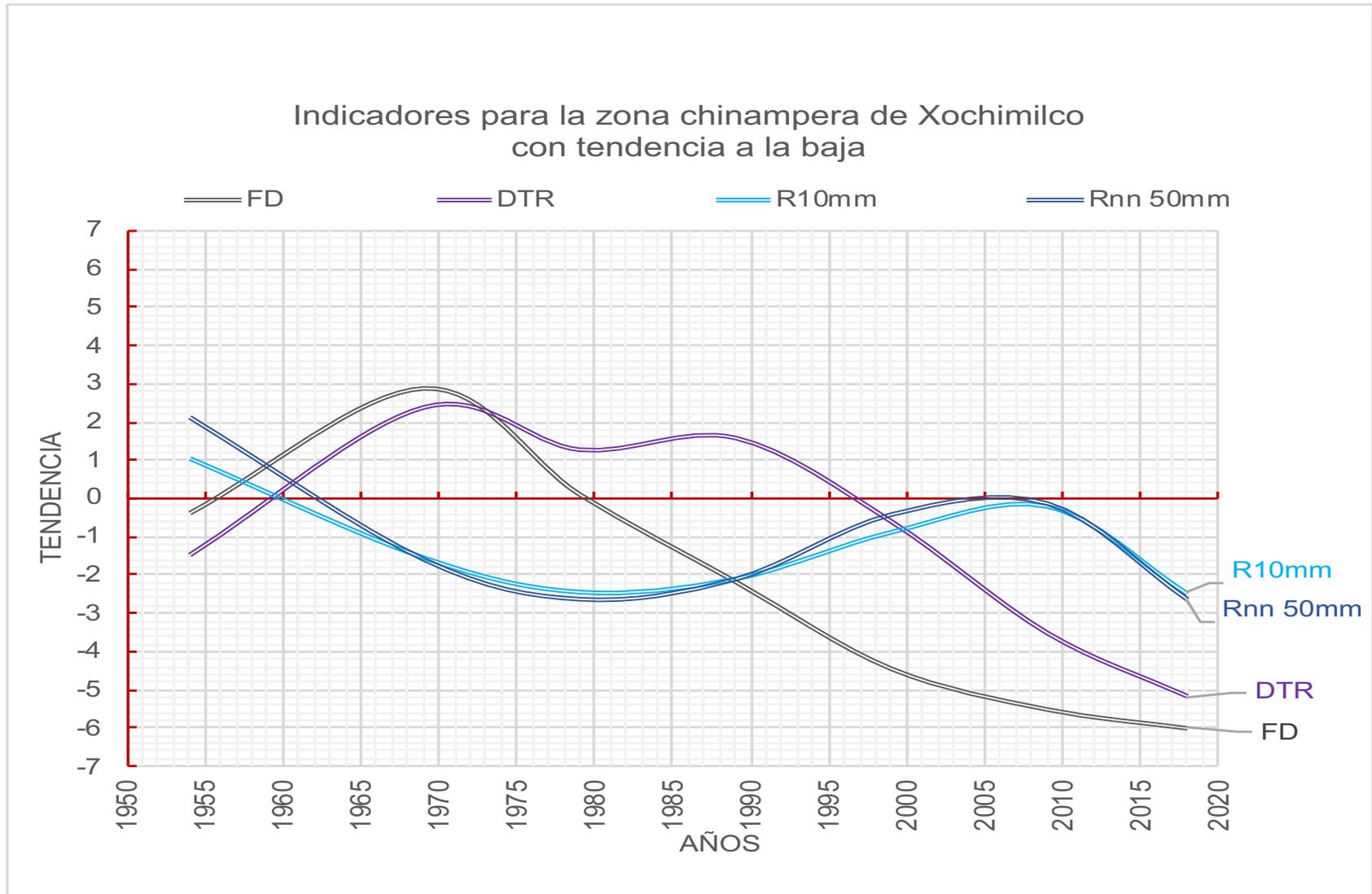
## Graficas de comportamiento de tendencias de la prueba mann-kendal por décadas

Gráfica comportamiento de las tendencias por décadas para todos los indicadores de cambio



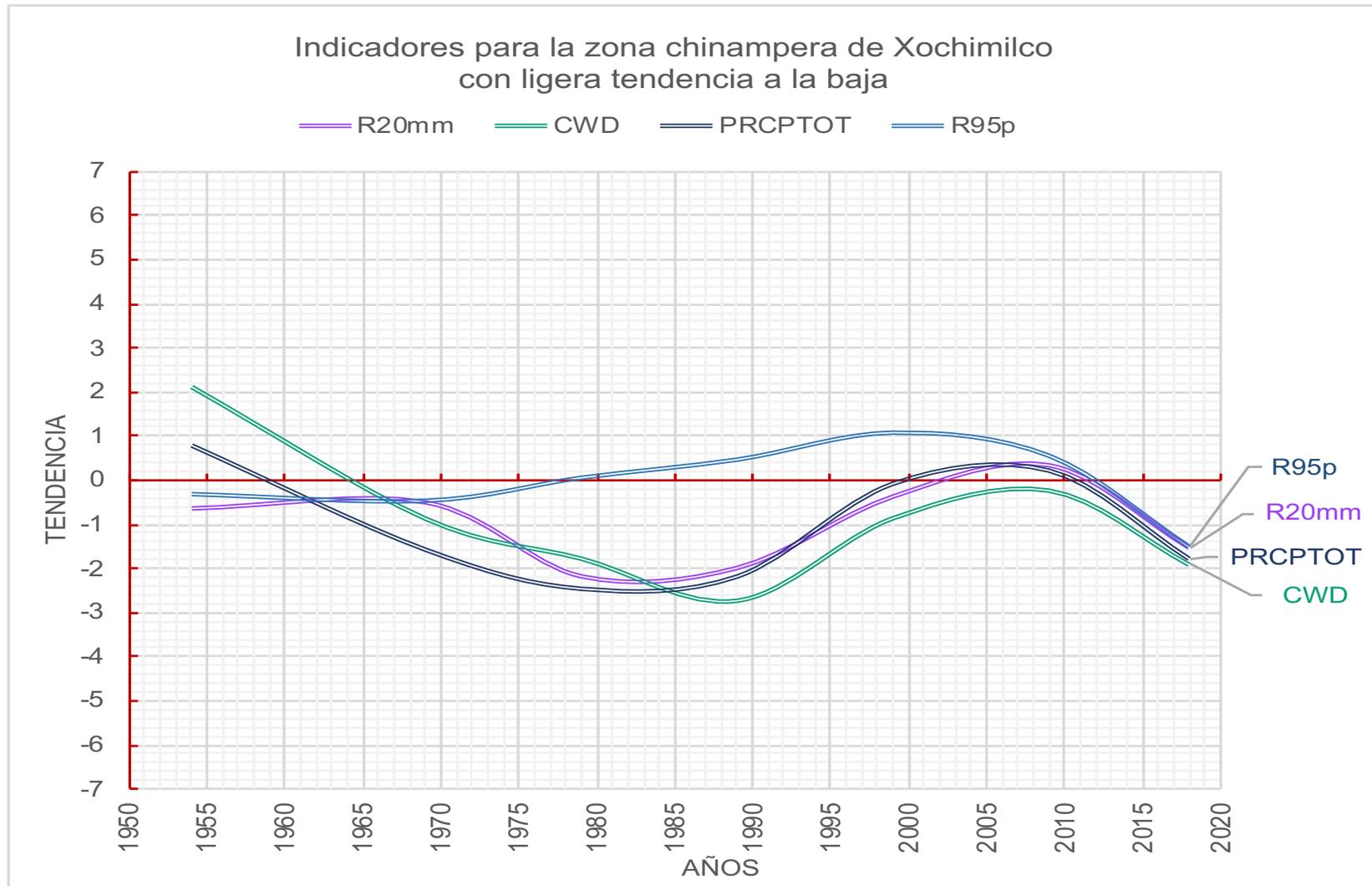
Fuente: Elaboración propia con ayuda del programa ICC y datos de las estaciones climatológicas: Moyoguarda, Santa Úrsula Caopa y ENP1 (2019).

Gráfico 5. Indicadores para la zona de estudio con tendencia a la baja.



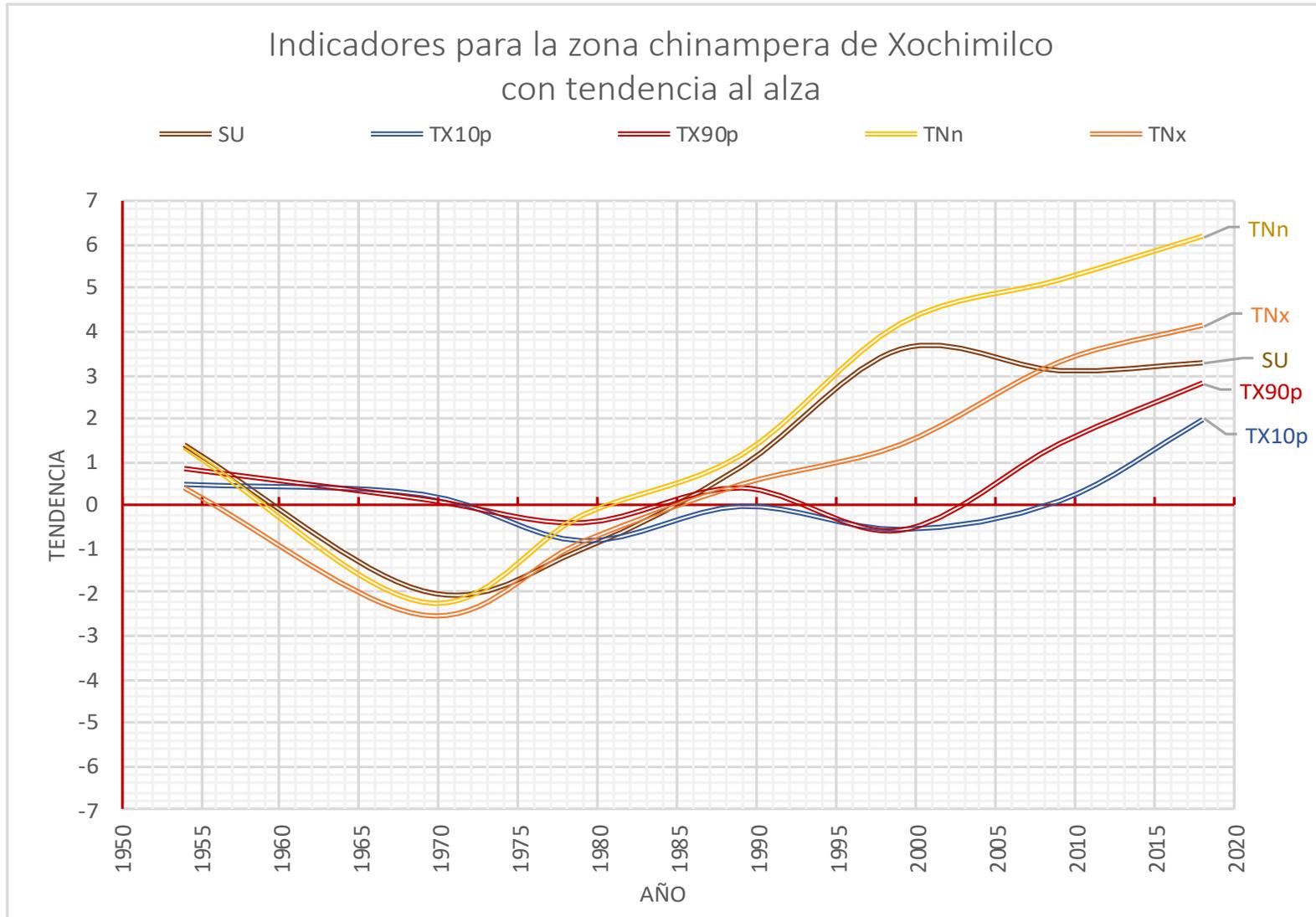
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC y con datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1

Gráfico 6. Indicadores para la zona de estudio con ligera tendencia a la baja.



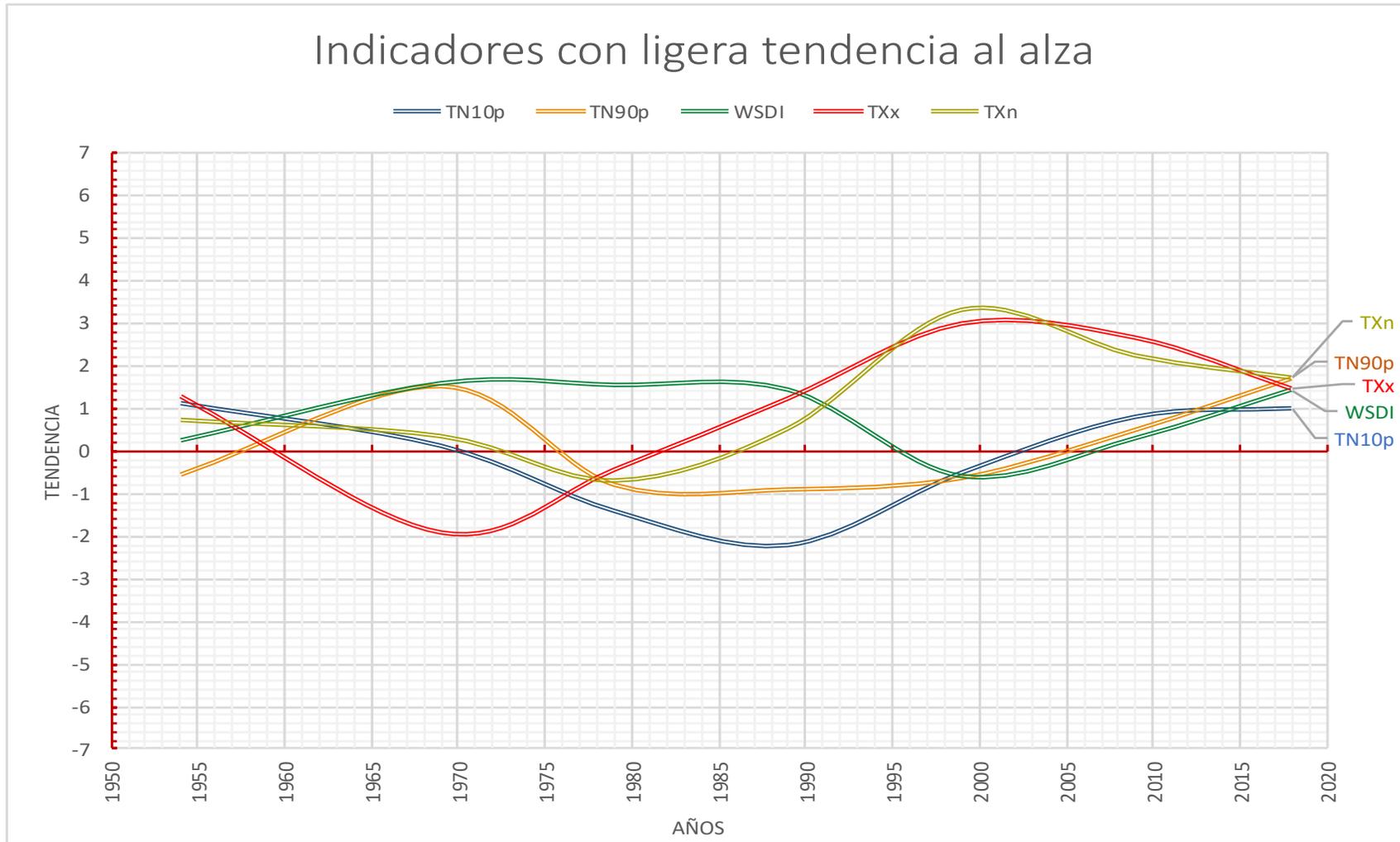
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC y con datos de las estaciones climáticas Santa Ursula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfico 7. Indicadores para la zona de estudio con tendencia al alza.



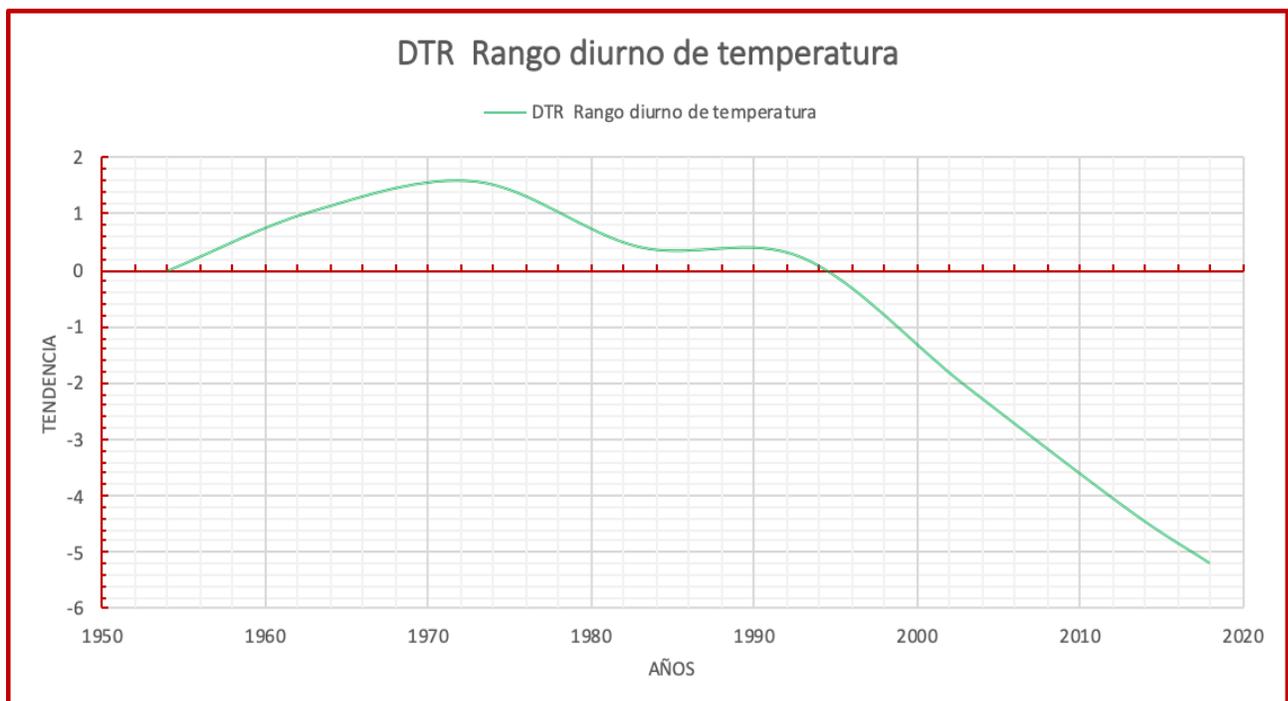
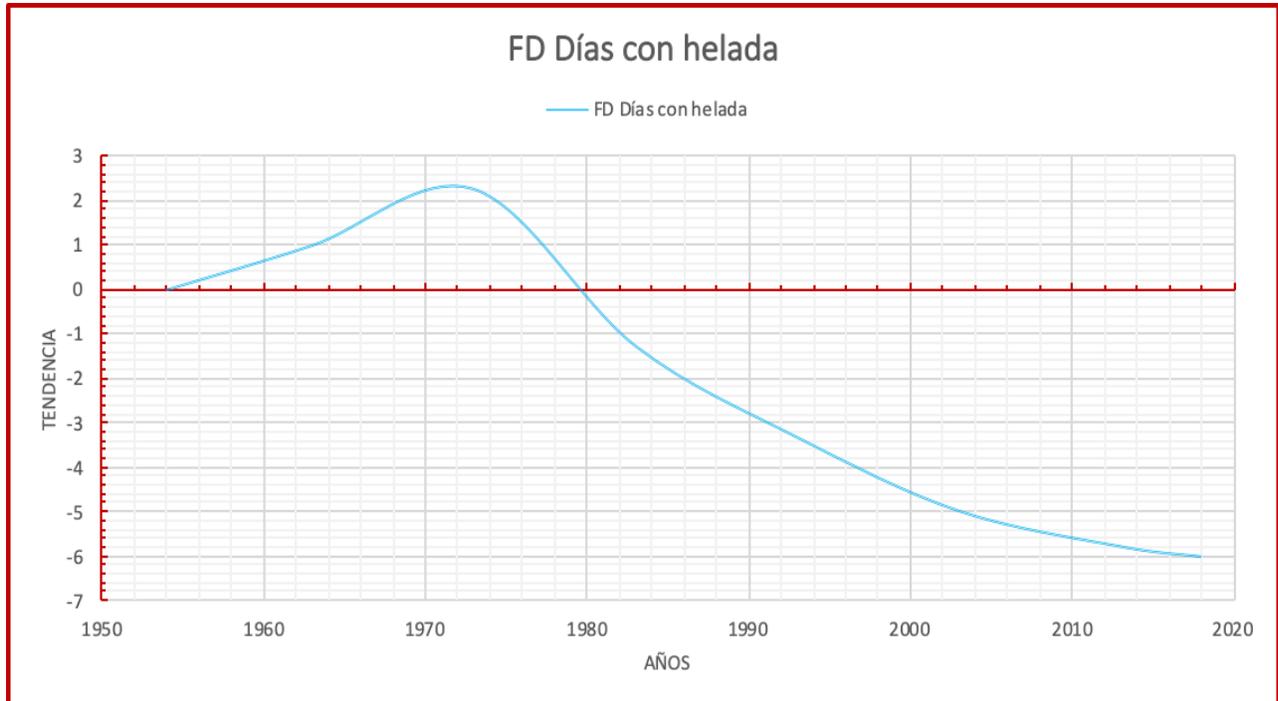
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC con datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

Gráfico 8. Indicadores para la zona de estudio con ligera tendencia a la baja.

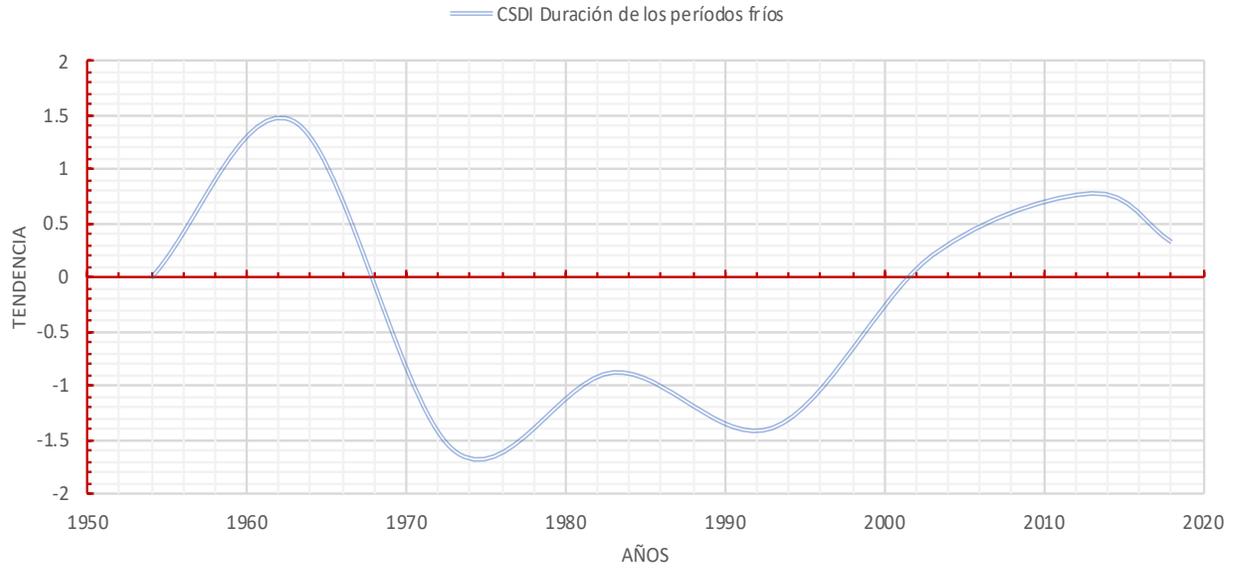


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del programa ICC y con datos de las estaciones climáticas Santa Úrsula Coapa, Moyoguarda y ENP1.

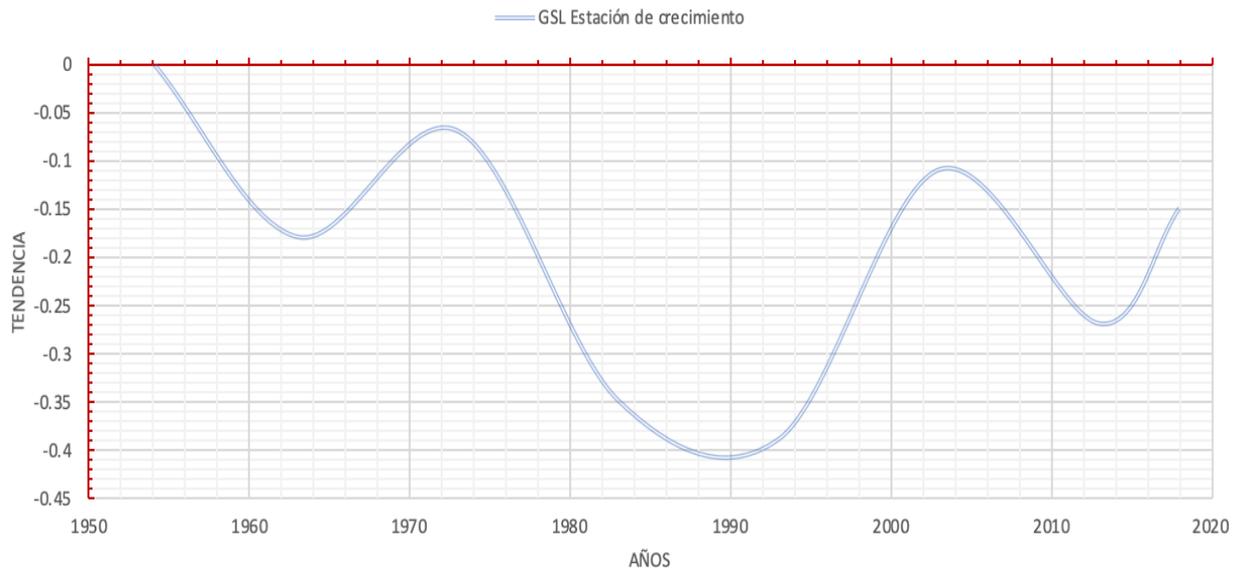
## Graficas de comportamiento de tendencias por décadas de la prueba mann-kendal por indicador

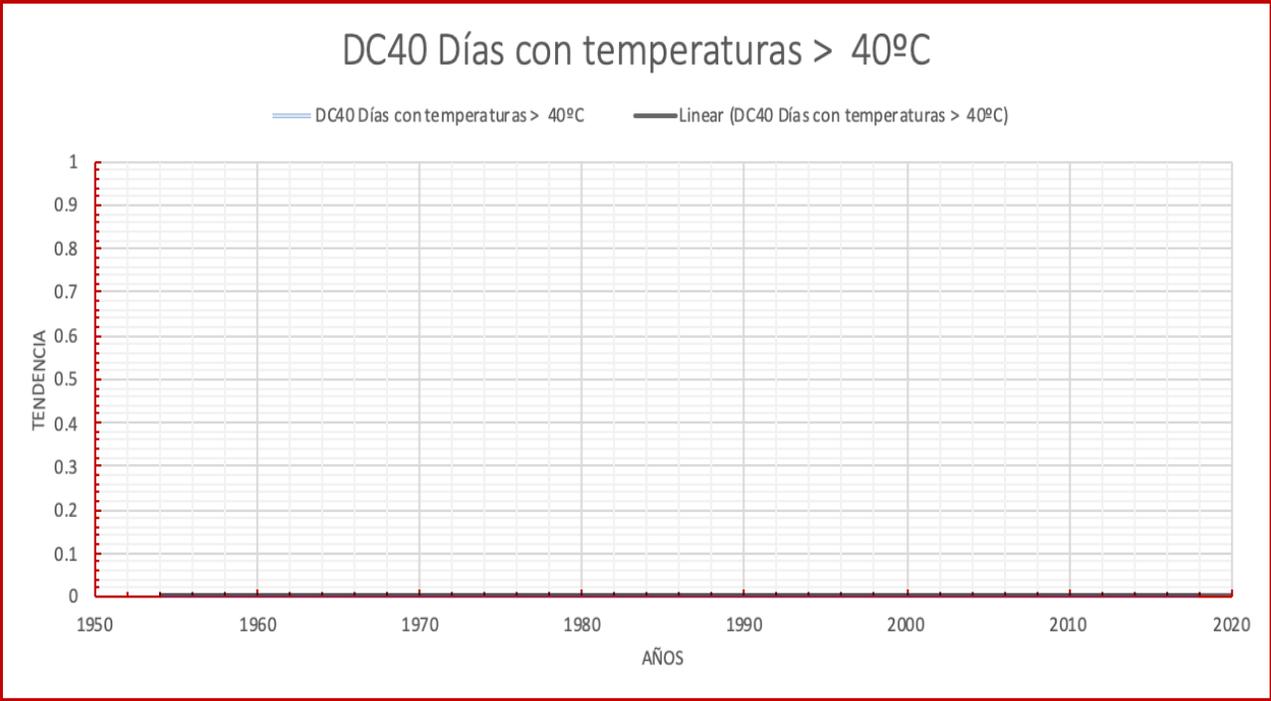


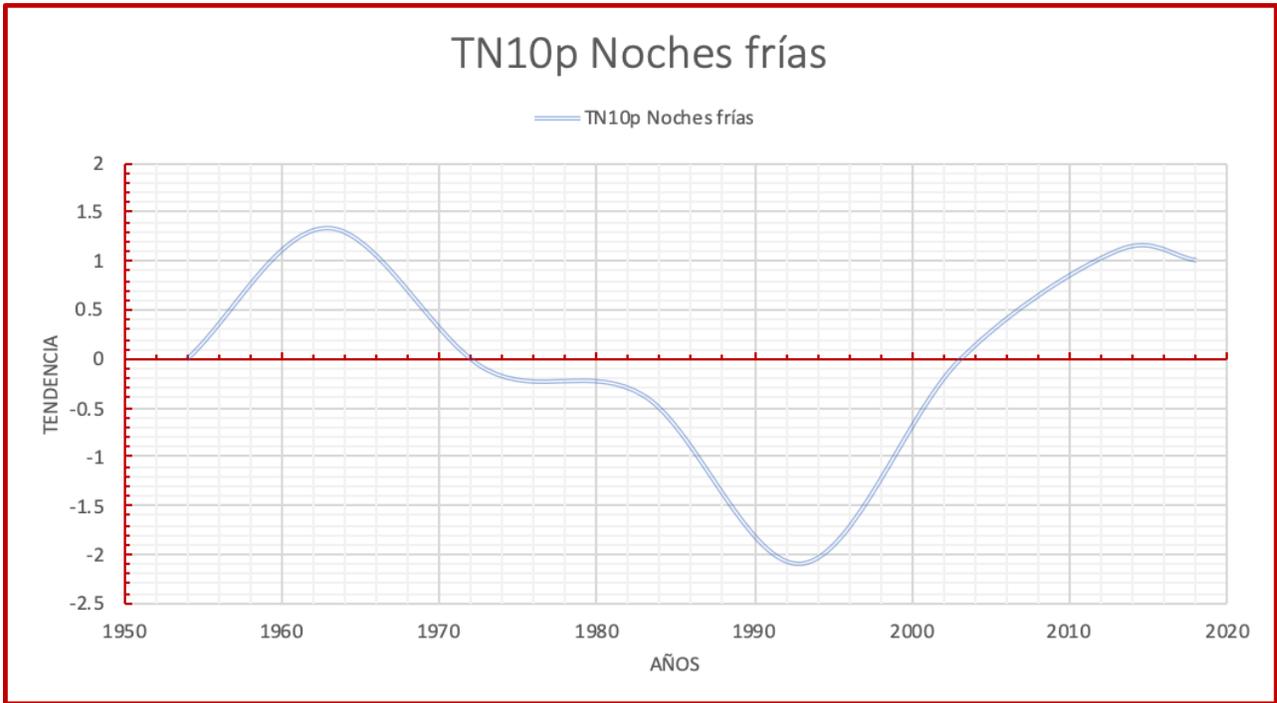
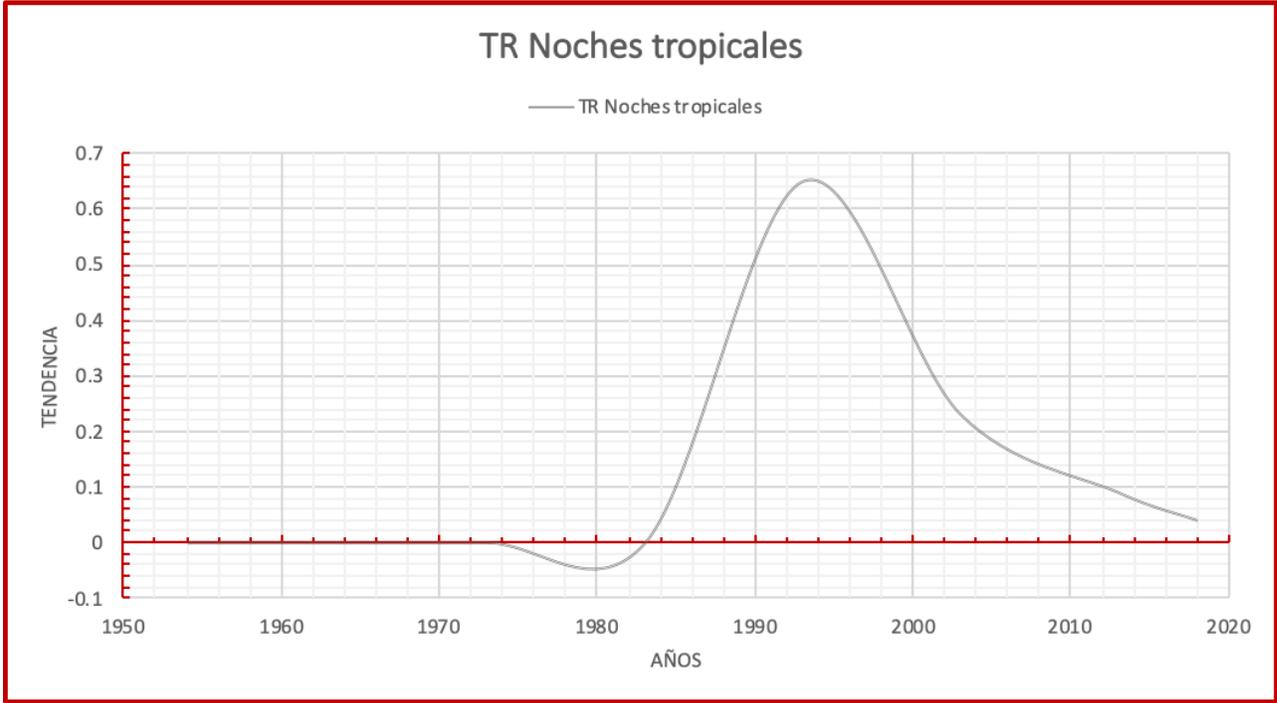
## CSDI Duración de los períodos fríos

