



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN GEOGRAFÍA

Descripción de la variabilidad temporal y espacial de la temperatura y precipitación, de las vertientes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces de la Cuenca de México.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

KARINA EILEEN ÁLVAREZ ROMÁN

TUTOR DE TESIS:

Dr. Leopoldo Galicia Sarmiento
Instituto de Geografía, UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

POSGRADO EN GEOGRAFÍA

CP. AGUSTÍN MERCADO
DIRECTOR DE CERTIFICACIÓN Y CONTROL DOCUMENTAL
DGAE, UNAM
PRESENTE

Me permito proponer a usted el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRÍA EN GEOGRAFÍA**, de la alumna: **ÁLVAREZ ROMÁN KARINA EILEEN**, con número de cuenta 86341499 quien presenta la tesis: **"Descripción de la variabilidad temporal y espacial de la temperatura y precipitación, de las vertientes oriental y occidental de la sierra de las cruces de la cuenca de México"**.

PROPIETARIOS	
PRESIDENTE:	DR. LEOPOLDO GALICIA SARMIENTO
VOCAL:	DRA. LETICIA GÓMEZ MENDOZA
SECRETARIO:	MTRA. ORALIA OROPEZA OROZCO
SUPLENTES:	DR. FELIPE GARCÍA OLIVA
SUPLENTES:	DRA. ANA BURGOS TORNADÚ

Atentamente,
"POR MÍ RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 29 de noviembre de 2018


DR. JOSÉ RAMÓN HERNÁNDEZ SANTANA
COORDINADOR DEL PROGRAMA

DEDICATORIA

A la vida,

porque me permite existir aquí y ahora,

porque me ha dado a mis padres, Rosa y Roberto, quienes me guiaron y sembraron en mi años felices,

porque con ella llegaron mis hijos Yakín, Fátima y Atenas, con quienes se descubre el amor más puro que he podido sentir,

porque me permitió conocer a mis queridas amigas Sheridan y Ana Elia, con quienes he compartido en el tiempo momentos de alegría y aprendizajes

y porque nunca deja de sorprender, al encontrarme en el camino con mi mejor amigo y pareja de vida, Salo, quien es en mucho la causa de que estas líneas finales se estén escribiendo.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a mi asesor de tesis el Dr. Leopoldo Galicia Sarmiento, quien tuvo la paciencia de guiarme en el trayecto de esta investigación hasta culminarla y compartir conmigo sus conocimientos, experiencia y el gusto por la ciencia.

Agradezco también al Dr. Felipe García Oliva, por su apoyo y disposición, así como por las sugerencias planteadas para la mejora de esta investigación.

Asimismo a la Dra. Leticia Gómez, Dra. Oralia Oropeza y Dra. Ana Burgos, cuyas aportaciones terminaron de dar firmeza y estructura adecuada a este trabajo de investigación.

Mi agradecimiento también a mis compañeras Karina Jiménez, Ximena López e Isela Jasso, mujeres jóvenes científicas y portadoras de ideas que hacen plantear o replantear las mismas.

Finalmente agradezco nuevamente a la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad de continuar mi formación académica.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Tendencias generales actuales de la climatología	7
1.2 Climatología urbana	12
1.3 Patrones de crecimiento urbano	23
1.4 Planteamiento del problema	26
2. OBJETIVOS	29
3. MÉTODOS	30
3.1 Sitio de estudio	30
3.2 Características ambientales	37
3.3 Descripción de la distribución temporal de la variabilidad de la temperatura y precipitación.	39
3.3.1 Selección de la base de datos	39
3.3.2 Homogeneidad de los datos	41
3.3.2.1 Datos atípicos y huecos	42
3.3.3 Descripción de la variabilidad climática	44
4. RESULTADOS	45
4.1 Selección de estaciones	45
4.1.1 Series cortas	45
4.1.2 Series largas	46
4.2 Descripción general de la temperatura y precipitación.	46
4.2.1 Series cortas	46
4.2.2 Series largas	49
4.3 Descripción de la temperatura máxima diaria en series cortas.	51
4.3.1 Vertiente oriental	51
4.3.1.1 Serie 1	51
4.3.1.2 Serie 6	53
4.3.1.3 Serie 7	56
4.3.2 Vertiente occidental	58
4.3.2.1 Serie 3	58
4.3.2.2 Serie 4	60
4.3.2.3 Serie 5	62
4.3.2.4 Serie 8	64
4.4 Descripción de la temperatura mínima diaria en series cortas.	69
4.4.1 Vertiente oriental	69
4.4.1.1 Serie 1	69

4.4.1.2 Serie 6	71
4.4.1.3 Serie 7	74
4.4.2 Vertiente occidental	76
4.4.2.1 Serie 3	76
4.4.2.2 Serie 4	79
4.4.2.3 Serie 5	82
4.4.2.4 Serie 8	85
4.5 Descripción de la precipitación diaria en series cortas.	90
4.5.1 Vertiente oriental	90
4.5.1.1 Serie 1	90
4.5.1.2 Serie 6	91
4.5.1.3 Serie 7	93
4.5.2 Vertiente occidental	94
4.5.2.1 Serie 3	94
4.5.2.2 Serie 4	95
4.5.2.3 Serie 5	97
4.5.2.4 Serie 8	98
4.6 Descripción de la variación temporal estacional de la temperatura máxima diaria, mínima diaria y precipitación diaria.	101
4.6.1 Serie A	101
4.6.1.1 Época lluviosa	101
4.6.1.2 Época seca	103
4.6.2 Serie B	106
4.6.2.1 Época lluviosa	106
4.6.2.2 Época seca	108
5. DISCUSIÓN	115
5.1 Variabilidad de la temperatura	115
5.1.1 Temperatura máxima y mínima diaria (TemMax, TemMin) y temperatura estacional de la época seca y lluviosa del año.	118
5.2 Variabilidad de la precipitación	122
5.3 Posible influencia de la periurbanización y región policéntrica en la variabilidad climática	124
6. CONCLUSIONES	128
BIBLIOGRAFÍA	130
ANEXOS	137

1. INTRODUCCIÓN

La transformación constante del espacio natural al urbano y la aglutinación de la población en las ciudades resulta del cambio del uso del suelo (CUS) y el desplazamiento de la cobertura vegetal (ONU – HABITAT, 2011), como es el caso de los bosques templados (Pineda *et al.*, 2008). Asimismo, el crecimiento y desarrollo de las ciudades ha dado origen al incremento de gases de efecto invernadero como el CO₂ (Benjamín y Masera, 2001; IPCC, 2007; ONU-HABITAT, 2011) y variaciones en las condiciones atmosféricas que afectan los patrones de comportamiento en el tiempo y espacio de elementos climáticos como la temperatura y la precipitación (IPCC, 2007; Schlünzen *et al.*, 2010; ONU-HABITAT, 2011). Estas variaciones son abordadas a través de la climatología urbana (Jáuregui, 1995) con estudios en la formación y características de islas de calor (Córdova, 2011; Mendonça y Lombardo, 2009; Fernández, 2009; Romero *et al.*, 2010) y de análisis de la precipitación (Castañeda y González, 2008).

1.1 Tendencias generales de la climatología

A nivel mundial la dinámica general del clima en la Tierra funciona a partir del sistema climático (SC), el cual de acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (2007) (IPCC por sus siglas en inglés), se define como un sistema complejo e interactivo, integrado por la atmósfera, la superficie terrestre, hielo y nieve, cuerpos de agua, océanos y elementos vivos. El mismo presenta en la actualidad causas de origen antropocéntrico, a través de cambios en las características atmosféricas en relación con la población y su crecimiento en las áreas urbanas.

Las ciudades son los espacios de mayor transformación e impacto en la naturaleza (Fernández, 2009; Romero, *et al.*, 2011). Con base en el informe ONU – HABITAT (2011), la población urbana aumentó entre 1950 y 2011 casi cinco veces, asimismo, se estima que para el año 2050 alrededor del 70% de la población mundial vivirá en ciudades de más de 10 millones de habitantes (ONU – HABITAT, 2009). No obstante que la superficie urbana es tan solo el 2% de la del planeta (Fernández, 2009), la población absoluta de las ciudades y sus actividades representa el factor transformante directo e indirecto del medio natural, de manera particular en la atmósfera y el clima. El cambio del uso del suelo (CUS) asociado a la deforestación, el incremento de gases de efecto invernadero (GEI) y la variabilidad espacio temporal de la temperatura y precipitación son algunos de los efectos de dicha transformación (Ordóñez y Masera, 2001; Fernández, 2009).

Ordóñez y Masera (2001), mencionan que el CUS por deforestación a nivel mundial es de 17 millones de hectáreas por año, y representa alrededor del 20% de emisiones de CO₂ de origen antropogénico. El CUS de la cobertura forestal por el crecimiento de las ciudades y los centros urbanos es directo, pero es de mayor impacto por uso indirecto debido a la demanda de los recursos forestales, y en general de los naturales para satisfacer bienes y servicios (ONU – HABITAT, 2011). La FAO (2012), señala que la deforestación a nivel mundial sigue una trayectoria a la par del crecimiento poblacional, lo que en datos recientes se manifiesta con una pérdida forestal promedio anual neto de 5.2 millones de hectáreas por año. En general, se calcula que las zonas urbanas consumen más del 75% de los recursos naturales (Fernández, 2009), lo que supone entre el 75% y 80% de emisiones de GEI a la atmósfera (IPCC, 2007; Fernández, 2009).

La deforestación, el CUS y las emisiones de los GEI han repercutido en el clima (Magaña, *et al.*, 2004), particularmente en el llamado calentamiento global (Ordóñez y Masera, 2001; Magaña, *et al.*, 2004; Fernández, 2009); a partir del cual se reconocen incrementos en la temperatura media mundial del aire sobre la superficie terrestre, la cual fue de 13.59°C entre los años de 1901 a 1910 hasta alcanzar los 14.47°C en la década más caliente en los años de 2001 a 2010 (OMM, 2013). Asimismo, se hace referencia a un ritmo de calentamiento superior en la tropósfera respecto a la superficie, e incrementos de temperatura en las ciudades y áreas urbanas, aunque estos se limitan espacialmente a las mismas (IPCC, 2007).

Los incrementos de temperatura se asocian a la variación de la precipitación, en la que de manera general presenta cambios de intensidad, distribución y cantidad, y con ello variaciones de evaporación y humedad (IPCC, 2007), así como a los cambios de temperatura producidos en las áreas de las propias ciudades. Por ejemplo, el promedio mundial de las precipitaciones en la superficie terrestre fue mayor en los años 2001 a 2010 que el que se tiene entre 1961 y 1990, con excepción de la década de 1950 donde fueron más altos (OMM, 2013). Maderey (1980) reporta que las masas de aire húmedo que llegan al Valle de México al tener contacto con las superficies cálidas producen incrementos de precipitación convectiva, lo que en su distribución se traduce en áreas que marcan centros o células de precipitación máxima, las que se compensan por áreas más amplias de lluvias mínimas. Mientras que Jáuregui (1995) refirió máximos de intensidad de lluvia convectiva y una isla de lluvia general para la ciudad de México.

El clima debe entenderse y definirse más allá del concepto simple del estado medio del tiempo, debido a que involucra interacciones dinámicas de los componentes del sistema climático y de los procesos y variaciones que le dan origen

(Marín, 1990; Magaña, 2004). Por lo anterior, el clima puede definirse como “una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante periodos que pueden ser de meses a miles de millones de años” (IPCC, 2007). Para comprender el clima debe analizarse el comportamiento de los elementos atmosféricos en sus cambios temporales (mensuales, estacionales, anuales, etc.) y espaciales. Es decir, debe estudiarse a sus componentes con base en su variabilidad climática la cual alude “a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados” (IPCC, 2001). Es entonces que el clima debe entenderse en periodos largos de tiempo, mientras que la variabilidad climática es la observación de las fluctuaciones que se observan en el mismo clima en periodos cortos de tiempo.

El clima y su variabilidad pueden estar influidos por factores externos causantes de cambio llamados forzamientos, los que pueden ser de origen natural (emisiones de erupciones volcánicas) o antrópico (GEI; CUS, deforestación) (Magaña, 2004; IPCC, 2007) y que inciden en el llamado cambio climático (CC). El IPCC (2001) define al CC como una “importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un periodo prolongado (normalmente decenios o incluso más)”, por lo que el CC se observa como una tendencia en las características de variabilidad de las condiciones medias de los elementos atmosféricos (Magaña, *et al.*, 2004). Pérez (2006), menciona que la tendencia climática debe entenderse como “una disminución o un aumento regulares y monótonos de los valores medios durante el período de observación. El término no queda restringido a un cambio lineal en el tiempo, sino caracterizado por

un solo máximo y un solo mínimo en los puntos finales de la serie.” Por otro lado, dentro de la variabilidad climática natural (variabilidad interna del sistema climático), existen fenómenos cíclicos causados por inestabilidades atmosféricas u oceánicas que se distinguen como anomalías climáticas, las cuales deben considerarse cuando elementos atmosféricos como la temperatura o la precipitación dejan de presentar el valor medio durante un tiempo (Magaña, 2004; IPCC, 2007).

Las variaciones del clima se presentan a diferentes escalas temporales, que son a la vez las escalas de la variabilidad climática. Montealegre y Pavón (2000) reconocen la escala de variabilidad **estacional** con fluctuaciones de escalas mensuales evidenciadas en las estaciones del año o las épocas secas y lluviosas, las cuales están influenciadas por las oscilaciones de la zona intertropical de convergencia; la escala **intraestacional** con fluctuaciones hacia el interior de las estaciones y con periodos de duración de días a meses; la escala **interanual** con fluctuaciones de un año a otro y que se producen con fenómenos como los de El Niño; y la escala **interdecadal** con fluctuaciones que se registran en periodos de décadas. Finalmente, los estudios climáticos son abordados desde dos puntos de partida: la detección o la atribución climática. La detección climática de acuerdo con Brunet (2010), se refiere a la “identificación de cualquier cambio presente en un registro climático, el cual es estadísticamente distinguible de cualquier otra ocurrencia previa observada en esa misma serie temporal durante periodos comparables”, por lo que a partir de la detección se pueden identificar eventos extremos de la variabilidad climática como son aumentos de temperatura, sequías, olas de calor, entre otros. Los cambios de variación de los elementos climáticos como la temperatura pueden ser detectados a partir de sus fluctuaciones alrededor de los promedios. Brunet (2010), menciona que “la detección en cambios en los

extremos climáticos requiere demostrar que se han verificado transformaciones estadísticas significativas en las propiedades de los extremos climáticos o en el estado medio de cualquier variable climática durante el periodo analizado.” La atribución climática es un análisis más complejo, que se basa en la búsqueda de causas de los eventos climáticos, a partir de su relación con los forzamientos antropogénicos o naturales (Brunet, 2010).

1.2 Climatología urbana

Los altos impactos que las ciudades o los centros urbanos provocan en la atmósfera han sido analizados desde la climatología urbana, que presenta sus orígenes en el mundo europeo desde principios del siglo XIX (Jáuregui, 1995; Romero, *et al.*, 2011), y que con el tiempo ha permitido comprender la dinámica del clima urbano, definido este como un clima regional modificado (Fernández, 2009). Los estudios de climatología urbana han sido abordados desde enfoques distintos como la variabilidad y el cambio climático, en los que la temperatura y precipitación son dos elementos atmosféricos importantes por su influencia en la dinámica natural y social, asimismo, las escalas de trabajo para el análisis son cada vez más específicos, con un manejo de escalas cada vez más locales (Pizarro, *et al.*, 2003). En el caso de la temperatura, los estudios se abordan desde las llamadas islas de calor o islas térmicas, las cuales son áreas sobre las ciudades que presentan mayores temperaturas respecto a las zonas periféricas, periurbanas o rurales que les rodean (Fernández, 2009; Romero, *et al.*, 2011; Córdova, 2011). Las particularidades superficiales de las ciudades son consideradas como un elemento de diversas características, por ejemplo, se tienen los materiales que conforman sus

infraestructuras y que crean áreas impermeables que reducen la evaporación, aumentan la escorrentía y reducen la velocidad del viento (Fernández, 2009; Romero, *et al.*, 2011). Asimismo, se tienen las diferencias de densidad de construcción y las áreas de vegetación, los que en conjunto son factores que influyen en la dinámica y distribución de los flujos de energía (Palacio y Jiménez, 2012). Lo anterior, propicia el forzamiento del balance radiativo superficial (Córdova, 2011), es decir, el desequilibrio de la radiación solar que penetra y la saliente infrarroja que se refleja (IPCC, 2007). Las islas de calor son clasificadas en atmosféricas y superficiales, las primeras marcan la diferencia de temperatura entre el área urbana y la rural que la rodea, mientras que la isla de calor superficial establece una diferencia de temperatura entre la construcción urbana y el aire que existe sobre la misma (Fernández, 2009). Lo anterior genera, una distribución horizontal y vertical de la temperatura, respectivamente. Por ello las islas de calor atmosféricas se analizan a partir de datos de estaciones meteorológicas, radiómetros y sondeos verticales, mientras que las islas de calor superficiales por medio de imágenes de satélite térmicas (Córdova, 2011).

La formación de la isla de calor se origina en el centro de la ciudad o en zonas de mayor densidad en infraestructura, ahí el aire se calienta, sube y expande hacia las áreas más frescas que forman la periferia, en donde el aire se enfría, desciende y circula por la parte superficial de regreso a la ciudad, para crear con ello un sistema circulatorio que solo puede romperse a través del viento (Romero *et al.*, 2011). Es por lo anterior que la distribución de la temperatura en las ciudades muestra un patrón o patrones concéntricos, con un gradiente térmico que disminuye hacia las zonas periféricas o periurbanas (Córdova, 2011). No obstante, la concentración de

diversos centros urbanos en una región o las construcciones diferenciadas de las ciudades, se traducen en la distribución de la temperatura en islas o archipiélagos de calor urbano (Romero, *et al.*, 2010). Las áreas verdes urbanas funcionan a la inversa de la infraestructura edificada que almacena el calor, debido a que las mismas son el resguardo de las precipitaciones, la humedad y la filtración (Ángel *et al.*, 2010), por lo que dan frescura y limitan o aminoran los incrementos de temperatura de las islas térmicas. Por lo tanto, para entender las características y comportamiento del clima de una ciudad y en particular de la temperatura se realizan investigaciones climatológicas de escalas micro o local, en los que pueden incluirse las temperaturas no solo superficiales si no también sub-superficiales urbanas (Huang, *et al.*, 2009; Taniguchi, *et al.*, 2008). En cambio, en escala media permite estudiar la dinámica atmosférica al considerar las peculiaridades de la superficie urbana (Romero, *et al.*, 2010). Investigaciones de este tipo han sido realizadas a partir del estudio local de la capa límite atmosférica, aunque con el error o defecto de estandarizar las particularidades de las superficies de las ciudades. Otro enfoque ha sido el segmentar las ciudades en zonas climáticas urbanas, que por el contrario, permiten considerar en los análisis la especificidad superficial de las ciudades e inclusive, incluir en los mismos el de la morfología del relieve como la orografía, factor que hace más complejo los estudios climatológicos de superficie. Asimismo, existen estudios meteorológicos de las ciudades a través de modelos numéricos de mesoescala (Palacio y Jiménez, 2012).

En los estudios climáticos urbanos se usan datos convencionales como las bases de registro histórico climatológico (Castañeda y González 2008; García, *et al.* 2012; Shlünzen, *et al.*, 2009; Mendonça y Lombardo, 2009). También se incluye la obtención de datos a partir de muestreos con instrumentos o estaciones

meteorológicas digitales (Mendonça y Lombardo, 2009; Romero, *et al.*, 2010), uso de datos obtenidos con geotecnología espacial en el que se usan imágenes de satélite con bandas térmicas o datos de interpolación (Castañeda y González, 2008; Córdova 2011; Romero, *et al.*, 2010). De manera general las bases de datos son tratados con Sistemas de Información Geográfica (SIGs), para realizar el análisis de estos a partir de pruebas estadísticas y presentarlos de manera gráfica o cartográfica (Castañeda y González 2008; García, *et al.* 2012; Shlünzen, *et al.* 2009).

En el caso del estudio de la precipitación en las áreas urbanas o fuera de las mismas, se presenta la dificultad puntual de la información debido a que esta es obtenida a partir de la localización de un sitio, el de la estación meteorológica, por lo que se recurre a métodos de interpolación para reconocer su distribución temporal y espacial (Pizarro, 2003), que de igual manera que la temperatura se analiza a través de pruebas estadísticas y SIGs para su posterior representación gráfica o cartográfica (Castañeda y González, 2008; Pizarro, *et al.*, 2003). Así, los estudios climatológicos urbanos de meso y micro-escala han permitido profundizar la especificidad de la dinámica de la temperatura y la precipitación y otras variables climatológicas, en los cuales el análisis de las islas de calor ha sido fundamental en relación a variables naturales y humanas. Córdova (2011), realizó un análisis de temperatura superficial del suelo de la ciudad de Caracas, Venezuela, con el uso de SIGs ERDAS y ArcGis con modelo raster y de imágenes de satélite LANDSAT7 – ETM+ con banda térmica, para el periodo 2001 - 2009, elegido por presentar dos periodos de variabilidad climática una en el año 2001 con anomalía global positiva en la temperatura superficial (0.42°C) y otra en el año 2003 con incremento global de la temperatura (0.46°C) y presencia de “El Niño”. La información obtenida a

través del análisis de las imágenes de satélite fue convertida a temperatura superficial en °C, por medio de una fórmula de calibración del manual del LANDSAT mencionado. Asimismo, diferenció a partir de las imágenes de satélite el uso de suelo urbano con dos zonas una de alta densidad y otra de baja, con lo anterior encontró que los mayores registros de temperatura son en lo general entre 28° y 34°C para la primera zona y que llega a incrementarse hasta 57.9° y 69.4°C en construcciones con materiales galvanizados y láminas de aluminio, respectivamente. Mientras que en la zona de menor densidad urbana y próxima a un parque nacional la temperatura superficial general encontrada fue entre 24° y 27°C, no obstante, algunos lugares de espacios más abiertos, de mucho concreto y escasa vegetación presentaron valores más altos oscilantes entre los 35° y 38°C. También utilizó registros climáticos de una estación meteorológica con 30 años de datos, que le permitieron observar una temperatura máxima mensual que oscila desde los 30.2° hasta los 35.2°C. Otra variable de análisis fue el Índice de vegetación de diferencia normalizada, (NDVI por sus siglas en inglés) con información obtenida de igual manera que la temperatura superficial, la cual se asoció a las islas de calor, incendios forestales y características del suelo urbano, así encontró en los años 2001 y 2003 un fuerte estrés hídrico en la época seca del año, aunque mayor en el último año. Asimismo, los análisis reflejaron en el año 2003 diversas anomalías térmicas en la zona de mayor densidad con incrementos de 5°C, así como aumento de incendios forestales en sus áreas periurbanas.