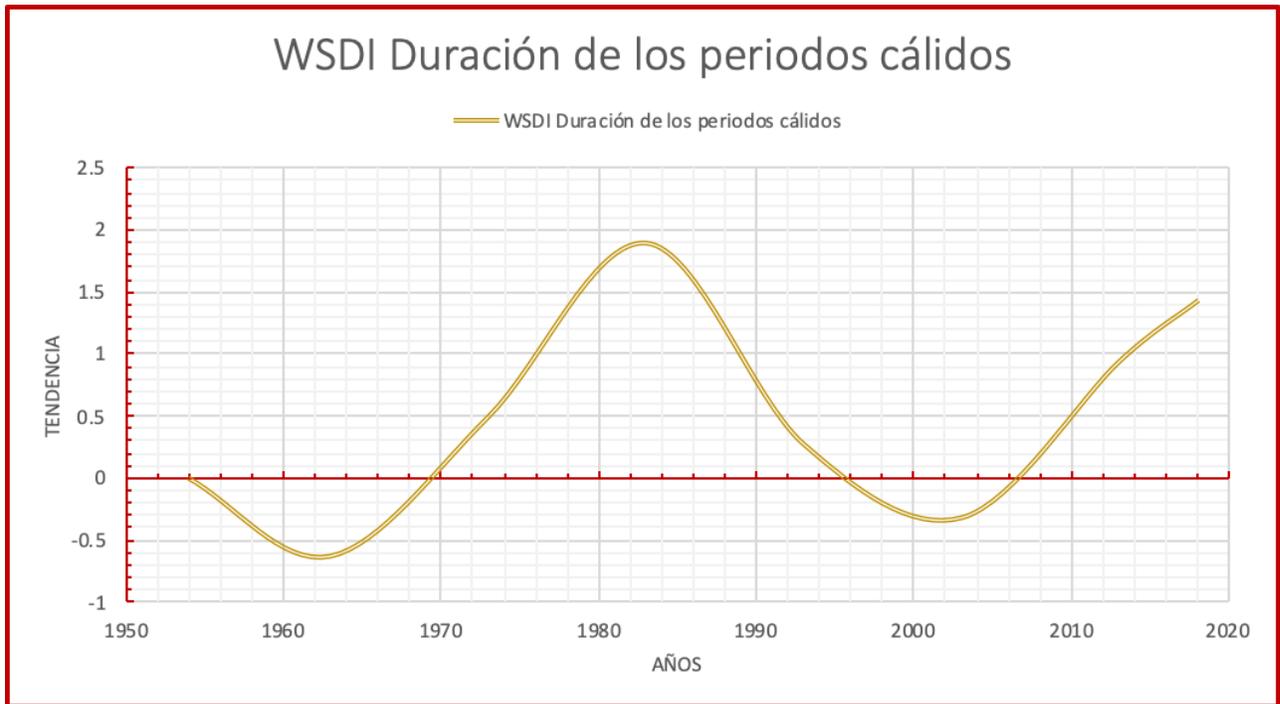
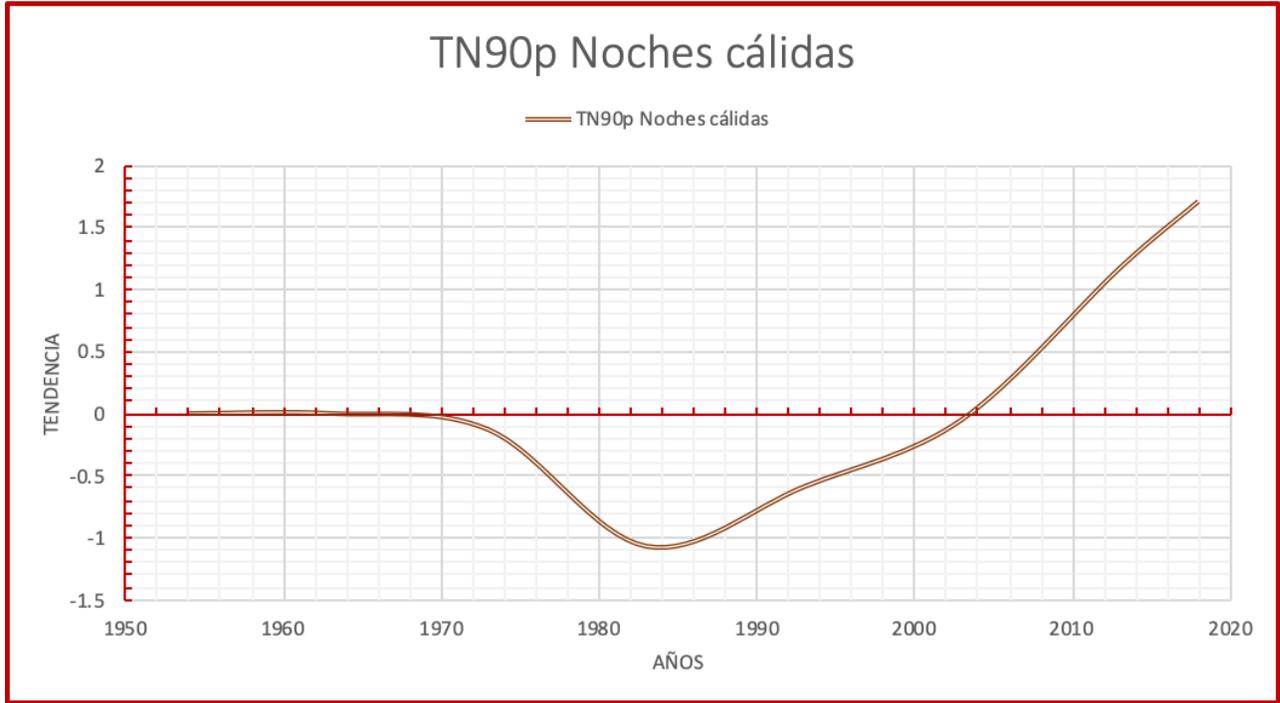


## GSL Estación de crecimiento

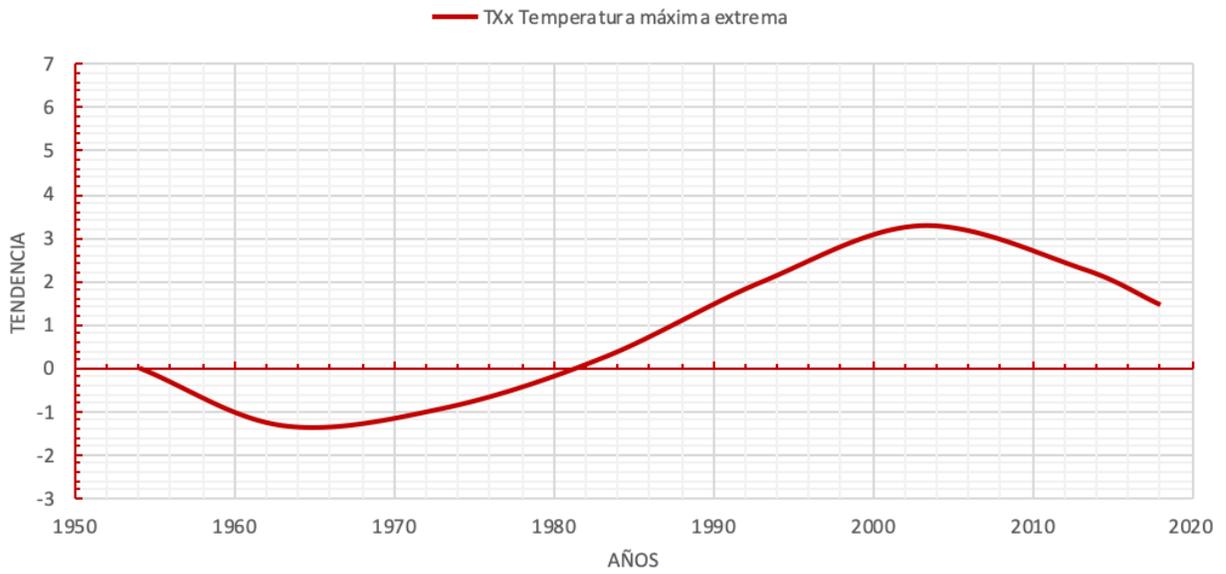




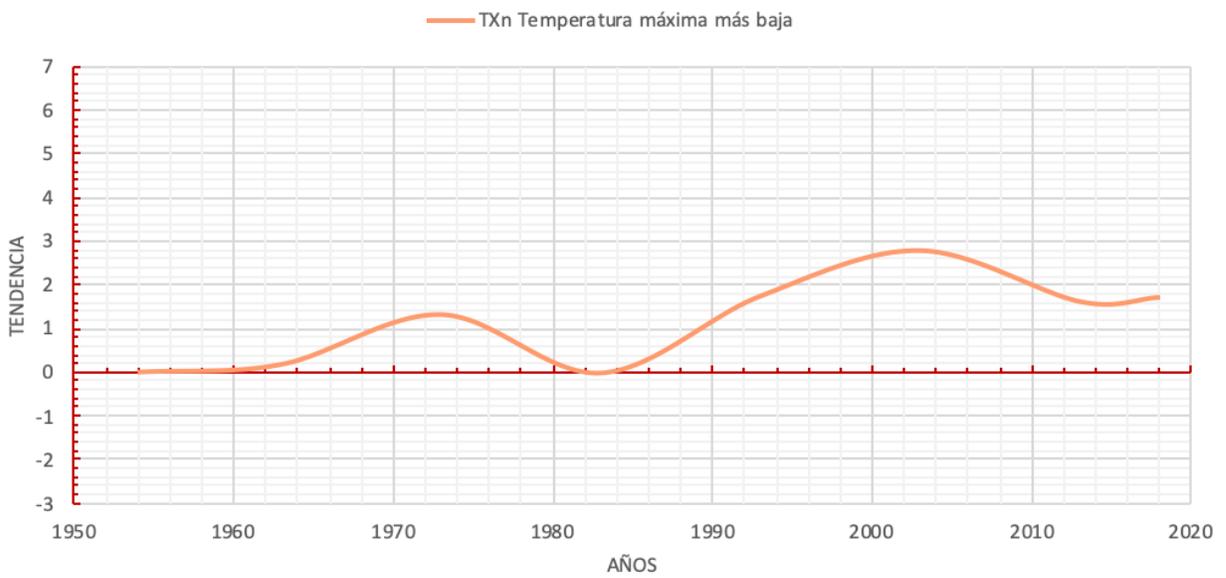


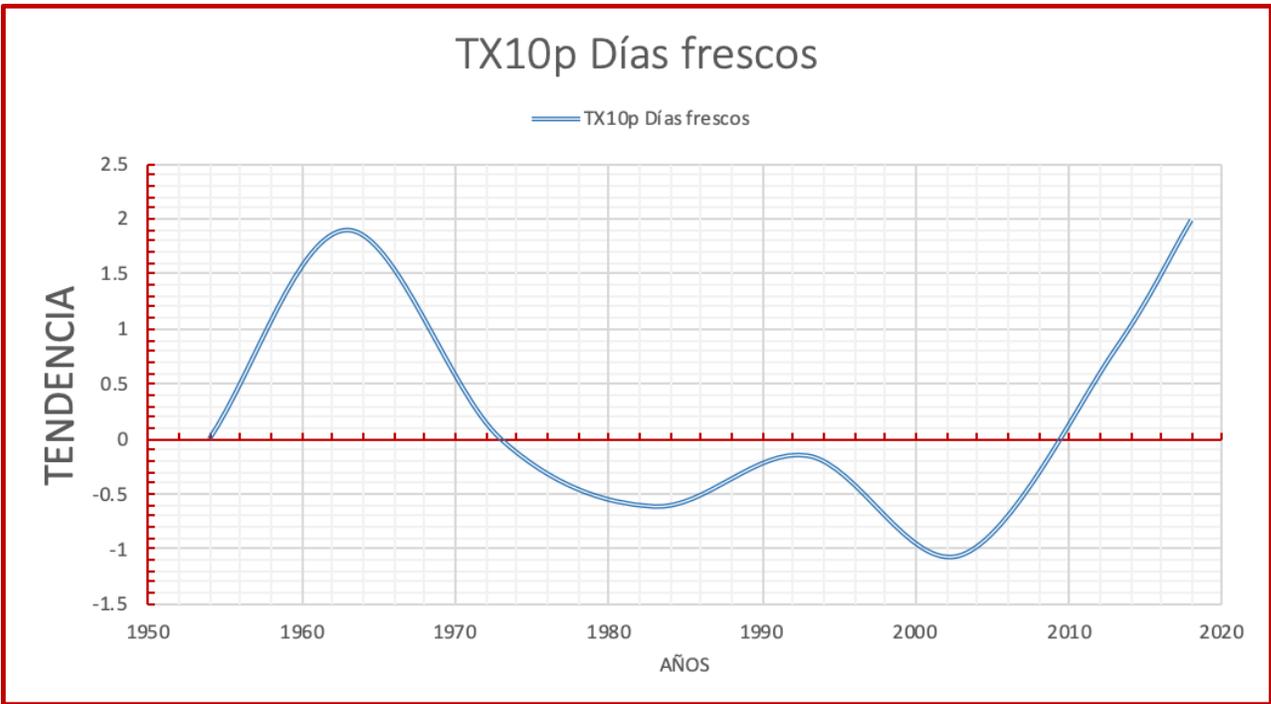
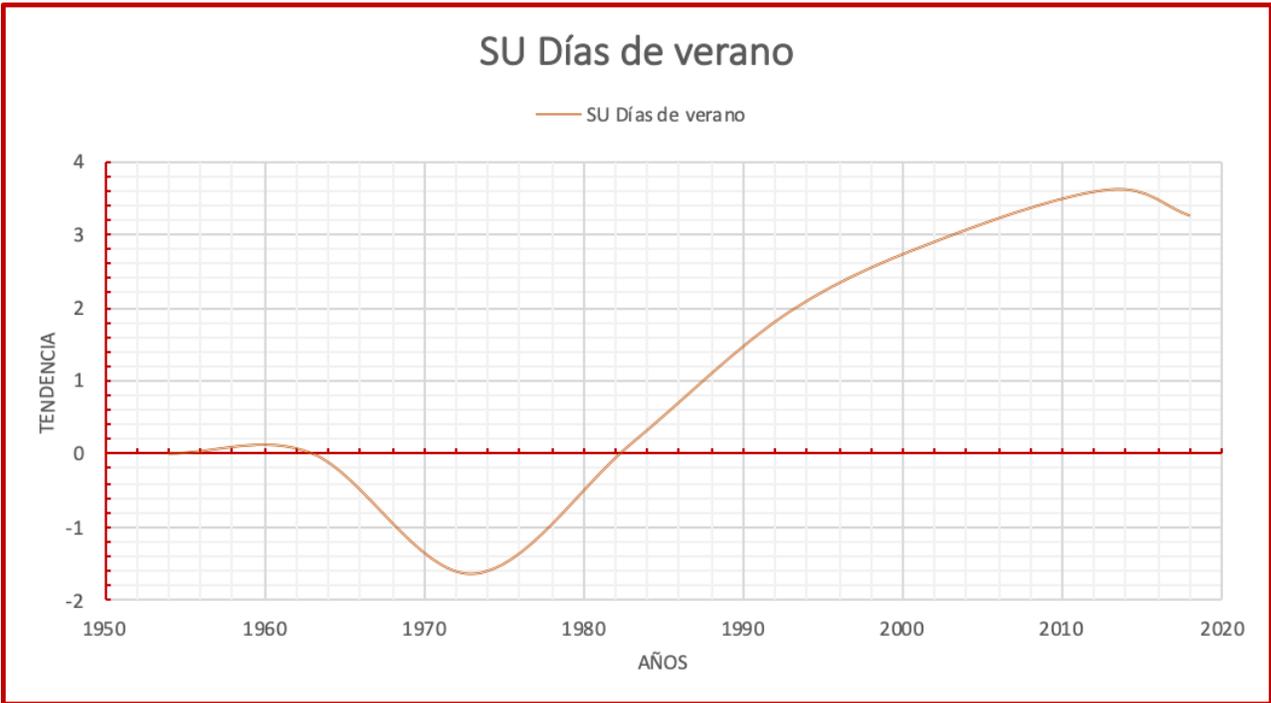


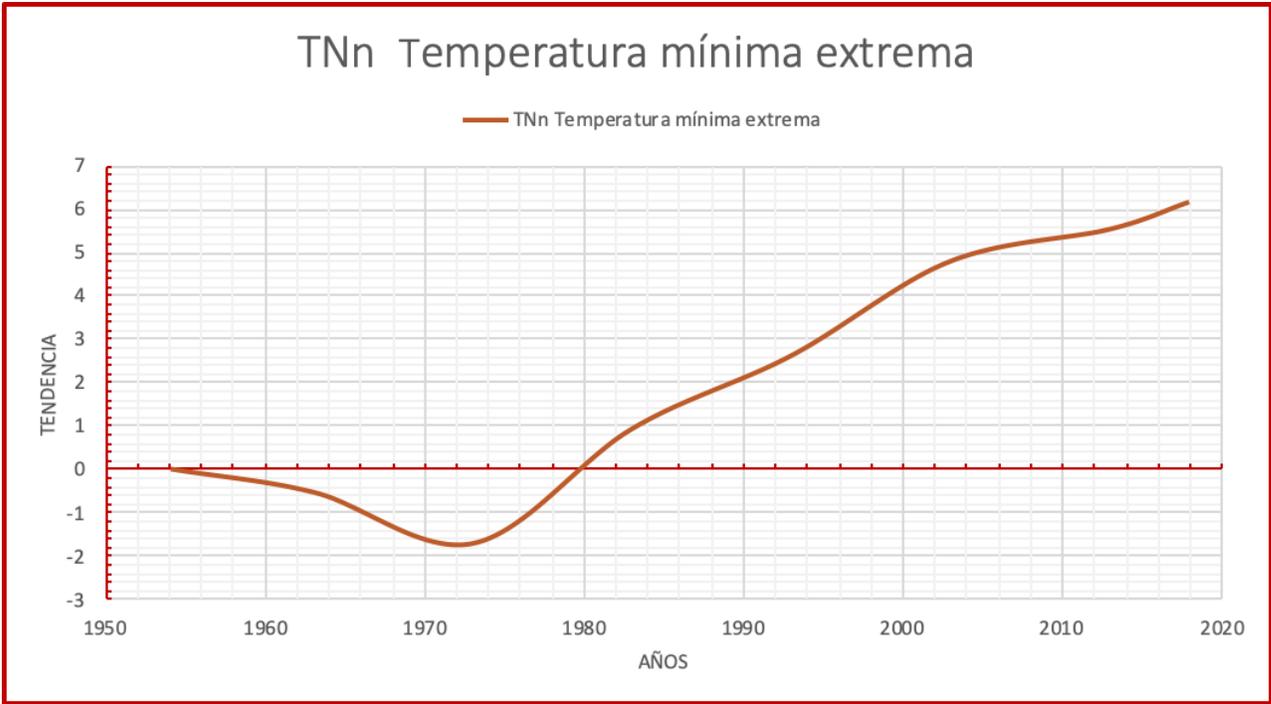
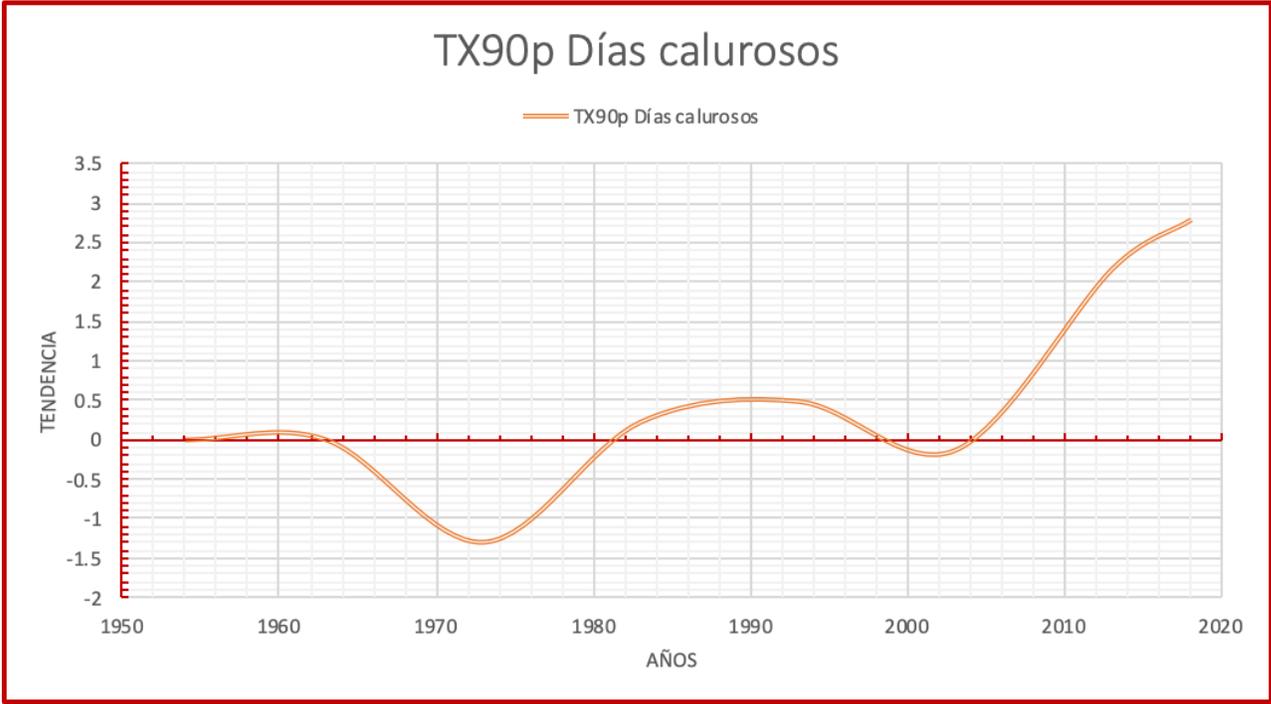
## TXx Temperatura máxima extrema



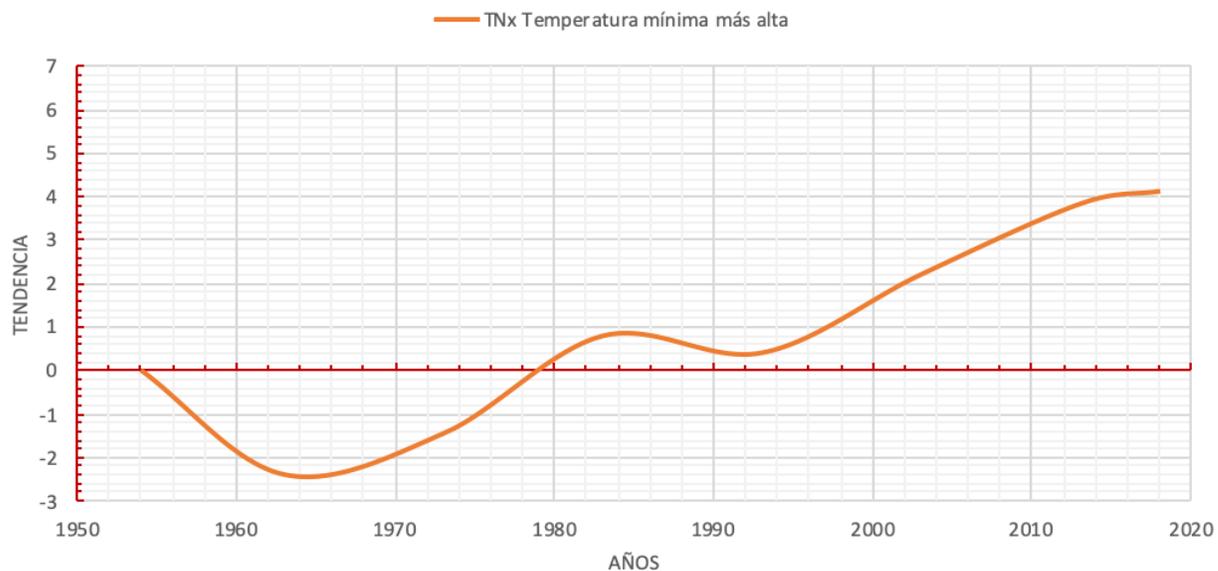
## TXn Temperatura máxima más baja



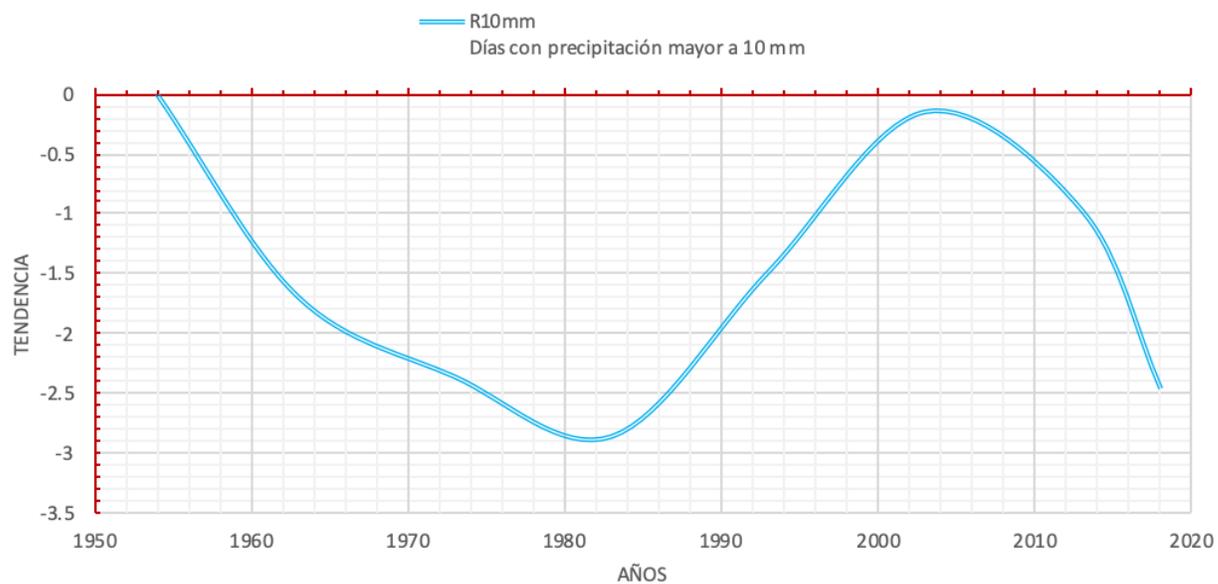


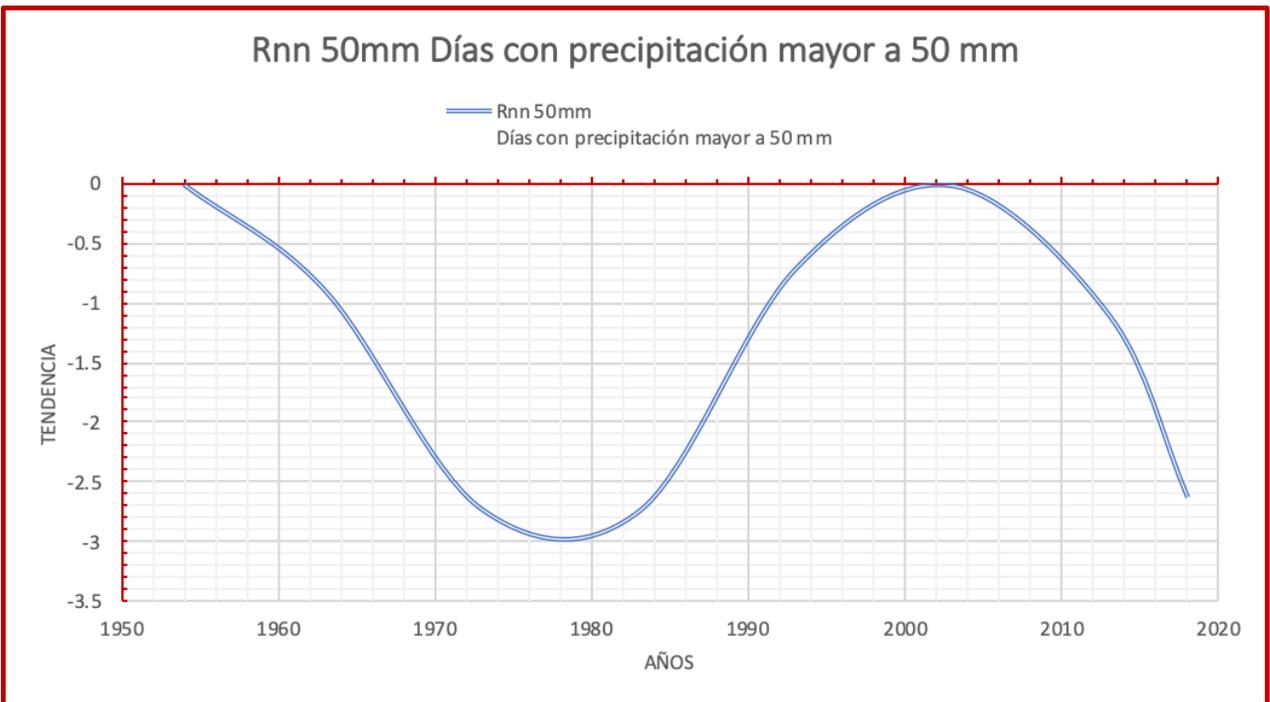


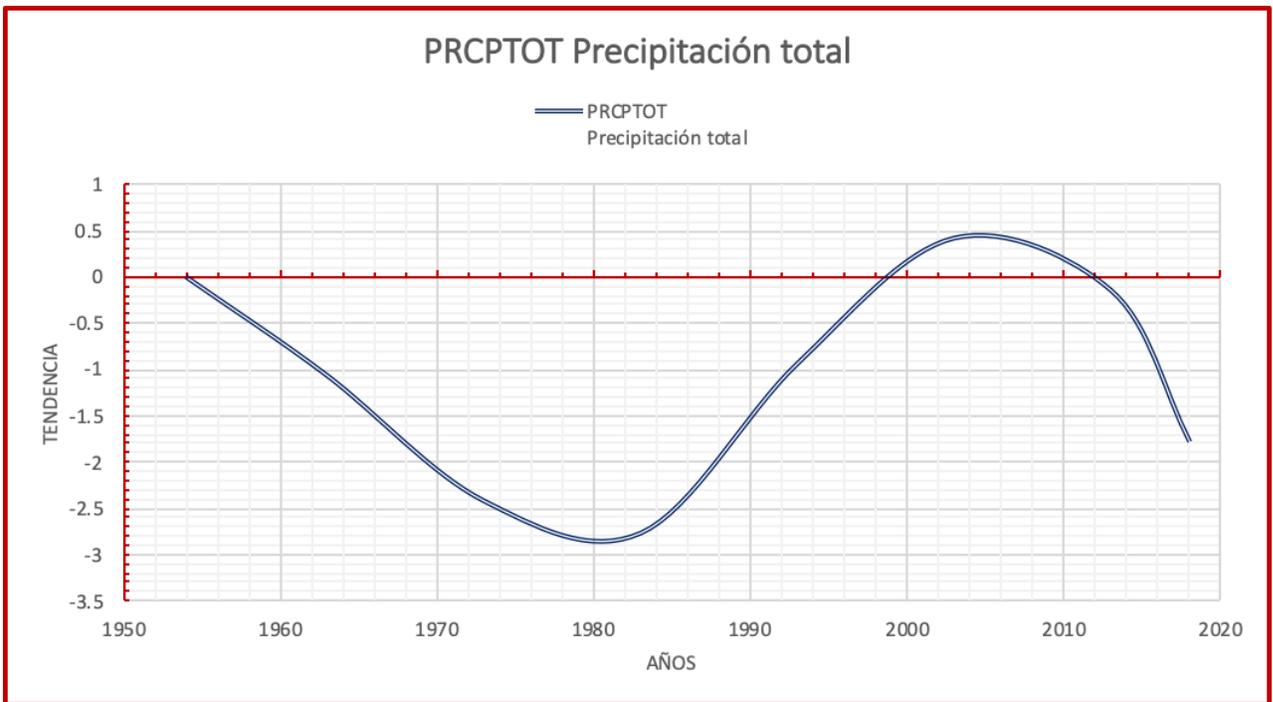
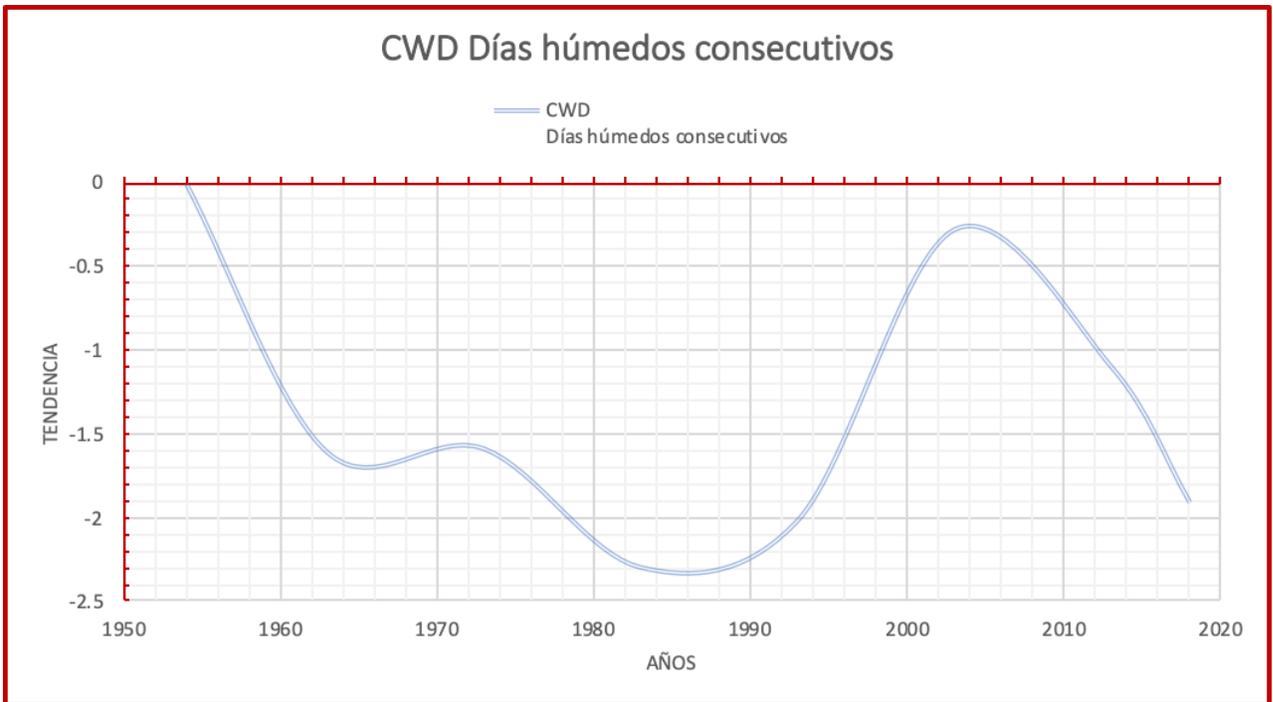
## TNx Temperatura mínima más alta

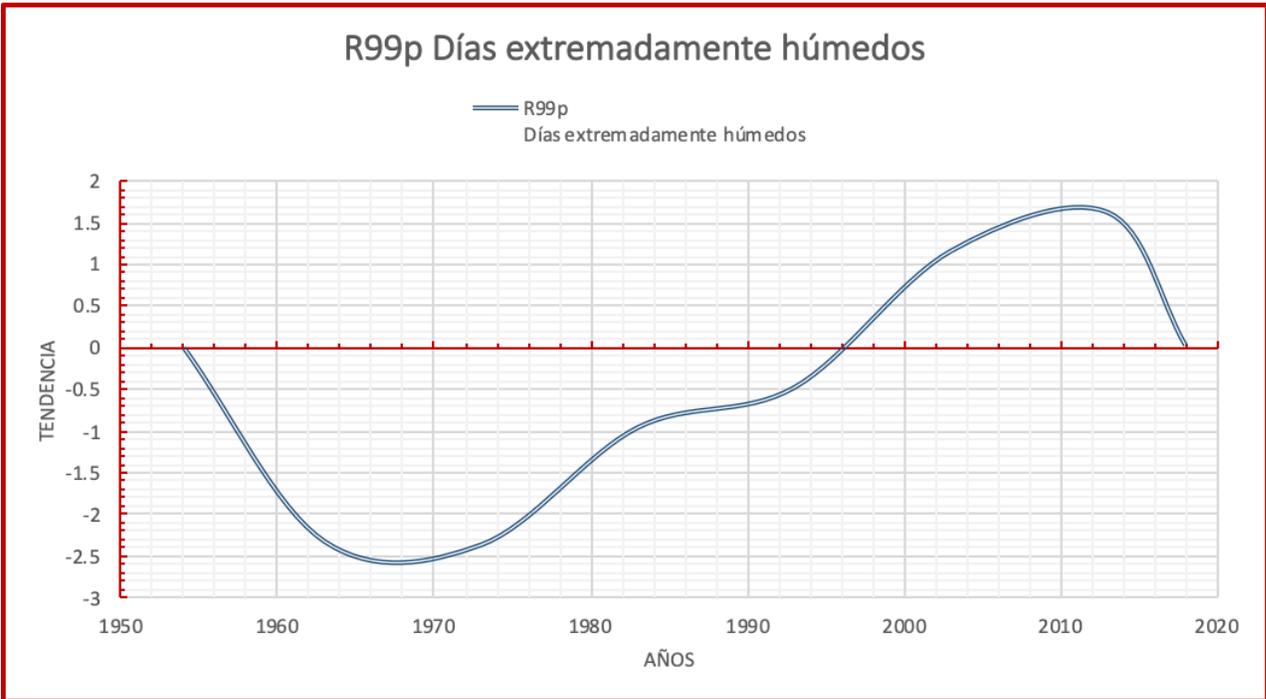
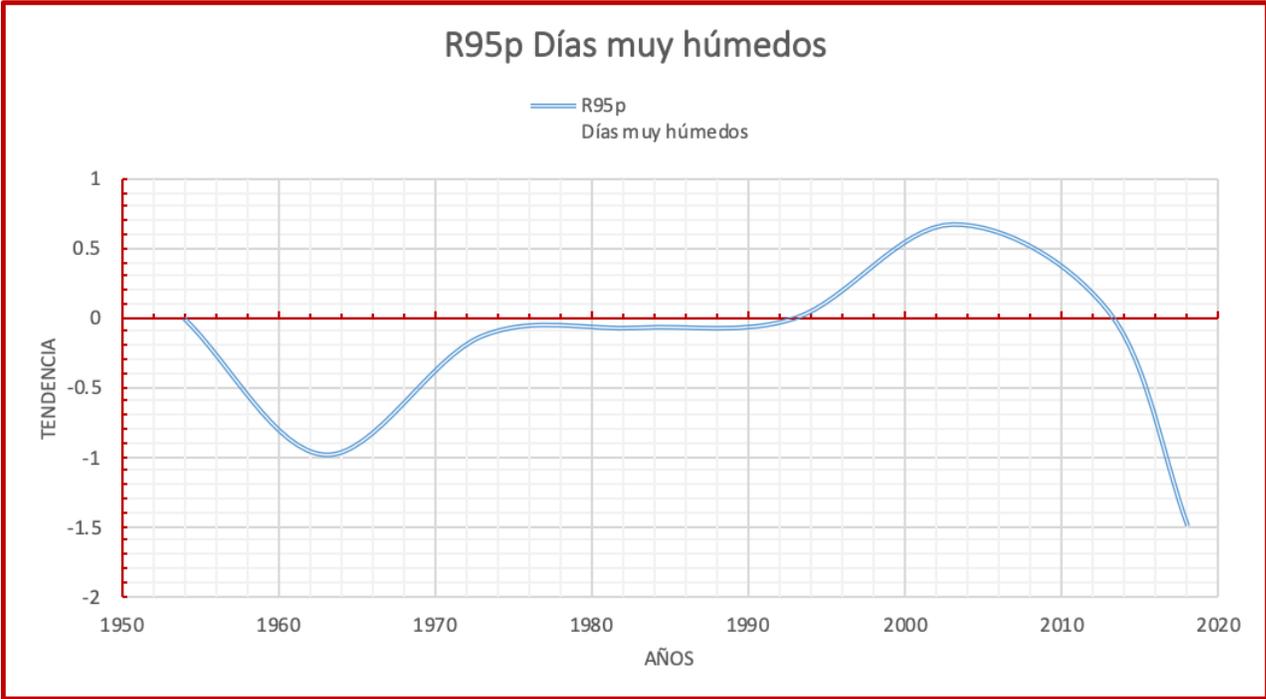


## R10mm Días con precipitación mayor a 10 mm

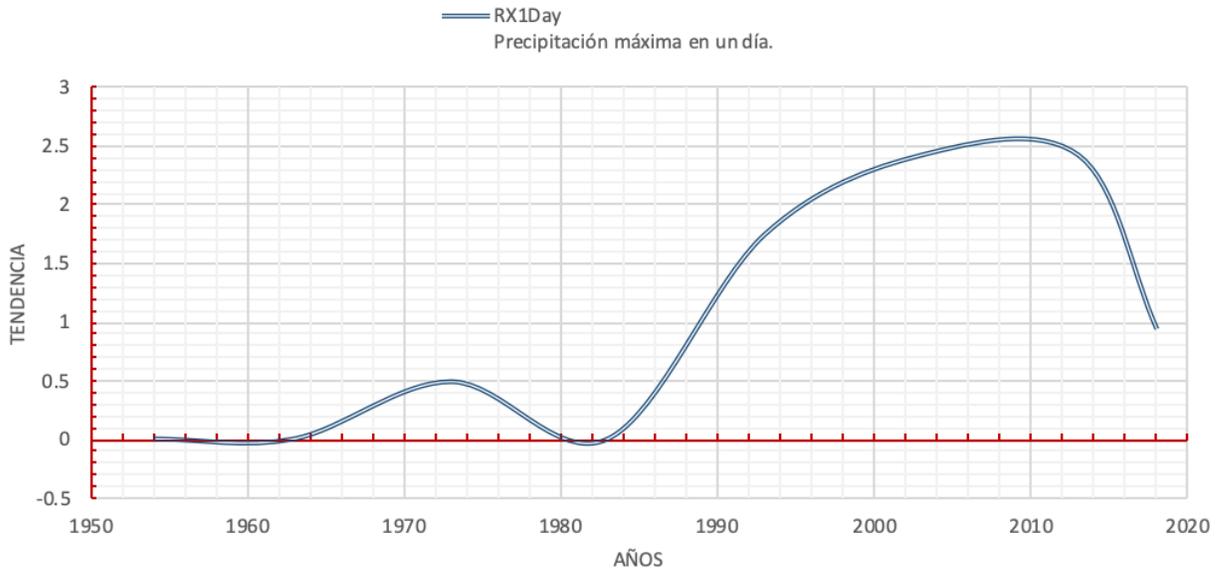




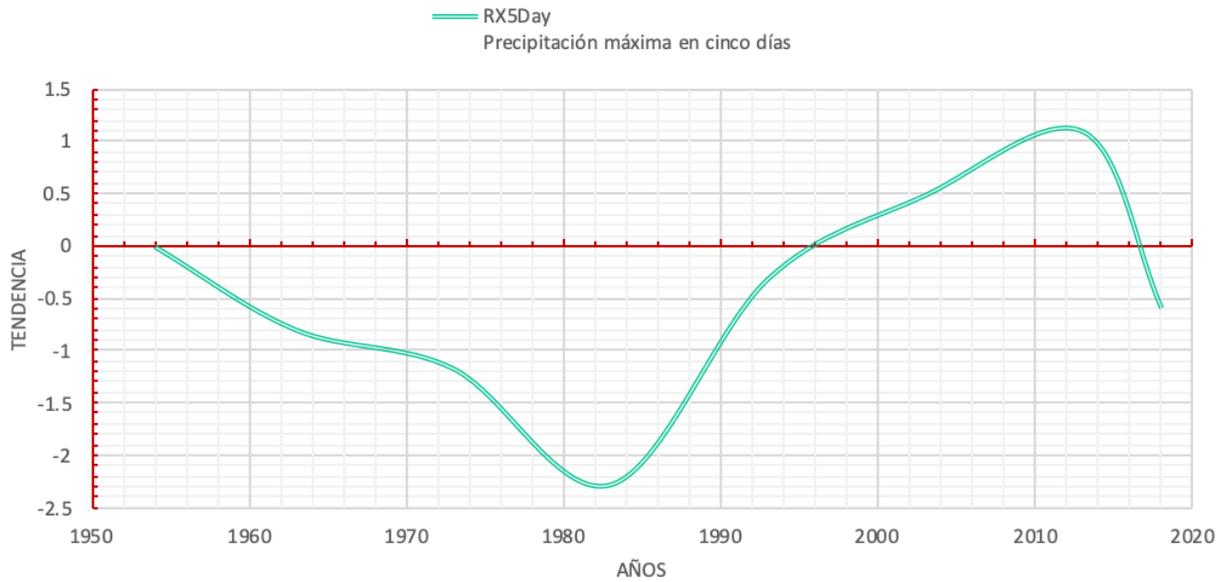


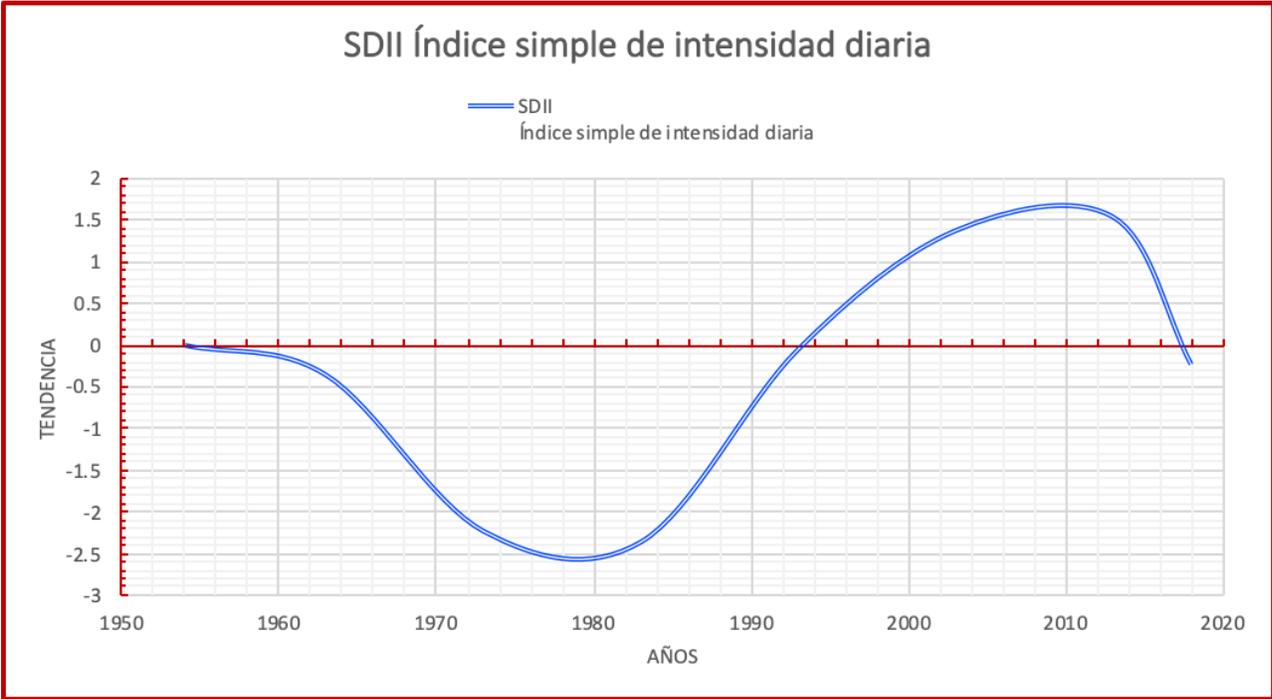
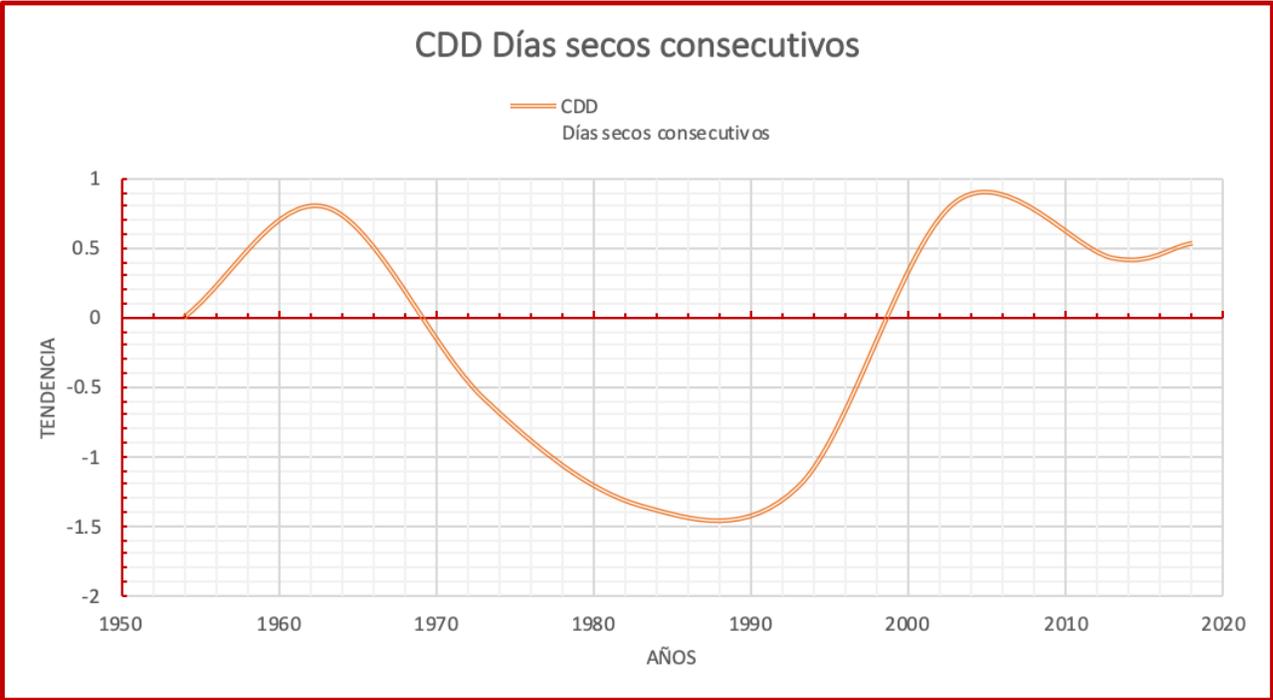


### RX1Day Precipitación máxima en un día.

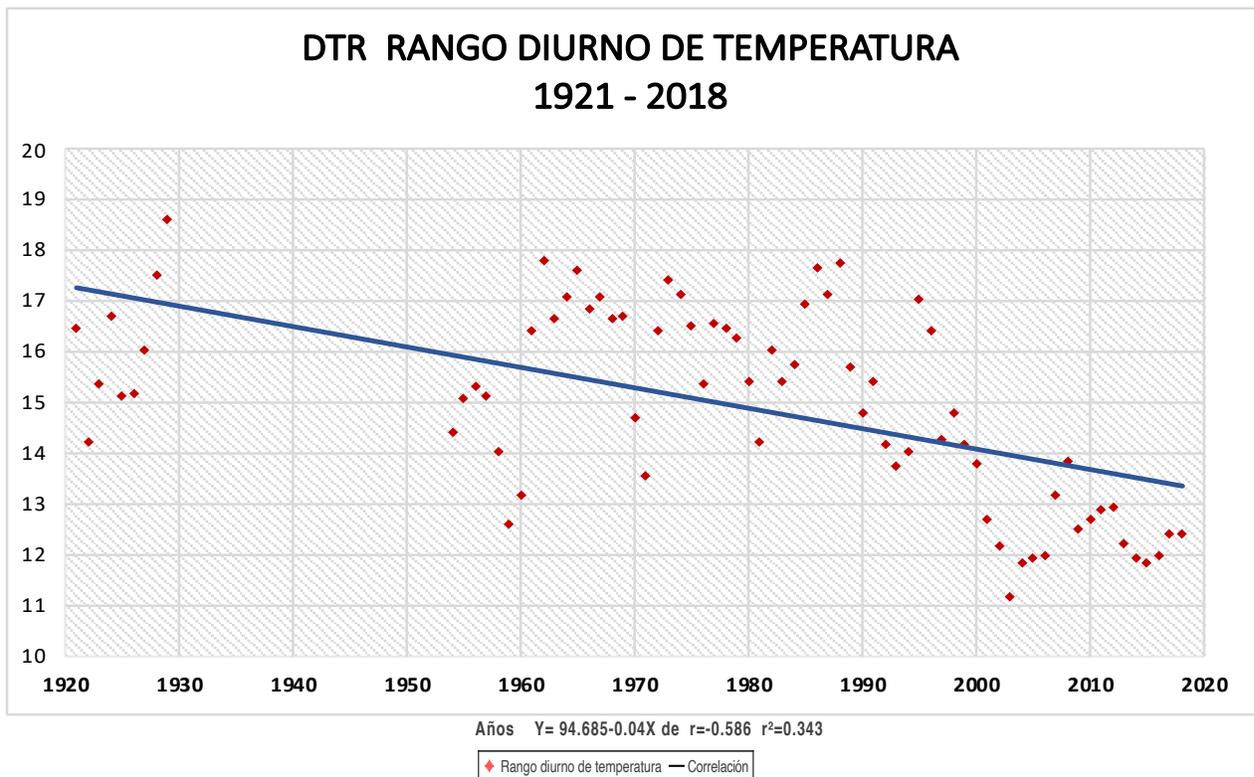
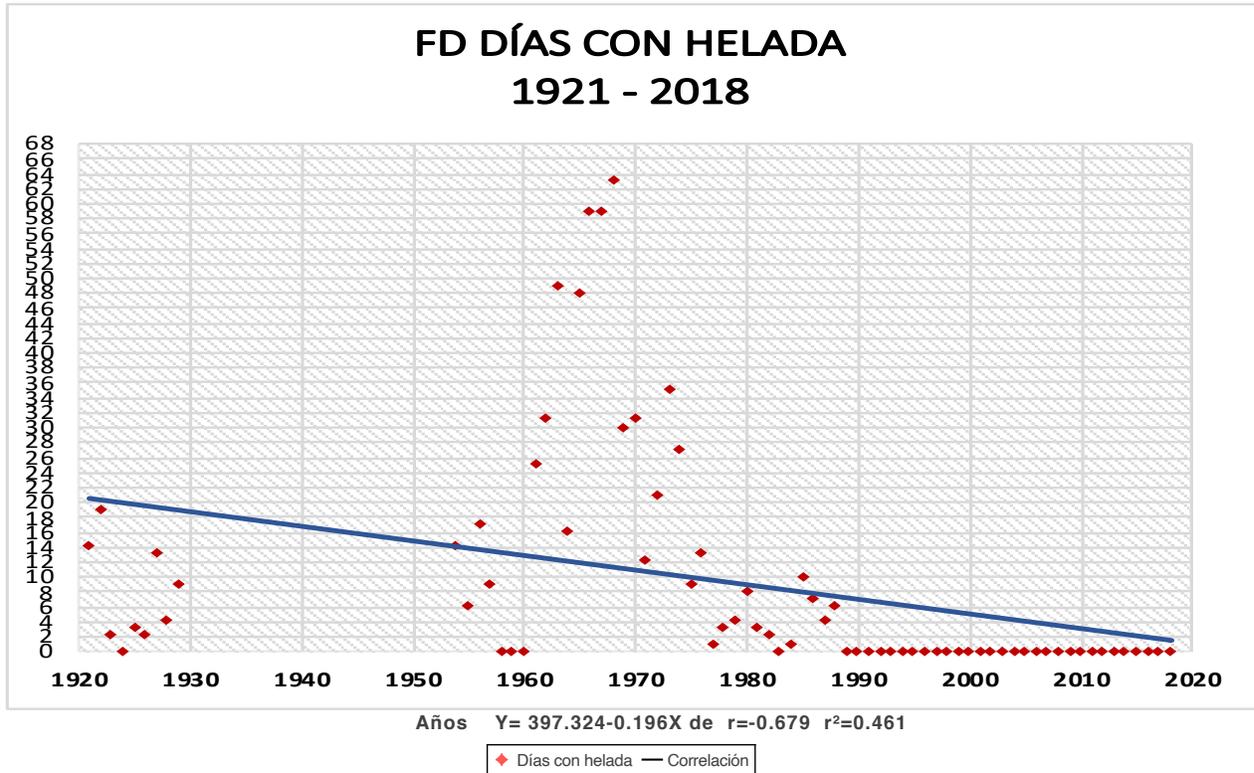