Mendonça y Lombardo (2009) analizaron las islas de calor en la ciudad y área conurbada de Florianópolis, Brasil, área general localizada en su mayor parte en una isla y la costa continental. Utilizaron imágenes de satélite del SPOT y LANDSAT ETM+, cada una con fecha distinta para un cruce de información y con

las cuales realizaron un mapa de uso del suelo a través del SIG Idrisi, el cual sirvió de base para establecer localizaciones puntuales sustentadas en la morfología del relieve, altitud y grado de urbanización. Asimismo, para su posterior uso en la realización de un levantamiento de datos climatológicos de temperatura y humedad con un termo-higrómetro digital en los lugares seleccionados. En cada sitio hicieron registros durante cuatro meses del año, en cada mes registros solo durante cuatro días y en cada día seis registros horarios. Los autores seleccionaron también una estación meteorológica de referencia con la finalidad de obtener las diferencias de temperatura de los datos levantados y los registrados en esta (delta de la temperatura), para asociar con ello la temperatura superficial y la atmosférica. Todo lo anterior arrojó que las zonas de una alta densidad de las edificaciones permiten un elevado gradiente de temperatura, mientras que la presencia de densa cobertura vegetal, cercanía a cuerpos de agua y la altitud mitigan los efectos de la urbanización. A partir de las características de distribución de los centros urbanos del área conurbada se conforma un archipiélago térmico multi-nuclear y no un esquema clásico concéntrico. Asimismo, que la relación de la temperatura con la humedad mantenía secas a las islas de calor. El estudio tiene además un manejo temporal a partir de la dinámica de los frentes polares y no sobre las épocas o estaciones del año. Al relacionar dichos frentes con las islas de calor observaron que la mayor diferencia del gradiente térmico se dio en áreas densamente urbanas, durante el mayor dominio polar y cuando ocurren las temperaturas mínimas (6:00 am), que en la primavera se tuvo el registro más alto (9°C) en el centro de la ciudad de Florianópolis, mientras que en el verano en las áreas de menor densidad urbana y bajo las mismas condiciones horarias y de influencia polar se originaron islas de

frescor. En asociación a la humedad, esta se registró más baja en el inicio de la presencia de los frentes polares.

Romero, *et al.*, (2010), establecen a partir de fotointerpretación de imágenes escala 1: 5000 del satélite Quickbird de tres zonas dentro del área conurbada de Santiago de Chile conforme a características de infraestructura y dinámica urbana. Asimismo, a través de imágenes del satélite ASTER obtuvieron información espacial de aspectos ambientales como la cobertura vegetal y la temperatura superficial, en ambos casos se utilizaron SIGs, Idrisi Andes y ENVI respectivamente, en este último se utilizó el método de Emisividad Normalizada para obtener dicha temperatura superficial. En sus resultados encontraron que la temperatura general en verano es elevada, con predominio de valores de los 37.9° hasta los 40.8°C. La zona de mayor cobertura vegetal presentó archipiélagos térmicos menos elevados, mientras que las otras dos con menor cobertura vegetal presentaron islas de calor interrumpidas por sitios más frescos. Se incluye en el estudio y método la obtención de datos socioeconómicos del Censo de Población y Vivienda, con la utilización del programa REDATAM para su tratamiento, con lo que encontraron que la población de menos recursos está asociada a las zonas de mayor temperatura y de menor cobertura vegetal.

En el caso de los análisis de precipitación sus estudios se han desarrollado a diferentes escalas y en distintos ámbitos, entre los que se incluyen los naturales y las ciudades o centros urbanos. En el caso de Colombia un análisis de variabilidad climática de escala nacional en relación a los recursos hídricos y con proyección hacia el cambio climático, es el explicado por García, *et al.*, (2012). Mencionan como primer base dos estudios con análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático, el

primero, maneja dos situaciones que son en un primer punto la capacidad de los recursos hídricos para mantener su equilibrio, y en un segundo punto, la disponibilidad y cantidad de agua para la población demandante de la misma. Este estudio de vulnerabilidad hídrica fue incorporado a uno más complejo que integró la vulnerabilidad ambiental nacional colombiana. De manera más precisa en el clima, los autores establecen la vulnerabilidad con base en la variabilidad de este, por lo que hacen mención de una severa anomalía de precipitación en el año 2010 en asociación con los fenómenos del Niño y la Niña y sus posteriores efectos en los caudales de los ríos principales. Mencionan también que el primer estudio de vulnerabilidad hídrica realizado a partir de proyecciones de cambio climático detalladas para precipitación y temperatura, y efectuadas a través del manejo de un *downscaling* estadístico en 21 regiones climáticas, permitió visualizar a detalle el comportamiento de los elementos atmosféricos mencionados y la importancia de considerar que el manejo y uso de datos climatológicos anuales no refleja significativamente la variabilidad mientras que los datos mensuales detectan la variabilidad. A partir de lo anterior proyectaron para el año 2040 incrementos de la temperatura media superior en un 2% y precipitaciones que podrán aumentar o disminuir entre un 10% y 30% en cada región. Todo lo anterior está en función y en relación a proyectar los escurrimientos superficiales, los cuales se presentarán con una reducción del más del 30%, con un escenario más drástico (2070 al 2100).

Castañeda y González (2008), realizaron un análisis regional de las tendencias del régimen y variabilidad de la precipitación en la Patagonia. Para ello utilizaron una base de datos de 15 estaciones meteorológicas, así como otra obtenida de una red histórica de climatología mundial mensual de la Universidad de

Delaware (UDEL), la que contiene datos de interpolación que para el estudio citado se usaron en una malla de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud. Estas bases de datos fueron correlacionadas y sugieren comportamientos similares, por ello los datos de interpolación de la UDEL son óptimos para análisis cualitativos. Por lo que se pueden usar en lugar de los registrados en las estaciones meteorológicas, aunque con el debido cuidado en espacios de altas latitudes y altitudes. Sin embargo, para el estudio los datos de la UDEL permitieron complementar la información de la base de datos climatológica. Para el análisis espacial del ciclo de la precipitación media anual, cuyo rango general de tiempo se estableció entre 1970 y 2003, los autores utilizaron el método de análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés) en datos de precipitación media mensual, con la finalidad de obtener tres series de tiempo con variabilidad espacial similar, e identificar las diferencias de estas con el ciclo medio anual. Al aplicar el método lineal de mínimos cuadrados pudieron observar que la máxima precipitación se encuentra en el noroeste de la región y Los Andes; que la precipitación de invierno excede a la del verano y que la lluvia decrece de norte a sur en marzo y de manera opuesta en invierno. La información anterior fue utilizada como base para un segundo análisis a través de la utilización de datos de la UDEL en un periodo de tiempo de 1950 a 1999, a los que se aplicó también el método de PCA para observar los cambios temporales de las anomalías en la tendencia anual. Los resultados mostraron que la máxima variabilidad se dio en el año de 1990 en la primera serie, que la segunda mostró tendencias opuestas en el noreste y suroeste al marcar una tendencia positiva desde 1980 en el noreste y negativa en el suroeste, y que la mayor variabilidad con tendencia negativa desde los 80 se registró en la tercer serie en Santa Cruz. Finalmente, en el estudio se aplicó un método estadístico no lineal en los datos de

la UDEL, que permitió observar con mejor precisión los cambios en el comportamiento de la precipitación en el espacio tiempo, puesto que de acuerdo a la investigación de los autores los métodos estadísticos lineales generalizan la tendencia, mientras que el no lineal utilizado les permitió observar puntos de quiebre o de variabilidad en la misma. Los resultados de esta última parte del estudio mostraron que una amplia región del noroeste presentó cambios en la tendencia de la precipitación en la década de 1970, mientras que el noreste los mostró desde la década de los 60 y en las cercanías a la península de Valdez, dichos cambios se dieron hasta los años 90, dato que coincide con los resultados del método lineal.

Schlünzen, *et al.*, (2010), quienes realizaron una investigación de temperatura, precipitación y vientos para la ciudad de Hamburgo, en Alemania y su área metropolitana, utilizaron datos de estaciones climatológicas, una con 117 años de información que se tomó como base para crear una serie larga, completa y general de temperatura y precipitación, para observar una posible tendencia al cambio climático, mientras que para estudiar las características del clima regional y los efectos urbanos conformaron, a partir de los datos de otras 45 estaciones meteorológicas, series cortas homogéneas con al menos 30 años de información cada una. A los datos de todas las series climáticas les fueron aplicadas pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, el tratamiento de los datos de las series largas de temperatura y precipitación fue a través de la prueba Mann – Kendall para comprobar tendencia monótonica o distribución independiente e idéntica, para después aplicar el ajuste de mínimos cuadrados y calcular la magnitud y dirección de la tendencia. Asimismo, a las series cortas les fue aplicado el método de mínimos cuadrados. Los resultados de temperatura de la serie larga y las cortas

arrojaron que en la primera hubo incrementos de temperatura media diaria de 0.07°K por década, en temperaturas máximas de 0.18°K y en las mínimas de 0.11°K . El análisis de las series cortas mostró incrementos de temperatura entre 0.2 y 0.3°K por década, excepto en la serie corta que presenta los datos más actuales y que registra un incremento de 0.9°K por década. En los datos de precipitación se utilizó la prueba de suma de rangos de Wilcoxon para probar si las diferencias regionales eran significativas, a partir de obtener una media en las series de periodos cortos. Así la serie larga arrojó incrementos en la precipitación media de 0.8 mm por año desde 1891, mientras que las series de periodos cortos mostraron en lo general incrementos (0.6 mm por año) que son mayores en el otoño (3.6 mm por década), invierno (2.9 mm por década) y primavera (0.8 mm por década) y solo el verano presenta dato negativo (-1 mm por década). El periodo de mayor incremento fue el de los últimos años (1978 – 2007), asimismo, el que presentó un aumento en el número de días de precipitación moderada (10%) e intensa (20%). En el análisis de la relación entre la temperatura diaria y la velocidad del viento se aplicaron métodos de regresión lineal, no lineal y de raíz cuadrada, en el que el último permitió valorar más la relación entre la temperatura y la velocidad del viento en relación con las islas de calor. Es así como estas muestran incrementos en temperaturas máximas y mínimas, y que dicho incremento es mayor en estas últimas, que el incremento general es de 0.5 a 1.1°K . y que la influencia del viento de Hamburgo en la temperatura es poca y se vuelve menor a mayor velocidad del viento. Sin embargo, en las máximas velocidades del viento se registran aumentos en la precipitación, asimismo en dirección al viento, con un incremento que va de 0.25 a 1.09 mm por día precipitado. Por último, en el estudio la temperatura es relacionada con la población, en las que las zonas de mayor densidad presentan

los mayores incrementos de temperaturas mínimas. Sin embargo, aún las zonas menos densas de población presentan aumentos de temperatura, sobre todo en las mínimas de verano. En términos generales, se menciona que los centros urbanos del mundo en desarrollo presentan causas de cambio térmico asociado al incremento constante de su población y de la infraestructura que conforma sus ciudades, mientras que los centros urbanos del primer mundo son los principales generadores de emisiones de GEI, con causa en niveles altos de consumo de energía, a pesar de ser áreas de menor crecimiento y concentración demográfica (ONU – HABITAT, 2011). Estas características diferenciadas se asocian a los contextos históricos que les han dado origen y a sus procesos de expansión.

1.3 Patrones de crecimiento urbano

Los contextos históricos del crecimiento, distribución y estructura de las ciudades permiten entender efectos en la naturaleza, como es en el caso de los cambios de comportamiento de los patrones de temperatura y precipitación. Históricamente a partir de la revolución industrial se dieron dos patrones de crecimiento de la población y las ciudades o áreas urbanas. Uno de ellos corresponde a los países desarrollados en los que dicho crecimiento responde al avance industrial y la demanda de mano de obra por parte de este sector, el cual fue de forma general con una planificación territorial. Por el contrario, en los países subdesarrollados la población creció sin una planificación en su distribución y sus patrones responden a orígenes que se marcan en contextos históricos como el colonialismo, características culturales como son las formas de vida y sociales como la migración (George, 1964). Temporalmente Taniguchi, *et al.* (2008) mencionan que el

crecimiento urbano se da en dos periodos, el primero de 1750 a 1950, efecto de la revolución industrial y que corresponde a las ciudades de países desarrollados europeos, norteamericanos, a Japón y Oceanía. El segundo periodo, con su inicio en el año de 1950, en el que el mundo quedó dividido en dos bloques, uno rico, industrial y urbano localizado en el Atlántico norte y Japón, y el otro bloque pobre, rural y agrario localizado en África, Asia y América Latina con el crecimiento característico de sus respectivas ciudades.

En el mundo actual las grandes ciudades crecen en ambos bloques, sin embargo Taniguchi, *et al.* (2008) sugieren que la diferencia no es tan solo la nueva distribución de las grandes ciudades, sino el ritmo de crecimiento de las mismas, pues el desarrollo de los centros urbanos del primer bloque llevó un ritmo de siglos y un crecimiento de población de cientos de millones, mientras que las del segundo un ritmo en décadas, con un crecimiento de la población en billones de personas, sobre todo en el continente asiático. Es así que las características urbanas de cada ciudad responden a contextos históricos que se sitúan en las formas de producción y el papel que se juega en ese modo de producción. Los países de menor desarrollo responden a otro tipo de necesidades a los del país dominante, lo que provoca cambios en el espacio como el uso del suelo, crecimiento desmedido y poco planificado (Pierre, 1964; Castells, 2004). Por lo anterior, las ciudades del mundo subdesarrollado tuvieron un crecimiento diferencial a los desarrollados, el aumento se debió a la baja en la mortalidad, al aumento de la natalidad y de manera sobresaliente a las migraciones campo ciudad, debido al rompimiento de la estructura económica y social del campo (George, 1964; Vinuesa y Vidal, 1991).

Las ciudades contienen una parte central, es decir un núcleo urbano con características sociales, cívicas y comerciales (Garrocho y Flores, 2009) que le da la categoría de centro urbano, a partir del cual se produce una fuerza de concentración de la población que la aglutina y que como efecto hace crecer a la ciudad de manera horizontal y vertical en una demanda creciente del espacio, que a la vez provoca una fuerza de expulsión que conduce a la población a las periferias de las ciudades o a capturar en su espacio a los rurales cercanos (Vinuesa, J. y Vidal, M., 1991). Ávila (2009), sugieren que los procesos de urbanización y la ocupación territorial en las zonas periféricas de las ciudades crean diversas interacciones entre los medios urbanos y rurales, que son tan diversas en función de las características territoriales, es decir, no hay una separación de espacio rural y espacio urbano, sino una conformación transitoria entre ambos espacios que forma lo que se denomina área periurbana. Esta se asocia a las características de la propia ciudad, las que dependen de su origen o clasificación en mundo desarrollado o subdesarrollado. Las ciudades de los países subdesarrollados crean una periurbanización a partir de la población migrante, que forma asentamientos poblacionales que se ubican en estas áreas por ser las de menor calidad e incluso de carácter ilícito. Es así que el crecimiento de la población, es sinónimo de avance de las ciudades, y a la vez de la ocupación de los espacios rurales y naturales que rodean las partes centrales de la ciudad misma. La periurbanización no solo implica a la periferia de la propia ciudad, sino que la población transforma el espacio con asentamientos periféricos que forman otras ciudades de menor tamaño, pero en torno a la ciudad central (Ávila 2009). Es decir, se forma una estructura urbana más compleja a partir de un crecimiento que ha alcanzado un punto crítico y que es conocido como policentrismo (Casado, 2012).

Esa nueva distribución de la población en territorios a otras escalas es explicado por Aguilar (2006), quien menciona en el caso de la ciudad de México la conformación de un territorio regional de escala interurbana, en el que puede haber una ciudad central a partir de la cual existen ciudades medianas y pequeñas que forman múltiples núcleos o lugares centrales, con una relación directa a la central y que han permitido la conformación de una estructura policéntrica regional o región policéntrica. La conformación de las otras ciudades permite disminuir y detener en parte el crecimiento de la población en la ciudad central y distribuirla e incrementarla en dichas ciudades. Estas características urbanas y complejas pueden estar asociadas a efectos en la naturaleza, de manera particular al clima y la variabilidad de sus elementos.

1.4 Planteamiento del problema

Los estudios de variabilidad climática han permitido conocer de manera más específica las fluctuaciones que tiene el clima hacia su interior, debido a que la generalidad con que eran tratados periodos de tiempo climático no permitía observar de manera más clara cambios temporales de las variables climatológicas que son recurrentes en el tiempo. No obstante, la naturaleza del clima, la influencia que los seres humanos han tenido sobre este y su variabilidad ya se ha hecho evidente desde hace tiempo y a distintas escalas, por ejemplo, el calentamiento global a escala planetaria y las islas de calor a escala local, en los que en ambos casos las áreas urbanas están relacionadas. De manera general, los efectos del crecimiento urbano de México han contribuido a las características del calentamiento global. Por ejemplo, se estima que el país genera el 1.45% de las emisiones de carbono a nivel mundial cada año, asimismo que en los cambios del

uso del suelo por la demanda del espacio y de satisfactores de las ciudades entre otros genera una deforestación que la hace la segunda fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, con una aportación aproximada del 30% del total nacional (Ordóñez y Masera, 2001).

El proceso urbano de México, entendido como la expansión territorial y el incremento de la población y su densidad, se considera en tres etapas de crecimiento que inician desde principios del siglo pasado hasta el presente, aunque con el máximo incremento entre los años de 1940 a 1980 (SEDESOL, SEGOB y CONAPO, 2012). Con el mismo se dio la conformación de las zonas metropolitanas, las cuales se originan a partir de un centro urbano que absorbe a otro y con ello el crecimiento general, lo que propicia se rebasen e integren regionalmente los límites político-administrativos, por lo que para el año 2010, en México se conformaron 56 zonas metropolitanas que concentraron a 57.9 millones de habitantes (SEDESOL, SEGOB y CONAPO, 2012). Entre las zonas metropolitanas se encuentran la de la ciudad de México y la de Toluca, ambas presentan la característica de localizarse en las estribaciones y límites de la Sierra de las Cruces, la cual separa a dos cuencas del Sistema Volcánico Transversal que llevan sus nombres. Es así como en la vertiente oriental de esta sierra se localiza y distribuye parte del gran centro urbano más poblado y de mayor extensión del país que es la ciudad de México. En las hoy alcaldías y antiguas delegaciones del suroeste y oeste del también antiguo Distrito Federal, en las cuales se incluyen a Tlalpan, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa, mientras que en su vertiente occidental alberga a diversas ciudades o centros urbanos como Huixquilucan, Metepec, Tianguistenco y Ocoyoacac, entre otros, que se sitúan a partir de uno principal que es la ciudad de

Toluca (Barrera, 2012). En ambas vertientes se presenta un proceso de crecimiento continuo de la población y de infraestructura urbana, en el caso de la ciudad de México dicho crecimiento por sus características de distribución ha sido clasificado como periurbano (Suárez y Delgado, 2006). Mientras que el de la ciudad de Toluca y las que giran alrededor de ella como región policéntrica (Orozco, 2006). El proceso en ambas vertientes ha sido variable en el tiempo, aunque no se ha detenido, de hecho, se proyectó para el año 2020 una baja probabilidad de crecimiento urbano en las alcaldías de Tlalpan, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa, no así en los municipios conurbados del noroeste de la ciudad de México en donde Huixquilucan tendría uno de los mayores incrementos (Suárez y Delgado, 2006). Además, la Sierra de las Cruces ha estado sometida a cambios espaciales de su cobertura forestal, como efecto de la presión poblacional y el avance urbano en ambas vertientes, lo que ha sido detenido con poco éxito a través de políticas ambientales como la declaración de Áreas Naturales Protegidas o con programas de ordenamiento como la declaración de suelos de conservación (Barrera, 2012).

Las ciudades grandes y pequeñas insertadas en las inmediaciones de las vertientes de las Sierra de las Cruces, presentan las características del clima urbano y su formación de islas de calor con los posteriores efectos en la precipitación (Jáuregui, 1992; Jáuregui, 1995; Romero, *et al.*, 2011), aunque estos estudios climatológicos han sido abordados principalmente en una escala local de la ciudad, por lo que se hacen necesarios estudios a escala regional. Se debe considerar también que la urbanización y sus efectos en variables climáticas como la temperatura y precipitación son cambiantes en el tiempo y el espacio, puesto que se dan a la par de la expansión de las ciudades, de la distribución y concentración

de su infraestructura y la concentración de la población. La Sierra de las Cruces es un espacio natural enclavado entre dos áreas urbanas altamente pobladas de México y en donde no se han realizado estudios de variabilidad climática, a pesar de saber que las variaciones internas del clima son básicas para comprender dinámicas, tanto de otros componentes naturales como de aquellas que guardan relación con la población, sobre todo al considerar que esta última produce efectos en la propia variabilidad de la temperatura y precipitación de escala regional y no solo local. Es entonces que efectuar una descripción de la variabilidad climática en la Sierra de las Cruces de la Cuenca de México de la temperatura y precipitación (principales elementos atmosféricos), permitiría tener en primer instancia un acercamiento al comportamiento natural de las variaciones internas del clima en cada una de sus vertientes, a partir de la observación de sus fluctuaciones periódicas, para posteriormente identificar si en estas existen cambios notorios en el tiempo o entre diferentes tiempos. Lo anterior podría sentar bases que permitieran surgir otras líneas de investigación más precisas de detección de la variabilidad, o bien de atribución climática, sobre todo si se evidencian indicios de cambio y comportamiento distinto en cada vertiente de la sierra, en asociación a los diferentes patrones de crecimiento urbano situados en la misma.

2. OBJETIVOS

General:

Detectar características generales de la variabilidad climática anual y estacional de la temperatura y precipitación, en las vertientes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces entre los años de 1960 a 2010.

Particulares:

1. Describir las fluctuaciones temporales y espaciales de la variabilidad climática de la temperatura a través de series largas y cortas.
2. Describir las fluctuaciones temporales y espaciales de la variabilidad climática de la precipitación a través de series largas y cortas.

3. MÉTODOS

3.1 Sitio de estudio

El área de estudio de la presente investigación es la Sierra de las Cruces (SC) la cual de acuerdo con García – Palomo, *et al.*, (2008) pertenece fisiográficamente al Cinturón Volcánico Transmexicano, es límite entre dos cuencas de este sistema la de México y la de Toluca, por lo que su localización la sitúa al poniente de la primera y oriente de la segunda. Sus coordenadas extremas son los 18°59´ y 19°43´ de latitud norte y los 99°00´ y 99°40´ de longitud oeste (Figura 1). Políticamente se distribuye en tres estados, al oriente en Ciudad de México en 4 alcaldías, al poniente en el Estado de México en 16 municipios y al sur en el Estado de Morelos en un solo municipio. Su superficie se calcula en 1121 km² de los cuales el 14%, 77% y 9% corresponden a cada una de estas entidades en el orden mencionado (Barrera, 2012). En las estribaciones de la sierra se enclavan áreas de tres zonas metropolitanas¹ localizadas en el centro del país, la del Valle de México en la vertiente oriental y la de Toluca y Tianguistenco en su vertiente occidental, estas zonas son importantes por su extensión territorial y la cantidad de población

¹ Con base en el Sistema Nacional Urbano (SEDESOL, *et al.*, 2005; SEDESOL, *et al.*, 2010) una Zona Metropolitana es una unidad urbana conformada de una ciudad central y municipios completos altamente relacionados a la primera. En la zona central de México existen siete Zonas Metropolitanas que destacan por ser las más pobladas del país.

absoluta que en ellas existe, aunque sobresalen las dos primeras (SEDESOL. *et al.*, 2005). La Zona Metropolitana del Valle de México está considerada dentro de las áreas urbanas más grandes del orbe, ocupa el cuarto lugar mundial (United Nations, 2014) y alberga a la población del antes denominado Distrito Federal y a la conurbada del Estado de México. La Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) se conforma de diversos municipios del Estado de México, los cuales presentan ciudades de menor escala en tamaño y desarrollo, los que dan lugar a diversos centros urbanos entre los que se encuentran Metepec, San Mateo Atenco, Ocoyoacac, San Pedro Totoltepec, Santa María Atarasquillo y Huixquilucan, entre otros, los que giran alrededor de la dinámica de la ciudad de Toluca.

Los asentamientos urbanos del antiguo Distrito Federal en la SC forman parte del área periurbana de la ciudad de México (Suárez y Delgado, 2006), mientras que los que pertenecen a los de la ZMT forman en su conjunto una región policéntrica (Orozco, 2006; Garrocho y Flores, 2009). Históricamente, el crecimiento urbano de México se distingue por tres etapas, la primera, ubicada temporalmente de 1900 a 1940 y caracterizada mayormente por los espacios rurales y no de los urbanos los cuales tenían un crecimiento paulatino. La segunda, de 1940 a 1980 donde el crecimiento urbano es acelerado y de alta concentración de la población. La tercera, desde 1980 hasta 2010, periodo en el cual el crecimiento urbano, aunque más moderado se diversifica en el país (SEDESOL, *et al.*, 2010).

Es en estos periodos de tiempo que se establecen las dos grandes zonas metropolitanas que delimitan en la SC. El crecimiento periurbano de las antiguas delegaciones del hoy Estado Ciudad de México y que se establecen al centro de la vertiente oriental de la SC, han presentado en el tiempo un aumento constante de

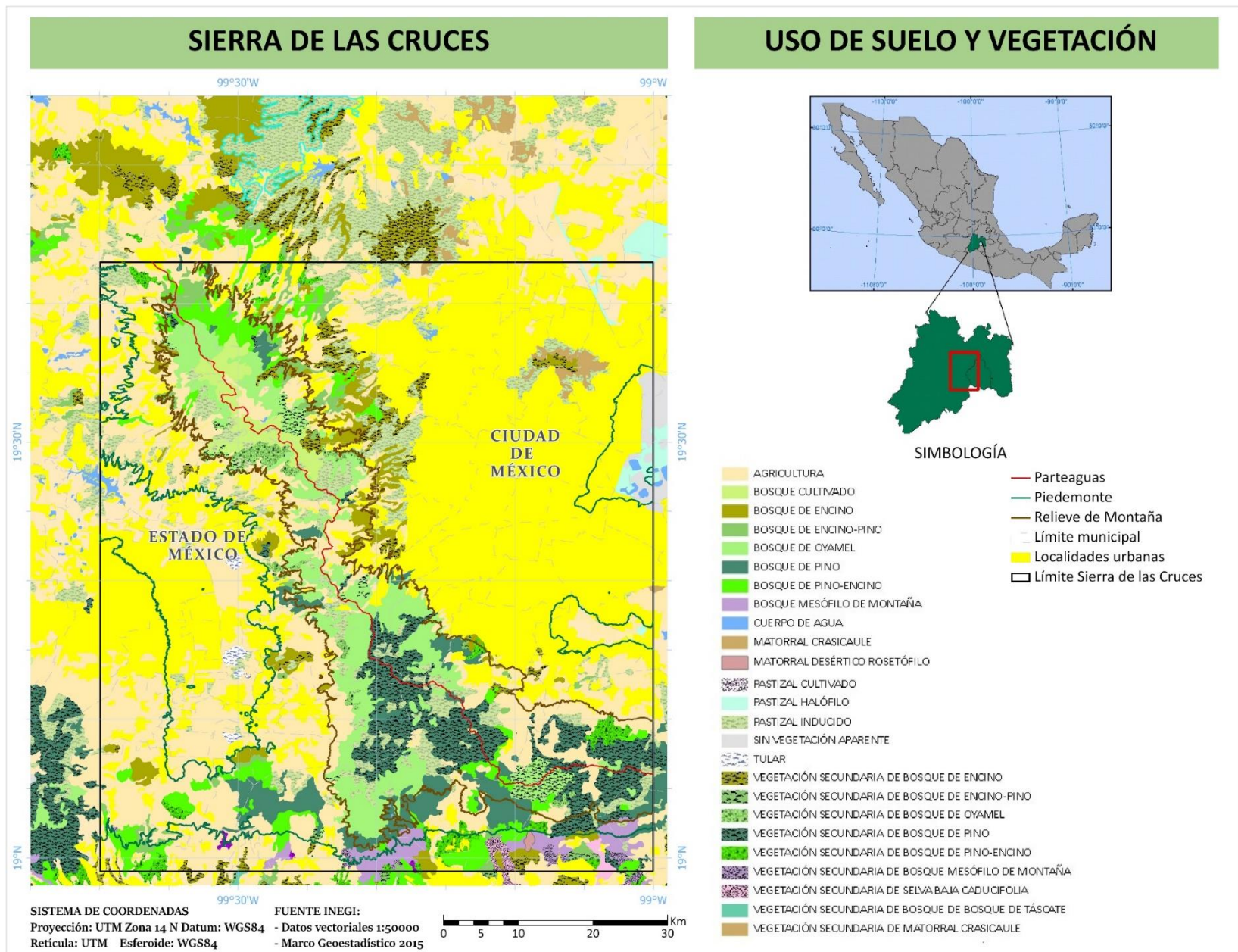


Figura 1. Mapa de distribución de la Sierra de las Cruces: relieve de montaña, pie de monte, uso de suelo y vegetación.

población desde la década de los 70 el cual se refleja notoriamente en los años 80, aunque este crecimiento fue mayor en las hoy alcaldías de Álvaro Obregón y Tlalpan y muy moderado en las de Cuajimalpa y Magdalena Contreras, mientras que sus mayores tasas de crecimiento se ven reflejadas en la década de los 80, excepto en la alcaldía Álvaro Obregón donde la mayor tasa se registra en la década de los 60 (Figura 2).

Los municipios pertenecientes al Estado de México, ubicados al norte de la sierra, tanto de la vertiente oriental como de la occidental, así como al centro en la vertiente occidental, registraron los mayores crecimientos poblacionales desde los años 70 el cual se refleja de manera destacada en la década de los 80 y en la de los 90, como fueron los casos de Huixquilucan, Capulhuac, Lerma, Tianguistenco y Temoaya, entre otros. Caso notorio es Naucalpan de Juárez, municipio ubicado al norte de la Sierra de las Cruces y que mostró un crecimiento desmedido desde 1960. Las tasas de crecimiento son muy variantes entre los municipios de la región policéntrica, aunque las mayores tasas se registraron en la década de los 80 y la del 2000 (Figura 3). Ambas zonas metropolitanas con sus áreas periurbanas y policéntricas ejercen sobre la Sierra de las Cruces una demanda constante del espacio, debido al crecimiento de los asentamientos humanos y su infraestructura que propician cambios en el uso del suelo y deforestación, entre otras situaciones, lo que en su conjunto crea cambios ambientales en la sierra (Barrera, 2012).

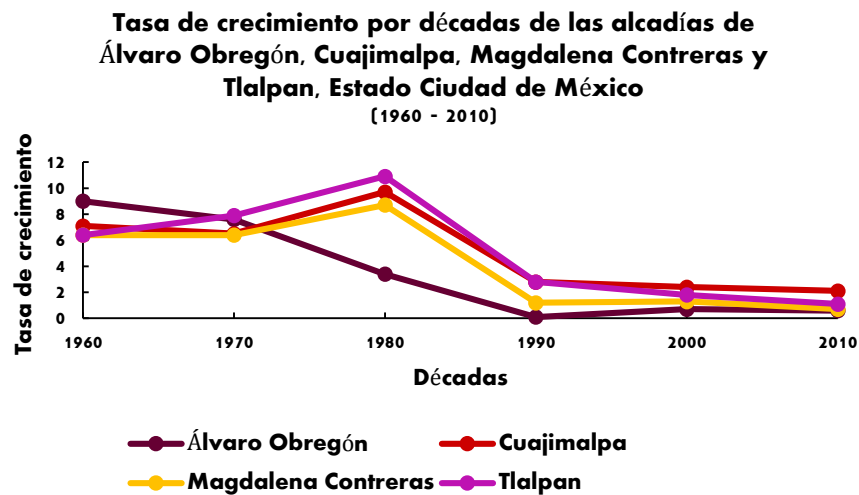
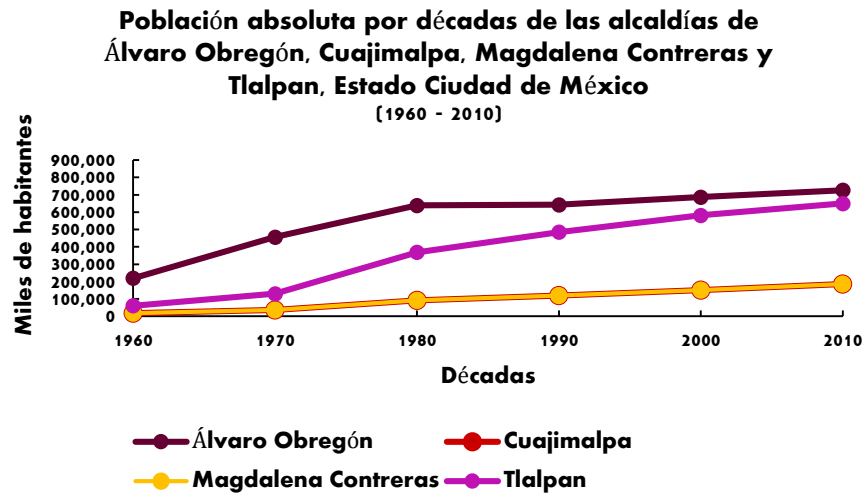
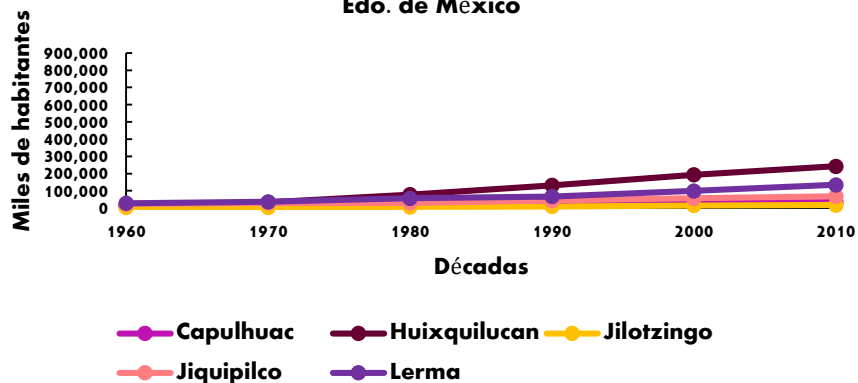
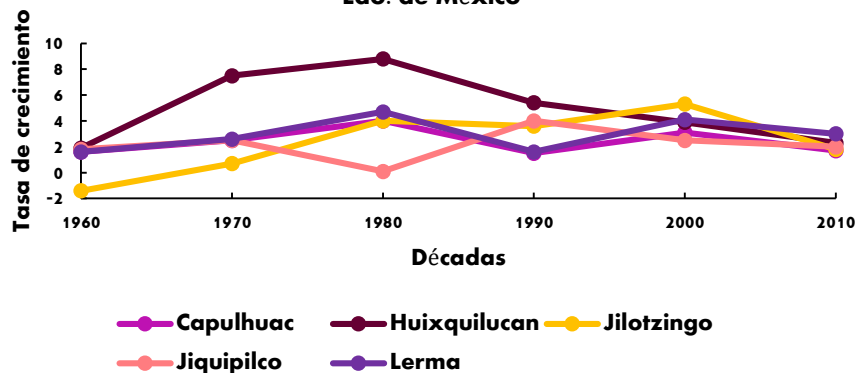


Figura 2. Población absoluta y tasa de crecimiento del área periurbana de la vertiente oriental de la Sierra de las Cruces, de 1960 a 2010. Fuentes: Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2011; Gobierno del Distrito Federal, 2013; INEGI, 1962; INEGI, 1972; INEGI, 1980; INEGI, 1990; INEGI, 2000; INEGI, 2010.

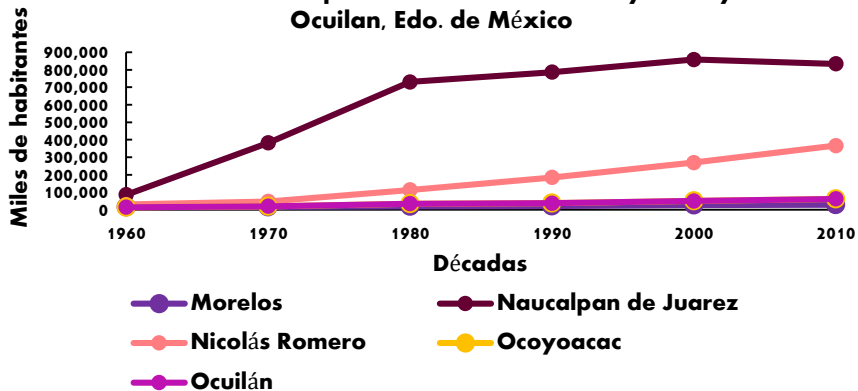
Población absoluta por décadas de los municipios de Capulhuac, Huixquilucan, Jilotzingo, Jiquipilco y Lerma, Edo. de México



Tasas de crecimiento por décadas de los municipios de Capulhuac, Huixquilucan, Jilotzingo, Jiquipilco y Lerma, Edo. de México



Población absoluta por décadas de los municipios de Morelos, Naucalpan, Nicolás Romero, Ocoyoacac y Ocuilán, Edo. de México



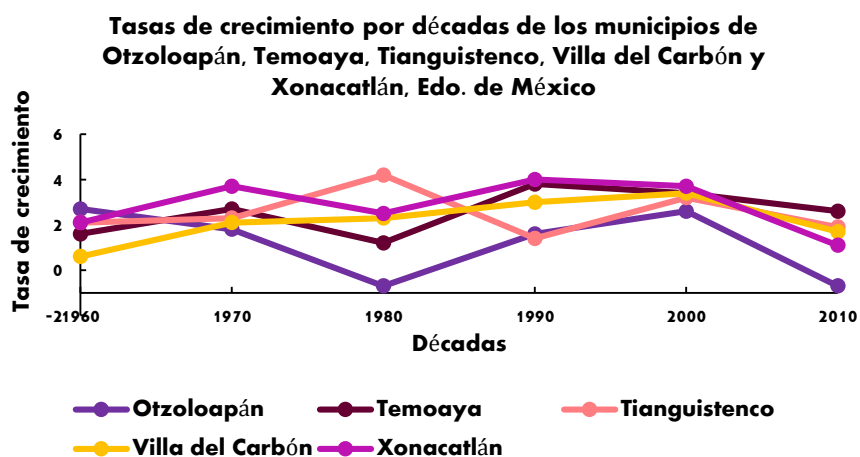
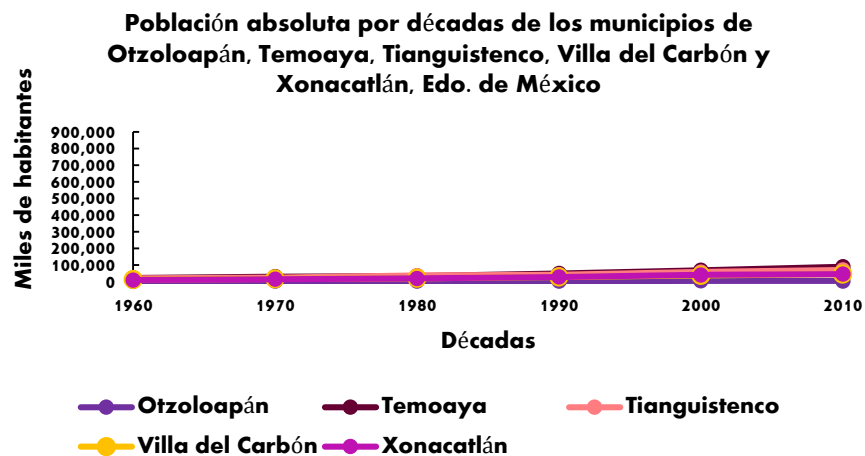
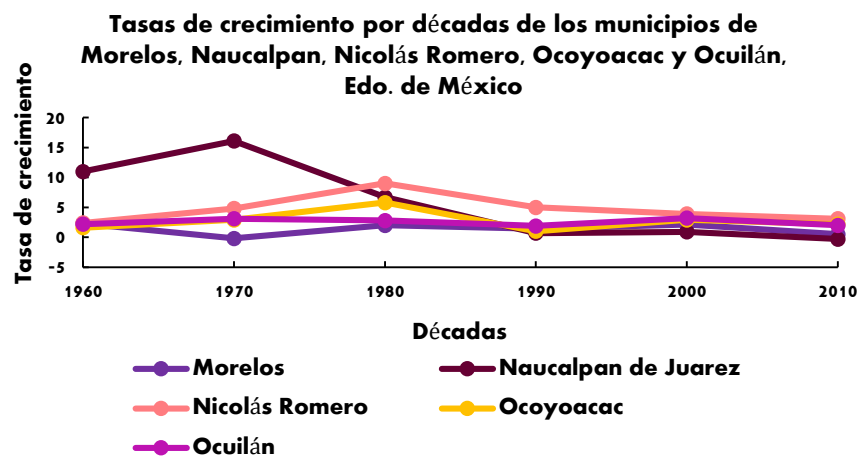


Figura 3. Población absoluta y tasas de crecimiento del área policéntrica de la vertiente occidental de la Sierra de las Cruces, de 1960 a 2010. Fuentes: INEGI, 1962; INEGI, 1972; INEGI, 1980; INEGI, 1990; INEGI, 2000; INEGI, 2010.