### RX5Day Precipitación máxima en cinco días

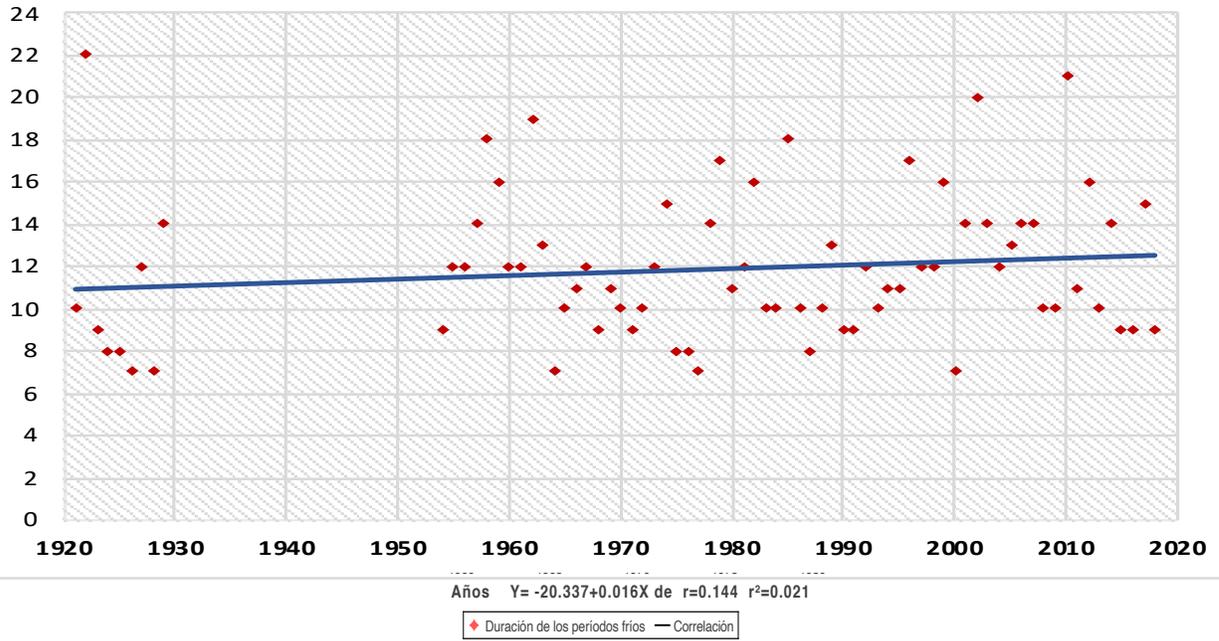




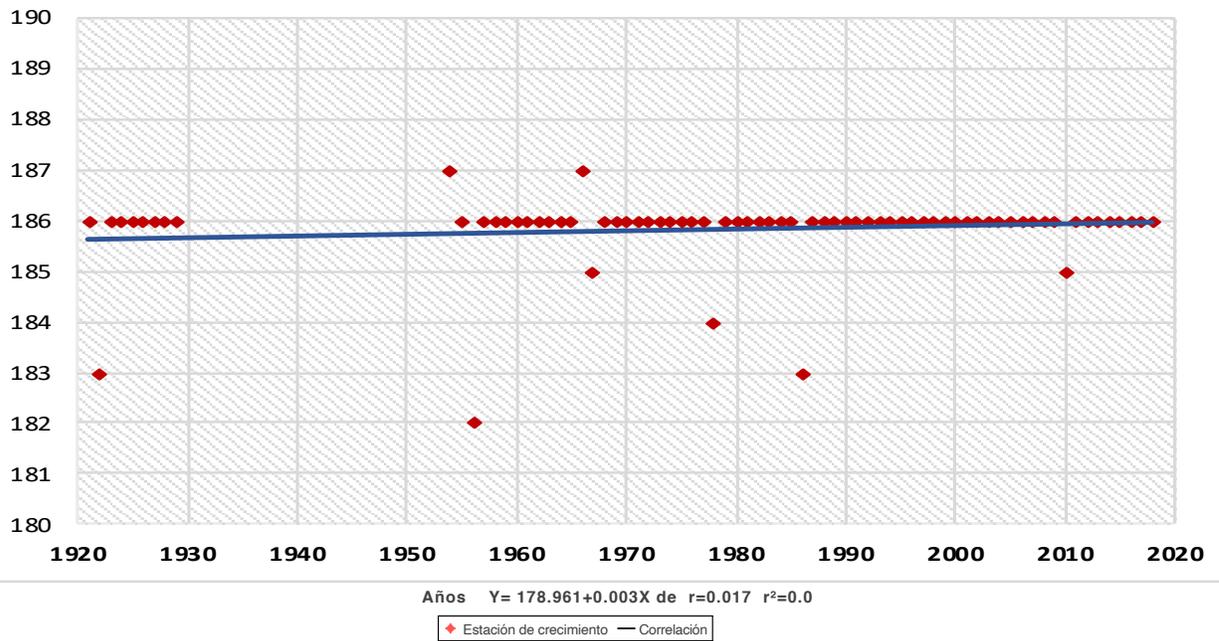
## Prueba de correlación de pearson



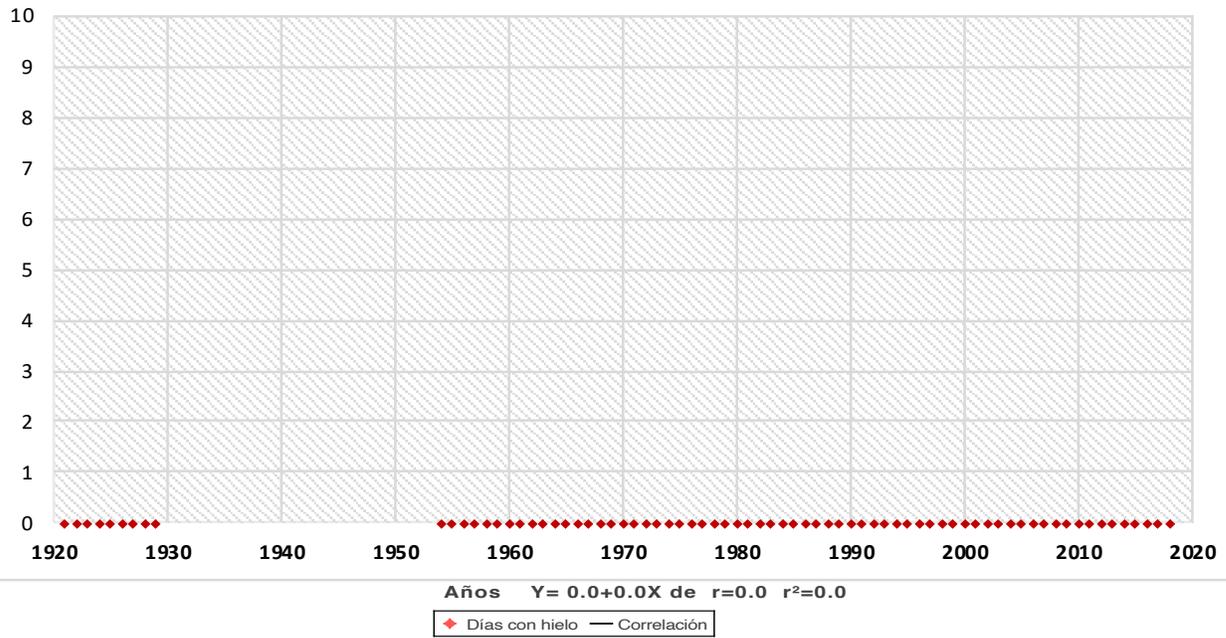
## CSDI DURACIÓN DE LOS PERIODOS FRÍOS 1921 - 2018



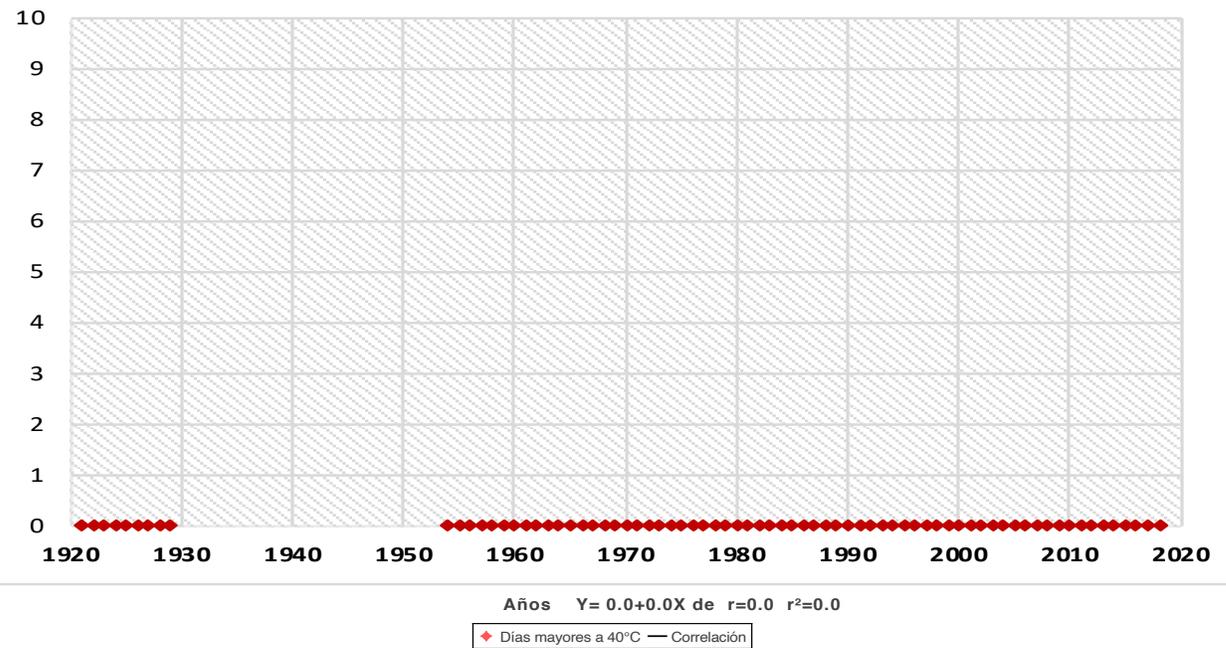
## GSL ESTACIÓN DE CRECIMIENTO 1921 - 2018



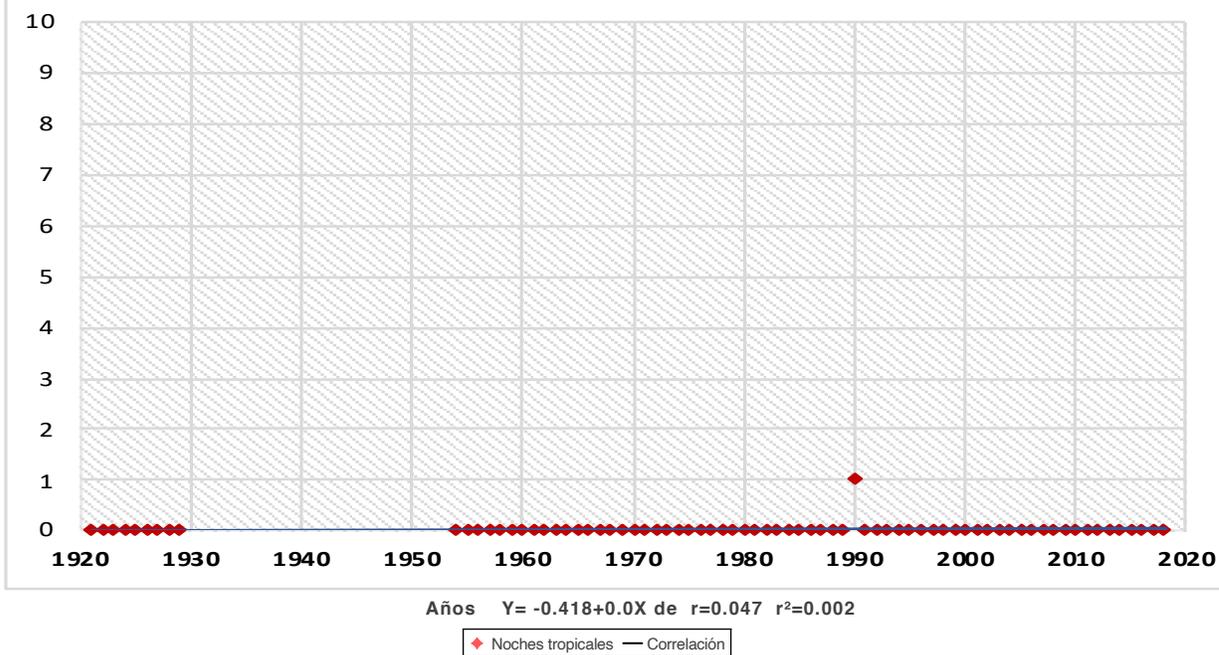
### ID DÍAS CON HIELO 1921 - 2018



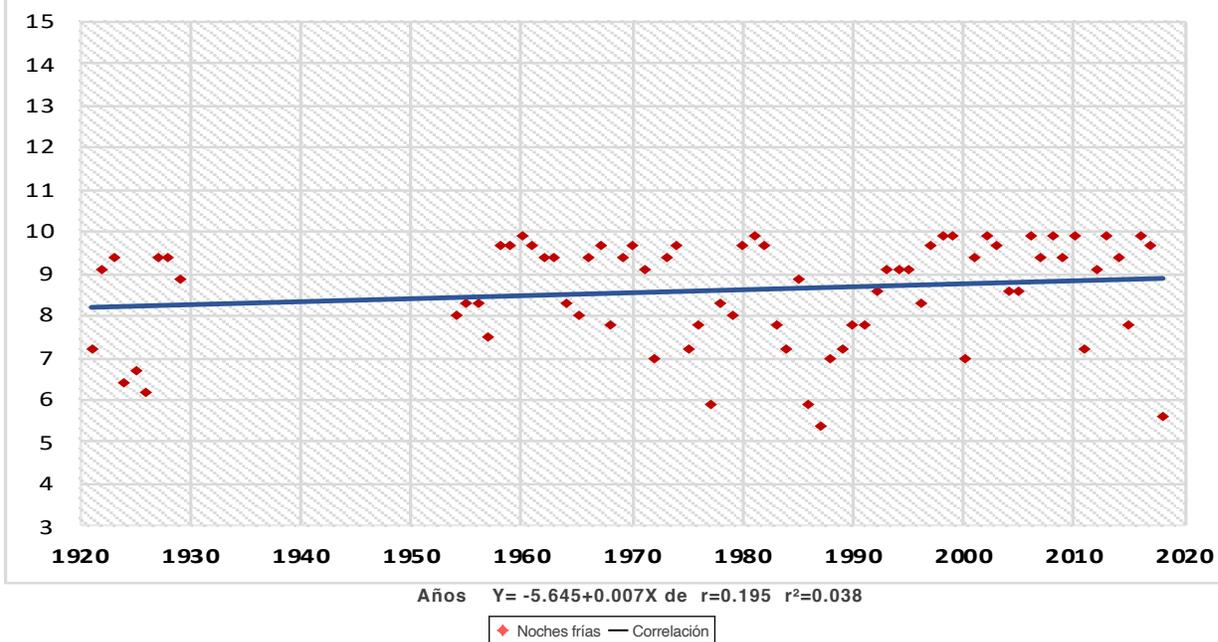
### DC40 DÍAS CON TEMPERATURAS > 40 °C 1921 - 2018



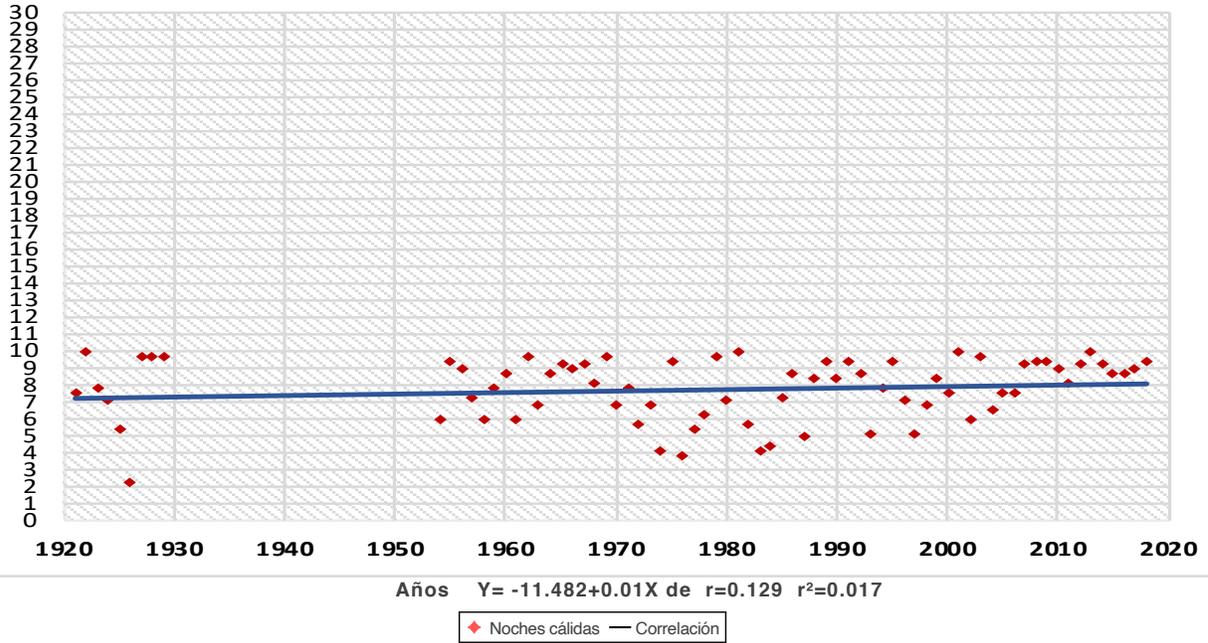
### TR NOCHES TROPICALES 1921 - 2018



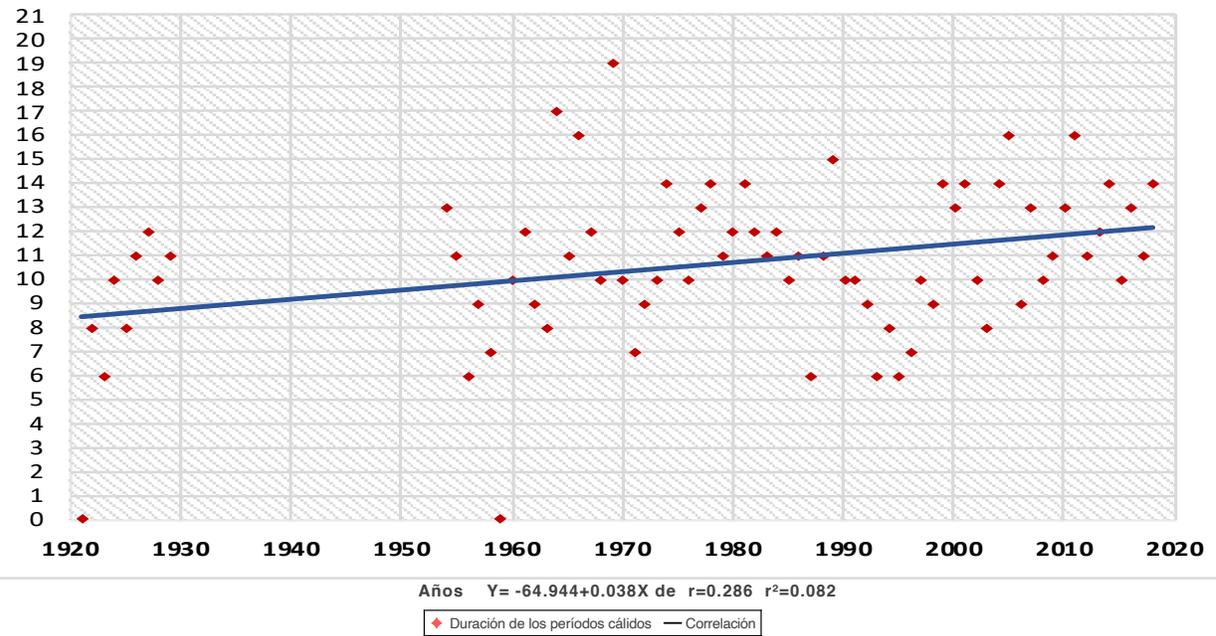
### TN10p NOCHES FRÍAS 1921 - 2018



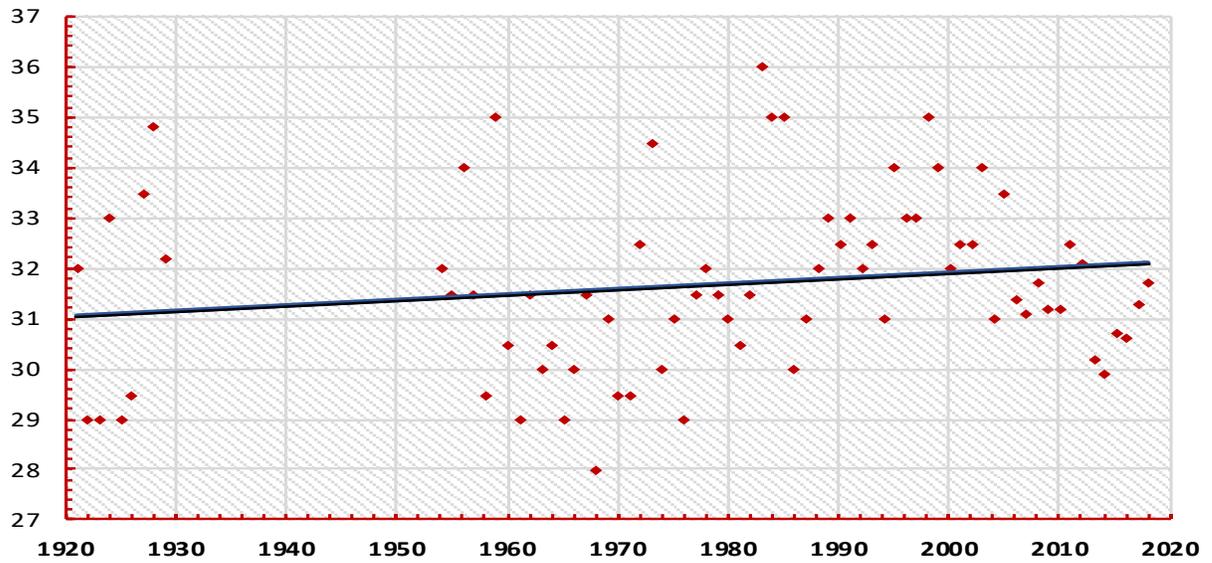
### TN90p NOCHES CÁLIDAS 1921 - 2018



### WSDI DURACIÓN DE LOS PERIODOS CÁLIDOS 1921 - 2018



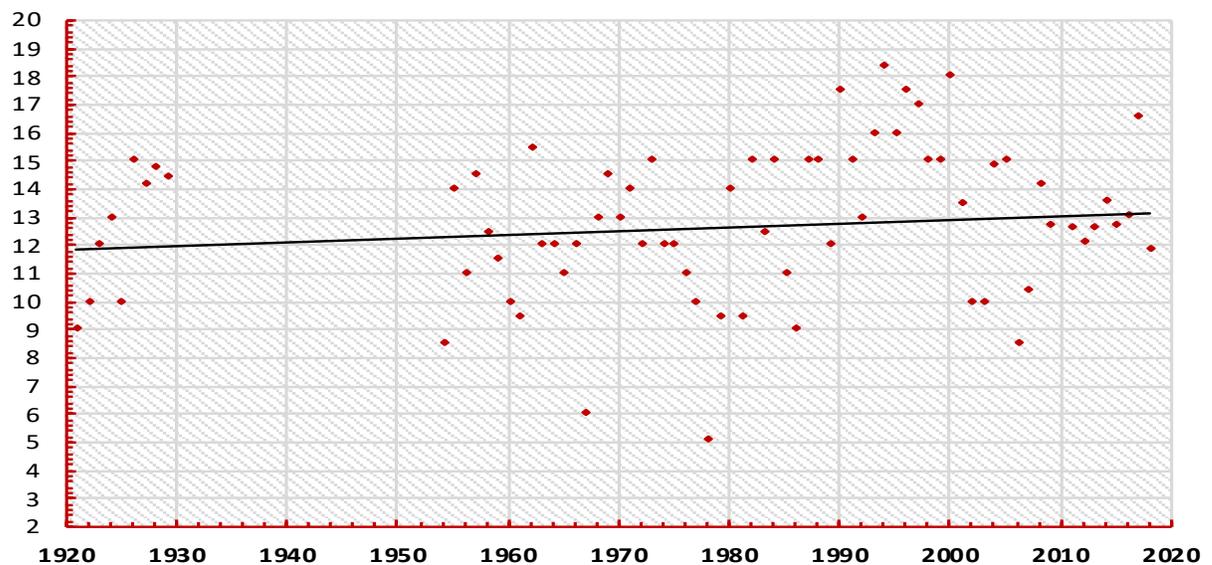
## TXx TEMPERATURA MÁXIMA EXTREMA 1921 - 2018



Años  $Y = 10.251 + 0.011X$  de  $r = 0.189$   $r^2 = 0.036$

◆ Temperatura máxima extrema — Correlación

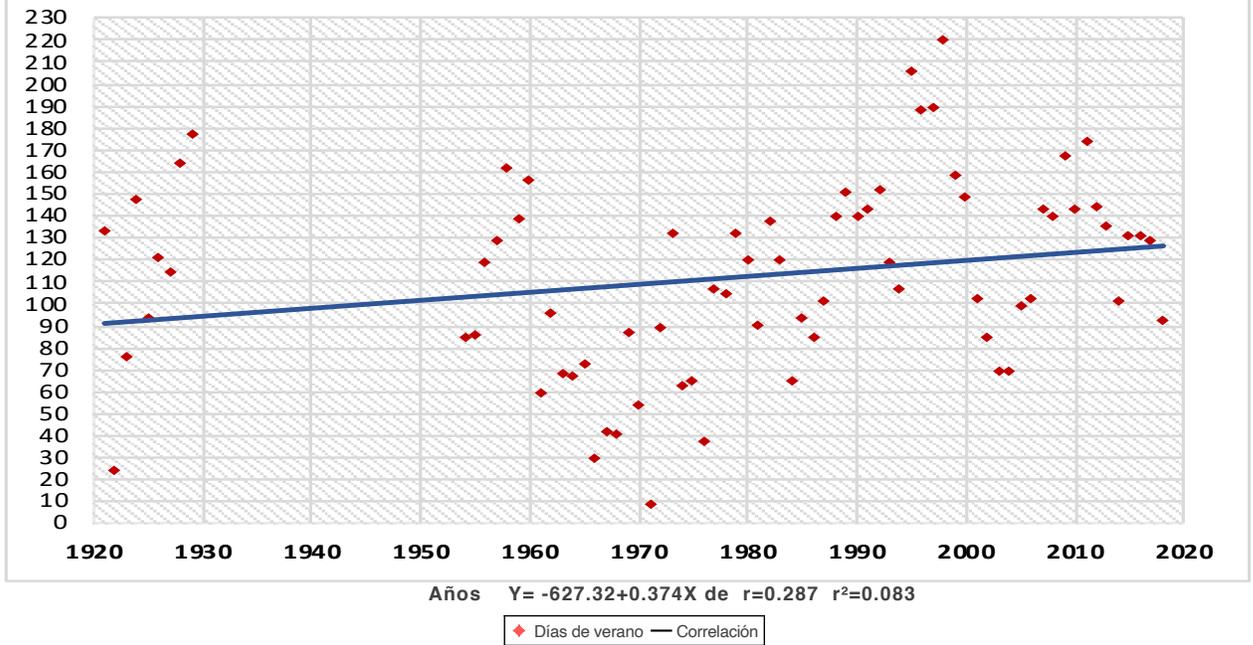
## TXn TEMPERATURA MÁXIMA MÁS BAJA 1921 - 2018



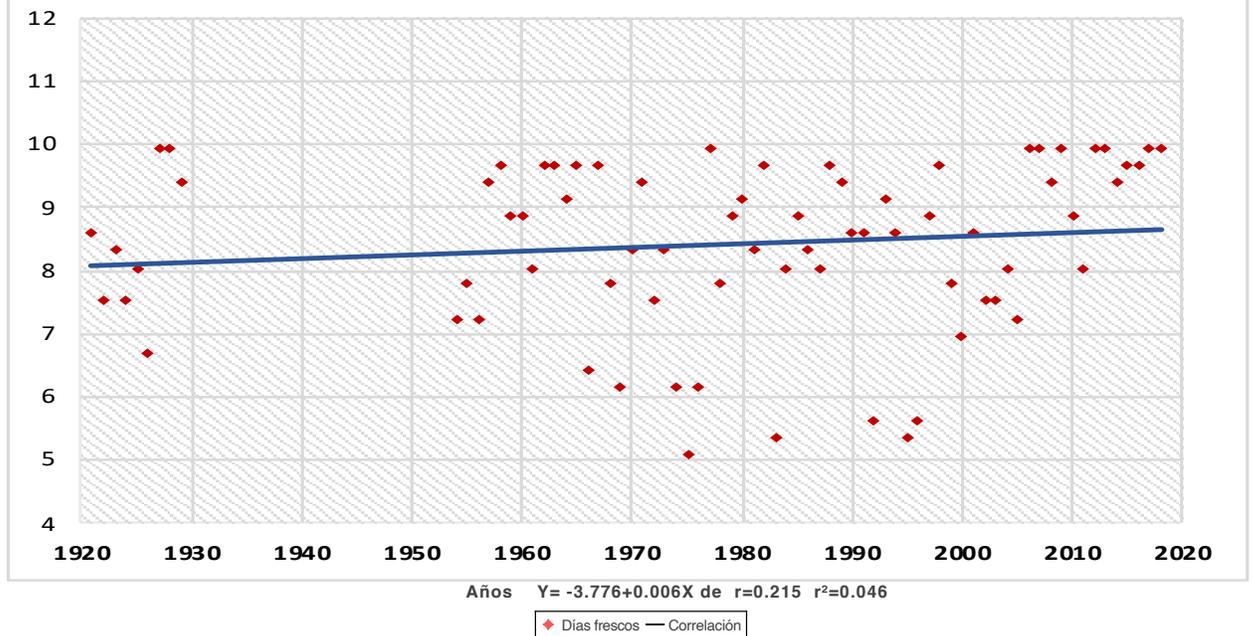
Años  $Y = -12.819 + 0.013X$  de  $r = 0.212$   $r^2 = 0.045$