3.2 Características ambientales

La SC tiene una extensión longitudinal de 110 km, más ancha en su parte norte con 47 km que en su parte sur con tan solo 27 km. Geomorfológicamente presenta dos unidades que son el relieve de montaña, en la parte central de la sierra, y el pie de monte, una estructura inclinada que es el límite inferior de la primera (Figura 1). Ambas unidades comienzan su distribución en cada vertiente de la sierra en altitudes distintas, en el caso de la oriental el pie de monte tiene una longitud de 17 km que inicia con la altitud de la cuenca de México a los 2 240 y hasta los 2 800 msnm, donde comienza el relieve de montaña, mientras que en la vertiente occidental el pie de monte con 6 km de longitud inicia a los 2 600 msnm, nivel altitudinal de la cuenca de Toluca, hasta alcanzar los 2 950 msnm donde comienza el relieve de montaña (García – Palomo, *et al.*, 2008). Por la localización geográfica de México en la zona intertropical, la dinámica general de circulación atmosférica del país se encuentra influenciada en el oriente por un centro migratorio de alta presión, con ello de vientos húmedos Alisios o del Este, los cuales conforman corrientes ascendentes que producen las mayores precipitaciones en el territorio. En el occidente durante la época de invierno el centro de baja presión de las altitudes medias con vientos del Oeste se ensancha hacia el sur, lo que extiende su área de influencia hacia esta dirección (Maderey, 1980; Jáuregui, 2003). Es por lo anterior que la SC presenta en su vertiente oriental un dominio de los vientos del Este, que por su posición de barlovento en el suroeste de la cuenca de México presenta las mayores precipitaciones en la misma (Maderey, 1980). Sin embargo, en su vertiente occidental existe también un dominio de vientos del Este y del Sureste, así como la influencia de los vientos del Oeste durante el invierno (Morales, *et al.*, 2007). Fenómenos meteorológicos como la presencia de huracanes en las costas

mexicanas, el desplazamiento de los frentes fríos y la presencia de El Niño como anomalía, son factores que también inciden en las características climáticas de la sierra. En el caso de la temperatura la ciudad de México presentó su formación de isla de calor desde finales del siglo antepasado en el que la diferencia térmica entre campo y ciudad era de 1.5° C, pero que a principios de la década de 1980 la diferencia térmica se incrementó a unos 9° C. Respecto a la temperatura media anual, ésta se ha elevado de 14. 5° C a 16° C, lo que supone un incremento de 1.89° C en cien años (Jáuregui, 1995).

En la cuenca de México la precipitación puede ser de tipo orográfica, de frentes y convectiva. La localización de la SC en la zona suroeste de la cuenca la hace una barrera orográfica que recibe los vientos húmedos Alisios (con más de 1 200 mm de precipitación media anual y una de las tres zonas de la cuenca de México de mayor intensidad máxima media), en la que la distribución temporal de la precipitación se registra en el verano (80 al 90% de la precipitación anual), con las primeras lluvias en mayo y en ocasiones desde abril, para establecer su mayor intensidad de julio a septiembre. Sin embargo, las precipitaciones continúan por la presencia de huracanes, la influencia de los vientos del oeste que introduce humedad del océano Pacífico y la presencia de los frentes fríos, fenómenos físicos que también influyen en la vertiente occidental de la sierra y que se acentúan durante el invierno, aunque también es importante considerar las lluvias convectivas que se intensifican en verano (Maderrey, 1980).

3.3 Descripción de la distribución temporal de la variabilidad de la temperatura y precipitación.

El estudio de la variabilidad de la temperatura y precipitación que se pretende realizar en esta investigación se sustenta en la detección climática, término que tiene implícito identificar la naturaleza de las variaciones del clima en todas las escalas temporales (semanas, siglos e incluso milenios), así como cambios que se registren en una serie de datos climáticos que estadísticamente sean demostrados, a partir de la comparación entre diferentes periodos de tiempo de la misma serie y que se muestren distinguibles en el tiempo (Brunet, 2010; Magaña y Galván, 2010).

La base de información climatológica debe ser seleccionada y depurada en los datos a analizar, los mismos no pueden ser utilizados de manera directa debido a que pueden existir inconsistencias en los registros de la información, por lo que de acuerdo con la OMM (2011), debe realizarse en primera instancia una normalización de los datos que direcciona a la calidad de estos y a la veracidad del análisis. El estudio temporal de la información climatológica de la SC consiste en tres etapas: 1) selección de la base de datos y la observación general del conjunto de datos; 2) proceso del control de la calidad a través de la homogeneidad de los datos y 3) la descripción de la variabilidad climática natural y posible detección de cambios en la misma.

3.3.1 Selección de la base de datos

En la presente investigación se describirán gráficamente datos de temperatura y precipitación de la SC para la detección climática de su distribución temporal a partir de registros climatológicos de las estaciones superficiales del Servicio

Meteorológico Nacional, los cuales se obtienen indirectamente de la base de datos del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California), a través de un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas denominado CLICOM² (CLImate COMputing project) (OMM, 2011). Las variables climatológicas a tratar serán temperatura máxima diaria (TemMax) y temperatura mínima diaria (TemMin), así como precipitación diaria (PrecDia).

La selección de las estaciones comenzará con aquellas que estén dentro y cercanas a la SC, con estas se pretenden obtener series climatológicas a través de estaciones que presenten el mayor registro de datos para cada vertiente, así como series climáticas que agrupen estaciones cuyos datos serán divididos en decadales. Las primeras serán la base para conformar series largas y completas que servirán para analizar y comparar el comportamiento estacional de la variabilidad del clima en cada vertiente de la sierra. Mientras que a partir de las segundas se formarán series climáticas grupales cortas para comparar y detectar hacia su interior y de manera más específica cambios en la variabilidad que se presenten en diferentes tiempos. En ambos casos, las series se definirán bajo la distribución que guarden en cada vertiente (norte, centro o sur), y por el rango altitudinal que de manera general se establecerá cada 100 m, con la finalidad de evitar la influencia del gradiente térmico (OMM, 2011). La temporalidad de los datos se situará desde 1961 hasta el año 2010, una década antes del crecimiento explosivo de la población en México y hasta la década más actual de la información.

² La base de datos del CLICOM tiene su fuente en la base del Servicio Meteorológico Nacional, la cual se consultó en la red con el URL <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/EstacionesClimatologicas.kmz>. La liga direccionó a Google Earth, donde estaba cargada la base de datos del SMN. Los datos del CLICOM fueron actualizados y verificados a partir de esta fuente.

Los grupos decadales de las series cortas se establecerán con ese rango de tiempo, porque en el caso de México la información climatológica puede carecer de la secuencia de los datos a lo largo de los años y con ello tener vacíos de información de alto porcentaje, así como por considerar que las estaciones de las series no pueden sobrepasar un 20% de datos faltantes ni rebasar más de tres años consecutivos con falta de información para ser factibles de análisis (OMM, 2011). Es entonces que se considera una menor posibilidad de datos faltantes en periodos más cortos. Una vez seleccionadas las estaciones de las series largas y cortas bajo el procedimiento anterior, se obtendrá el porcentaje de datos faltantes (gaps) de cada estación, de rebasar el 20% de datos inexistentes serán descartadas.

A las series grupales que queden conformadas se les aplicará el método de correlación de Pearson en TemMax y TemMin, para garantizar su validez estadística. Para finalizar esta parte del proceso se realizará un reconocimiento general de información a las estaciones seleccionadas, a través de gráficas de frecuencia para las series largas y de normalidad para las cortas, aunque estas últimas solo en el caso de la temperatura ya que para la precipitación no son representativas. Lo anterior permitirá observar la distribución temporal en rangos de temperatura y precipitación, en el primer caso y valores medios y extremos en el segundo, así como si los datos tienen un comportamiento normal.

3.3.2 Homogeneidad de los datos

El tratamiento de los datos de las bases climatológicas es un paso importante antes de la descripción o análisis de los mismos, debido a que permite una mayor confiabilidad de la información que se genere a partir de su representación gráfica

o cartográfica, instrumentos que facultan la valoración visual de los grandes volúmenes de información de los datos climatológicos (OMM, 2011). El tratamiento previo de los datos permite la homogeneidad de estos, que en el caso de esta investigación consistirá en dos etapas: la detección de datos atípicos (outliers) y el tratamiento de datos faltantes de las series climáticas.

3.3.2.1 Datos atípicos y huecos

Una condición básica para el análisis estadístico de los datos climáticos es que sean homogéneos, una serie climática se considera homogénea cuando el comportamiento de sus datos se debe únicamente a causas naturales del clima. Los datos atípicos hacen que las series no cumplan con esta condición, asimismo los huecos que se presentan como ausencias de registro, lo cual es común en México. Entonces, el primer paso para el tratamiento de los datos de las series climáticas largas y cortas será la detección de datos atípicos extremos, los cuales pueden tener su origen en el mal registro de los mismos³. Para ello se utilizará el método de rango intercuartílico propuesto por Martín (2011). La fórmula se expresa:

$$\text{Text} > Q3 + 3x (Q3 - Q1)$$

ó

$$\text{Text} < Q1 - 3x (Q3 - Q1)$$

Donde:

Text = temperatura extrema o dato atípico

Q1 = Primer cuartil

³ La homogeneidad de los datos climáticos inicia desde la captura de los mismos, ya que estos deben ser en teoría continuos, sin cambios de ubicación de la estación climatológica, con lecturas correctas de los instrumentos o conversiones correctas de unidades, entre otras (OMM, 2011).

Q3= Tercer cuartil

Q3 – Q1 = Distancia entre el tercer y primer cuartil

Se considerará que un dato es atípico si este queda por encima de la media (tendencia central), mayor al tercer cuartil más tres veces la distancia entre el tercer y primer cuartil o aquellos datos que queden bajo la media menores que el primer cuartil, menos tres veces la distancia entre el tercer y primer cuartil. Para la aplicación del método se utilizará el programa Excel y se representará la información con gráficas box – plot.

Los datos atípicos detectados serán eliminados y tomados como huecos.⁴ Guijarro (2015) menciona que “el estudio de la homogeneidad de una serie implica la comparación de esta con una serie de referencia próxima y de reconocida calidad”. Lo que permite el tratamiento de los huecos. Una técnica estadística que tiene como finalidad predecir el valor de una variable a partir del valor dado de otra variable (en este caso entre estaciones de una serie climática), es la de regresión lineal simple (Daniel, 2011). Sin embargo, si la serie de referencia presentara también datos faltantes se aplicará la regresión lineal simple desde el interior de la serie a través de una subpoblación de valores para estimar a los mismos. En ambos casos se calculará una ecuación de regresión que manifieste la relación entre la variable dependiente e independiente y que en este caso será a través del método de mínimos cuadrados. La ecuación de regresión por mínimos cuadrados se establece como (Daniel, 2011):

$$y = a + bx$$

⁴ El método intercuartilico no arrojó datos atípicos, sin embargo las gráficas de tendencia permitieron observar sesgos considerables que permitieron detectarlos. Fueron eliminados, tomados como huecos y rellenados por medio del método estadístico regresión lineal.

dónde,

y = valor sobre el eje vertical

x = valor sobre el eje horizontal

a = ordenada al origen (punto donde la recta cruza el eje vertical)

b = pendiente de la recta (indica la cantidad con la cual y cambia por cada unidad de cambio en x)

Para la aplicación del método de mínimos cuadrados, con el cual se pretende obtener el 100% de los datos, se utilizará el programa estadístico de Excel.

3.3.3 Descripción de la variabilidad climática

Una vez que se haya comprobado el comportamiento normal de los datos y estos hayan sido homogenizados, se procederá a realizar gráficos de valores de datos trazados en función del tiempo, lo que permitirá evidenciar las variaciones periódicas y aquellas que no son regulares en el tiempo. Estos gráficos también servirán para conocer la dirección o rumbo que toman los datos, es decir si muestran incrementos o decrecimientos en el tiempo. Es entonces que se procederá a describir la variabilidad climática de la TemMax, TeMin y PrecDia por décadas, para cada serie y en cada estación que las conforme. Finalmente, en el caso de la temperatura, se graficará el primer y último periodo decadal de cada estación, para observar si se presentan en el tiempo aumento o disminución en la media y los valores extremos, con ello diferencias entre una década y otra. En el caso de las series climáticas largas se describirá y comparará entre las dos vertientes, el

comportamiento de cada variable (TemMax, TemMin, PrecDia) en las épocas secas y lluviosas del año, para evidenciar las fluctuaciones naturales y observar de igual modo que las series anteriores, la dirección o rumbo que toman los datos.

4. RESULTADOS

4.1 Selección de estaciones

4.1.1 Series cortas

Se consideraron aquellas estaciones con localización dentro del área de estudio (57) y cercanas a las misma (3). Se tuvieron un total de 60 estaciones agrupadas en tres zonas latitudinales norte (entre los 19° 43' - 19° 28'), centro (entre los 19° 27'59" - 19° 13") y sur (19° 12'59" - 18° 59') y en rangos altitudinales. Con lo anterior se seleccionaron 41 estaciones para formar 14 series climáticas, 6 en la zona norte, 7 en la zona centro y 1 en la zona sur (Anexo 1, Tabla 1).

Con las series climáticas se realizó un empate de datos por años de registro, agrupados en quinquenios desde el año 1951 hasta el año 2010. Se contabilizaron los años totales de información desde el año 1961 y se obtuvo la mediana de los datos. De las 41 estaciones se seleccionaron 20, las que quedaron sobre la mediana, lo que redujo las series a solo 8 (Anexo 1, Tabla 2). De ellas se obtuvo el porcentaje de datos faltantes de cada estación, solo una rebasó el 20% (Anexo 1, Tabla 3), por lo que finalmente quedaron solo 7 series grupales cortas, tres en la vertiente oriental y cuatro en la occidental, conformadas con un total de 18 estaciones que se redujeron a 15 (Figura 2) debido a que los años coincidentes al interior de cada serie con sus estaciones no resultó favorable en tres (Anexo 1, Tabla 4). Finalmente se aplicó el método de correlación de Pearson ente las

estaciones. La TemMax resalta con relación positiva moderada. La TemMin con relación positiva fuerte y positiva moderada (Anexo 1, Tabla 5).

4.1.2 Series largas

De las 41 estaciones seleccionadas en el proceso de las series grupales cortas se eligieron aquellas que presentaban el mayor registro de datos, el mismo número de años de registro y una distribución en cada vertiente en una misma zona de la sierra, aunque no en el mismo rango de altitud. Con lo anterior se conformaron 2 series largas, una en la zona norte y otra en la zona centro, que respectivamente son la Serie A con 50 años de registros y la Serie B con 40 años de información (Anexo 1, Tablas 3 y 4).

4.2 Descripción general de la temperatura y precipitación.

4.2.1 Series cortas

La distribución de TemMax (Anexo 2, Figura 2a) muestra que las estaciones de la vertiente oriental presentan medias superiores a las de la vertiente occidental. Las medias de la vertiente oriental son de 24°C en la zona norte y entre los 24° y 26°C en la zona centro. La vertiente occidental presenta en la zona norte medias entre los 20° y 23°C, mientras que en el centro es solo de 23°C.

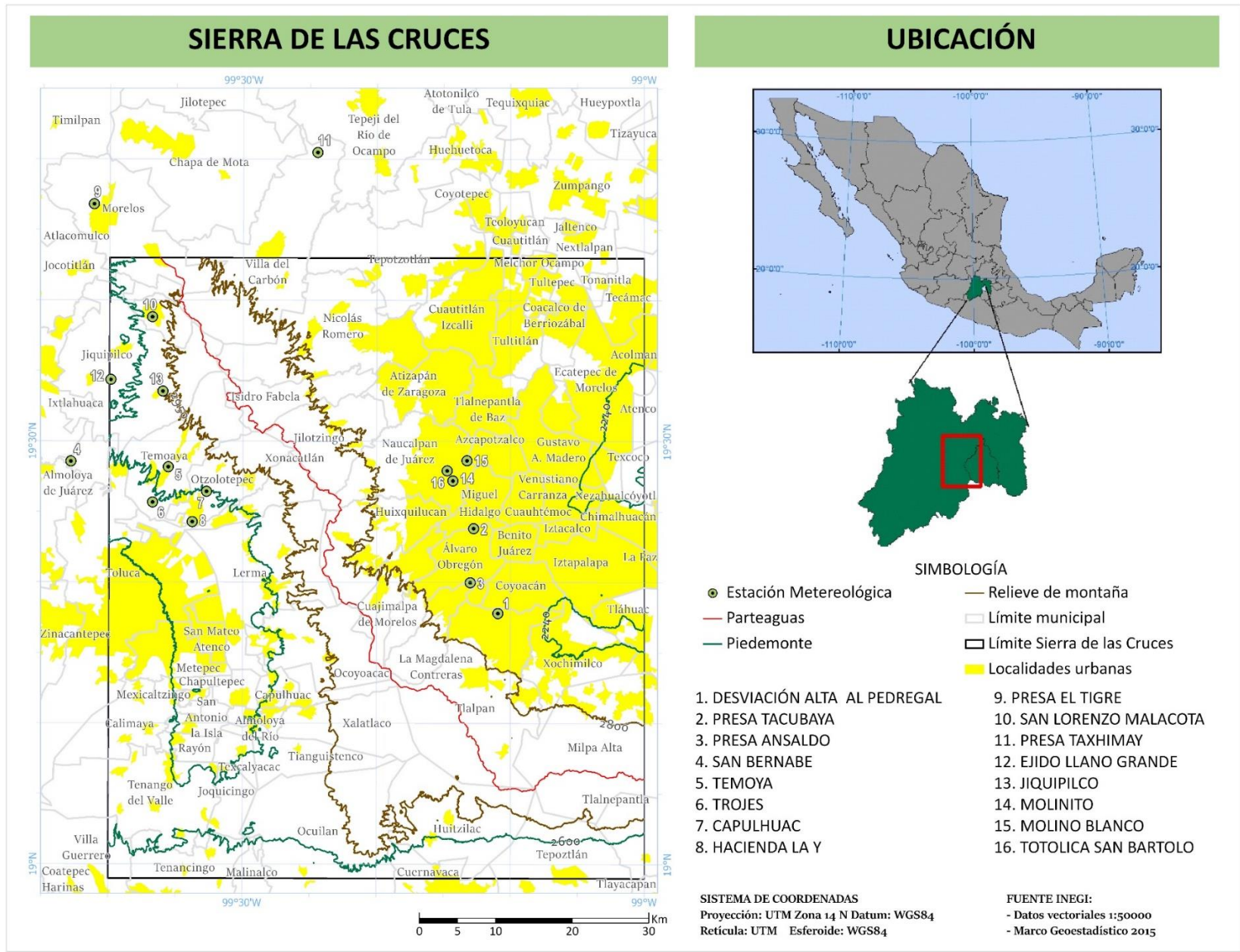


Figura 4. Mapa de distribución de las estaciones meteorológicas del área de estudio.

Las temperaturas mínimas son menos frías en la vertiente oriental (6° a 10°C) que en la occidental (0° a 8°C), mientras que el rango de las temperaturas máximas es superior en la vertiente occidental (32° a 44°C) respecto a la oriental (34° a 39°C). Los valores extremos mínimos de la vertiente oriental se muestran más sesgados a la media (1.5° a 8°C), excepto en la estación Molinito de la zona centro, donde el sesgo se da en los extremos máximos (39°C). En la vertiente occidental los sesgos se dan mayormente en los extremos mínimos (0° a 7°C), sin embargo, las estaciones San Lorenzo Malacota, Presa el Tigre y Jiquipilco de la zona norte, muestran sesgo tanto en los valores extremos máximos (45°, 36° y 41°) como en los mínimos (0°, 4.5° y 3°C).

Las medias de la TemMin son superiores en la vertiente oriental (7° a 10°C) que en la occidental (4° a 6°C) (Anexo 2, Figura 2b). Las medias de las estaciones de la zona norte de la vertiente oriental se encuentran entre los 7° a 10°C, mientras que las de la zona centro entre 7° a 9°C. Las medias de las estaciones de la zona norte de la vertiente occidental oscilan entre los 4° a 6°C y las de la zona centro entre 4° a 5.5°C.

Los valores extremos máximos de la TemMin son mayores en la zona norte, donde las estaciones de la vertiente oriental presentan de 18° a 21°C y los de la vertiente occidental de 13° a 20°C. La zona centro presenta en la vertiente oriental valores máximos de 16°C, excepto en la estación Totolica San Bartolo, donde la temperatura máxima es de 18°C, mientras que las estaciones de la vertiente occidental presentan temperaturas máximas entre 14° y 17°C.

Los registros más fríos de la TemMin se tienen en la vertiente occidental (-12° a -8°C), respecto a la oriental (-7° a -3°C). La zona norte presenta en la primer

vertiente entre -12° a -8°C y en la segunda entre -7° a -3°C . Mientras que en la zona centro la vertiente occidental muestra entre -12° a -11°C y la oriental entre -6°C a -3°C .

4.2.2 Series largas

Las gráficas de frecuencia de TemMax de la serie A muestran que la mayor frecuencia se da en el rango de 24° a 28°C en la estación Molinito Blanco (vertiente oriental) y de 19° a 23°C en la estación Presa El Tigre (vertiente occidental), con aumentos de temperatura a lo largo de los años (Anexo 3, Figura 3a). La estación de la vertiente oriental muestra dichos aumentos desde la década de los 80, mientras que la de la occidental desde la de los 90. Los incrementos de TemMax en la primera estación se dan de manera gradual en los datos extremos máximos, en el rango entre los 29° y 33°C . En Presa El Tigre los valores extremos máximos se mantienen entre los 24° y 28°C hasta el año 2001, en donde la temperatura se incrementa hasta un rango entre 29° y 33°C .

Los valores extremos mínimos de la TemMax son menos fríos en Molinito Blanco, donde se mantienen entre los 9° y 13°C , mientras que en Presa El Tigre entre los 4° y 8°C . En la serie B el rango más frecuente de TemMax es entre los 21° y 25°C en ambas estaciones (Anexo 3, Figura 3a). Los valores extremos máximos muestran incrementos en diversos rangos de la estación Desviación Alta al Pedregal de la vertiente oriental (21° a 25° , 26° a 30° y 31° a 35°C), así como la aparición de un nuevo rango en las dos últimas décadas (36° a 40°C). La estación Calpuhuac de la vertiente occidental solo muestra incremento en un rango (26° a 31°C). Los valores extremos mínimos se muestran más fríos desde el año 2000 al 2008 en la

estación Desviación Alta al Pedregal (1° a 5°C y 6° a 10°C), mientras que en la estación Calpuhuac se mantienen en el mismo rango (6° a 10°C).

La TemMin en la Serie A presenta la mayor frecuencia en los rangos de 8° a 12°C y 3° a 7°C, en las estaciones Molinito Blanco y Presa El Tigre, respectivamente (Anexo 3, Figura 3b). En ambas estaciones los valores extremos máximos de cada una tienen un incremento constante en su frecuencia a lo largo de las décadas, hasta la aparición de un nuevo rango en Molinito Blanco (18° a 22°C), y de dos en Presa El Tigre (13° a 17°C y 18° a 22°C) registrados en la última década (2001 – 2010). Los valores mínimos extremos son en Molinito Blanco entre -2° y 2°C, mientras que en Presa El Tigre entre -7° y -3°C, excepto en la última década donde el rango mínimo es entre -12° y -8°C.

En la Serie B la TemMin tiene su mayor frecuencia en los rangos de 9° a 13°C y de 4° a 8°C, en las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Capulhuac, respectivamente (Anexo 3, Figura 3b). En la primera estación los datos extremos máximos (14° a 18°C) se mantienen constantes, mientras que los mínimos (-6° a -2°C) desaparecen en la década de los 90 para dar paso a un rango mínimo de mayor temperatura (-1° a 3°C). Los valores extremos máximos de la estación Capulhuac (9° a 13°C y 14° a 18°C), aumentan su frecuencia, asimismo existen aumentos en la frecuencia de sus valores extremos mínimos (-6° a -2°C).

La PrecDia en la Serie A muestra escasa lluvia en ambas estaciones (Anexo 3, Figura 3c). La estación que presenta los más altos registros es Molinito Blanco, entre 60 a 92 mm respecto a los 60 a 74 mm de Presa El Tigre, excepto en la década de los 60 donde esta última registra lluvias extraordinarias de 112 mm. En las

estaciones de la zona centro de la Serie B Desviación Alta al Pedregal presenta precipitaciones superiores a los 60 mm, mientras que Calpuhuac a los 96 mm.

4.3 Descripción de la temperatura máxima diaria en series cortas.

4.3.1 Vertiente oriental

4.3.1.1 Serie 1

Las estaciones de la serie 1 Presa Taximay y Molinito Blanco, desde el año 1961 hasta el 2010, se localizan en un rango altitudinal entre los 2200 y 2300m (Figura 5).

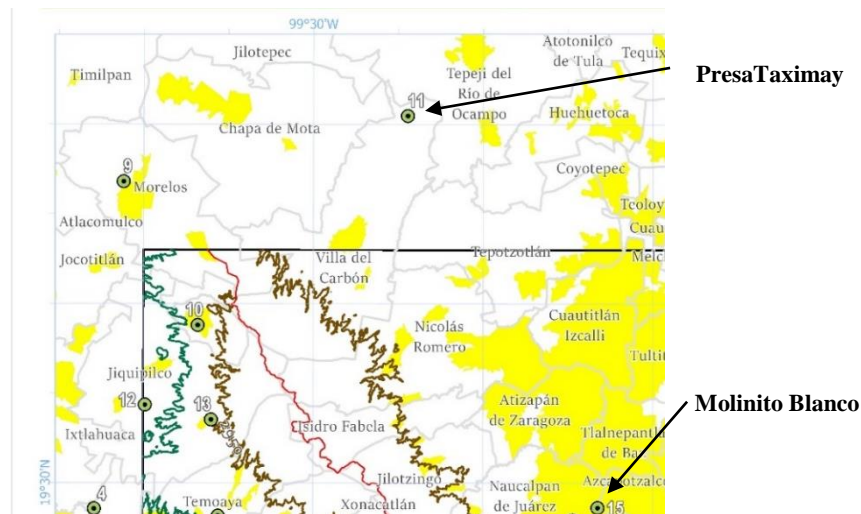


Figura 5. Localización de las estaciones Presa Taximay y Molinito Blanco.

En **Presa Taximay** la oscilación térmica de la TemMax entre décadas fluctúa entre los 24.5° (1961 – 1970 y 1991 – 2000) y los 27.5° (2001 – 2010). Los valores mínimos (7° a 10°C) muestran un mayor sesgo a la media que los máximos (33.5° a 37°C). Los valores mínimos varían temporalmente entre los 18° y 21°C en las dos primeras décadas y de 21° a 24°C en las últimas tres (Anexo 4, Figura 4a).

Los valores máximos varían temporalmente en las dos primeras décadas entre los 27° a 30°C y en las tres últimas décadas entre los 30° a 33°C. Sin embargo, la década 2001 - 2010 presenta los máximos registros de temperatura (10° a 37.5°C). Los datos de la TemMax tomaron en las primeras tres décadas un rumbo con descenso de temperatura (24.47°C, 24.43° y 24.04°C) y aumento en las dos últimas décadas (25.1°C y 25.3°C). Finalmente, lo anterior establece entre la primera y última década un aumento de temperatura entre las medias (0.9°C) y los valores máximos extremos (3°C), mientras que los mínimos extremos no presentan cambios (Anexo 5, Figura 5a).

En la estación **Molinito Blanco** la oscilación de la TemMax entre décadas se establece entre los 23° (1961- 1970) y 30.5°C (1981 – 1990). Los valores mínimos (8.5° a 12°C) son más sesgados a la media que los máximos (31.5° a 36°C). La variabilidad temporal de los valores mínimos se establece mayormente entre los 18° y 21°C en las dos primeras décadas, con aumento sostenido entre los 21° y 24°C en las tres últimas décadas. Las temperaturas más frías se registran en las dos primeras décadas (8.5° y 9°C) (Anexo 4, Figura 4b).

Los valores máximos presentan la temperatura más baja en la primera década (31.5°C) y la más alta en la cuarta (36°C). Los valores de la primera varían temporalmente entre los 24° y 27°C y los 27° y 30°C, rebasando en algunos casos los 31°C. En las siguientes décadas los valores presentan aumento sostenido, así, las temperaturas máximas concentran su variabilidad temporal entre los 25° y 30°C hasta alcanzar el rango de los 33° a 36°C, lo que es muy notorio en los últimos diez años (2001 – 2010). Los datos de la TemMax presentaron rumbos irregulares, con descensos entre la primer y segunda década y la tercera y cuarta y ascensos entre

la segunda y tercera década y la cuarta y última década. Al comparar la primer y última década se evidencia aumento en la media (1.9°C), así como en los valores máximos (3.4°C) y mínimos extremos (2°C) (Anexo 5, Figura 5a).

4.3.1.2 Serie 6

La serie 6 se compone de las estaciones Molinito, Totolica San Bartolo y Desviación Alta al Pedregal, con una temporalidad de casi cuatro décadas (1971 a 2008) y localizadas en un rango altitudinal de 2200 a 2300m, en la zona centro de la sierra (Figura 6).

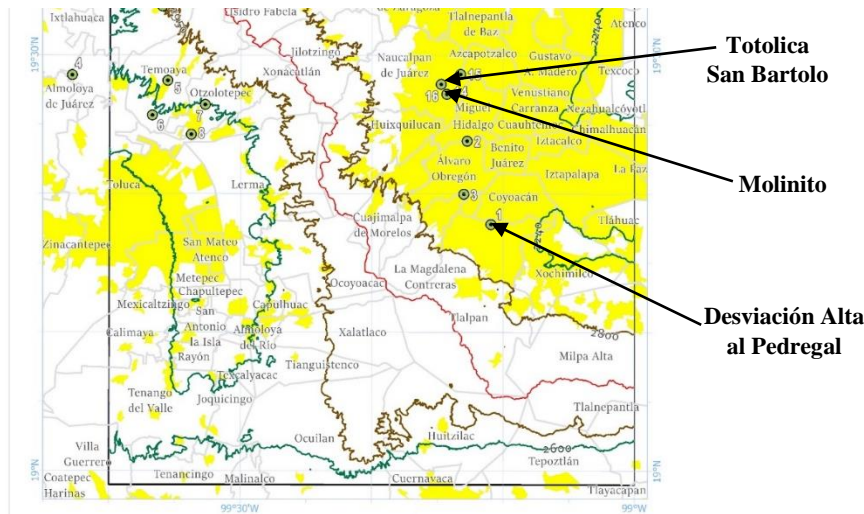


Figura 6. Localización de las estaciones Molinito, Totolica San Bartolo y Desviación Alta al Pedregal.

La estación **Molinito** presenta una oscilación térmica decadal de la TemMax con aumento y disminución, la máxima oscilación (27°C) se registra en la década de 1991 a 2000 y su mínima (24°C) en la década de 1981 a 1990, la primer y última década presentan la misma oscilación (25°C). La variabilidad temporal de la TemMax es acentuada en las dos primeras décadas y se suaviza en las dos últimas. En general los valores mínimos presentan un mayor sesgo a la media con un

aumento de temperatura constante en el tiempo, la primer década presenta valores mínimos entre los 9° a 18°C, la segunda entre los 12° a 18°C, la tercer década entre los 15° a 18°C, excepto en los años de 1995 a 1998 donde la temperatura mínima se vuelve más fría (12° a 15°C) y entre 18° a 21°C en la última década (Anexo 4, Figura 4i).

El comportamiento de los valores máximos se mantiene en las dos primeras décadas, donde dichos valores presentan las temperaturas más altas (30° a 33°C y hasta los 35°), mientras que en la tercera década muestra las temperaturas máximas más altas de todas las décadas (33° a 36° y hasta los 39°C). La última década concentra sus valores máximos en distintos rangos (27° a 30°C, 30° a 33° y hasta 36°C) a lo largo de los años. El rumbo de los datos no muestra uniformidad en el tiempo, es constante en la primera década (25.3°C), con disminución en la segunda (24.5°C) y última (25.4°) y aumento en la tercera (25.8°C). Finalmente, al comparar entre la primer y última década se evidencia un leve aumento en la media (.3°C) y sin cambio en los valores extremos máximos y mínimos (Anexo 5, Figura 5a).

La oscilación térmica en la estación **Totolica San Bartolo** presenta su mayor amplitud en la primera década (32°C), a diferencia de las tres últimas décadas donde esta fue más moderada (de 25° a 23°C). Los valores mínimos de la TemMax presentan un mayor sesgo a la media a lo largo de las décadas, excepto en los años de 1992 a 1995 donde se observa una menor oscilación. Los mínimos registros presentaron un aumento constante en las tres primeras décadas (7°, 10° y 14°C) y una disminución en la última (de 14° a 12°C). La variabilidad temporal de los valores mínimos se da entre los 18° y 24°C en la primera década y hasta el año de 1988 de

la segunda década, donde la temperatura mínima se concentra entre los 21° a 24°C hasta el año de 1996 de la tercer década, tiempo en el que los valores mínimos vuelven a concentrarse entre los 18° y 24°C hasta la última década (Anexo 4, Figura 4j).

Los valores máximos registran la temperatura más baja en la primera década (24° a 30°C), aumenta en la segunda y última década (24° a 33°C), mientras que la tercera década muestra mayor variabilidad temporal al presentar en sus primeros años (1992 a 1995) una disminución (24° a 30°C) y el mayor aumento (24° a 36°C) hacia los últimos (1995 a 1998). El rumbo de los datos mostró aumento sostenido desde la segunda hasta la cuarta década y leve descenso en la primera. Por último, al comparar la primer y última década se evidencia aumento en la media (1.3°C), así como aumento en los valores mínimos (5°C) y máximos extremos (4°C) (Anexo 5, Figura 5a).

La estación **Desviación Alta al Pedregal** registra un aumento constante de la oscilación térmica a lo largo de las décadas (22.5°, 23°, 25.5° y 28°C). Los valores mínimos (8° a 10.5°C) presentan un mayor sesgo a la media que los máximos (30.5°C a 38.5°C). Los valores mínimos de la TemMax muestran una variabilidad temporal que registra las temperaturas más frías (9° a 21°C) en la primer década (1971 – 1980), con aumento en la segunda y tercer década (12°C a 23°C y 12° a 24°C), excepto en el año 2000 donde los valores mínimos registran un aumento (15° a 24°C) que se continúa hasta el año 2007, para después descender la temperatura (10° a 23°C) en el año 2008 (Anexo 4, Figura 4k).

Los valores máximos muestran el menor calentamiento en la primera década (21° a 30°C), con aumento progresivo en la segunda y tercera década (23° a 33°C

y 24° a 35°C) y disminución en la última década (24° a 33°C), en especial en el año 2008 (23° a 31°C). El rumbo de los datos manifiesta aumento en la tercer década (1991 – 2000) y descenso en la primera, segunda y última década. Finalmente, la temperatura establece entre la primer y última década aumento en la media (3°C) y en los valores máximos (3.5°C) y mínimos extremos (1°C) (Anexo 5, Figura 5a).

4.3.1.3 Serie 7

La serie 7 se compone de dos estaciones Presa Ansaldo y Presa Tacubaya, con un periodo de tiempo de casi tres décadas (1961 – 1970, 1971 – 1980 y 1981 – 1988). El rango altitudinal en el que se establecen las estaciones es entre los 2300 y 2400m de la zona centro de la SC (Figura 7).

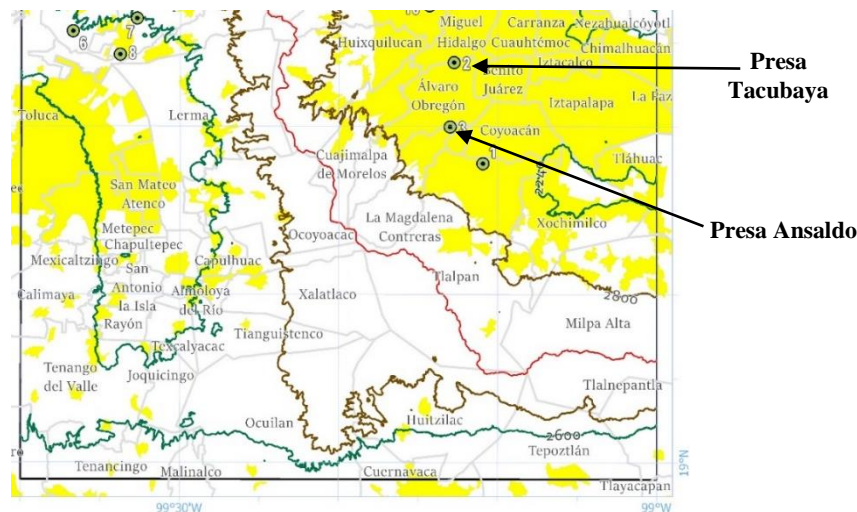


Figura 7. Localización de las estaciones Presa Ansaldo y Presa Tacubaya.

La oscilación decadal de la TemMax de la estación **Presa Ansaldo**, presenta un descenso constante (27°, 26° y 22°C) durante sus tres décadas. La variabilidad no muestra la misma amplitud térmica, esta se reduce en los años de 1969 a 1974 y de 1984 a 1985. Sin embargo, sus datos mínimos decadales (6°, 7.5° y 10°C) presentan aumento sostenido de temperatura, aunque, la variabilidad temporal

muestra ascensos y descensos de temperatura alternada. Así, de manera general, los valores mínimos se registran entre los 9° a 23°C (1961 a 1968, 1975 a 1978, 1986 a 1988), 15° a 22.5°C (1969 – 1974), 12° a 22.5° (1979 a 1981) y 18° a 23°C (1983 – 1986) (Anexo 4, Figura 4l).

Los valores máximos mantienen una variabilidad temporal sostenida entre los 23° a 33°C en las dos primeras décadas, la última década muestra descenso con registros entre los 23° a 30°, excepto en los años 1984 y 1985 donde la temperatura máxima se muestra entre los 22° a 26°C. El rumbo de los datos indica descenso (primer y tercer década) y ascenso (segunda década). Por último, entre la primer y última década se evidencia descenso en la media (-.1°C) y en los valores máximos extremos (-1°C), y aumento en los mínimos extremos (4°C) (Anexo 5, Figura 5a).

La estación **Presa Tacubaya** muestra una oscilación térmica decadal con aumento (25°, 26° y 28.5°C). La amplitud térmica no es homogénea: esta se reduce de 1970 a 1974 y de 1984 a 1986. Los valores mínimos (7°, 7.5° y 9°C) de la TemMax muestran mayor sesgo a la media que los máximos (32°, 33.5 y 37.5°C), pero en ambos casos tienen un aumento de temperatura progresivo. La variabilidad temporal de los valores mínimos indica ascensos y descensos de temperatura, la misma se observa entre los 12° y 22°C (1961 -1969), 15° a 23°C (1970 a 1974 y 1984 a 1986), 11° a 23°C (1981 – 1983), 9° a 24°C (1975 – 1980) y 9° a 23.5°C (1987 y 1988) (Anexo 4, Figura 4m).

Los valores máximos presentan mayor variabilidad temporal entre los 22° a 32°C y 24° a 32°C en sus dos primeras décadas, mientras que en la última existen aumentos y descensos de la temperatura que se establecen entre los 23.5° a 36°C

(1981, 83 y 88) y 23.5° a 30°C (1984 a 1986). El rumbo de los datos señala ascenso de la primer a segunda década y descenso de la segunda a la tercera. Finalmente, entre la primer y última década se registra aumento en la media (.9°C) y en los valores máximos (5.5°C) y mínimos extremos (2°C) (Anexo 5, Figura 5a).

4.3.2 Vertiente occidental

4.3.2.1 Serie 3

La serie 3 se compone de las estaciones Ejido de Llano Grande y San Bernabé, con un periodo de casi 5 décadas (1964 – 1970, 1971 – 1980, 1981 – 1990, 1991 – 2000 y 2001 – 2010) y localizadas en un rango altitudinal entre los 2500 y 2600m de la zona norte de la SC (Figura 8).

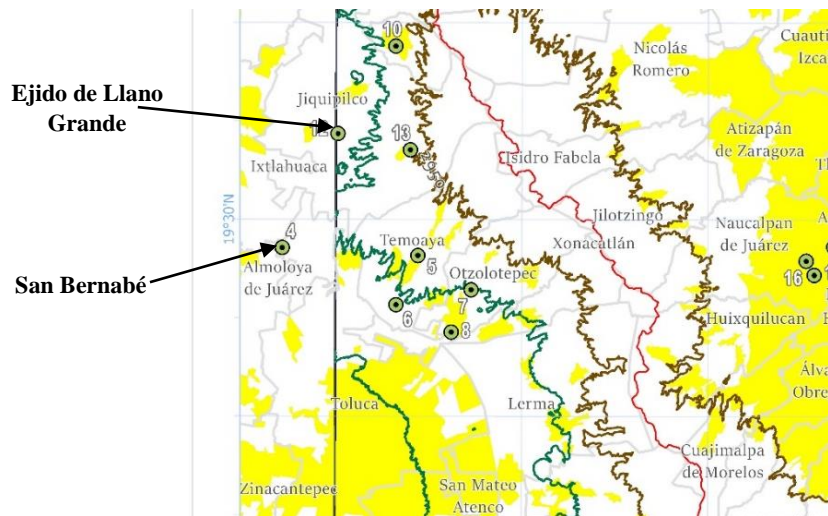


Figura 8. Localización de las estaciones Ejido de Llano Grande y San Bernabé.

En **Ejido de Llano Grande** la oscilación térmica decadal inicia en el primer periodo con 25.5°C, disminuye en la segunda y tercera década (24°C) y asciende en la cuarta (26.5°C) y quinta década (30.5°C). Los valores mínimos de la TemMax (5°, 6°, 8° y 9°C) muestran un mayor sesgo a la media que los máximos (30.5°, 30°,

32°, 35.5° y 36.5°C) y aumento sostenido hasta la cuarta década. En su variabilidad temporal los valores mínimos presentan ascensos y descensos alternados entre los 12° a 21°C (1964 a 1974), 9° a 20°C (1975 a 1980), 12° a 21.5°C (tercer década), 12° a 20°C (cuarta década), 9° a 23°C (última década) y 18° a 23°C (2005 y 2006) (Anexo 4, Figura 4c).

Los valores máximos presentan aumento sostenido en su variación temporal, el primer periodo registra mayormente temperaturas entre los 21° a 27°C, mientras que en la segunda y tercera década entre 20° a 30°C y 21.5° a 30°C, la cuarta década (1991 – 2000) muestra el inicio de un ascenso marcado entre los 23° a 36°C que se sostiene hasta la última década. El rumbo de los datos evidencia aumento moderado en las tres primeras décadas y muy marcado en la cuarta, aumento que se sostiene hasta la última década. Finalmente, entre la segunda y última década se establece aumento de temperatura en la media (3.1°C) y en los valores máximos extremos (6.5°C), mientras que los mínimos extremos no registran cambio (Anexo 5, Figura 5a).

La estación **San Bernabé** registra una oscilación decadal de TemMax con disminuciones y aumentos alternados de temperatura (23.5°, 22.5°, 23.5°, 23° y 25.2°C), su amplitud es menor en los años 1968 a 1972, 1984 a 1986 y en 1994. Asimismo, sus valores mínimos (9.5°, 9°, 10° y 7.2°C) y máximos (33°, 32°, 32.5° y 32.5°C) presentan aumentos y disminuciones alternados. La variabilidad temporal de los valores mínimos registra en las primeras cuatro décadas temperaturas entre los 12° a 22° y 9° a 22°C, excepto en los años de menor amplitud térmica donde la temperatura se presenta más caliente de 17° a 22°. En el caso de la última década

los valores mínimos son de 18° a 23°C, aunque también se presentan temperaturas más frías entre 7° a 12°C (Anexo 4, Figura 4d).