◆ Temperatura máxima más baja — Correlación

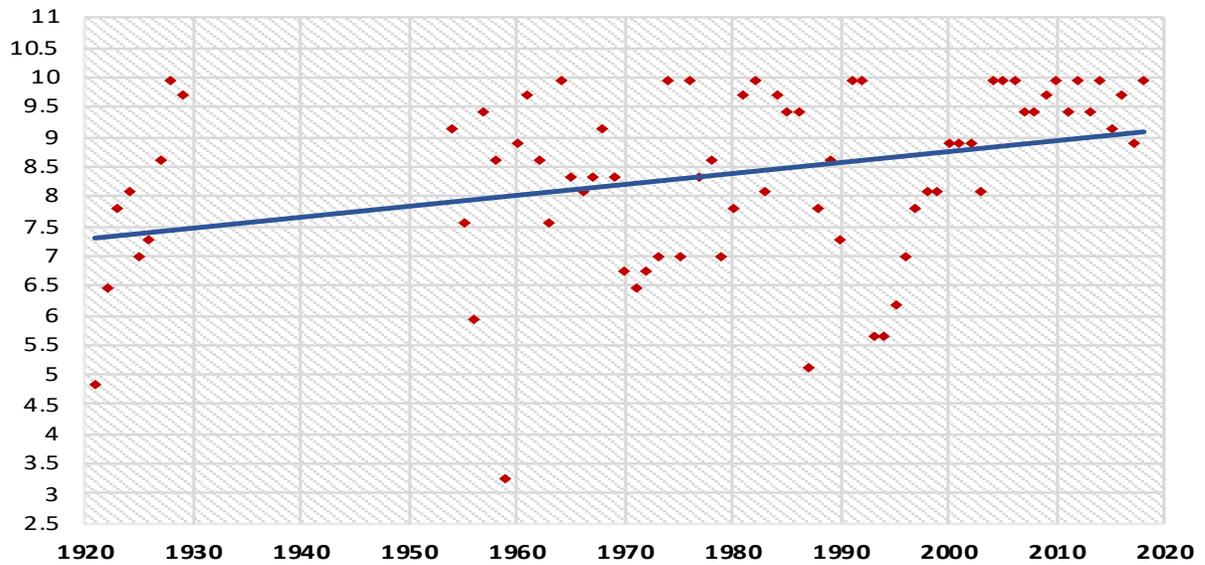
## SU DÍAS DE VERANO 1921 - 2018



## TX10p DÍAS FRESCOS 1921 - 2018



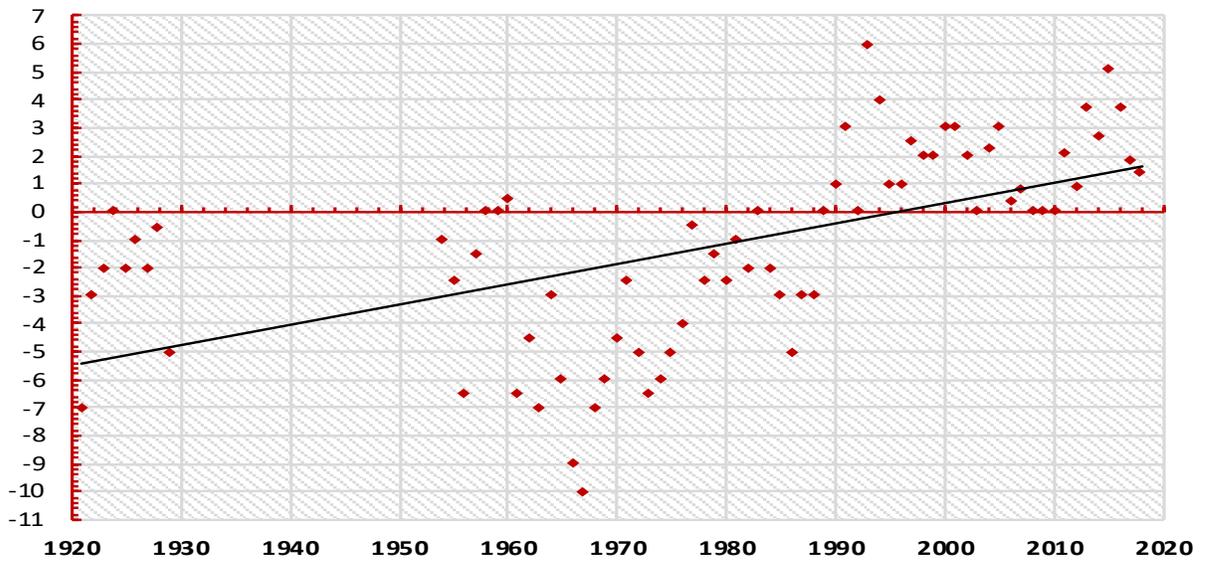
## TX90p DÍAS CALUROSOS 1921 - 2018



Años  $Y = -27.797 + 0.018X$  de  $r = 0.374$   $r^2 = 0.14$

◆ Dias calurosos — Correlación

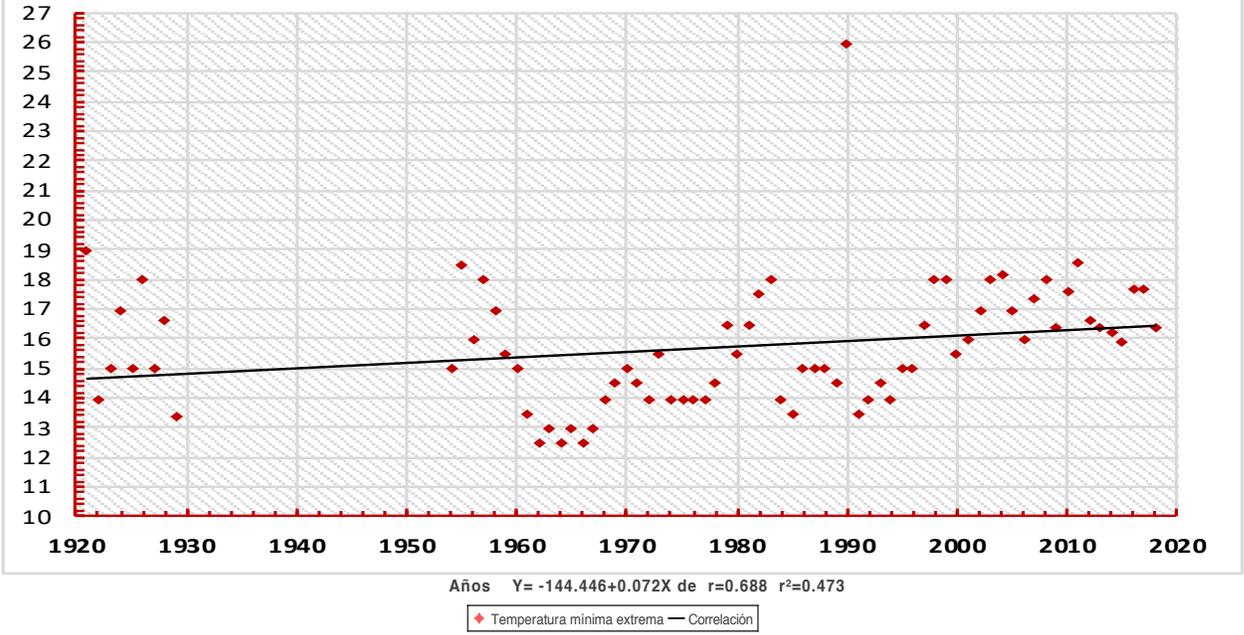
## TNn TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA 1921 - 2018



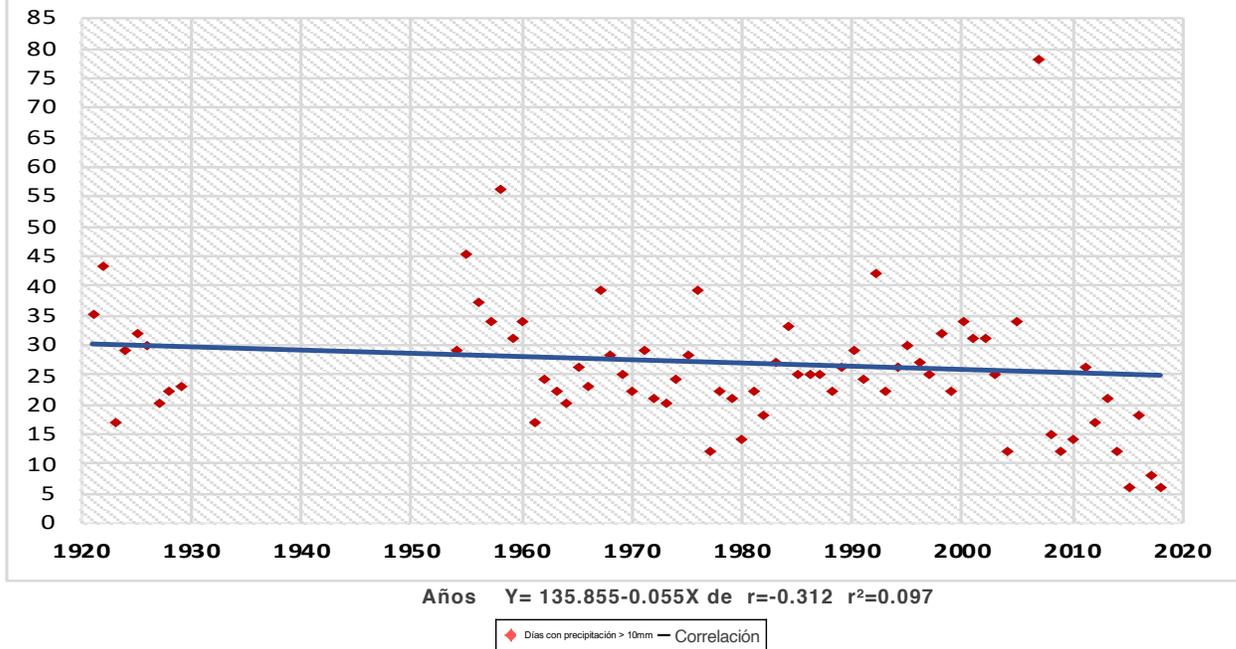
Años  $Y = -144.446 + 0.072X$  de  $r = 0.688$   $r^2 = 0.473$

◆ Temperatura mínima extrema — Correlación

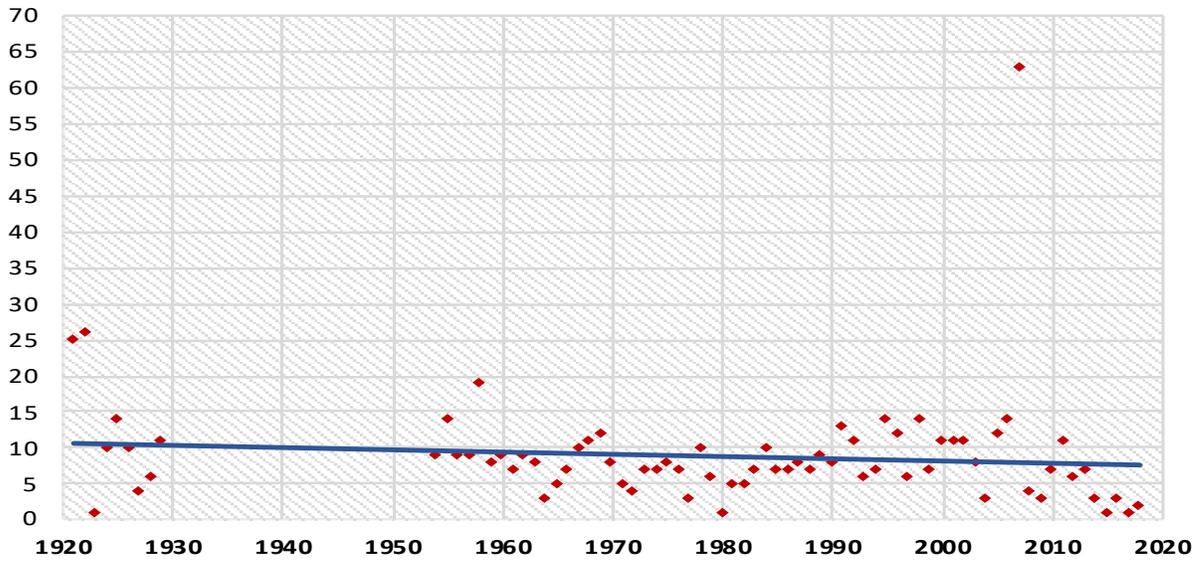
### TNx TEMPERATURA MÍNIMA MÁS ALTA 1921 - 2018



### R10mm DÍAS CON PRECIPITACIÓN > 10mm 1921 - 2018



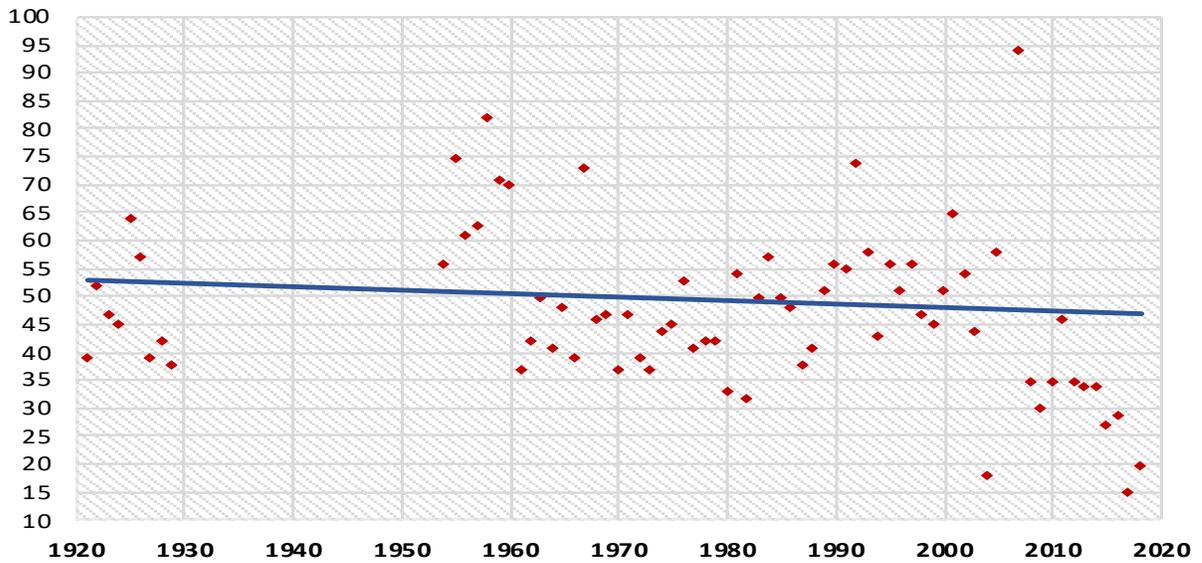
### R20mm DÍAS CON PRECIPITACIÓN >A 20mm 1921 - 2018



Años  $Y = 69.806 - 0.031X$  de  $r = -0.228$   $r^2 = 0.052$

◆ Dias con precipitación > 10mm — Correlación

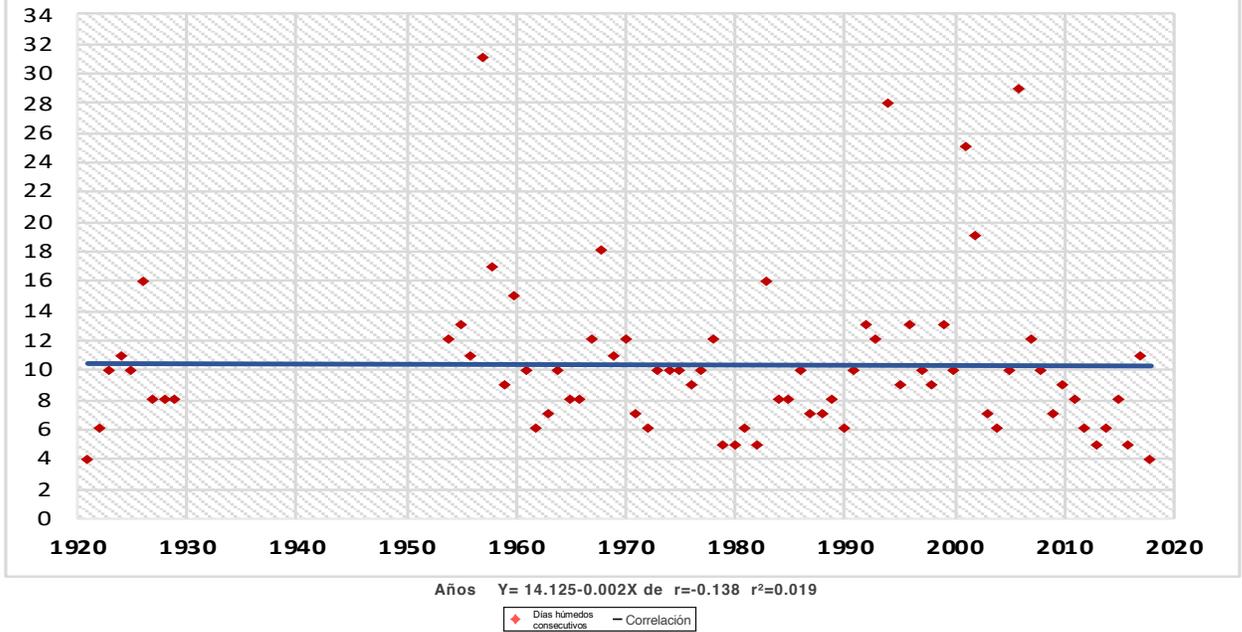
### Rnn 50mm DÍAS CON PRECIPITACIÓN > 50mm 1921 - 2018



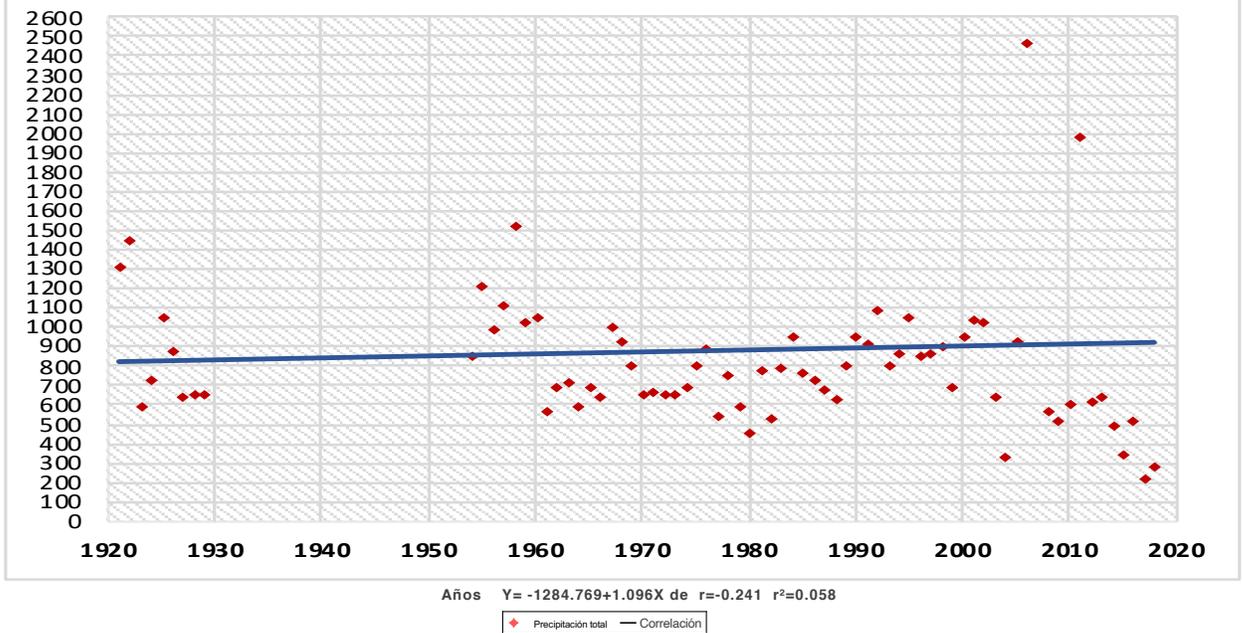
Años  $Y = 163.708 - 0.058X$  de  $r = -0.275$   $r^2 = 0.076$

◆ Dias con precipitación > 50mm — Correlación

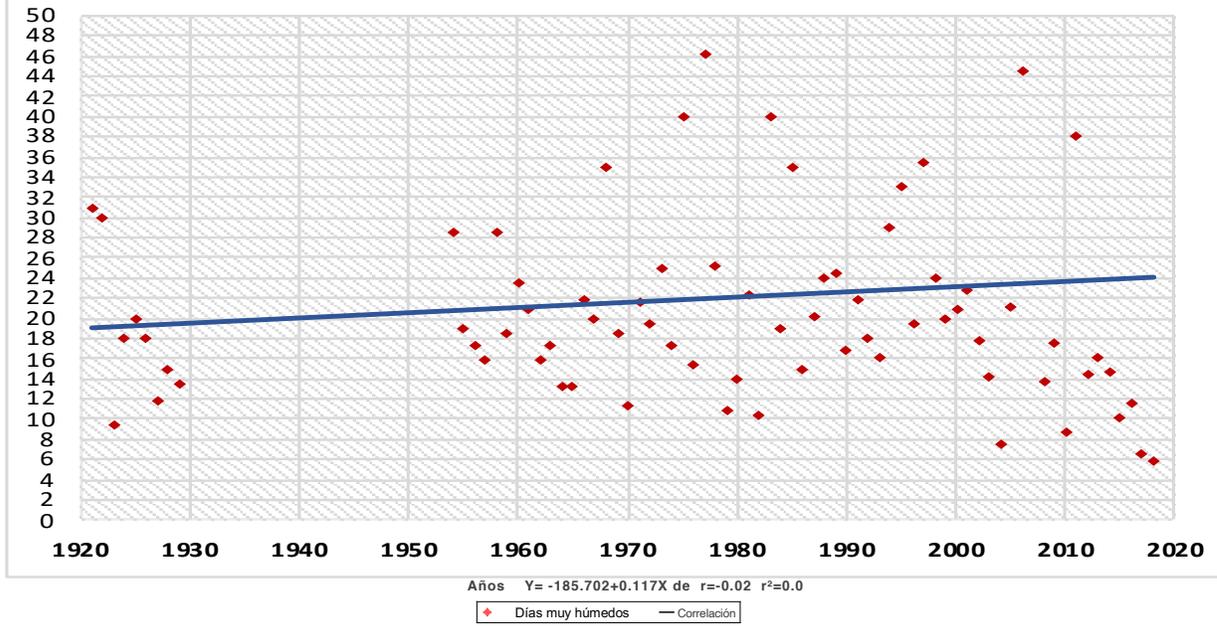
## CWD DÍAS HÚMEDOS CONSECUTIVOS 1921 - 2018



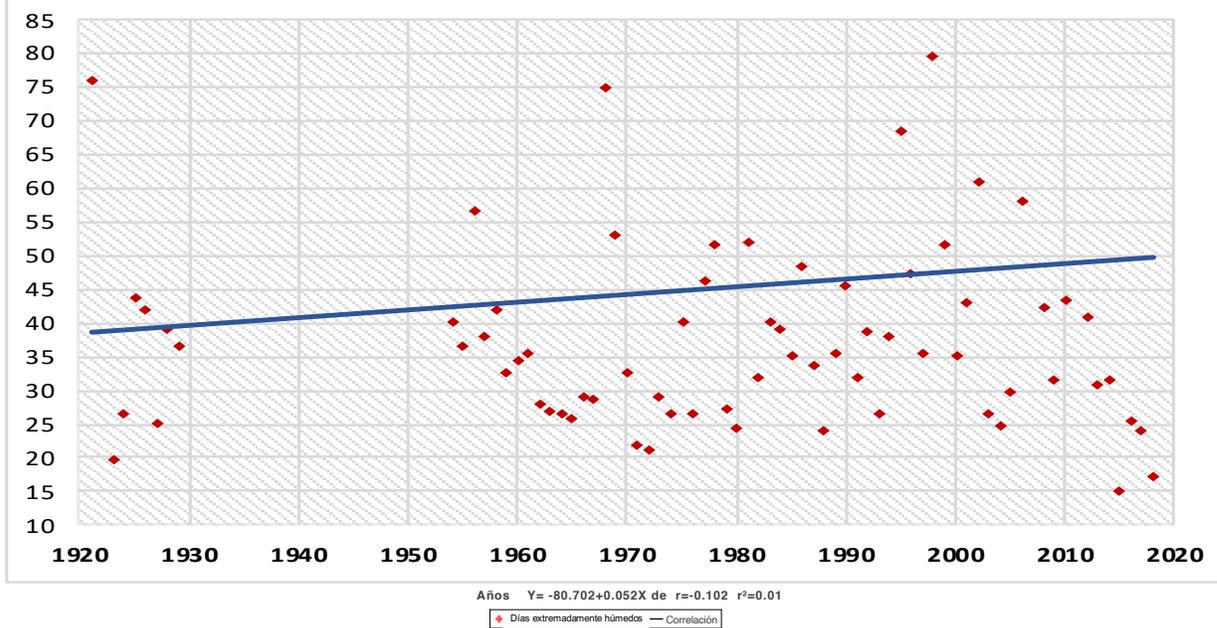
## PRCPTOT PRECIPITACIÓN TOTAL 1921 - 2018



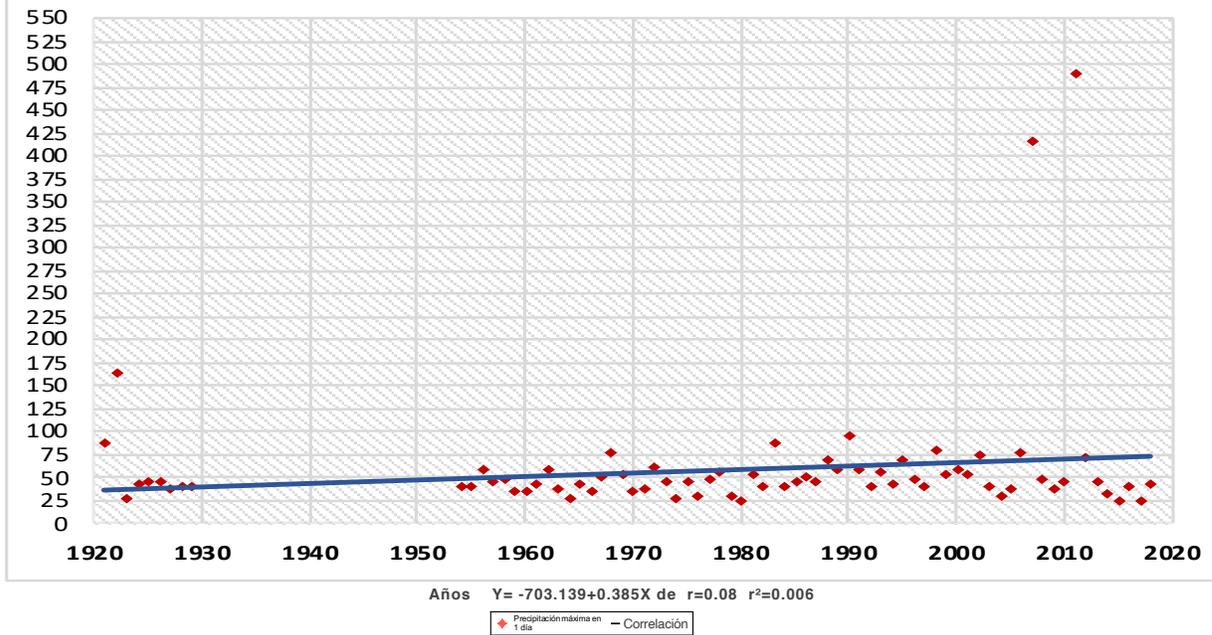
## R95p DÍAS MUY HÚMEDOS 1921 - 2018



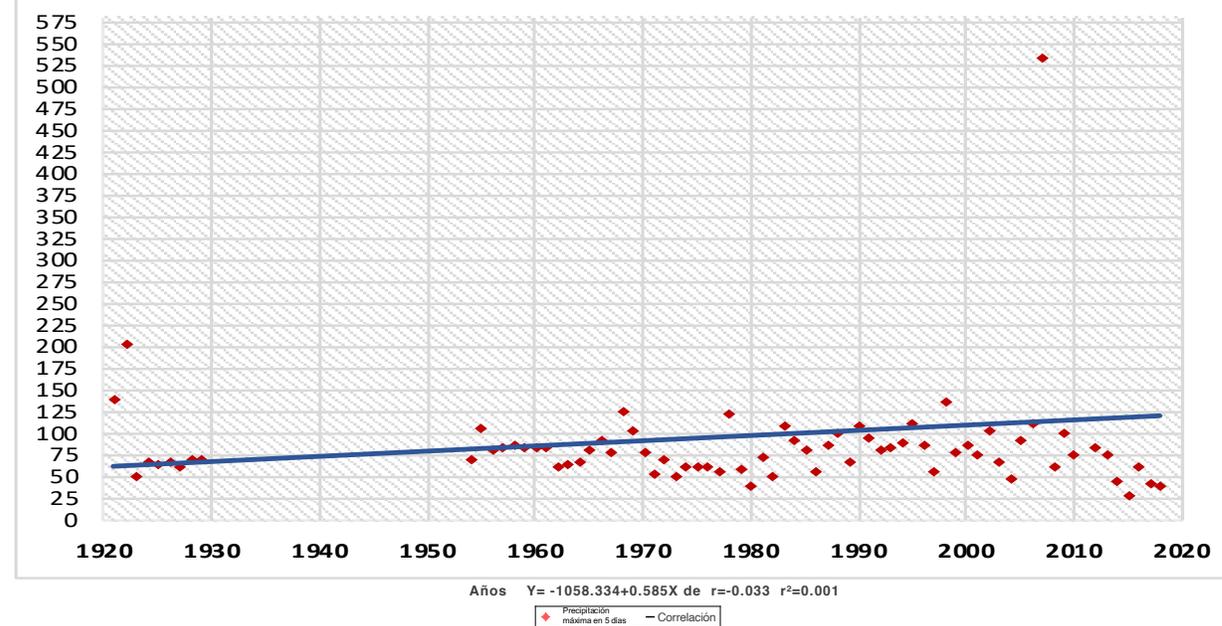
## R99p DÍAS EXTREMADAMENTE HÚMEDOS 1921 - 2018



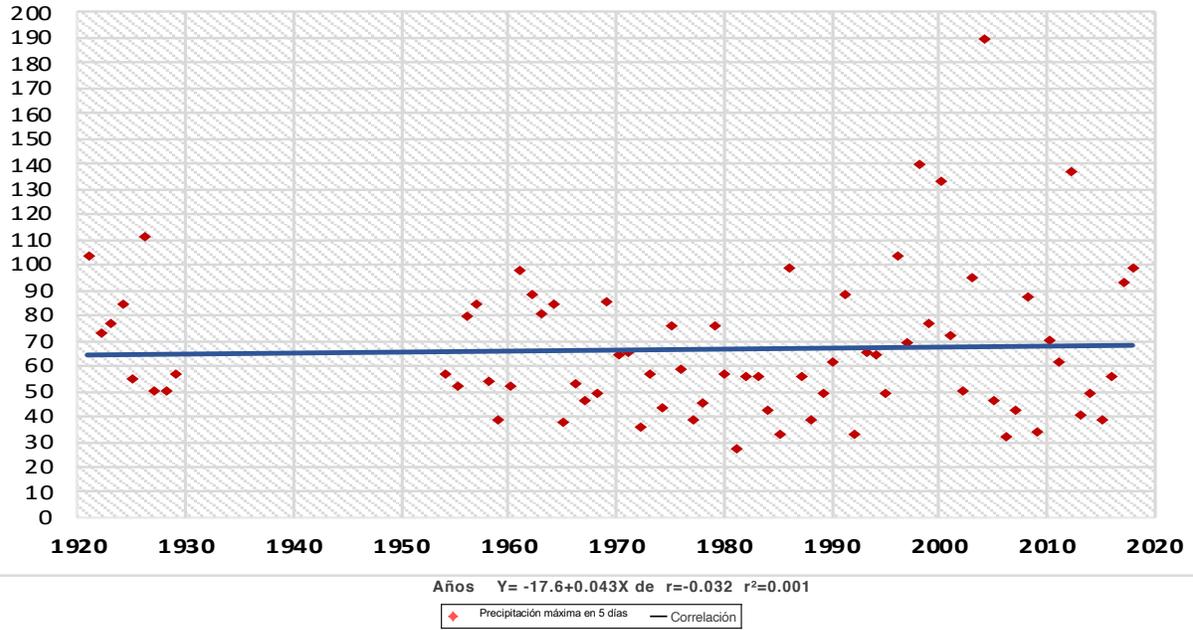
## RX1Day PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN UN DÍA 1921 - 2018