Los valores máximos son menos variables en su comportamiento, en todas las décadas sus mayores registros son entre los 22° y 30°C, aunque los datos llegan a alcanzar temperaturas de hasta 33°C. El rumbo de los datos indica ascenso moderado de temperatura en las dos primeras décadas y ascensos marcados en las tres últimas décadas, especialmente en la de los 90. Así, entre la segunda y última década existe aumento en la media (1.4°C) y en los valores máximos extremos (.4°C). Los mínimos extremos muestran disminución de temperatura (-2.3°C) (Anexo 5, Figura 5a).

4.3.2.2 Serie 4

La serie 4 se conforma de las estaciones Temoaya y San Lorenzo Malacota, con un periodo de 35 años dividido en tres décadas y un quinquenio (1971 – 1980, 1981 – 1990, 1991 – 2000 y 2001 – 2005) y localizadas en un rango altitudinal entre los 2600 a 2700m en la zona norte de la SC (Figura 9).

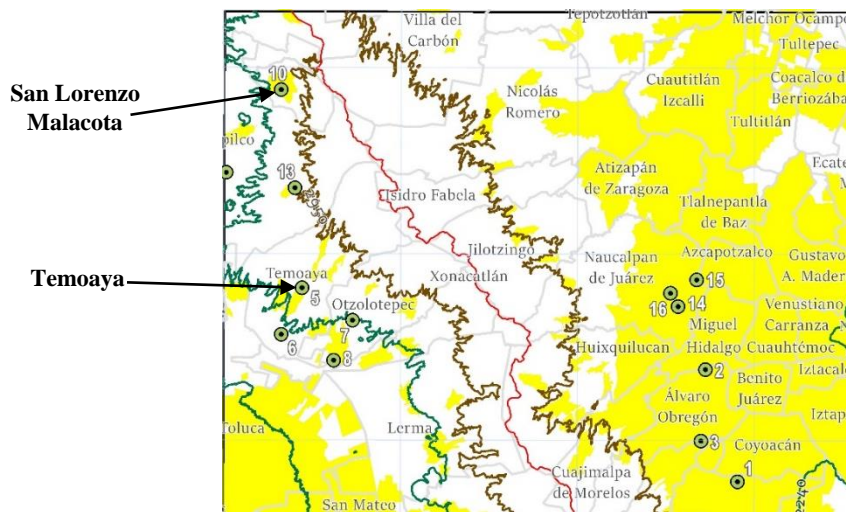


Figura 9. Localización de las estaciones Temoaya y San Lorenzo Malacota.

En la estación **Temoaya** la oscilación decadal fue durante las dos primeras décadas de 20°C, la tercera década indica la mayor amplitud con 26°C, mientras que el quinquenio indica la menor oscilación con 19°C. Los valores mínimos (10°, 10°, 7° y 12°C) y máximos (30°, 30°, 33° y 31°C) muestran en lo general el mismo sesgo a la media. Los datos mínimos de la TemMax presentan una variabilidad temporal con descenso y ascenso alternado, en la primera década se concentran entre los 12° a 21°C, en la segunda entre los 15° a 21°C, en la tercera década entre los 12° a 21° y en el quinquenio, donde se tienen las temperaturas mínimas más calientes, se concentran entre los 18° a 22°C (Anexo 4, Figura 4e).

Los valores máximos oscilan entre los 21° a 30°C en la primera década, continúan en el mismo rango durante la segunda década excepto en los años de 1984 a 1987 y el año 1990, donde los valores máximos se registran entre los 21° a 27°C tornándose menos calientes. En la tercera década los máximos oscilan entre los 21° a 29°C, excepto en el año 1998 donde se presentan los registros más calientes con un rango entre los 21° a 33°C. En el quinquenio los valores se muestran entre los 22° a 31°C. El rumbo de los datos denota un descenso ligero en la primer década y aumento marcado en la tercera. Finalmente, al contrastar los primeros cinco años con los últimos cinco del periodo de esta serie se evidencia, aumento en la media (.8) y en los valores máximos (1°C) y mínimos extremos (1°C) (Anexo 5, Figura 5a).

La estación **San Lorenzo Malacota** evidencia una oscilación decadal con aumentos y descensos alternados muy marcados (28°, 20°, 29° y 23°C). La variabilidad no muestra la misma amplitud térmica, se reduce en los años de 1980 a 1982 (15° a 29°C), de 1987 a 1995 (15° a 30°C) y de 1999 a 2002 (9° a 28°C).

Los valores mínimos (4°, 8°, 9° y 11°C) muestran en lo general el mismo sesgo a la media que los máximos (33°, 31°, 37° y 31°C) y con aumento sostenido (Anexo 4, Figura 4f).

La variabilidad temporal entre los valores mínimos y máximos es muy fluctuante, se registran entre 18° a 37°C (1971 – 1974) la etapa de mayor incremento de temperatura, 9° a 30°C (1975 – 1979), 15° a 29°C (1980 – 1982), 11° a 31°C (1983 – 1986), 15° a 26°C (1987), 15° a 30°C (1988 – 1995), 9° a 32°C (1996 – 1998), 9° a 28°C (1999 – 2002) y 10° a 32°C (2003 – 2005). El rumbo de los datos indica descensos en la primer (muy marcado) y tercer década y ascenso en la segunda década y el periodo del quinquenio. Por último, al contrastar los primeros cinco años con los últimos cinco del periodo de esta serie se evidencia, disminución en la media (-4.3°C) y en los valores máximos (-6°C) y mínimos extremos (-1°C) (Anexo 5, Figura 5a).

4.3.2.3 Serie 5

La serie 5 se conforma de dos estaciones Presa el Tigre y Jiquipilco, con un periodo de tiempo de casi 4 décadas (1962 – 1970, 1971 – 1980, 1981 – 1990 y 1991 – 2000). Su rango altitudinal se establece entre los 2700 y 2800 metros de la zona norte de la SC (Figura 10).

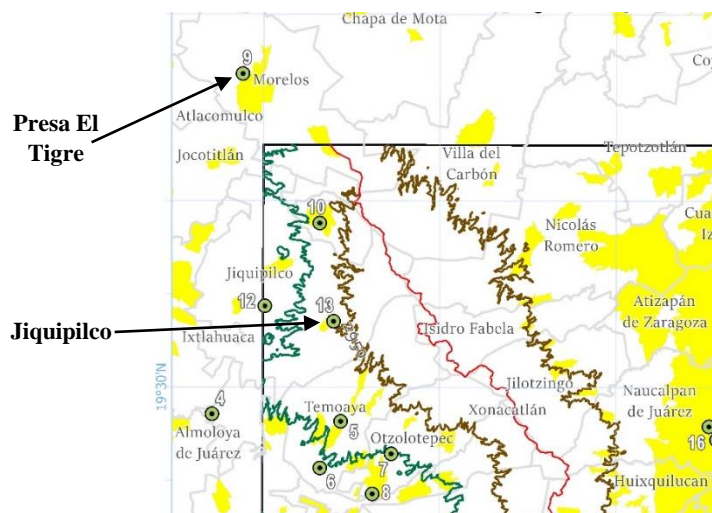


Figura 10. Localización de las estaciones Presa el Tigre y Jiquipilco.

La oscilación decadal de la TemMax en la estación **Presa El Tigre** presenta ascensos y descensos alternados (26.5° , 22° , 26° y 22°C). Los valores mínimos extremos decadales (4.5° , 8° , 7° y 9°C) y máximos extremos (31° , 30° , 33° y 31°C) indican ascensos y descensos alternados. La variabilidad temporal muestra en lo general la misma amplitud térmica, excepto en los años de 1962, 1963, 1969 a 1972, 1993 y 1994, donde se reduce la amplitud térmica. Los valores mínimos varían temporalmente en lo general entre los 9° y 22°C , excepto en los años de menor amplitud térmica (Anexo 4, Figura 4g).

Los valores máximos mantienen una variabilidad homogénea entre los 20° y 30°C . El rumbo de los datos marca descensos moderados en las dos primeras décadas y aumento muy moderado en las dos últimas. Finalmente, entre la primer y última década la media presenta aumento moderado ($.2^{\circ}\text{C}$), así como aumento en los valores máximos (4.5°C) y mínimos extremos (2.5°C) (Anexo 5, Figura 5a).

La estación **Jiquipilco** indica una oscilación decadal de la TemMax con incremento entre la primer y segunda década (25° a 29°C) y descenso entre la

segunda y tercera (29° a 27°C), así como entre la tercera y cuarta (27° a 23°C). Los valores mínimos extremos indican aumento sostenido de temperatura en las tres primeras décadas (4°, 6° y 9°C) y disminución en la última (6°C). Asimismo, los valores máximos extremos muestran aumento sostenido de temperatura en las tres primeras décadas (29°, 35° y 36°C) y disminución en la última (29°C). La oscilación térmica evidencia una menor amplitud en los años 1969 a 1974 y de 1992 a 1996. En la variación temporal los valores mínimos de TemMax presentan las más bajas temperaturas en la primer década (7° a 18°C) y en la segunda mitad de la última década (6° a 19°C), mientras que las más altas en la segunda (10° a 20°C) y tercer década (10° a 21°C), así como en los dos periodos de menor amplitud térmica (14° a 21°C y 15° a 19°C) (Anexo 4, Figura 4h).

La variabilidad temporal de los valores máximos registra aumento entre la primer y segunda década (18° a 29°C y 20° a 30°C) y descensos en las dos últimas (21° a 29°C y 19° a 29°C), excepto en los años 1983 y 1984 donde los valores máximos presentan las máximas temperaturas (21° a 36°C). El rumbo de los datos muestra descenso brusco en la primer y segunda década y moderado en la última, y en la tercera aumento moderado. Por último, entre la primer y última década la media indica aumento (1.41°C), así como los valores máximos (5°C) y mínimos (4°C) extremos (Anexo 5, Figura 5a).

4.3.2.4 Serie 8

La serie 8 se compone de dos estaciones Trojes y Hacienda la Y, con un periodo de 3 décadas (1981- 1990, 1991 – 2000 y 2001 – 2010). Se establecen en un rango altitudinal de 2500 a 2600m en la zona centro de la SC (Figura 10).

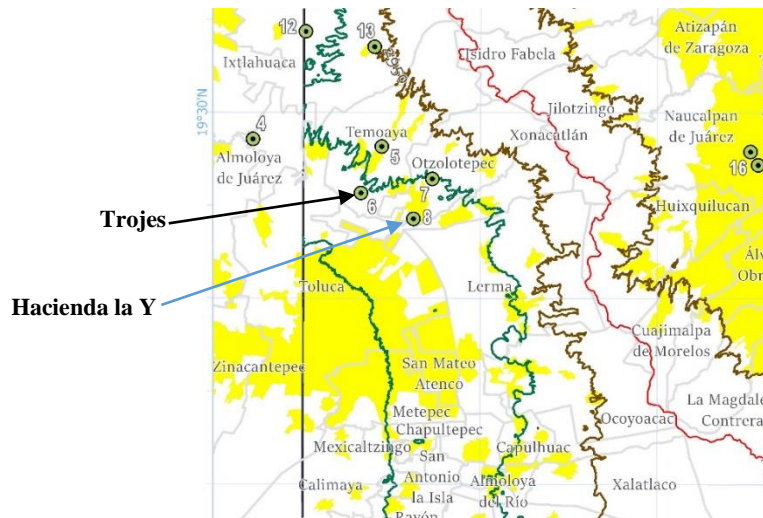


Figura 10. Localización de las estaciones Presa el Tigre y Jiquipilco.

La oscilación decadal de la TemMax de la estación **Trojes** indica aumento y disminución alternado (22° , 27° y 24°C), sin embargo, los datos se muestran con una mayor amplitud térmica desde 1998 hasta el 2010. Los valores mínimos extremos son más calientes en la primer y última década (9° y 8°C) que en la segunda (5°C). Sin embargo, la variación temporal de los valores mínimos se registra con temperaturas más frías en la última década (9° a 21.5°C), que en la segunda (12° a 21.5°C) y primera (15° a 21°C) (Anexo 4, Figura 4n).

Los valores máximos extremos son menos calientes en la primera década (31°C) y de mayor temperatura en las dos últimas (32°C). Sin embargo, la variación temporal de los valores máximos muestra que el mayor calentamiento se da en los años de mayor amplitud térmica, así los datos se concentran entre los 21.5° a 30°C , mientras que en los años anteriores entre los 21.5 a 27°C . El rumbo de los datos indica ascenso en las dos primeras décadas y descenso en la última. Finalmente, entre la primer y última década se manifiesta aumento en la media ($.8^{\circ}\text{C}$) y en los

valores máximos (1°C) y descenso en los valores mínimos extremos (-1°C) (Anexo 5, Figura 5a).

La oscilación decadal de la TemMax en la estación **Hacienda la Y** presenta aumento sostenido (22°, 24° y 24.5°C). La mayor amplitud térmica se manifiesta entre los años 2001 a 2006 (12° a 32°C) y la menor entre el 2007 a 2009 (15° a 27°C). Los valores mínimos extremos indican aumento de temperatura sostenido (12°, 9.5° y 8°C). Sin embargo, la variación temporal de los valores mínimos se muestra a la inversa con el mayor calentamiento en la primera década (15° a 22°C) y disminución de temperatura en la segunda (12° a 21.5°C) y tercer década (12° a 22°C), excepto en los años de menor amplitud térmica (15° a 22°C) (Anexo 4, Figura 4ñ).

Los valores máximos extremos indican disminución sostenida de la temperatura (34°, 33.5° y 32.5°C). Sin embargo, en su variación temporal registran al inicio del periodo una concentración de temperatura entre los 22° a 27°C (1981 – 1987), que aumenta en los siguientes años de 21.5° a 30°C (1989 – 2000) y de 22° a 32°C en los últimos años, excepto en los que marcan la menor amplitud térmica (22° a 27°C). El rumbo de los datos indica ascensos marcados en las dos primeras décadas y disminución en la última. Por último, entre la primer y última década se evidencia aumento en la media (.8°C) y en los valores mínimos extremos, y disminución de los valores máximos extremos (Anexo 5, Figura 5a). La descripción de la variabilidad de la TemMax de las series climáticas cortas se resume en la tabla 1.

Tabla 1. Características principales de la variabilidad de la temperatura máxima diaria (TemMax) de las vertientes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces, con series climáticas cortas.

	Altitud (msnm)	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Rumbo de los datos					Media	Valores extremos máximos	Valores extremos mínimos
				1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010			
Vertiente oriental											
Serie 1											
Presa Taximay	2200 – 2300 (norte)	●	●	↘	↘	↘	↗	↗	●	●	●
Molinito Blanco		●	●	↘	↗	↘	↗	↗	●	●	●
Serie 6											
Molinito	2200 – 2300 (centro)	●	● ●		→	↘	↗	↘	●	●	●
Totolica San Bartolo		● ●	● ●	↘	↗	↗	↗	●	●	●	
Desviación Alta al Pedregal		● ●	●	↘	↘	↗	↘	●	●	●	
Serie 7											
Presa Ansaldo	2300 – 2400 (centro)	● ●	●	↘	↗	↘		●	●	●	
Presa Tacubaya		● ●	● ●	↗	↗	↘		●	●	●	
Vertiente occidental											
Serie 3											
Ejido de Llano Grande	2500 – 2600 (norte)	● ●	●	↗	↗	↗	↗	↗	●	●	●
San Bernabé		● ●	●	↗	↗	↗	↗	↗	●	●	●
Serie 4											
Temoaya	2600 – 2700 (norte)	● ●	● ●	↘	↗	↘	↗	↗	●	●	●
San Lorenzo Malacota		● ●	● ●	↘	↗	↘	↗	●	●	●	
Serie 5											
Presa el Tigre	2700 – 2800 (norte)	●	●	↘	↘	↗	↗	●	●	●	
Jiquipilco		●	● ●	↘	↘	↗	↘	●	●	●	
Serie 8											
Trojes	2500 – 2600 (centro)	●	●		↗	↗	↘	●	●	●	
Hacienda la Y		●	● ●		↗	↗	↘	●	●	●	

● ↗ Incremento ● ↘ Disminución ● ↘ Sin cambios

La Tabla 1 resume las características generales de la variabilidad anual de la temperatura máxima diaria (TemMax) de las series cortas, en lo que a lo largo de 50 años, en las diferentes décadas y distintas zonas de la Sierra de las Cruces, pueden apreciarse las fluctuaciones evidenciadas de los valores máximos y mínimos de cada estación meteorológica (incremento y disminución en círculos rojos y verdes). De manera general las temperaturas máximas y mínimas presentaron aumentos y disminuciones de una década a otra y hacia el interior de las mismas, excepto las series 1 y 8 de las zonas norte y centro de la vertiente oriental y occidental, respectivamente, en donde la temperatura presentó aumento sostenido a lo largo de las décadas.

El rumbo de los datos (flechas rojas y verdes) representa la síntesis de la variabilidad hacia el interior de las series en cada década, en donde en la mayor parte de las estaciones, aún habiendo disminución y aumento de la temperatura en valores máximos y mínimos, se evidencian en el tiempo rumbos hacia el aumento de temperatura, muy marcado en la zona norte de menor altitud de la vertiente occidental, así como en la década de los 80 de la vertiente occidental y la década de los 90 de la vertiente oriental, donde todas las estaciones presentaron dicho aumento.

La comparación de las medias y los valores extremos decadales, entre el primer y último periodo de cada estación de cada serie, permiten apreciar en la mayor parte de los casos de la vertiente oriental aumentos de temperatura, donde pocas estaciones continuaron sin cambios ya sea en las medias o en los valores extremos (círculos rosa claro), mientras que ninguna estación presentó disminución. De igual forma, en la vertiente occidental también se presentaron mayormente aumentos y pocos casos con disminución o sin cambios en la media o sus valores extremos.

4.4 Descripción de la temperatura mínima diaria en series cortas.

4.4.1 Vertiente oriental

4.4.1.1 Serie 1

En **Presa Taximay** la oscilación térmica de la TemMin presenta entre sus cinco décadas ritmos fluctuantes (18.5°, 16°, 19.5°, 18° y 17.5°C). Los valores mínimos (-3°, -1°, -1.5°, 0° y 0°C) muestran un mayor sesgo a la media que los máximos (15.5°, 15°, 18°, 18° y 17.5°C), con aumento sostenido en los primeros y fluctuaciones de ascenso y descenso en los segundos. La variabilidad temporal de los valores mínimos indica las menores temperaturas en la primer década, las cuales oscilan entre los -3° a 8°C (1961- 1966) y -1 a 8°C (1967 – 1970), y ascenso constante en las siguientes décadas con valores entre los -1 a 9°C (1971 – 1976), 1° a 9°C (1977 – 1980), 1° a 10°C (1981 – 1985), 0° a 10°C (1991- 2000) y 0° a 10.2°C (2001 – 2010), excepto en los años de 1986 a 1990 donde los mínimos muestran decrecimiento (-1° a 10°C) (Anexo 6, Figura 6a).

La variabilidad temporal de los valores máximos presenta ascenso moderado. En la primer y segunda década los datos se muestran entre los 8° a 14.5 y 9° a 14.5°C, respectivamente, mientras que en las tres últimas décadas entre los 10° a 15°C, con dos años que registran datos máximos de 18°C (1983 y 1995). El rumbo de los datos de la TemMax marca ascenso brusco en las dos primeras décadas y moderado en la tercera, así como ascenso moderado en las dos últimas. Finalmente, lo anterior establece entre la primera y última década aumento de temperatura en las medias (2.1°C) y en los valores máximos (2°C) y mínimos extremos (3°C) (Anexo 5, Figura 5b).

En la estación **Molinito Blanco** la TemMin indica la menor oscilación decadal en las dos primeras décadas (20°C), con aumento en la tercera (22.5°C) y disminución y aumento en las dos últimas (20.5° y 23°C). Los valores mínimos (-4.5°, -5°, -7°, -6.5° y -6°C) se tornan más sesgados a la media que los máximos (15.5°, 15°, 15.5°, 14° y 17°C) e indican registros de temperaturas extremas más frías en las tres últimas décadas, mientras que los valores máximos muestran descenso y ascenso alternado. La variabilidad temporal de los valores mínimos manifiesta poca fluctuación, se registra entre los -3° a 8°C en la primera década y -3° a 8.5°C en la segunda, excepto en el año 1977 donde la temperatura se muestra más caliente en un rango entre los 0° a 8.5°C. En la tercer década la temperatura marca descenso entre los -3° a 7°C (1981 – 1985) y -4° a 7°C (1986 – 1990) y temperaturas extremas mínimas de -7°C, mientras que en las dos últimas décadas los valores mínimos se muestran entre los -3° a 6°C (1991 – 2002), con descenso de temperatura en los últimos años de -6° a 6°C (2007) y -4° a 6°C (2003 a 2010) (Anexo 6, Figura 6b).

La variación temporal de los valores máximos presenta mayor fluctuación, la primera década indica que estos se establecen entre los 8° a 15°C, en la segunda entre los 8.5° a 15°C, rango que continúa hasta el año de 1984 de la tercer década donde la temperatura marca descenso entre los 7° a 13°C. En la cuarta década el descenso continúa con valores máximos entre los 6° a 12°C y hasta 6° a 10.5°C (1996). En la última década los valores aumentan entre los 6° a 13°C, excepto en el año 2002 donde se registra la temperatura más alta entre los 6° a 17°C. El rumbo de los datos indica aumento moderado en las dos primeras décadas y descenso en las últimas tres, aunque muy marcado en la tercera. Finalmente, entre la primer y

última década se manifiesta descenso en la media (-1.9°C) y en los valores mínimos extremos (-1.5°C), mientras que en los valores máximos extremos aumento (1.5°C) (Anexo 5, Figura 5b).

4.4.1.2 Serie 6

La estación **Molinito** presenta una oscilación térmica decadal de la TemMin con disminución sostenida (20.5°, 20°, 19.5° y 19°C). Sus valores mínimos, con descensos y ascensos alternados, (-4°, -3.5°, -4.5° y -4°C) se encuentran más sesgados a la media que los máximos (15° y 16.5°C). Sin embargo, la amplitud térmica no es homogénea, esta es mayor en las dos primeras décadas y reducida en las dos últimas. La variación temporal de los valores mínimos muestra fluctuaciones de ascensos y descensos. En la primera década los valores se establecen entre los -3° a 7.5°C (1971 – 1975), con aumento de temperatura en los últimos 5 años (1976 – 1980) de -1 a 7.5°C. El aumento continúa en los primeros años de la segunda década (1981 – 1985), donde los valores se establecen en un rango entre los 0° a 8.5°C, para después decrecer la temperatura entre los -3 a 8.5°C hasta el inicio de la tercera década (1986 a 1991). Los siguientes años de esta década la temperatura aumenta en los mínimos en un rango entre los 0° a 8.5°C, con valores extremos de hasta -4.5°C en los años 96 al 98. La última década presenta también ascenso con valores entre los 1 a 9°C y de -1° y -4°C solo en los años 2001, 2004 y 2008 (Anexo 6, Figura 6i).

La variabilidad de los valores máximos también es fluctuante, en la primera década se registran entre los 8° a 13.5°C, con extremos de hasta 16.5°C (1979). La segunda década evidencia aumento de temperatura entre los 8.5° a 15°C, excepto

en el año 1993 en el que se establecen hasta los 16.5°C. En la tercera década la temperatura decrece entre 8.5° a 12°C (1992, 93 y 94) y aumenta entre 8.5° a 14°C. La mayor temperatura de los valores máximos se observa en la última década, en un rango general entre los 9° a 14°C, con extremos de hasta 15°C en los años 2003 y 2005. El rumbo de los datos indica ascenso brusco en la primer década y moderado en la segunda y última, mientras que la tercera década muestra descenso. Finalmente, entre la primer y última década se establece aumento en la media (1.7°C) y sin cambio en los valores extremos máximos y mínimos (Anexo 5, Figura 5b).

La oscilación térmica decadal de la TemMin en la estación **Totolica San Bartolo** no registra variación en sus dos primeras décadas (20.5°C), a diferencia de las dos últimas (18° y 22.5°C). Los valores mínimos extremos (-5°, -4.5°, -2.5° y -4.5°C) se encuentran más sesgados a la media que los máximos extremos (15.5°, 16°, 15.5° y 18°C), excepto en los años 1991 a 1993 donde se presenta una baja amplitud térmica. La variación temporal de los valores mínimos muestra mucha fluctuación, los datos se registran entre los -3° a 8°C al inicio de la primer década (1971 – 1975), con aumento de temperatura de -1.5° a 8°C en los últimos años de esta década y comienzos de la segunda (1976 a 1984), los siguientes años la temperatura se vuelve más fría y se registra entre -2.5 a 8°C (1985 – 1990), con valores extremos de hasta -4.5°C. En la tercera década los datos se muestran entre los 0° y 8°C, excepto en los años de menor amplitud térmica donde se registran entre los 3° a 8°C. La cuarta década presenta en sus dos primeros años (2001 – 2002) valores mínimos entre los 3° a 10.5°, para después disminuir la temperatura entre los 0° y 10.5°C (2003 – 2008) (Anexo 6, Figura 6j).

La variación temporal de los valores máximos también muestra mucha fluctuación, los datos se registran en la primera década de los 8° a los 14.5°C lo que continúa hasta la segunda década (1971 – 1987), en cuyo final la temperatura decrece para establecerse entre los 8° a 13.5°C (1988 – 1990) y continuar dicho decrecimiento a principio de la tercera década (1991 – 1993), donde los valores máximos se establecen entre los 8° a 11°C. En los siguientes años de esta última década la temperatura presenta aumentos entre los 8° a 15°C (1994, 1995, 1999 y 2000) y disminución entre los 8° a 13°C (1997 - 1998). En la cuarta década los valores se vuelven más calientes, con temperaturas entre 10° a 15°C (2001 - 2002) y 10° a 16°, con valores extremos de hasta 18°C (2003 – 2008). El rumbo de los datos indica aumento brusco en la primer y tercer década y moderado en la última y disminución en la segunda década. Finalmente, entre el primer y último periodo se evidencia aumento en la media (2.3°C), así como en los valores máximos (2.5°C) y mínimos extremos (.5°C) (Anexo 5, Figura 5b).

La estación **Desviación Alta al Pedregal** registra una oscilación térmica decadal de la TemMin con ascensos entre la primer y segunda década (19° a 19.5°C) y descensos de la segunda a la cuarta (19.5°, 16.5° y 14°C). Sus valores mínimos extremos (-5°, -4°, -1° y 0°C) se encuentran más sesgados a la media que los máximos extremos (14°, 15.5°, 15.5° y 14°C) y muestran aumento de temperatura sostenido, a diferencia de los máximos que presentan aumento y disminución. La variación temporal de los valores mínimos se presenta entre los 0° a 8°C en las dos primeras décadas, excepto en los años 1973 (-5° a 8°C), 1980 (-2° a 8°C) y de 1986 a 1989 (-4° a 8°C), donde las temperaturas son más frías. En los años de la tercera década la temperatura muestra incremento, así los mínimos

varían entre .5°, 1° y 1.5°C hasta los 8.5°C, mientras que en la última década entre 1°, 1.5° y 2°C hasta 8°C, a excepción de los años 2002 y 2005 donde la temperatura, aún más caliente, se muestra entre 0° a 8°C (Anexo 6, Figura 6k).

La variación temporal de los valores máximos concentra sus datos en las dos primeras décadas entre los 8° a 13°C y hasta los 14°C (1971, 1973), 14.5°C (1981) y 15.5°C (1983, 1989). En las últimas dos décadas la temperatura de los máximos se manifiesta en un rango general entre los 8.2° a 13.5°C. El rumbo de los datos indica descenso muy moderado en la primer y segunda década, ascenso moderado en la tercera y descenso moderado en la cuarta. Por último, entre la primer y última década se observa leve aumento en la media (.1°C) y aumento de los valores mínimos extremos (5°C) y sin cambio en los máximos extremos (Anexo 5, Figura 5b).

4.4.1.3 Serie 7

La oscilación térmica decadal de la TemMin en la estación **Presa Ansaldo**, se manifiesta con descenso continuo (18.5°, 18° y 17.5°C). La amplitud térmica presenta ritmos fluctuantes homogéneos, excepto en los años de 1983 a 1985 donde la amplitud se reduce (7° a 12°C). Los valores mínimos (-3°, -3° y -2.5°C) están más sesgados a la media que los máximos (15.5°, 15° y 15°C), en los primeros se observa ascenso de temperatura mientras que en los segundos descenso. La variación temporal de los valores mínimos es muy oscilante, la temperatura se presenta en un rango entre 0° a 7.5°C al inicio de la primera década (1961 – 1966) y decrece entre -3° a 7.5°C en los siguientes años (1967 y 1968), para después aumentar y definirse entre -1° a 7.5°C (1969 – 1970) y -1° a 8°C (1971

– 1973). Nuevamente, los valores mínimos registran disminución de temperatura entre -3° a 8°C (1975 y 1976) y aumento entre 0° a 8°C (1977 – 1980), así como entre 0° a 9°C en el último periodo con valores extremos de hasta -2.5°C (1986), excepto en los años de menor amplitud térmica donde los valores mínimos se registran entre los 7° a 9°C (Anexo 6, Figura 6l).

La variabilidad temporal de los valores máximos se establece en la primera década entre 7.5° a 13°C , con valores extremos de hasta 15.5°C (1963). En la segunda década, con oscilación marcada, los datos se muestran entre los 8° a 13°C (1971 - 1973), 8° a 12°C (1974 – 1976) y 8° a 13.5°C (1977 – 1980). El último periodo indica el mayor calentamiento, se establecen los valores máximos entre los 9° a 14°C (1981, 82 y 86) y 9° a 15°C (1987 – 1980), no obstante, en los años de baja amplitud térmica entre los 9° a 12°C (1983 y 1984) y 9° a 10°C (1985). El rumbo de los datos señala aumento muy moderado en la primer y segunda década y moderado en el último periodo. Finalmente, entre el primer y último periodo se evidencia aumento en la media (1.3°C), así como en sus valores máximos (1°C) y mínimos extremos ($.5^{\circ}\text{C}$) (Anexo 5, Figura 5b).

La estación **Presa Tacubaya** muestra en la TemMin, oscilación térmica decadal en aumento (20° , 20.5° y 21°C). Su oscilación establece ritmos fluctuantes homogéneos, con reducción de la amplitud térmica en los años 1984, 1985 y 1986 (-3° a 11°C). Sus valores extremos mínimos (-6° , -5° y -5°C) y máximos (14° , 15.5° y 16°C) presentan aumento. Los valores mínimos se encuentran más sesgados a la media que los máximos. La variabilidad temporal de los valores mínimos se muestra con descenso de temperatura en la primera década, con rangos entre los -3° a 6°C (1961 – 1963) y -4° a 6°C (1964 – 1970), con extremos de hasta -6°C (1967). La

segunda década indica aumento de temperatura en los mínimos, con rangos entre los -3° a 7.5°C (1971 – 1976) y -1° a 7.5°C (1977 – 1980), con extremos de hasta -5°C (1996). En el último periodo la temperatura de los mínimos vuelve a decrecer con rangos entre -2° a 6.5°C (1981 – 1982) y -3° a 6.5°C (1983 – 1988), con extremos de hasta -5°C (1983 y 1987) (Anexo 6, Figura 6m).

La variación temporal de los valores máximos presenta aumentos de temperatura en la primera década, los mismos se muestran entre 6° a 11°C (1961), 6° a 12°C (1962 – 65) y 6° a 13°C (1966 – 70), con valores extremos de 14°C (1963 y 1966). En la segunda década continúa el ascenso en un rango entre 7.5° a 14°C , excepto los años 1975 y 1976 donde los datos máximos se identifican entre los 7.5° a 13°C . El último periodo indica el máximo ascenso, pero también descenso en los años de menor amplitud térmica, los datos de muestran entre los 6.5° a 15°C (1981,82, 83 y 87), 6.5° a 11°C (1984, 85, 86) y 6.5° a 13°C (1988). El rumbo de los datos indica ascenso moderado en la primera década, brusco en la segunda y descenso brusco en el último periodo. Finalmente, entre la primer y última década se registra aumento en la media ($.6^{\circ}\text{C}$), así como en los valores máximos (2°C) y mínimos extremos (1°C) (Anexo 5, Figura 5b).

4.4.2 Vertiente occidental

4.4.2.1 Serie 3

La oscilación térmica decadal de la TemMin en la estación **Ejido de Llano Grande**, se registra con aumento sostenido de la primer hasta la cuarta y quinta década (20° , 20.5° , 22° , 24.5° y 24.5°C). La amplitud térmica presenta ritmos fluctuantes y menor anchura en los años 1970 – 1973 y 1975 – 1976 (último año de la primera década

e inicio de la segunda). Los valores mínimos extremos indican descenso de temperatura sostenido (-6.5°, -7.5°C, -9.5°C, -11.5°C), excepto en la última década donde asciende (-10°C). Dichos valores son más sesgados a la media que los máximos extremos en la primer y cuarta década. Los valores máximos extremos (13.5°, 13°, 12.5°, 13° y 14.5°C) indican descenso y ascenso de temperatura entre décadas. La variación temporal de los valores mínimos, muestran ascensos y descensos de temperatura. En el primer periodo los datos se concentran entre -4.5° a 5°C, hasta la baja amplitud térmica donde los valores se registran con aumento entre los 0.5° a 5°C (1970), 1° a 2.5°C (1971 – 73) y 0° a 2.5°C (1975 – 76). En la segunda década los datos presentan también descenso de temperatura entre -6 a 2.5°C (1974 y 1977 a 1980). En la tercera década los valores oscilan entre -6° y 1.5°C (1981 – 85) y -9.5° a 1.5°C (1986 – 1990). La cuarta década presenta aumento de temperatura entre -7.5° a 1.5°C (1991 – 95) y descenso entre -9° a 1.5°C (1996 – 2000), con valores extremos de hasta -11.5°C. En la última década los valores se muestran entre -9° a 2°C, excepto el año 2006 donde se registran de -5° a 2°C (Anexo 6, Figura 6c).

La variación temporal de los valores máximos se muestra en el primer periodo de 5° a 12°C (1964 – 1968), con extremos de hasta 13.5°C (1969). En la segunda década con temperaturas más frías se establecen de 2.5° a 11°C y hasta valores extremos de 13°C (1973). En la tercera década la variabilidad es más fluctuante, los datos se registran de 1.5° a 12.5°C (1981 – 84, 1987 – 88) y 1.5° a 11.5°C (1985 – 86 y 1989 – 90). Este último rango se continúa hasta la cuarta década (1991 -1997 y 2000) con valores extremos de hasta 12°C (1994, 96 y 2000) y 12.5°C (1993), para en este mismo periodo aumentar la temperatura tan solo en dos años (1998,

1999) y colocarse entre 1.5° a 12°C. La última década también muestra ascenso de 2° a 12.5°C (2001 – 02, 2010) y descenso de 2° a 11°C (2003 – 07, 2009), con extremos de hasta 14.5°C (2003). El rumbo de los datos indica descenso brusco (primer y segunda década) y muy moderado (cuarta década) y ascenso moderado (tercera década) y brusco (quinta década). Finalmente, entre el segundo y último periodo se identifica disminución en la media (.3°C) y en los valores mínimos extremos (2.5°C), y aumento en los valores máximos extremos (1.5°C) (Anexo 5, Figura 5b).

En la estación **San Bernabé** la oscilación decadal de la TemMin registra aumento en durante las primeras cuatro décadas y disminución en la última (20.5°, 20.5°, 22.5°, 24° y 22.5°C), mientras que en los valores mínimos extremos disminución durante las primeras cuatro décadas y aumento en la última (-7.5°, -7.5, -9.5°, -11°, -10.5°C). Los valores máximos extremos se mantienen constantes en las primeras cuatro décadas (13°C) y con disminución de temperatura en la última (12°C). La amplitud de la oscilación térmica muestra ciclos homogéneos en las primeras tres décadas, mientras que en la cuarta (1991 - 1996) y quinta (2005 – 2007) se indican años con disminución marcada. La variabilidad de los valores mínimos se sitúa en el primer periodo entre -7° a 5°C, con valor extremo de 7.5°C (1968). Presenta fluctuación alta en las siguientes dos décadas, con rangos entre -6.5° a 3°C (1971 – 76), -4° a 3°C (1977 – 79) y -6° a 3°C (1980) en la segunda década y -5.5° a 2.5°C (1981, 1990), -7.5° a 2.5°C (1982, 83, 87, 89), -9.5 a 2.5°C (1986, 88) y -5° a 2.5°C (1984, 85) en la tercer década. En la cuarta década la temperatura de los valores mínimos continúa entre -5° a 2.5°C en los años de menor amplitud térmica (1991 – 1996), para descender entre -8° a 2.5°C con valor extremo

mínimo de -11°C (1997) en los últimos años (1997 – 2000). En la última década los datos mínimos se sitúan entre -8° a 2.3°C , con extremos de hasta -10.5°C , excepto en los años de menor amplitud térmica donde se registran entre 0° a 2.3°C (Anexo 6, Figura 6d).

La variación temporal de los valores máximos no es tan oscilante, se registra en el primer periodo entre 5° a 12°C , con valor extremo de hasta 13°C (1969), entre 3° a 12°C en la segunda década, con valores extremos de 13°C (1973 y 74). La tercera década presenta mayor fluctuación, los valores se registran de 2.5° a 13°C , excepto en el año 1984 donde se sitúan de 2.5° a 11.5°C y en 1990 con un rango entre 2.5° a 12°C . En la cuarta década los valores se registran de 2.5° a 12°C , excepto en 1994 cuyos valores se indican entre 2.5° a 10°C y 1996 con un rango entre 2.5° a 11°C . En la última década los valores máximos se registraron entre 2.5 a 11°C en los dos primeros años (2001 y 2002) y entre 2.5° a 10°C en el resto de los años. El rumbo de los datos indica aumento muy moderado en las dos primeras décadas, moderado en la tercera, descenso brusco en la cuarta y moderado en la quinta. Por último, entre la segunda y última década se manifiesta descenso en la media (-1°C) y en los valores máximos (-1°C) y mínimos extremos (-2.5°C) (Anexo 5, Figura 5b).

4.4.2.2 Serie 4

La oscilación decadal de la TemMin en la estación **Temoaya** indica aumento sostenido en las tres primeras décadas (16° , 18° y 18.7°C) y disminución en el último periodo (16°). La amplitud térmica se manifiesta homogénea y con ritmos fluctuantes. Los valores mínimos extremos (-4° , -4° , -6° y -4°C) se muestran más

sesgados a la media que los máximos extremos (12°, 14°, 12.5° y 12°C), los primeros son poco oscilantes a diferencia de los segundos que registran ascenso y descenso. La variabilidad temporal de los valores mínimos se presenta en la primera década entre -1° a 5.5°C (1974 -75 y 1977 – 79), con valor extremo de -6°C (1975) y -2° a 5.5°C (1971 -73, 76 y 80). En la segunda década los mínimos son más calientes, se registran de 0° a 5.5°C, con extremos de -1°C (1984), -3°C (1988) y -4°C (1989). En la tercera década continúa el aumento de temperatura, coloca a los mínimos entre 0° a 6°C, con valor extremo de -4°C (1998). En el último periodo (2001 – 2005) la temperatura desciende, los datos se registran de -3° a 5.5°C, con valor extremo de -4°C (2002) (Anexo 6, Figura 6e).

La variación temporal de los valores máximos se muestra en la primera década de 6° a 11°C, con valores extremos de 12°C (1971, 72, 74 y 80). En la segunda década los registros se establecen con descenso y ascenso de temperatura entre 5.5° a 12°C (1981 – 83), 5.5° a 10°C (1984 – 85) y 5.5° a 11°C (1986 – 90). Asimismo, en la tercer década los valores se establecen entre 5.5° a 10°C (1991, 1992, 1994 y 2000) y entre 5.5° a 11°C en el resto de la década, excepto en el año 1998 donde se registran los valores más calientes de 5.5° a 12.5°C. En el último periodo los valores se sitúan de 5.5° a 12°C (2001 - 2003) y 5.5° a 11°C (2002, 2004, 2005). El rumbo de los datos indica aumento muy ligero en la primera década, descenso ligero en la segunda y tercer década y aumento moderado en el último periodo. Finalmente, entre el primer y último periodo se evidencia leve disminución en la media (-.2°C) y sin cambio en los valores máximos y mínimos extremos (Anexo 5, Figura 5b).

En la estación **San Lorenzo Malacota**, la oscilación decadal de la TemMin evidencia aumento sostenido de temperatura (16.5°, 17°, 18° y 23°C) y una reducción de la amplitud térmica en los años 1991, 1992 y 1996. Los valores mínimos extremos (-2.5°, -5°, -6° y -5°C) son más sesgados a la media que los máximos extremos (14°, 12°, 12° y 18°C), excepto en el último periodo. La variabilidad temporal de los valores mínimos se establece en la primera década de 0° a 5.5°C, excepto en 1971, 78 y 80, donde oscilan de -2.5° a 5.5°C. En la segunda década los valores se registran de 0° a 5°, excepto en los años 1984, 1988 y 1990 donde los valores mínimos del rango se establecen en -2°, -5° y -4°C, respectivamente. La tercera década es más oscilante, los mínimos se establecen de -2.5° a 4.5°C (1991, 1996), -4° a 4.5°C (1992), 0° a 4.5°C (1993 – 1995 y 1999), -6° a 4.5°C (1997, 1998) y -3.5° a 4.5°C (2000). En el último periodo los mínimos se registran de 0° a 5°C, aunque con extremos de -3°C (2002, 2005) y -1.5°C (2003) (Anexo 6, Figura 6f).

La variación temporal de los valores máximos se registra de 5.5° a 11°C en los primeros años (1971 – 1977), con valor extremo de 14°C (1975), los siguientes años (1977 – 80) son más calientes, los datos se muestran entre 5.5° a 12°C. La segunda década evidencia oscilación muy alta con descensos y ascensos paulatinos, las temperaturas se presentan entre 5° a 12°C (1981 – 1988), 5° a 11.5°C (1982 – 1983), 5° a 10.5°C (1984 – 1985), 5° a 11°C (1986) y 5° a 10°C (1987, 1989, 1990). En la baja amplitud señalada en la tercera década los máximos se registran de 4.5° a 9°C (1991, 1992) y 4.5 a 5°C con extremos de hasta 8°C (1996), en otros años (1993, 1997 -2000) alcanzan valores entre 4.5° a 12°C y 4.5° a 10°C (1994, 1995). En el último periodo la temperatura asciende de 5° a 12°C

(2001 – 2004), con extremo de 18°C (2004) y desciende de 5° a 11°C (2005). El rumbo de los datos indica aumento muy moderado en la primera década, descenso brusco en la segunda, aumento brusco en la tercera y descenso moderado en el cuarto periodo. Por último, entre el primer y último periodo se evidencia disminución de la media (.5°C) y en los valores mínimos extremos (-3°C), así como aumento de los valores máximos extremos (1.8°C) (Anexo 5, Figura 5b).