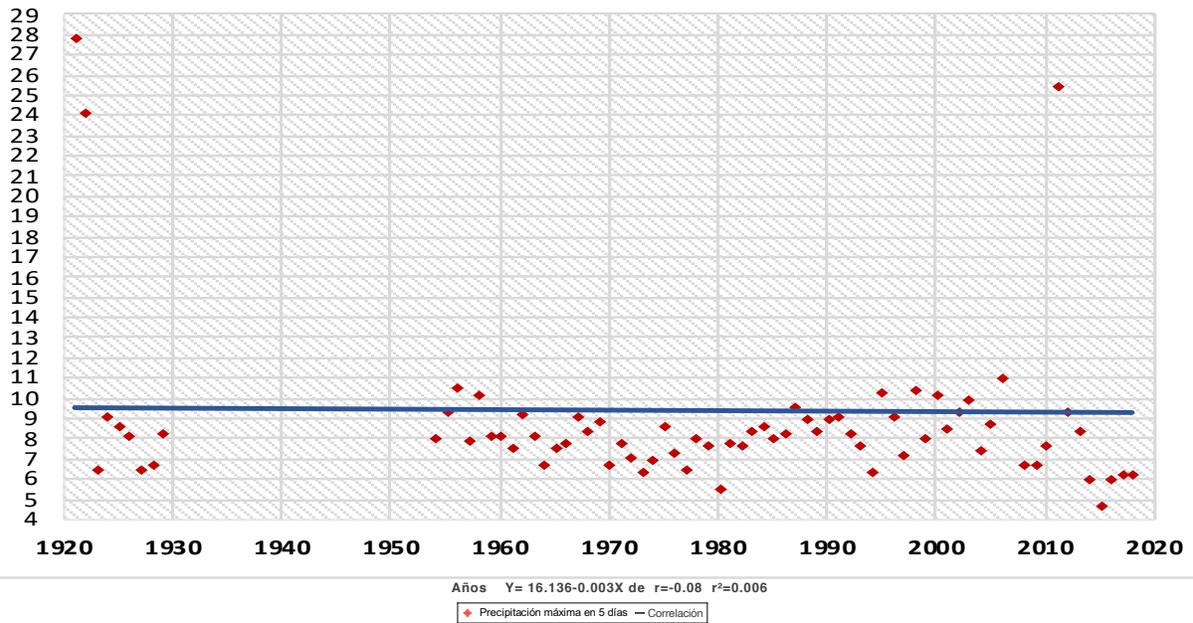
## RX5Day PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 5 DÍAS 1921 - 2018



## CDD DÍAS SECOS CONSECUTIVOS 1921 - 2018

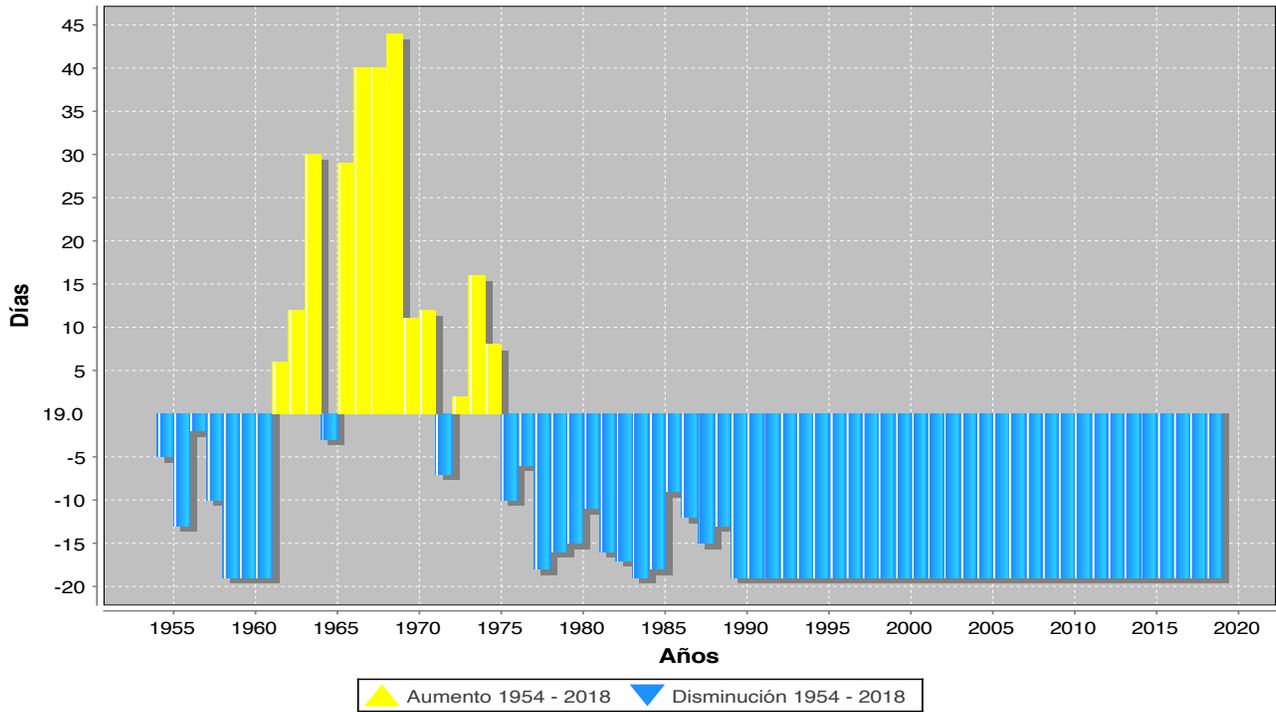


## CDD ÍNDICE SIMPLE DE INTENSIDAD DIARIA 1921 - 2018

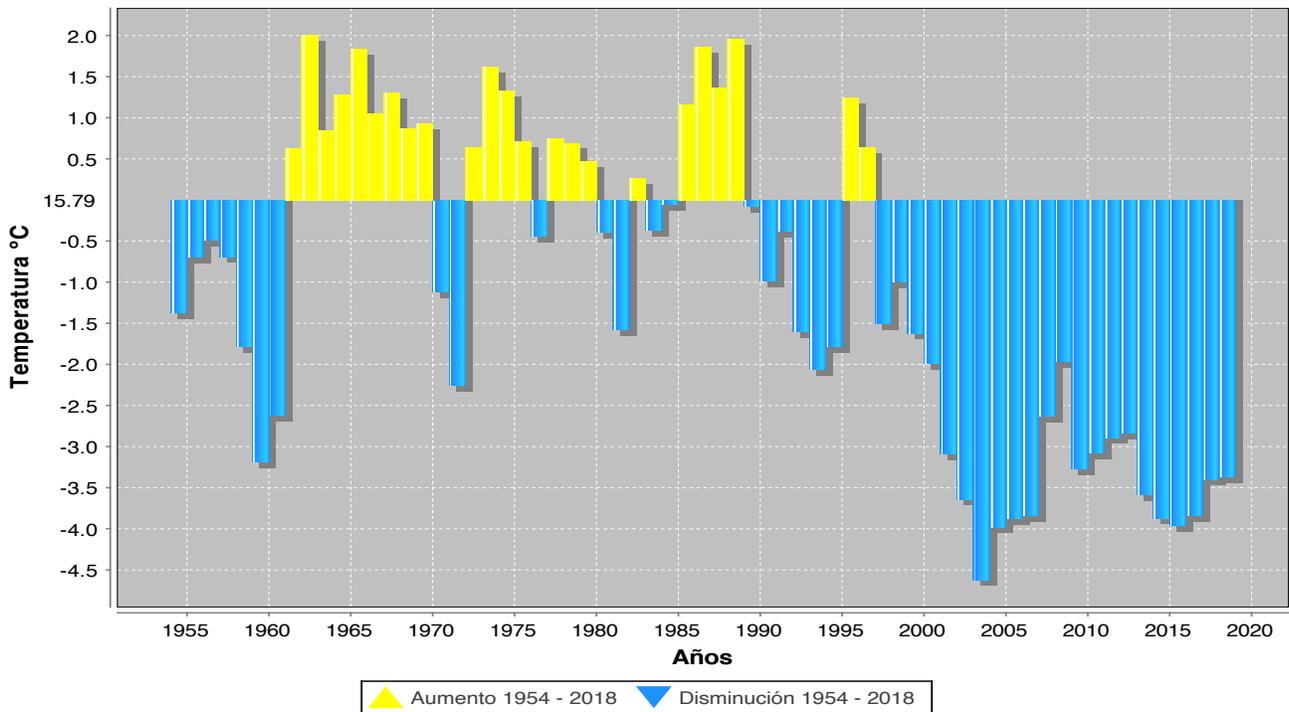


## Gráficas de aumento y disminución

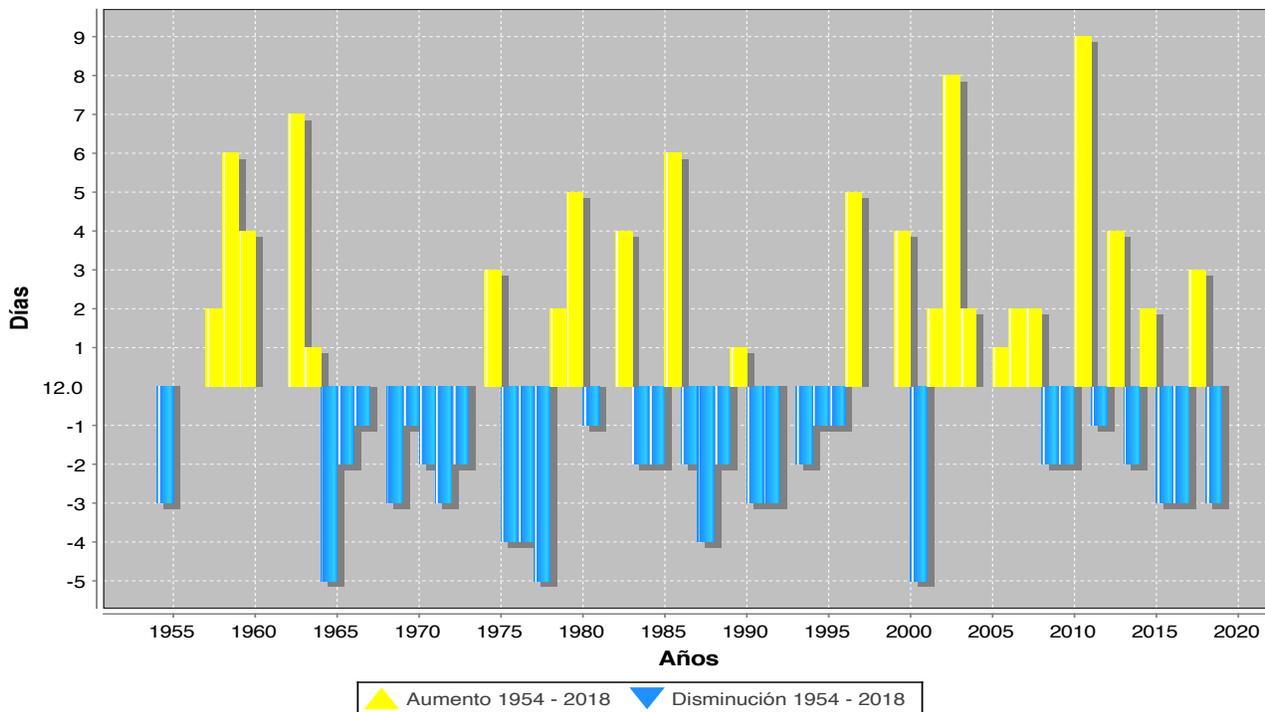
**FD 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
Días con helada



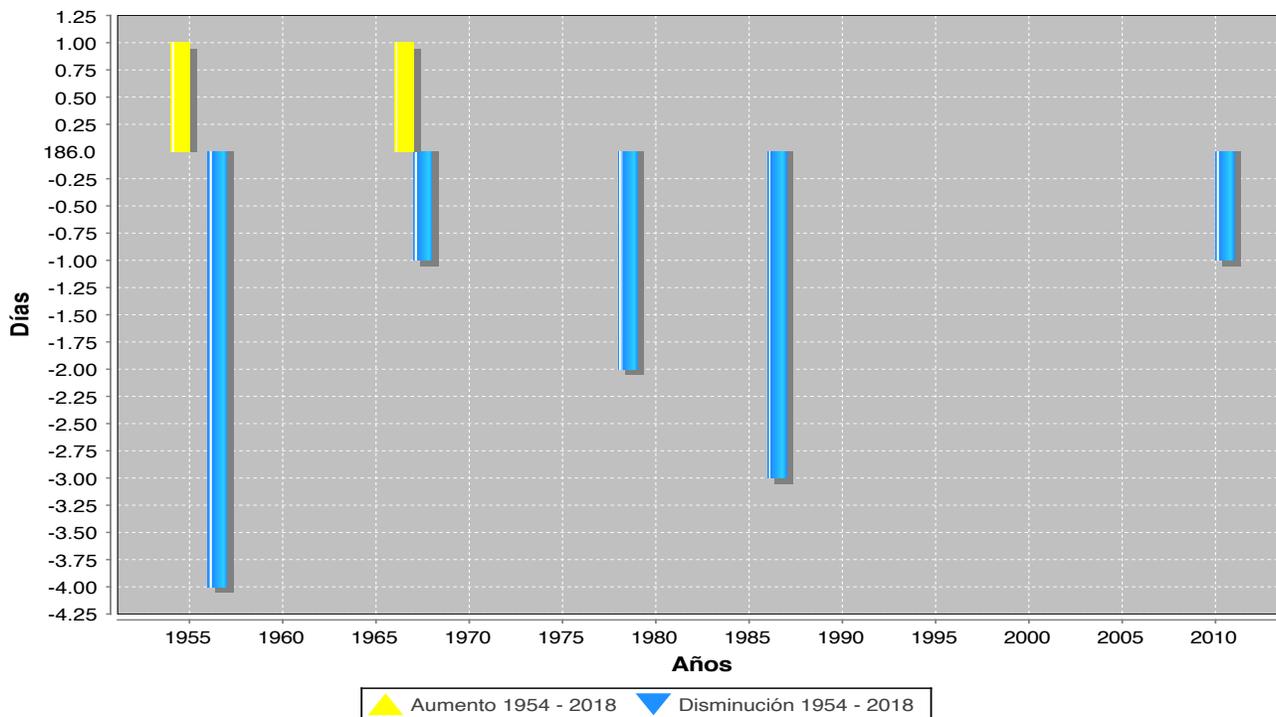
**DTR 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
Rango diario de temperatura



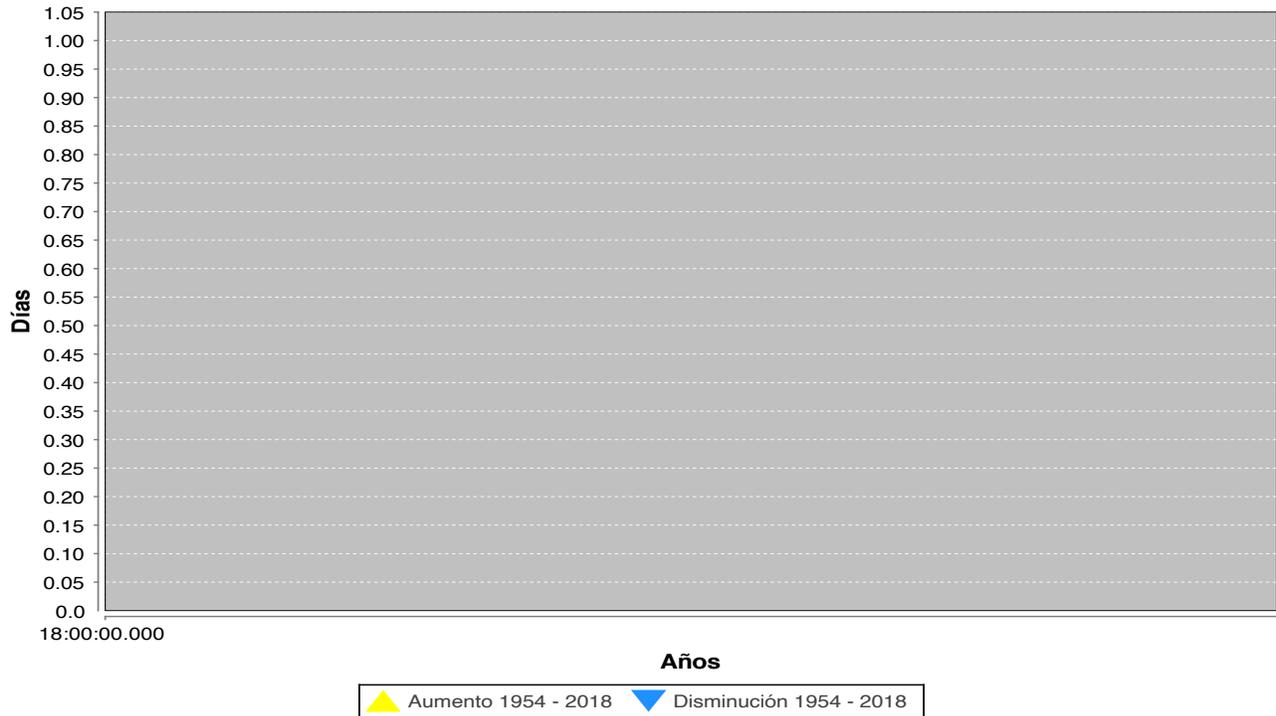
**CSDI 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Duración de los períodos fríos**



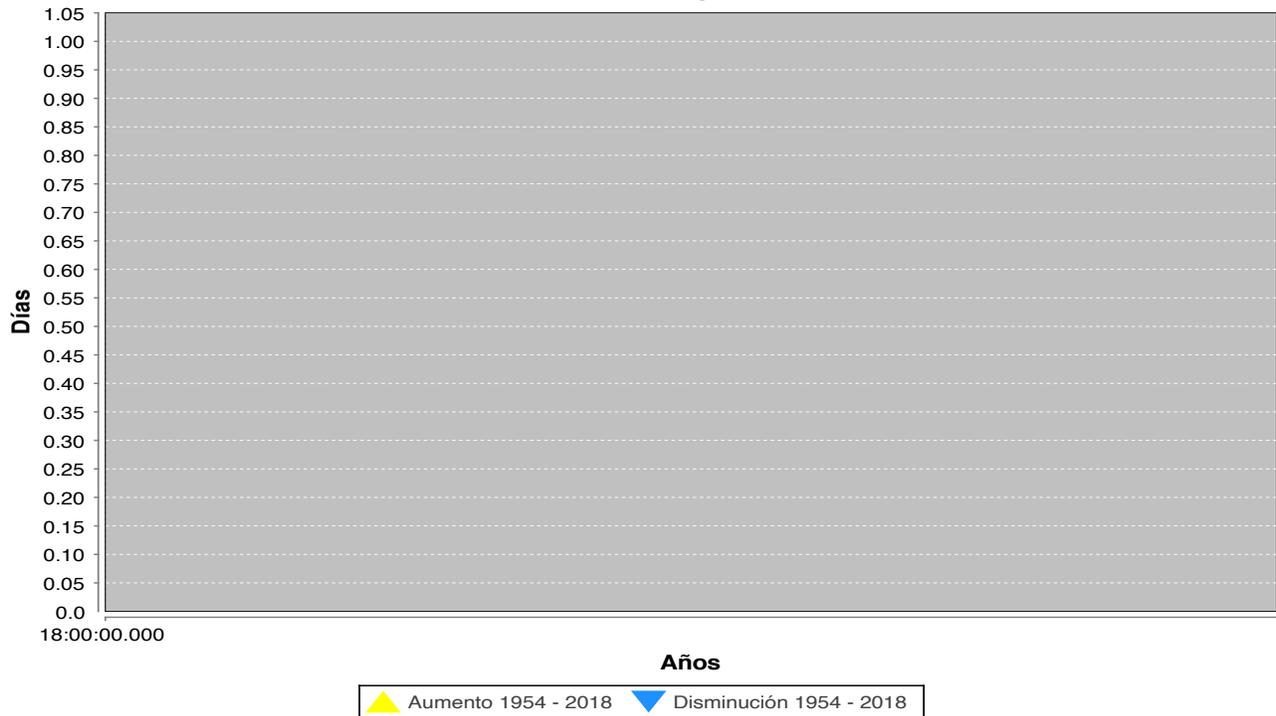
**GSL 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Estación de crecimiento**



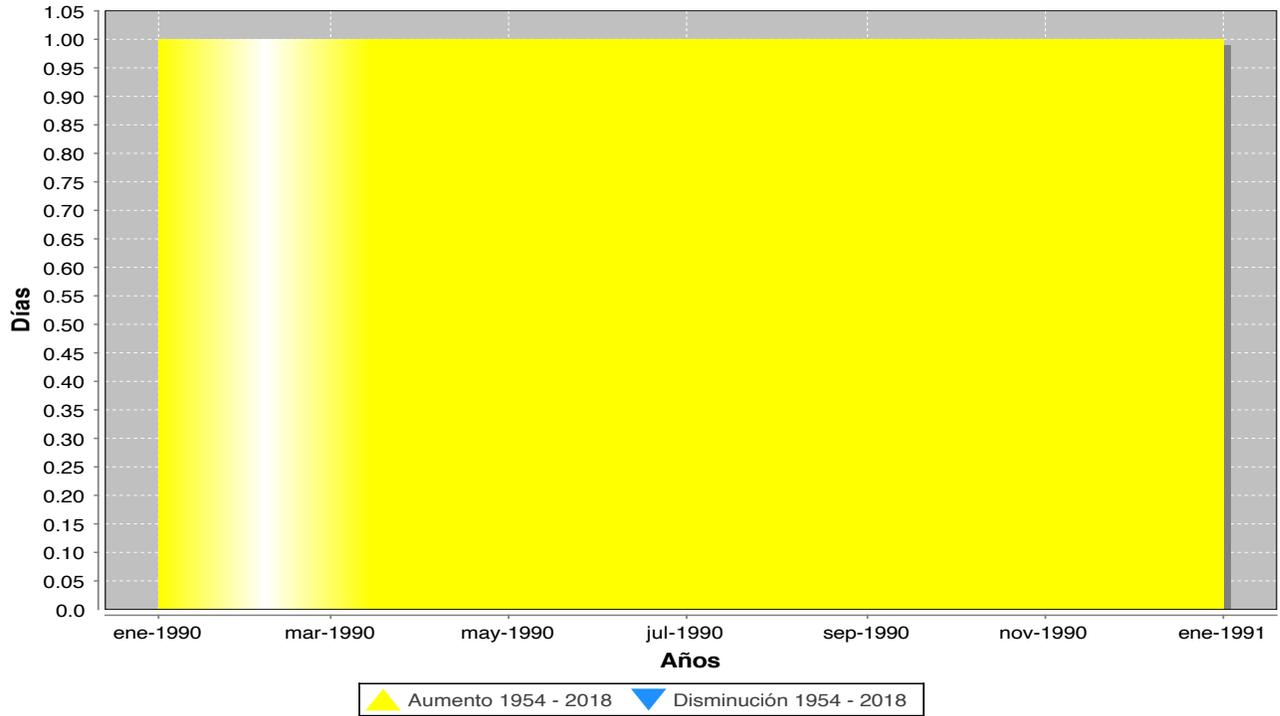
**ID 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días con hielo**



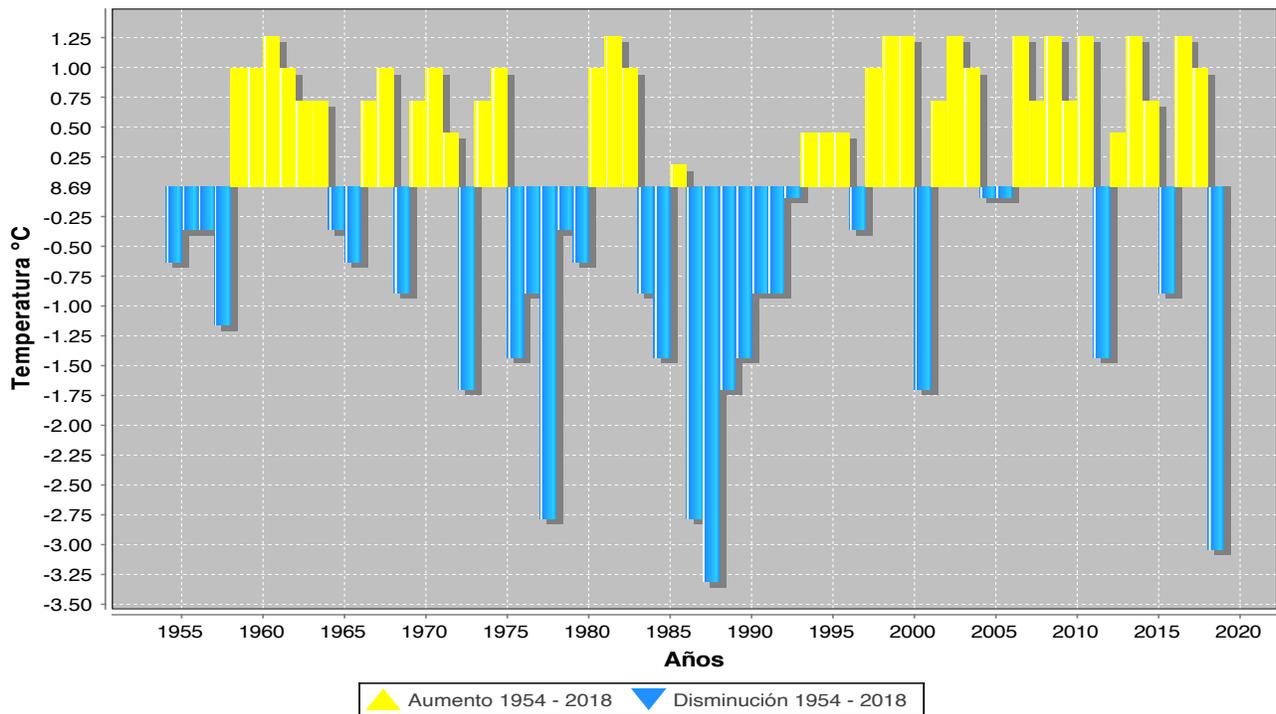
**DC40 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días consecutivos mayores a 40 °C**



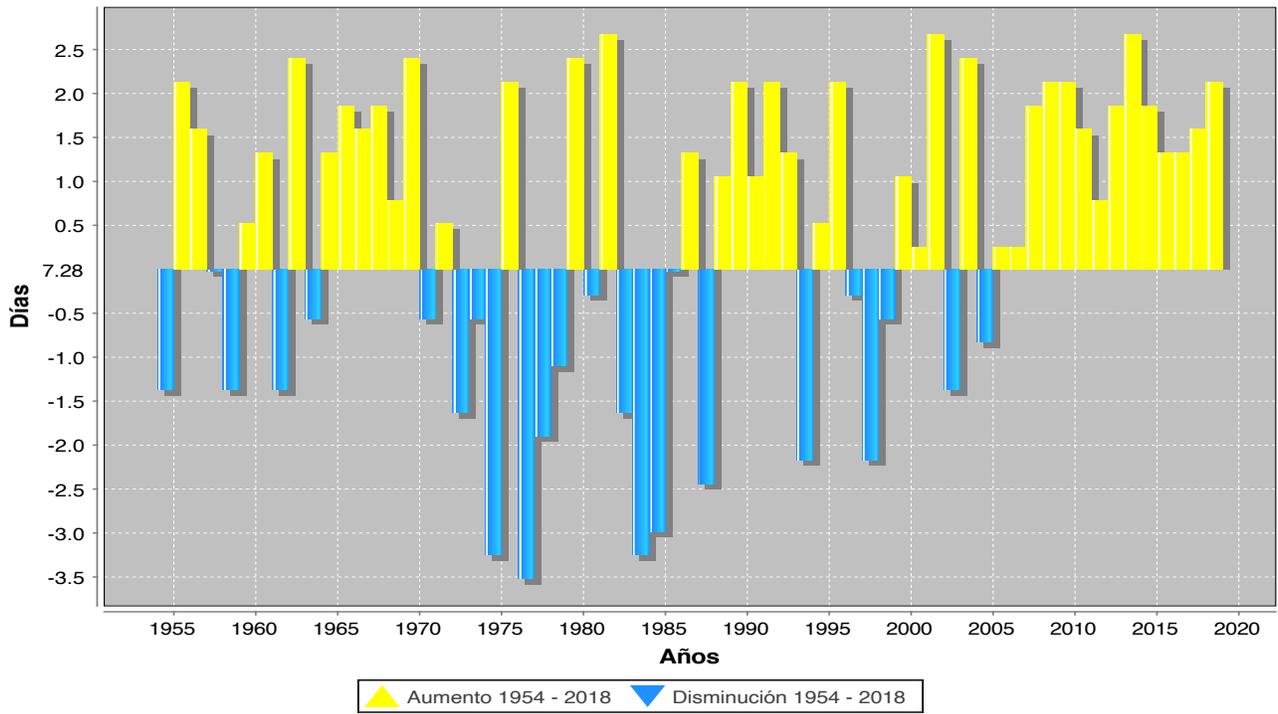
**TR 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Noches tropicales**



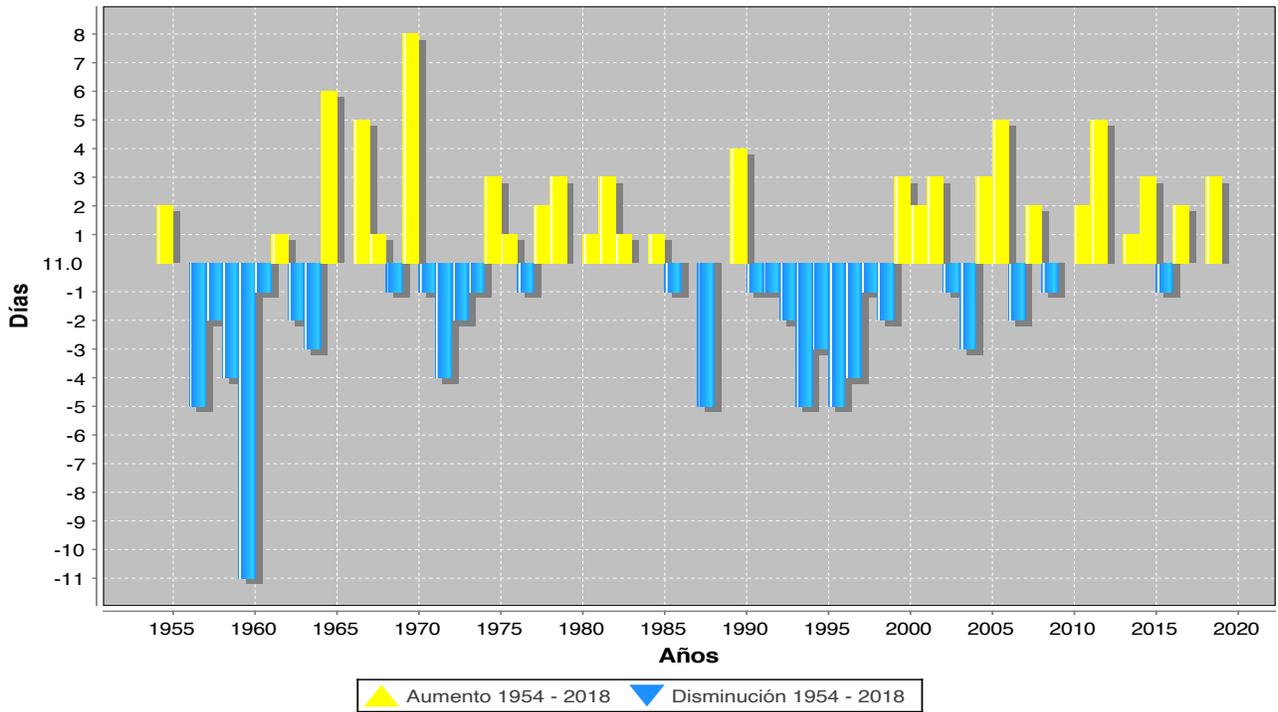
**TN10p 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Noches frías**



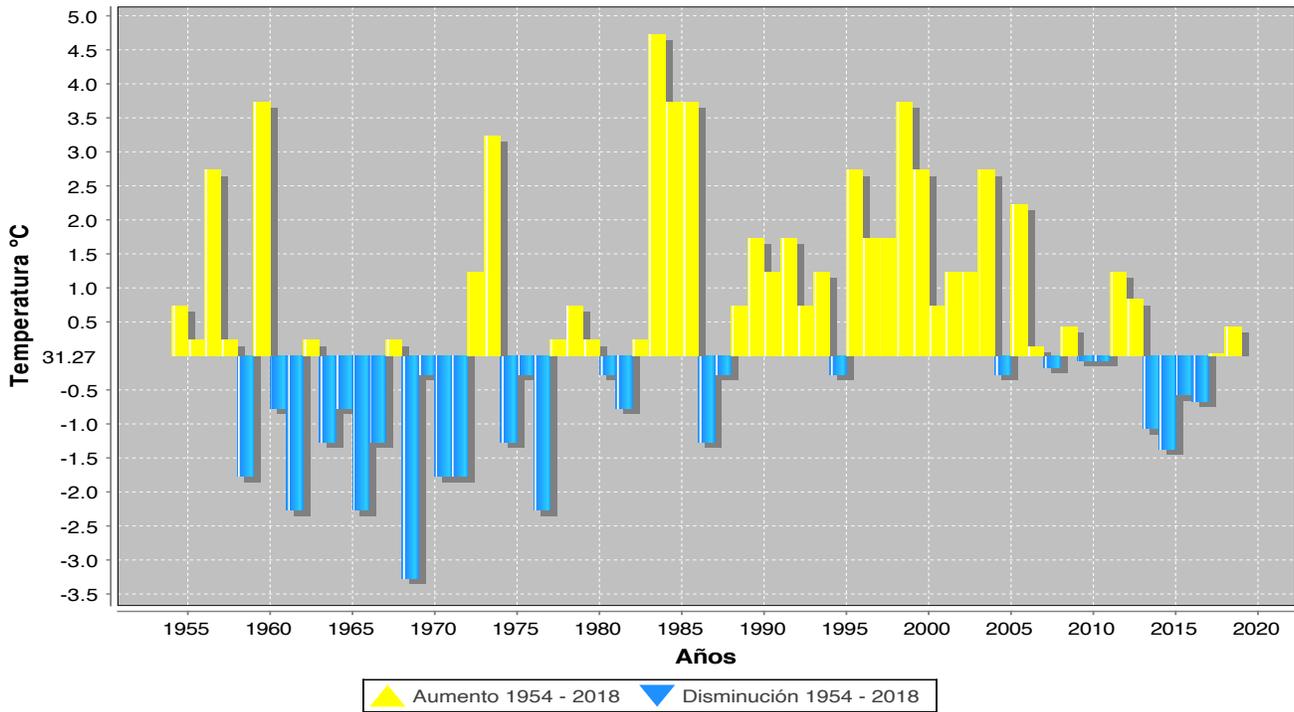
**TN90p 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Noches cálidas**



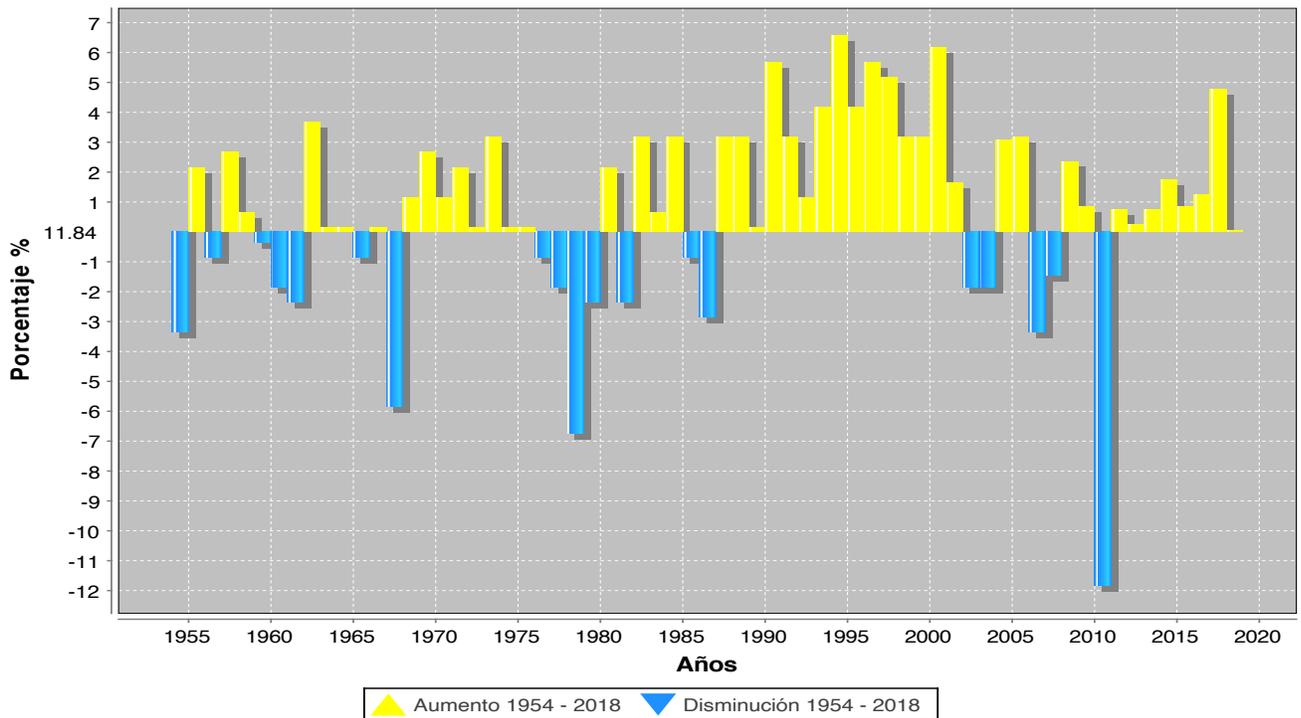
**WSDI 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Duración de los períodos cálidos**



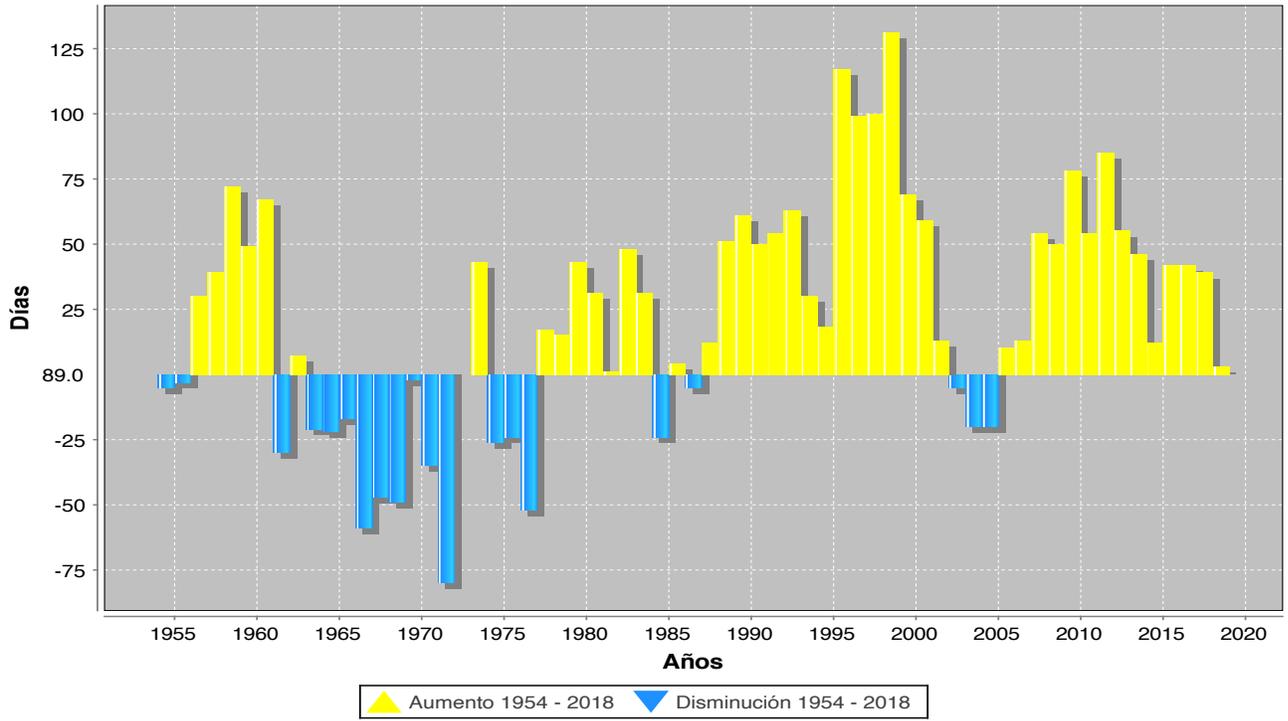
**TXx 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Temperatura máxima extrema**



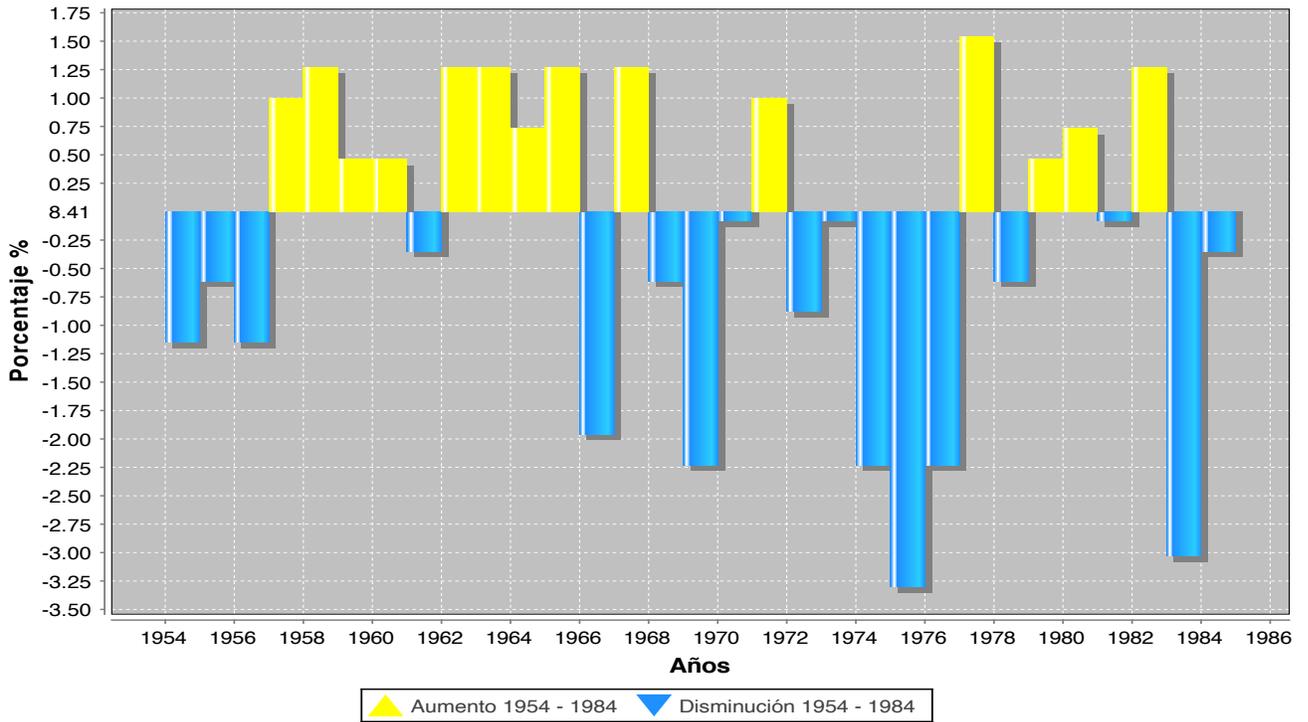
**TXn 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Temperatura máxima más baja**



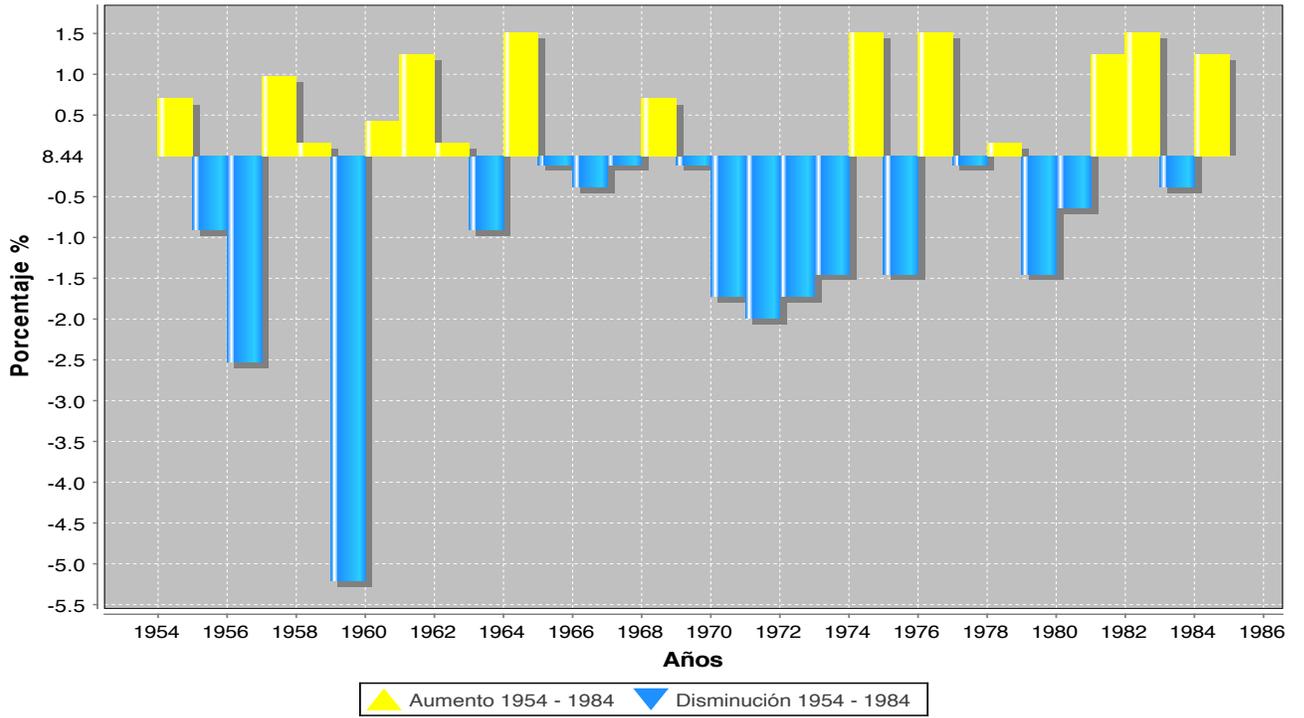
**SU 1954 - 2018 / Referencia 1954-1984**  
Días de verano



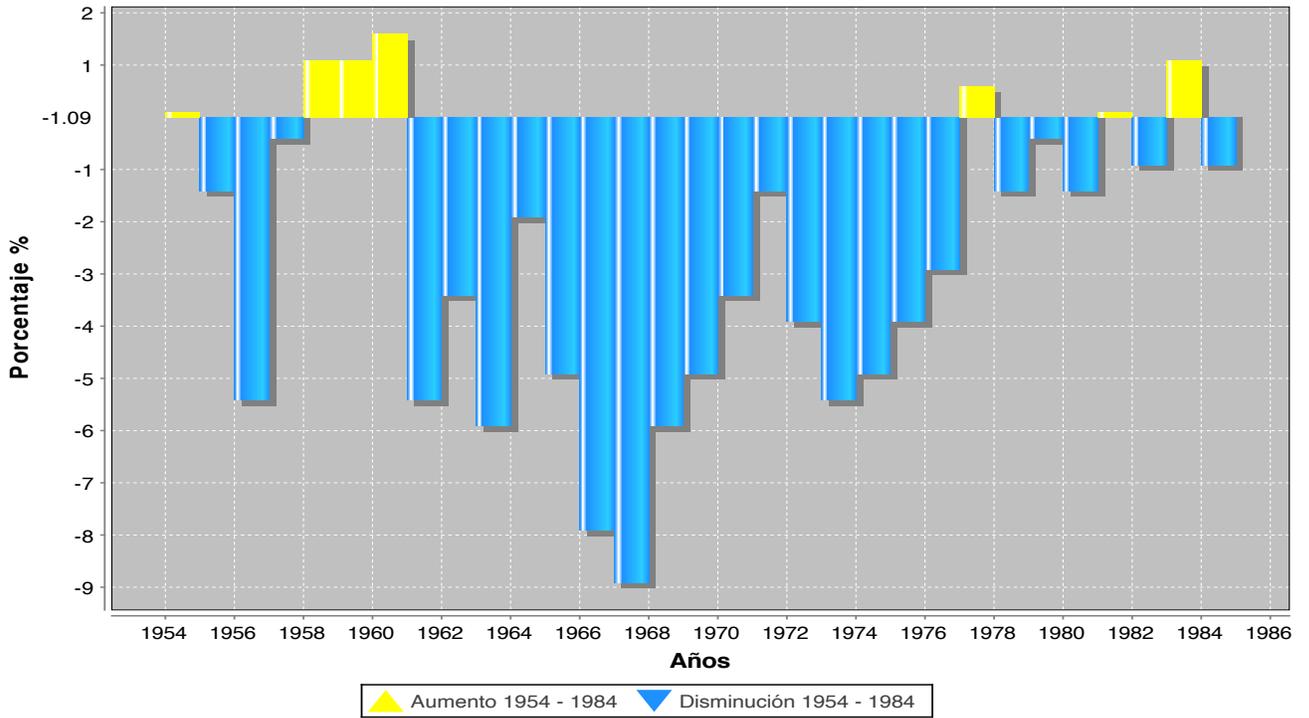
**TX10p 1954 - 2018 / 1954 - 1984**  
Días frescos



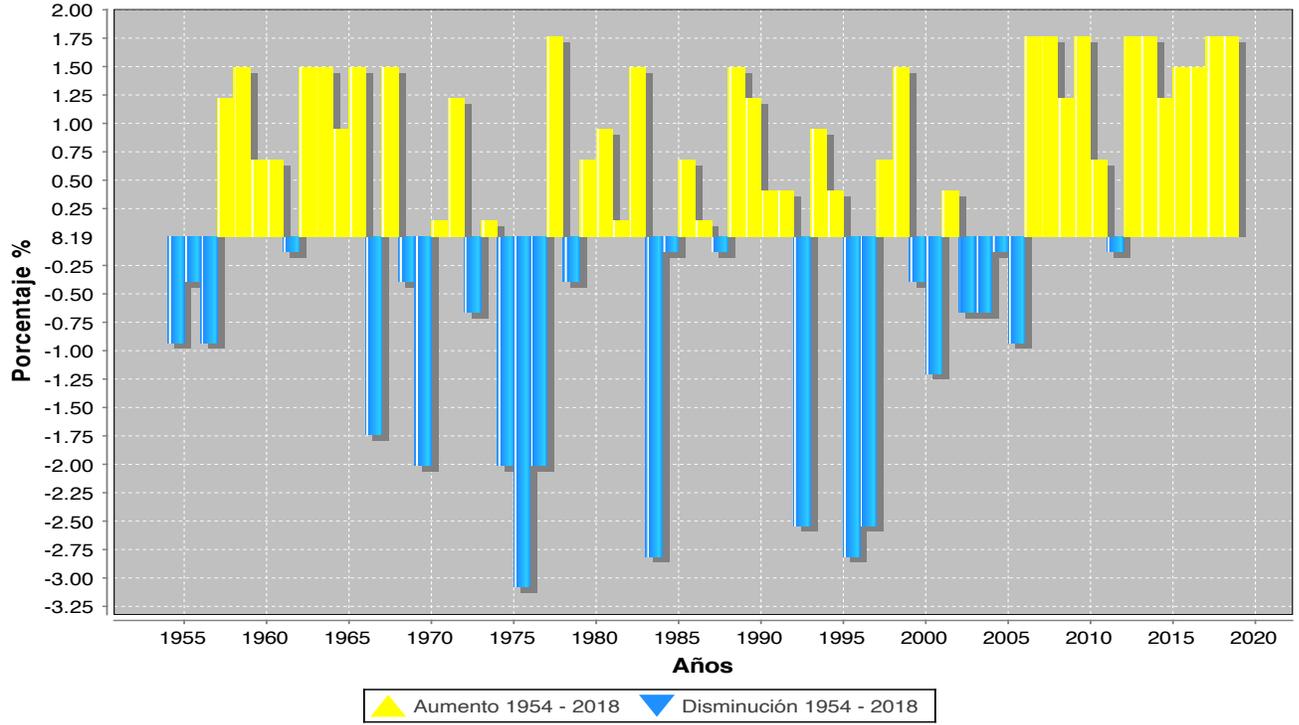
**TX90p 1954 - 2018 / 1954 - 1984**  
**Días calurosos**



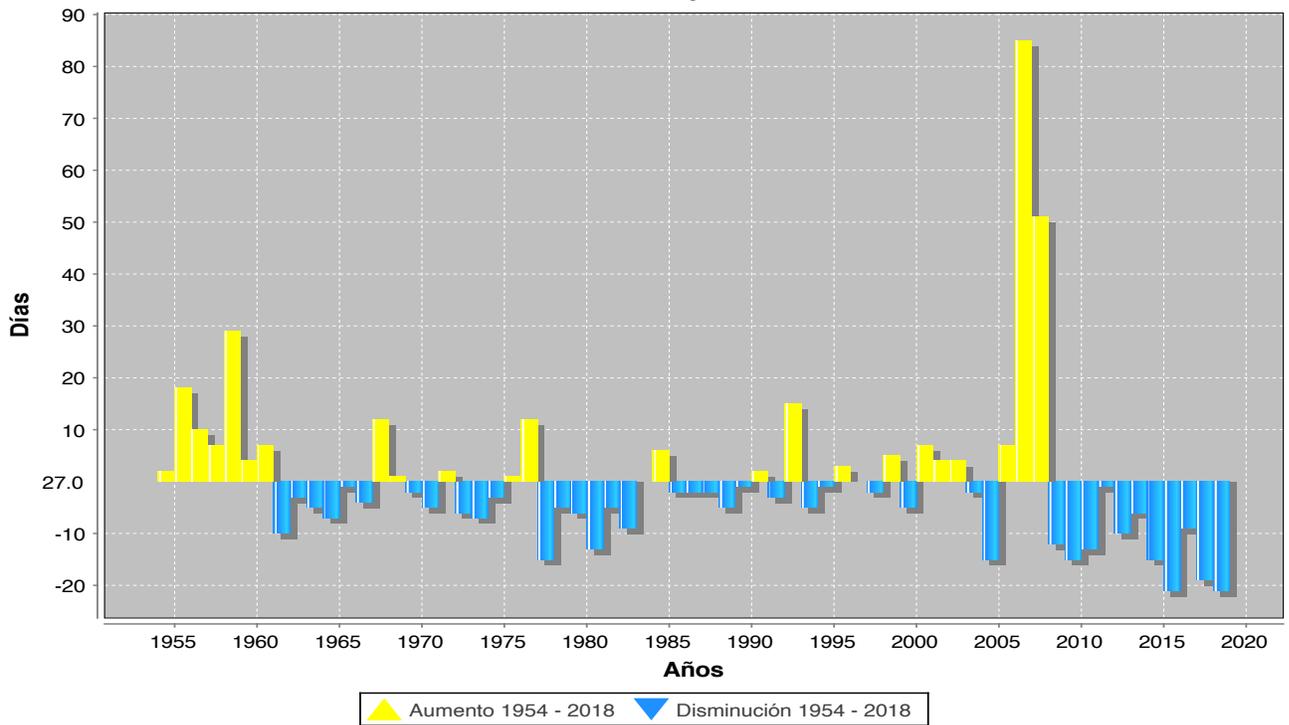
**TNn 1954 - 2018 / 1954 - 1984**  
**Temperatura mínima extrema**



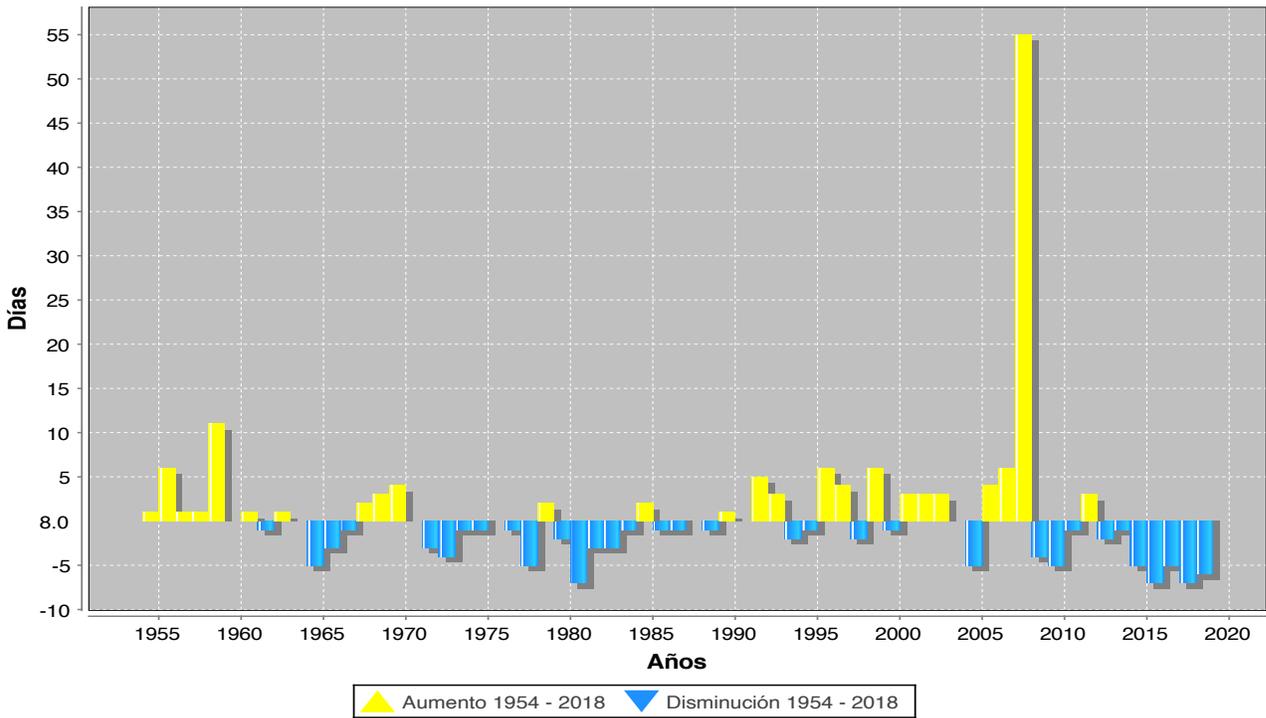
**TNx 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días frescos**



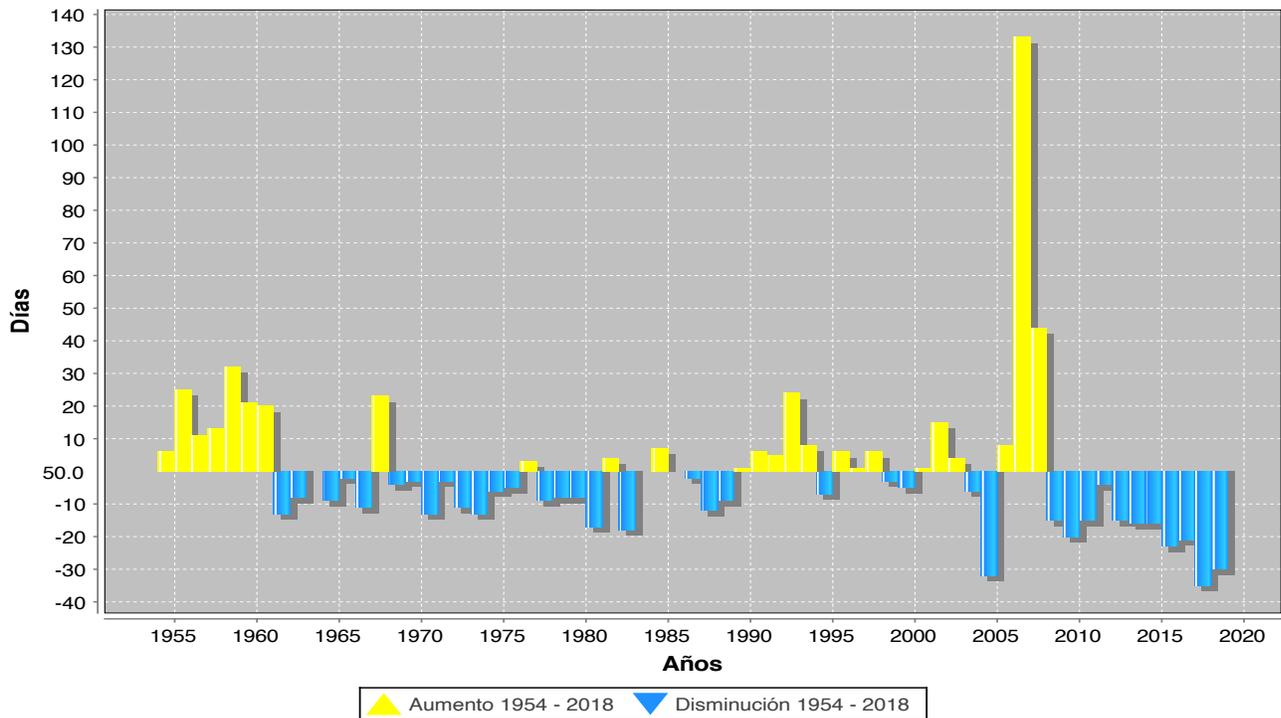
**R10mm 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días con lluvia mayor a 10mm**



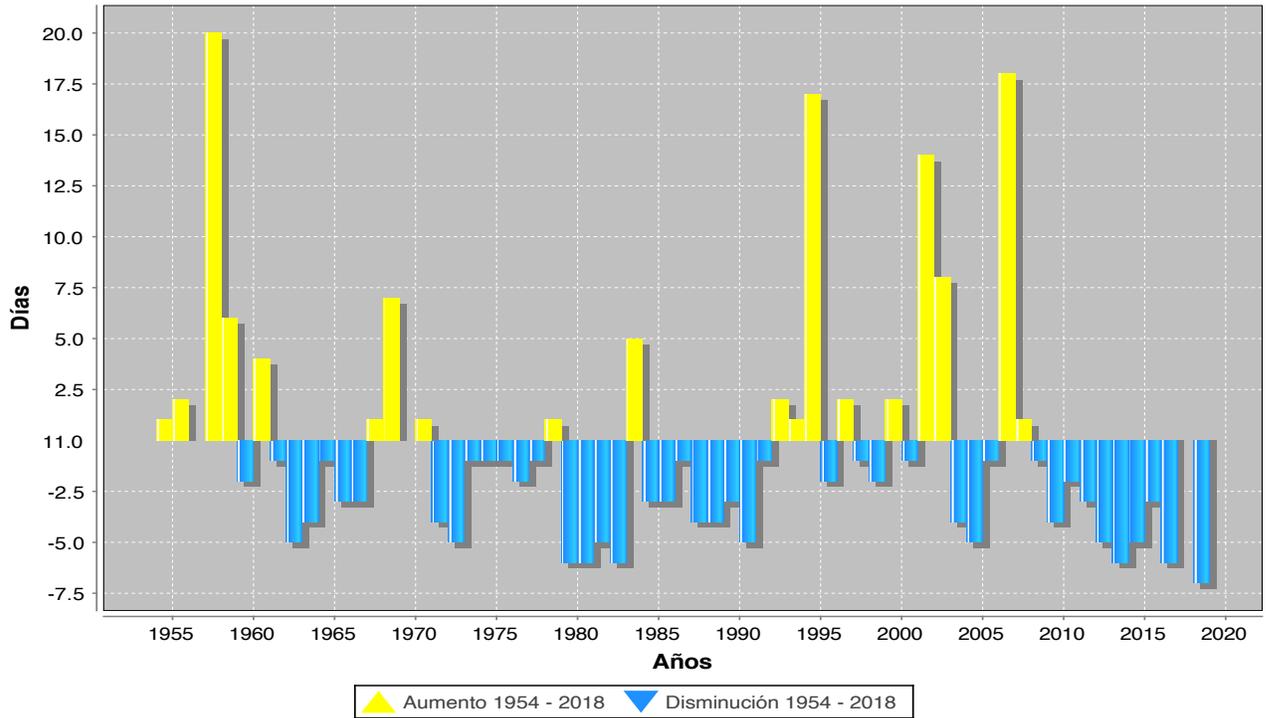
**R20mm 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días con lluvia mayor a 20mm**



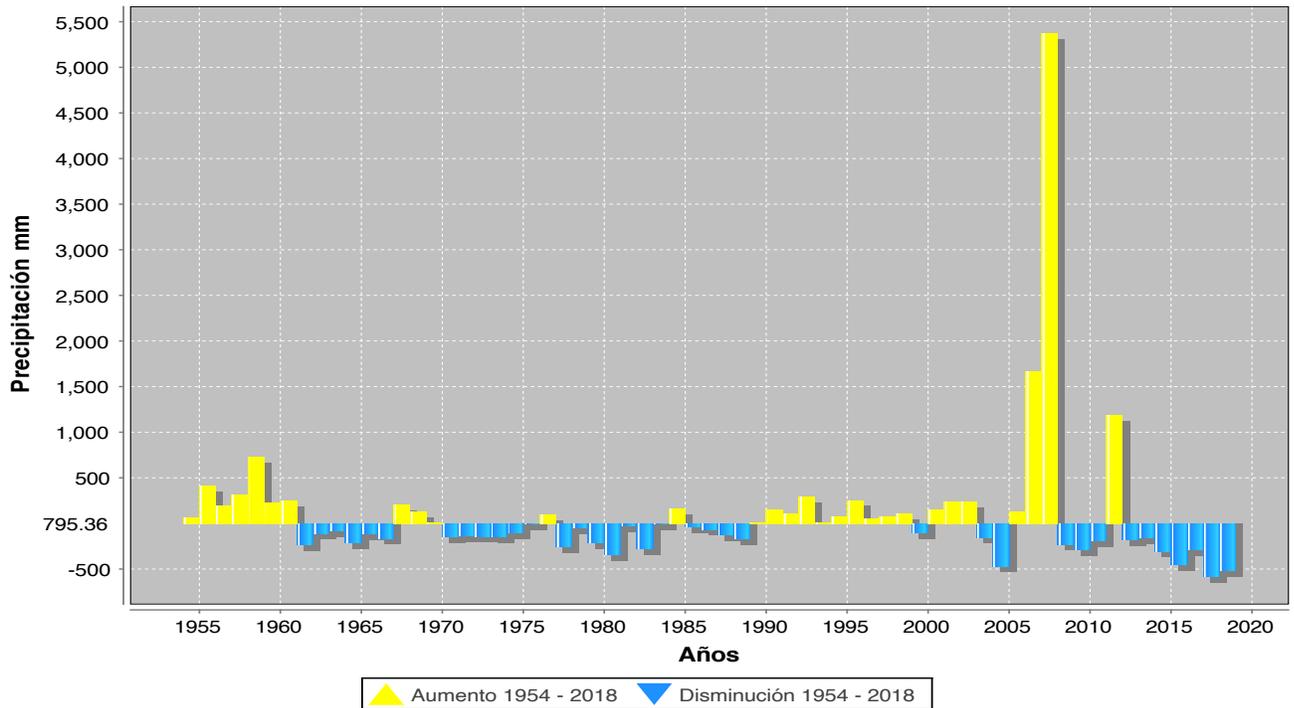
**Rnn 50mm 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días con lluvia mayor a 50mm**



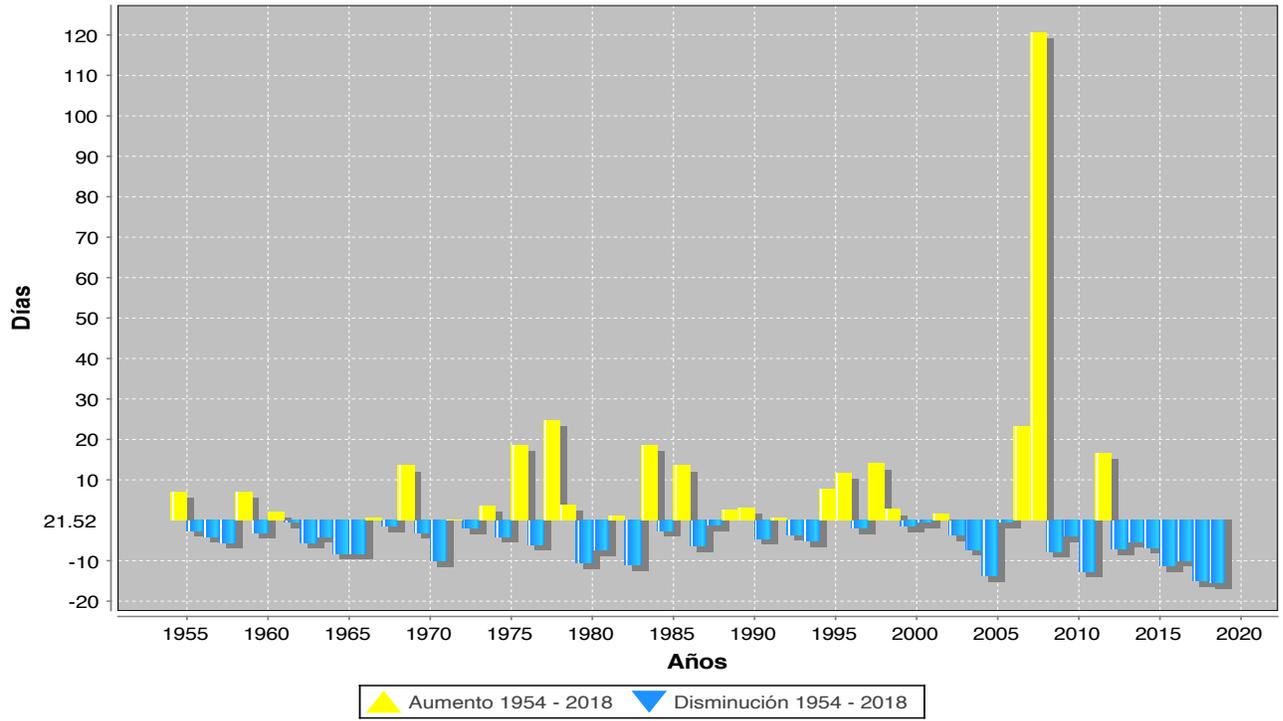
**CWD 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días húmedos consecutivos**



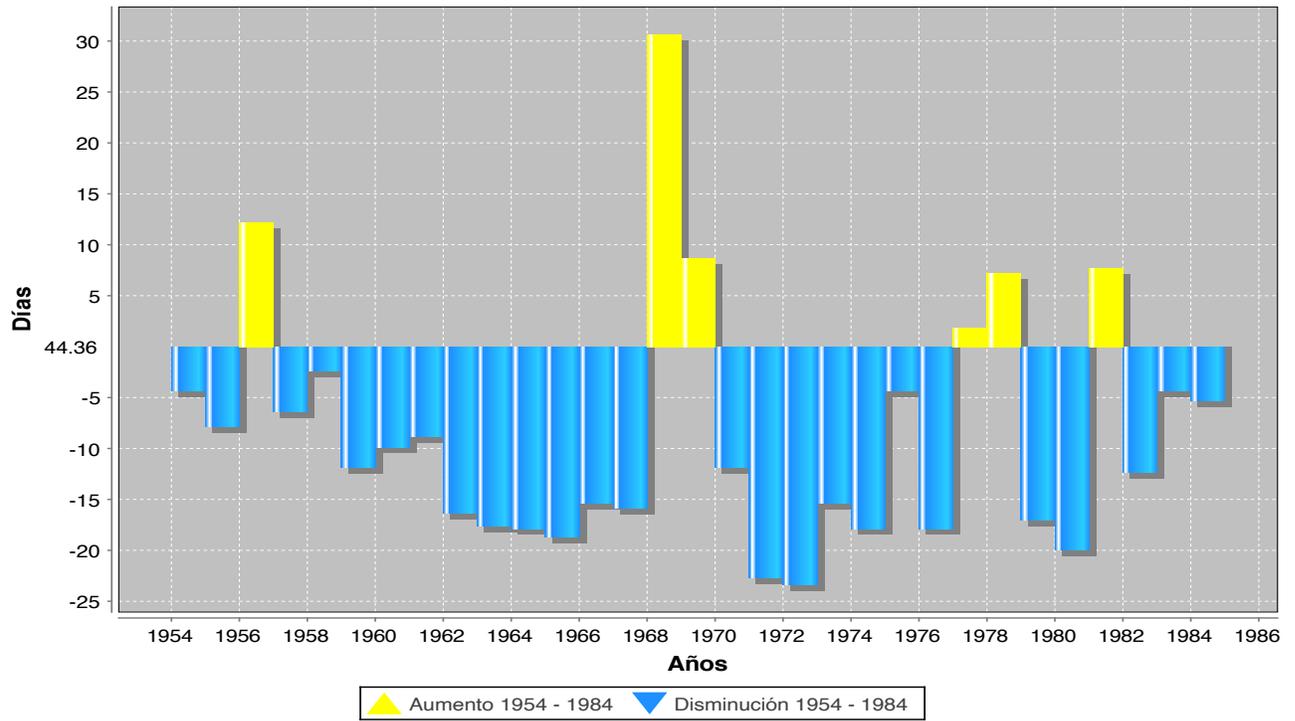
**PRCPTOT 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Precipitación total anual**



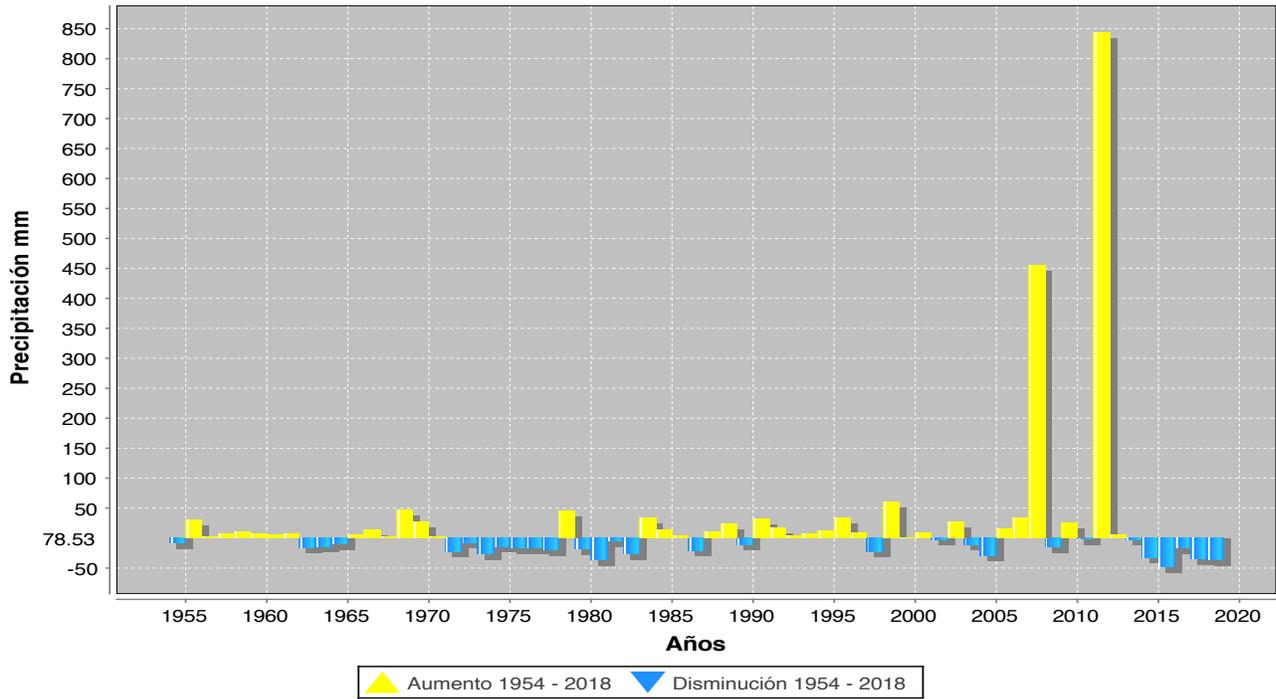
**R95p 1954 - 2018 / Referencia 1954-1984**  
**Días muy húmedos**



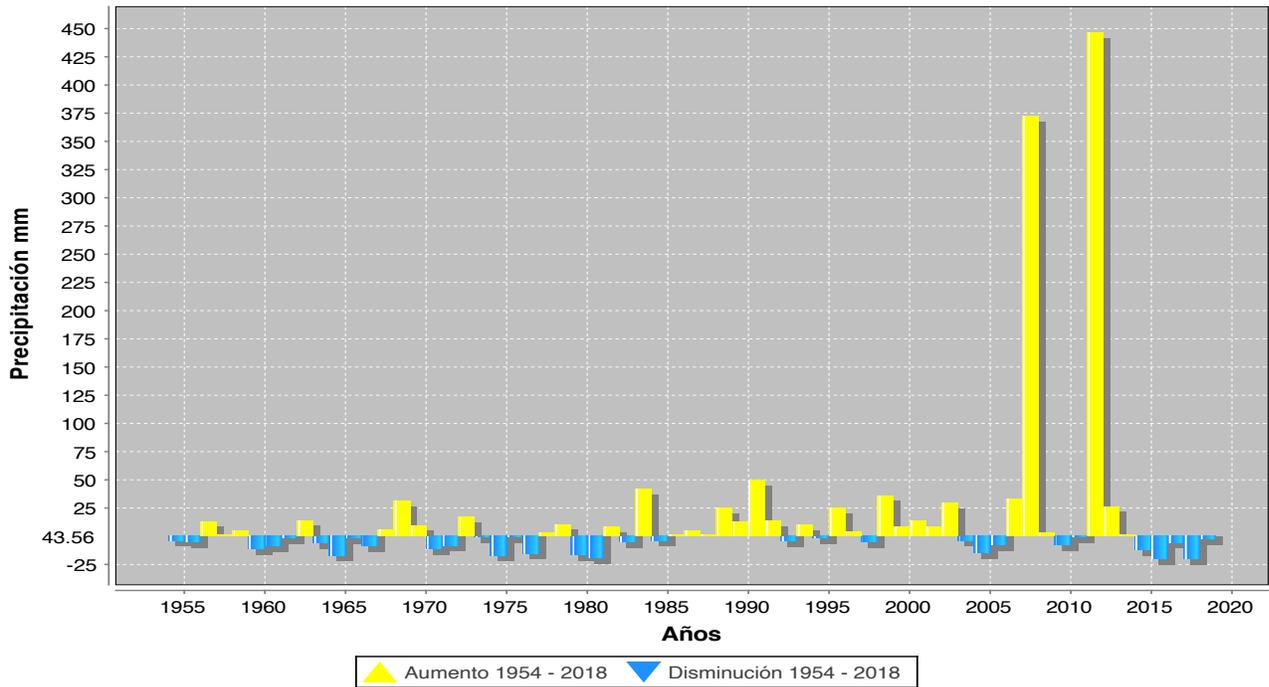
**R99p 1954 - 2018 / 1954 - 1984**  
**Días extremadamente húmedos**



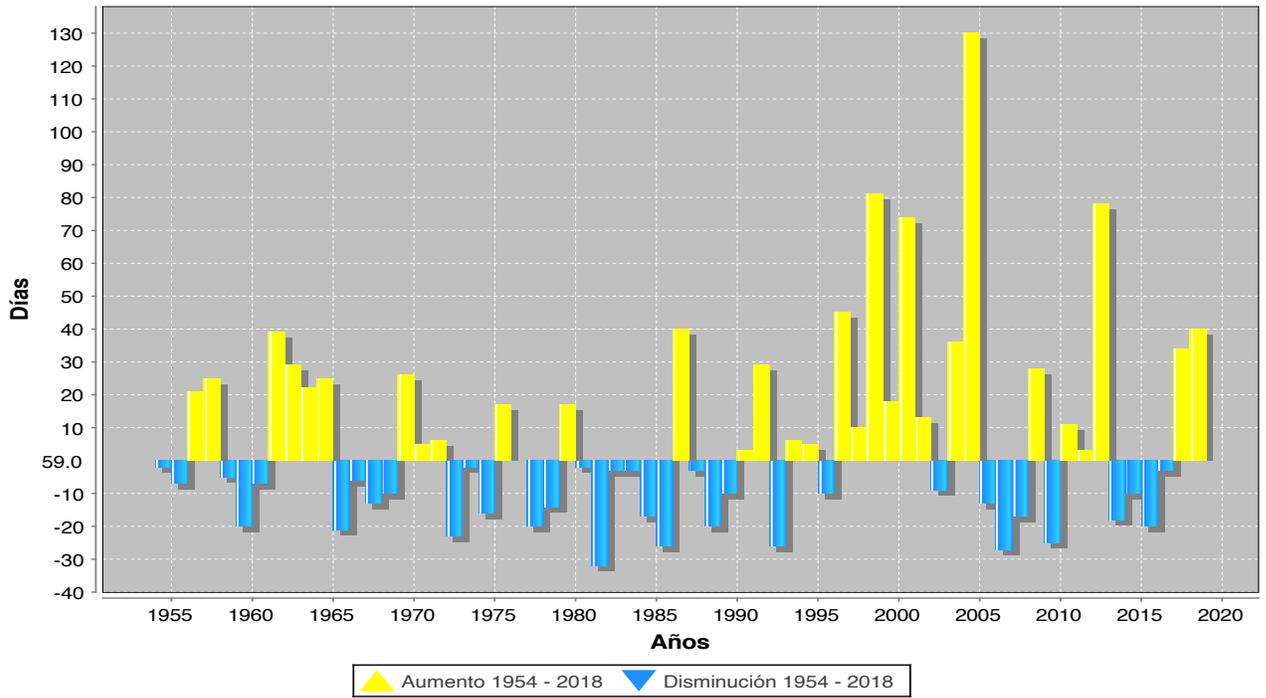
**RX5Day 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Precipitación máxima en 5 días**



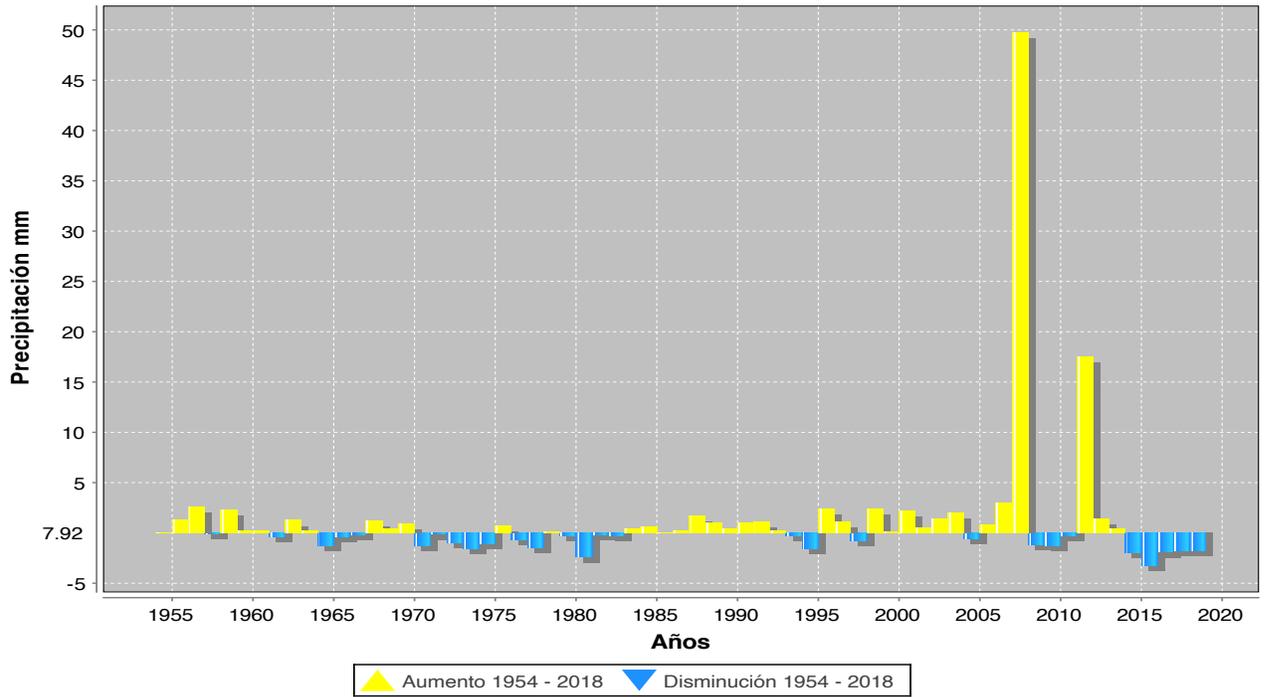
**RX1Day 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Precipitación máxima en 1 día**



**CDD 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Días secos consecutivos**



**SDII 1954 - 2018 /Referencia 1954-1984**  
**Índice simple de intensidad diaria**



## METODOLOGÍA

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS PARTICULARES	HIPÓTESIS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO	Instrumentos	RESULTADOS		
<p>demostrar la existencia de islas de calor y cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco, entendiendo en el proceso la influencia que tienen en el ambiente local, la sustitución de espacios naturales y semiantropizados por zonas urbanizadas, evidenciando con ello la importancia de los estudios ambientales profundos en los proyectos arquitectónicos y urbanísticos.</p>	<p>Identificar los principales actores que intervienen en la zona chinampera de Xochimilco, y cómo se interrelacionan entre sí y con su ambiente, recabando información mediante investigación documental, observación <i>in situ</i>, entrevistas, talleres y encuestas.</p>	<p>La Ciudad de México ha crecido bajo un modelo de urbanización que ha provocado una alteración profunda en la conformación natural de la Cuenca de México, propiciando su deterioro ambiental, y con ello, la desaparición de cuerpos de agua, áreas naturales y de agricultura chinampera, necesarios para la supervivencia de los ecosistemas de la Cuenca y de la vida humana. Esta alteración ambiental ha provocado un cambio en el clima local, que al trastocar los ciclos de las lluvias y aumentar la temperatura, con la generación de islas de calor entre otros, se han convertido en elementos que contribuyen al cambio climático global.</p>	<p>¿Cuál es la función ambiental del sistema chinampero de Xochimilco, cómo son sus interrelaciones y cuáles son sus aportes sociales y ambientales para la Cuenca de México?</p>	Deductivo	<p><b>Investigación documental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hemeroteca</li> <li>- Bibliotecas físicas</li> <li>- Bibliotecas Virtuales</li> </ul>	<p>Se identificaron los actores que intervienen en la zona, entre los que se encuentran los chinamperos, los campesinos y los floricultores, los habitantes dedicados a otras actividades como el comercio los servicios, las autoridades locales y federales, las instancias nacionales e internacionales interesadas en la conservación de la zona, las universidades e investigadores interesados tanto en su historia como en el funcionamiento físico y ambiental. Se logra comprender la conformación y funcionamiento ambiental de la zona y su importancia en los procesos y ciclos naturales, así como la importancia de las áreas naturales y semiantropizadas para la regulación del clima a nivel local, regional y global.</p>		
	<p>Reconocer, mediante un estudio documental histórico los eventos significativos que fueron resultado del modelo de crecimiento urbano actual dentro de la Cuenca de México y compararlo con los resultados de los indicadores del cambio climático en la zona.</p>		<p>¿Cómo afecta al cambio climático global a las pequeñas zonas semi-antropizadas que se encuentran dentro o en los bordes de las ciudades, como el caso de la zona chinampera de Xochimilco?</p>				Inductivo	<p><b>Observación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro fotográfico</li> <li>- Entrevistas de acercamiento a pobladores y chinamperos del lugar- Entrevistas de profundidad a chinamperos y pobladores del lugar y expertos e investigadores relacionados con la zona</li> </ul>
	<p>Generar un acervo fotográfico en sitio y satelital que permita hacer un estudio comparativo a fin de verificar los cambios territoriales y paisajísticos ocurridos durante el siglo XX y XXI para relacionarlos con los cambios climáticos observados en la zona chinampera en las últimas décadas.</p>		<p>¿Qué impacto tiene los procesos de urbanización que se están presentando en zonas naturales y semi-antropizadas como los que se observan en el clima de la zona chinampera de Xochimilco?</p>	Deductivo	<p><b>Investigación documental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hemeroteca</li> <li>- Bibliotecas físicas</li> <li>- Bibliotecas Virtuales</li> </ul> <p><b>Observación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro fotográfico</li> <li>- Entrevistas de acercamiento a pobladores y chinamperos del lugar- Entrevistas de profundidad a chinamperos y pobladores del lugar y expertos e investigadores relacionados con la zona</li> </ul>			
	<p>Sistematizar los datos climáticos de la zona de estudio para poder hacer uso de los softwares ICC y Clit-MD, con el fin de poder identificar la existencia y las tendencias de cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco.</p>		<p>¿Qué impactos han tenido las declaratorias de conservación implementadas hasta el día de hoy en la sustentabilidad de la zona chinampera de Xochimilco?</p>				Inductivo	<p><b>Método propio del ICC y Clit-MD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración y procesamiento de datos</li> <li>- Realización de pruebas y generación de gráficas</li> <li>- Análisis de datos obtenidos y conclusiones de cada prueba</li> </ul>
			<p>¿Qué relación tienen éstas con el deterioro y disminución de la zona chinampera de Xochimilco?</p>					
	<p>Comparar los datos climáticos de la zona de estudio con los de zonas rurales cercanas para comprobar la formación de islas de calor</p>		<p>¿Existe cambio climático en la zona chinampera de Xochimilco?</p>	Inductivo	<p><b>Método propio del ICC y Clit-MD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración y procesamiento de datos</li> <li>- Realización de pruebas y generación de gráficas</li> <li>- Análisis de datos obtenidos y conclusiones de cada prueba</li> </ul>			
	<p>Recabar las lecturas de temperatura mediante una cámara termográfica en los elementos urbanos como aceras, asfalto, vegetación, cuerpos de agua, etc. con el fin de documentar la formación de islas de calor y cotejarlas con los resultados del estudio de cambio climático en la zona.</p>		<p>¿Existen elementos de generación de isla de calor en la zona chinampera de Xochimilco?</p>				Inductivo	<p><b>Método propio del ICC y Clit-MD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración y procesamiento de datos</li> <li>- Realización de pruebas y generación de gráficas</li> <li>- Análisis de datos obtenidos y conclusiones de cada prueba</li> </ul> <p><b>Observación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro fotográfico</li> <li>- Registro fotográfico con cámara termográfica</li> <li>- Toma de muestras con termómetro higrómetro</li> </ul>
			<p>¿Cómo afecta el deterioro y la desaparición de las pequeñas zonas semiantropizadas como la de la zona chinampera de Xochimilco en el cambio climático global?</p>	Inductivo	<p><b>Observación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro fotográfico</li> <li>- Registro fotográfico con cámara termográfica</li> <li>- Toma de muestras con termómetro higrómetro</li> </ul>			

planeadores territoriales que se interesan por el estudio de la relación entre la ciudad y el clima.

Tabla 2. Indicadores del cambio climático

Temperatura			Precipitación		
Siglas	Indicador	Fórmula	Siglas	Indicador	Fórmula
CSDI	Duración de los periodos fríos	$Tn_{ij} < T_n \text{ en } 10$	PRCTOT	Precipitación total anual	$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^i RR_{ij}$
SU	Días de verano (con temperaturas $>25^\circ\text{C}$ )	$Tx_{ij} > 25^\circ\text{C}$	RX1DAY	Precipitación máxima en un día	$Rx1day_j = \max(RR_{ij})$
FD	Días con helada (con temperaturas $<0^\circ\text{C}$ )	$Tn_{ij} < 0^\circ\text{C}$	RX5Day	Precipitación máxima en cinco días	$Rx5day_j = \max(RR_{ij})$
TR	Noches tropicales (con temperaturas mínimas $>20^\circ\text{C}$ )	$Tx_{ij} > 20^\circ\text{C}$	R10mm	Días con lluvia mayor a 10 mm	$RR_{ij} \geq 10\text{mm}$
ID	Días con hielo (con temperaturas máximas $<0^\circ\text{C}$ )	$Tx_{ij} < 0^\circ\text{C}$	R20mm	Días con lluvia mayor a 20 mm	$RR_{ij} \geq 20\text{mm}$
TN10p	Percentil 10 de noches frías	$Tn_{ij} < T_n \text{ en } 10$	Rnn50mm	Días con lluvia mayor a 50 mm	$RR_{ij} \geq n\text{mm}$
TN90p	Percentil 90 de noches cálidas	$Tn_{ij} > T_n \text{ en } 90$	R95p	Días muy húmedos	$R95p_j = \sum_{i=1}^i RR_{ij} \text{ donde } RR_{ij} > RR_{n,95}$
TX10p	Percentil 10 de días frescos	$Tx_{ij} = T_x \text{ en } 10$	R99p	Días extremadamente húmedos	$RR99p_j = \sum_{i=1}^i RR_{ij} \text{ donde } RR_{ij} > RR_{n,99}$
TX90p	Percentil 90 de días calurosos	$Tx_{ij} > T_x \text{ en } 90$	CDD	Días secos consecutivos	$RR_{ij} < 1\text{mm}$
<del>TXn</del>	Temperatura máxima más baja	$TXn_{ij} = \min(Tx_{ij})$	CWD	Días húmedos consecutivos	$RR_{ij} \geq 1\text{mm}$
TXx	Temperatura máxima extrema	$TXx_{ij} = \max(Tx_{ij})$	SDII	Indicador simple de intensidad diaria	$SDII_j = \frac{\sum_{i=1}^i RR_{ij}}{i}$
TNn	Temperatura mínima extrema	$TNn_{ij} = \min(Tn_{ij})$			
TNx	Temperatura mínima más alta	$TNx_{ij} = \max(Tx_{ij})$			
DC40	Días con temperaturas mayores a los $40^\circ\text{C}$	$DC40 = \sum_{i=1}^i \tau_{ij} \geq 40^\circ\text{C}$			
DTR	Rango diario de temperatura	$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^i (Tx_{ij} - Tn_{ij})}{i}$			
WSDI	Duración de los periodos cálidos	$Tx_{ij} > T_x \text{ en } 90$			
GLS	Estación de crecimiento	$T_{ij} > 5^\circ\text{C}$			

Fuente: elaboración propia con datos del Equipo de Expertos en Detección e Índices para el Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) ETCCDI (2005).