4.4.2.3 Serie 5

En el caso de la TemMin de la serie 5 se analizaron cinco décadas, desde el año 1962 hasta el 2010. La oscilación decadal de la TemMin en la estación **Presa El Tigre**, evidencia descenso y aumento alternado de temperatura (22.5°, 22°, 24°, 21° y 22°C). La amplitud térmica presenta ritmos fluctuantes y reducción de su anchura en los años 1977 – 1980. Los valores mínimos extremos (-11°, -10°, -12°, -8° y -9°C) son más sesgados a la media que los máximos extremos (11.5°, 12°, 12°, 13° y 13°C). Los primeros muestran descenso y ascenso alternado, mientras que los segundos aumento. La variación temporal de los valores mínimos se registra en la primera década en un rango de -7.5° a 4°C, con valores extremos de -8°C (1967), -9°C (1963) y hasta -11°C (1966). Al inicio de la segunda década se muestran entre -7° a 3.5°C (1971 – 1974, 1976), con valores extremos de -10°C (1972, 1976), entre -8° a 3.5°C (1975) y en continuo descenso de temperatura entre -4° a 3.5°C (1977), -5° a 3.5°C (1978), -6° a 3.5°C y nuevamente de -7° a 3.5°C (1980). En el primer quinquenio de la tercera década los mínimos varían entre -8° a 3°C, mientras que en el segundo quinquenio con temperaturas más frías se colocan entre los -12° a 3°C. En la cuarta década los datos se registran entre los -5° a 3.5°C (1991 – 1993)

y -8° a 3.5°C (1994 – 2000). En la última década los valores mínimos con ascensos y descensos se sitúan entre -4° a 5°C (2001 – 2008), -7.5° a 5°C (2002 – 2006), -5.5° a 5°C (2009) y -9 a 5°C (2010) (Anexo 6, Figura 6g).

Los valores máximos se situaron en la primera década entre 4° a 11°C, mientras que en la segunda década entre 3.5° a 11°C. En las siguientes dos décadas los datos mostraron incremento de temperatura en un rango entre 3° a 12°C en la década de los 80 y de 3.5° a 12°C en la de los 90, con extremos de 13°C. En la década del 2000 el aumento de temperatura se registró entre 5° a 12°C, también con extremos de temperatura de 13°C. El rumbo de los datos indica aumento moderado en las tres primeras décadas, descenso muy moderado en la cuarta y descenso moderado en la última. Finalmente, entre la primer y última década se evidencia aumento en la media (1°C), así como en sus valores máximos (1.5°C) y mínimos extremos (2°C) (Anexo 5, Figura 5b).

La estación **Jiquipilco** registra una oscilación decadal de la TemMin con aumentos y descensos de temperatura (23°, 24°, 17.5°, 23.5° y 26°C). La amplitud térmica muestra ciclos fluctuantes de diversa oscilación y años de máxima reducción (1970 a 1974, 2001 a 2002 y 2007 a 2010). Los valores mínimos extremos (-9°, -4°, -4, -5.5 y -10°C) se encuentran más distantes a la media que los máximos (14°, 20°, 13.5°, 18° y 16°C), excepto en la segunda y cuarta década. La variación temporal de los valores mínimos se presenta al inicio de la primer década (1962 – 1967), en rangos con descenso gradual de la temperatura entre 0° a 5°C y hasta -9° a 5°C, esta vuelve a ascender entre -2° a 5°C (1968 – 1969) hasta alcanzar un rango entre 1° a 5°C (1970), para continuar entre 1° a 4.5°C al inicio de la segunda década (1971 – 1974) y volver a descender en los siguientes años (1975 – 1980)

en un rango entre 0° a 4.5°C, con valores extremos de -2°C (1978) y -4°C (1980). En la tercera década los mínimos se muestran entre 0° a 5°C, excepto en los años 1983 y 1986 donde alcanzan los -4° y -3°C, respectivamente. En la cuarta década los valores mínimos se registran entre los 0° y 4°C, con valor extremo de 5.5°C (2000). En la última década los mínimos en los primeros años (2001 – 2005) se registran entre 0° a 4.5°C y 1° a 4.5°C en los años de baja amplitud térmica (2007 – 2010), sin embargo, el año 2006, presenta muy baja temperatura entre -10° a 4.5°C (Anexo 6, Figura 6h).

La variabilidad temporal de los valores máximos se sitúa en la primera década entre 5° a 11°C, con extremos de 12°C (1962 y 1969) y hasta 14°C (1967), excepto en el año 1970 donde se registran de 5° a 6.5°C. Al inicio de la segunda década la temperatura asciende entre 4.5° a 8°C (1971 – 74) y entre 4.5 a 12°C (1975 – 1979), para finalizar con un aumento drástico entre 4.5° a 20°C (1980). En la tercera década los máximos presentan aumentos y descensos alternados entre 4.5° a 12°C (1981, 1983, 1990), 4.7° a 11°C (1982, 84, 86, 87), 4.7° a 10°C (1988, 89) y 4.7° a 13°C (1987). En la cuarta década los valores se concentran entre 4° a 9°C (1992 – 1996, 1998 - 1999), 4° a 10°C (1991), 4° a 12°C (2000) y con aumento drástico de 4° a 18°C (1997). En el primer quinquenio de la última década los máximos se comportan con aumento sostenido de temperatura, de 4.5° a 8°C (2001 – 2002), 4.5° a 11°C (2003), 4.5° a 12°C (2004) y hasta 4.5° a 16°C (2005), el siguiente año (2006) marca descenso de 4.5° a 12°C y hasta 4.5° a 9°C en los últimos años, excepto 2008 donde los máximos se establecen con aumento de 4.5° a 13°C. El rumbo de los datos indica descenso moderado en la primera década, aumento brusco y moderado en la segunda y tercera, descenso brusco y muy

moderado en la cuarta y última década. Finalmente, entre la primer y última década se evidencia un ligero aumento en la media ($.02^{\circ}\text{C}$) y en los valores máximos extremos (2°C) y descenso en los valores mínimos extremos (-1°C) (Anexo 5, Figura 5b).

4.4.2.4 Serie 8

En la estación **Trojes** la oscilación decadal manifiesta aumento y descenso (23.5° , 25.5° y 22°C). La amplitud térmica presenta ritmos constantes y reducción en los años 1991 a 1994. Los valores mínimos extremos (-10° , -11° y -7.5°C) están más sesgados a la media que los valores máximos extremos (13.5° , 14.5° y 14.5°C). Los primeros indican descenso y ascenso de temperatura, los segundos solo ascenso. En la primera década la variación temporal de los valores mínimos se establece con descensos y ascensos de temperatura, entre -5° a 4°C (1981, 82, 84 y 85), -7.5° a 4°C (1983, 86) y -7° a 4°C (1989, 90). En la segunda década los valores se concentran entre -5° a 4°C en los primeros años (1991 – 94), para después tornarse más fríos entre -6.5° a 4°C , con datos extremos de -8°C (1996), -11°C (1997) y -9°C (1998). En la última década los valores se vuelven menos fríos, oscilan entre -6° a 5.5°C , excepto en los años 2008 y 2009 donde se establecen de -3° a 5.5°C (Anexo 6, Figura 6n).

La variabilidad de los valores máximos es oscilante, se establecen en la primer década de 4° a 12.5°C (1981, 1982, 1983) y de 4° a 11°C en el resto de sus años, lo que continúa a principios de la segunda década (1991 – 1992), para después mostrar descenso de temperatura de 4° a 10.5°C (1995) y después aumento progresivo con valores entre 4° a 12°C (1996 – 1998) y 4° a 13°C (1998 –

2000). La última década presenta las temperaturas más calientes, con rangos entre 5.5° a 13°C y hasta 14.5°C. El rumbo de los datos indica descenso moderado en la primera década, aumento brusco en la segunda y aumento moderado en la tercera. Así, entre la primer y última década se identifica aumento en la media (2.4°C) y en los valores máximos (1°C) y mínimos extremos (2.5°C) (Anexo 5, Figura 5b).

En la estación **Hacienda la Y** la oscilación decadal de la TemMin se muestra con ascenso y descensos (25.3°, 29.5° y 27°C). La oscilación térmica registra ritmos fluctuantes y reducción de la amplitud en los años 1992 a 1995. Los valores mínimos extremos (-11°, -12° y -10°C) presentan mayor sesgo a la media que los máximos (14.5°, 17.5° y 17°C), en ambos casos los datos indican ascenso de temperatura en la segunda década y descenso en la última. La variación temporal de los valores mínimos es muy oscilante, se registra en la primera década entre -9° a 3.9°C, excepto en los años 1984 – 1985 donde se evidencia mayor temperatura entre -5° a 3.9°C. En el primer año de la segunda década (1991) los mínimos se conservan entre los -9° a 4°C, para después presentar temperaturas más calientes en los años de baja amplitud térmica y registrarse entre -4.5° a 4°C, los siguientes años de la década (1996 – 2000) indican descenso de temperatura entre -8.5° a 4°C, con extremos de hasta -12°C (1997). En la última década los valores se registran de -8° a 4°C, excepto en 2005 y 2007 donde se registran entre -7° a 4°C, y 2008 donde la temperatura es más caliente entre -5° a 4°C (Anexo 6, Figura 6ñ).

La variabilidad temporal de los valores máximos es también muy oscilante. La primera década indica registros entre 3.9° a 13°C (1981 – 1983 y 1989 – 1990) y 3.9° a 11.5°C (1984 – 1986). Los máximos inician en la segunda década entre 4° a 14°C, la temperatura desciende en los siguientes años de 4° a 11.5°C (baja

amplitud térmica), vuelve a aumentar con los máximos registros entre 4° a 15°C (1995 – 1997), con valor extremo de 17.5°C (1996), para después descender paulatinamente entre 4° a 13.5°C (1998), 4° a 13°C (1999) y 4° a 11.5°C (2000), esta última temperatura se continúa al inicio y mediados de la última década (2001-2002 y 2005 – 2006), asimismo, los máximos se registran en esta década entre 4° a 10°C (2007 – 2008), 4° a 10.5°C (2004), 4° a 12°C (2003), 4° a 13°C (2010) y 4° a 17°C (2009). El rumbo de los datos indica ascenso moderado en las tres décadas. Por último, entre la primer y última década se indica descenso en la media (0.08) y en los valores mínimos extremos (-1.5°C), así como aumento en los valores máximos extremos (2.5°C) (Anexo 5, Figura 5b). La descripción de la variabilidad de la TemMin de las series cortas se resume en la tabla 2.

Tabla 2. Características principales de la variabilidad de la temperatura mínima diaria (TemMin) de las vertientes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces, con series climáticas cortas.

	Altitud (msnm)	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Rumbo de los datos					Media	Valores extremos máximos	Valores extremos mínimos
				1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010			
Vertiente oriental											
Serie 1											
Presa Taximay	2200 – 2300 (norte)										
Molinito Blanco											
Serie 6											
Molinito	2200 – 2300 (centro)										
Totolica San Bartolo											
Desviación Alta al Pedregal											
Serie 7											
Presa Ansaldo	2300 – 2400 (centro)										
Presa Tacubaya											
Vertiente occidental											
Serie 3											
Ejido de Llano Grande	2500 – 2600 (norte)										
San Bernabé											
Serie 4											
Temoaya	2600 – 2700 (norte)										
San Lorenzo Malacota											
Serie 5											
Presa el Tigre	2700 – 2800 (norte)										
Jiquipilco											
Serie 8											
Trojes	2500 – 2600 (centro)										
Hacienda la Y											

Incremento Disminución Sin cambios

La Tabla 2 resume las características generales de la variabilidad anual de la temperatura mínima diaria (TemMin) de las series cortas, en lo que a lo largo de 50 años, en las diferentes décadas y distintas zonas de la Sierra de las Cruces, pueden apreciarse las fluctuaciones evidenciadas de los valores máximos y mínimos de cada estación meteorológica (incremento y disminución en círculos rojos y verdes). Básicamente, tanto los valores máximos como mínimos fueron muy variables por lo que presentaron incrementos y disminuciones a lo largo de las décadas, excepto en la serie 1 y 7 de la vertiente oriental donde las estaciones presentaron aumento sostenido de ambos valores y aumento sostenido en los valores máximos, respectivamente. Asimismo, la serie 3 de la vertiente occidental de la zona norte que presentó disminución sostenida de los valores mínimos.

Los rumbos (flechas rojas y verdes) reflejaron la alta variabilidad de los datos al evidenciarse muy heterogéneos a lo largo de las décadas y en las distintas estaciones de cada vertiente, excepto en la estación Presa Taximay de la serie 1, donde el aumento sostenido de los valores mínimos y máximos hacen presentar de igual manera los rumbos en cada una de sus décadas.

No obstante a la alta variabilidad de la TemMin, la comparación de las medias y los valores extremos decadales entre el primer y último periodo de cada estación de cada serie, permiten apreciar que la mayor parte de las estaciones de la vertiente oriental presentaron diferencias con aumentos de temperatura y pocos casos con disminución o sin cambios (círculos rosa claro), mientras que la vertiente occidental fue más variada en los todos los casos.

4.5 Descripción de la precipitación diaria en series cortas.

4.5.1 Vertiente oriental

4.5.1.1 Serie 1

La serie 1 se constituye de dos estaciones Presa Taximay y Molinito Blanco, ambas con registros de cinco décadas (1961 – 1970, 1971 – 1980, 1981 – 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2010).

La estación **Presa Taximay** presenta datos completos en las tres primeras e incompletos en las dos últimas. El comportamiento de su PrecDia muestra ritmos fluctuantes entre la época seca y lluviosa del año. La precipitación total decadal de los tres primeros periodos indica descenso de la lluvia (8174, 7673 y 6349 mm), mientras que los dos últimos periodos muestran una precipitación total de 4 887 y 4 596 mm (Anexo 7, Figura 7a). La variación temporal de las precipitaciones registra en la primera década a 1966 (1037 mm) y 1968 (963 mm) como los años de mayor precipitación anual, con valores extremos de 111 y 104 mm, respectivamente, mientras que los años 1961 (664 mm) y 1970 (614 mm) fueron de menor precipitación. En la segunda década, 1976 (1031 mm) y 1978 indican los mayores registros de precipitación anual y los de menor 1972 (619 mm) y 1977 (650 mm). La tercera década presenta las mayores lluvias en los años 1981 (801 mm) y 1984 (814 mm) y de las menores precipitaciones de todas las décadas en 1982 (427 mm) y 1988 (459 mm). El penúltimo periodo registra que los años más lluviosos fueron 1991 (752 mm) y 1994 (823 mm), mientras que los más secos 1992 (580 mm) y 1997 (438 mm), este último también de las menores precipitaciones decadales. En el último periodo los años 2006 (898 mm) y 2007 (865 mm) son los de mayores lluvias y los de menor 2001 (521 mm) y 2010 (677 mm).

En la estación **Molinito Blanco** la PrecDia registra aumento sostenido de la precipitación decadal (7739, 8309, 8321, 8487 y 8663 mm) y los datos se muestran fluctuantes entre la época seca y lluviosa del año (Anexo 7, Figura 7b). La primer década indica las máximas precipitaciones anuales totales en 1967 (929 mm) y 1968 (904 mm) y las menores en 1964 (698 mm) y 1970 (637 mm). En la segunda década las precipitaciones aumentan y se reciben las mayores lluvias en 1976 (1186 mm) y 1978 (1031 mm), no sucede así en el año de menor lluvia, 1974 con 567 mm. En la tercera década los años de mayor lluvia son 1981 (964 mm) y 1984 (956 mm) y los de menor 1982 (666 mm) y 1987 (668 mm). En la cuarta década, la precipitación máxima anual aumenta respecto a la anterior en 1991 (978 mm) y 1992 (965 mm), mientras que la menor precipitación se da en el año 1999 (632 mm). Finalmente, en la última década las precipitaciones máximas aumentan con los registros de los años 2003 (985 mm) y 2004 (1074 mm), mientras que los menores datos de precipitación anual total se dan en los años 2005 (676 mm) y 2007 (683 mm).

4.5.1.2 Serie 6

La serie 6 se conforma con tres estaciones Molinito, Totolica San Bartolo y Desviación Alta al Pedregal, con casi cuatro décadas de información (1971 - 1980, 1981 – 1990, 1991 – 2000 y 2001 – 2008). En la estación **Molinito** la precipitación decadal total fue en sus dos primeros periodos de información de 8913 y 8882 mm, en la siguiente década aumenta a 9588 mm y en el último periodo disminuye a 6934mm. Sus periodos presentan fluctuaciones que indican la época lluviosa y seca de los años (Anexo 7, Figura 7i). Los registros de la PrecDiar evidencian que en la

primera década los años más lluviosos fueron 1976 (1294 mm) y 1978 (1020 mm), mientras que 1977 el de menor lluvia (746 mm). En la segunda década los años de mayor volumen resultaron ser 1984 (1048 mm), 1986 (1067 mm) y 1988 (1051 mm) y los de menor 1982 (762 mm) y 1989 (733 mm). La tercera década presenta los años más lluviosos de todos los periodos, estos fueron 1991 (1150 mm), 1992 (1186 mm), 1995 (1112 mm) y 1998 (1055 mm), los de menor precipitación fueron 1996 (813 mm) y 1999 (820 mm). El último periodo indica a los años 2001 (921 mm), 2004 (990 mm) y 2006 (944 mm) como los más lluviosos y el menos a 2005 (660 mm).

La estación **Totolica San Bartolo** registra en sus dos primeras décadas una precipitación total de 8624 y 8325 mm, la cual disminuye en sus siguientes dos periodos a 6698 y 6616 mm. Los datos presentan fluctuaciones que evidencian la época seca y lluviosa de los años (Anexo 7, Figura 7j). La variación temporal de la PrecDiar señala que los años más lluviosos en la primera década fueron 1976 (1090 mm) y 1978 (1058 mm), mientras que el de menos lluvia 1977 (671 m). En la segunda y tercera década los años de mayor volumen de lluvia fueron 1986 (1011 mm) y 1995 (1031 mm) y los de menor 1989 (649 mm) y 1999 (645 mm). El último periodo registra a 2003 como el año más lluvioso (1043 mm) y el más seco a 2007 (664 mm).

La estación **Desviación Alta al Pedregal** es la que presenta los mayores volúmenes de lluvia de las tres estaciones, sus periodos indican una precipitación decadal total de 9084, 9866, 9521 y 8685 mm. Los datos evidencian los ciclos pluviométricos de la época lluviosa y seca del año a lo largo de sus décadas (Anexo 7, Figura 7k). La PrecDia indica que en su primera década 1971 (1093 mm), 1973 (1170 mm) y 1974 (1037 mm) son los años de mayor volumen de lluvia y el de

menor 1979 (680 mm). En su segunda década 1984 (1235 mm), 1986 (1220 mm) y 1990 (1213 m) son los años más lluviosos y el más seco 1982 (659 mm). La tercer década evidencia a 1994 como el año de mayor volumen de lluvia (1235 mm), sin embargo varios años presentan precipitación total anual superior a los 1000 mm (1991, 1992, 1996, 1997, 1998 y 2000), el año de menor volumen fue 1999 (929 mm). El último periodo registra años muy lluviosos 2001 (1253 mm), 2004 (1220 mm) y 2006 (1292 mm), los menos fueron 2002 (868 mm) y 2005 (863 mm).

4.5.1.3 Serie 7

La serie 7 se compone de dos estaciones Presa Ansaldo y Presa Tacubaya, con casi tres décadas de información (1961 – 1970, 1971 – 1980 y 1981 – 1988).

La estación **Presa Ansaldo** indica una precipitación total decadal en sus tres periodos de 9126, 9397 y 7642 mm. Sus registros presentan fluctuaciones que manifiestan la época lluviosa y seca de los años (Anexo 7, Figura 7l). La variación temporal de la PrecDia muestra que en la primera década los años más lluviosos fueron 1965 (1048 mm), 1966 (1004 mm) y 1969 (1017 mm), mientras que el más seco 1961 (771 mm). En la segunda década los años de mayor volumen de lluvia fueron 1973 (1131 mm), 1976 (1103 mm) y 1978 (1075 mm) y el de menor 1972 (737 mm). En su tercer periodo se registran a los años 1981 (1185 mm), 1984 (1228 mm) y 1986 (1181 mm) como los más lluviosos y el de menor a 1982 (614 mm).

En la estación **Presa Tacubaya** la precipitación decadal total registra en los tres periodos 8105, 8090 y 6048 mm. Los años de sus periodos muestran los ritmos de la época lluviosa y seca (Anexo 7, Figura 7m). La variación temporal de la PrecDia evidencia en su primera década a 1963 (924 m) y 1967 (929 mm) como los años

más lluviosos y a 1970 como el menos (663 mm). En la segunda década 1976 resulta el año de mayor volumen de lluvia (1110 mm) y 1974 (656 mm) y 1977 (637 m) los de menor. En el último periodo 1984 es el año más lluvioso (1059 mm) y 1982 el menos (570 mm).

4.5.2 Vertiente occidental

4.5.2.1 Serie 3

La serie 3 se compone de dos estaciones Ejido de Llano Grande y San Bernabé, ambas con 5 periodos de datos, el primero de ellos no conforma una década (1964 – 1970), los cuatro restantes si (1971 - 1980, 1981 – 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2010).

La estación **Ejido de Llano Grande** indica en la segunda, tercer y cuarta década precipitaciones totales de 8396, 8116 y 8326 mm, mientras que su primer y último periodo una precipitación total de 5652 y 7172 mm, este último registro muestra años sin datos o incompletos. El comportamiento de la PrecDia muestra ritmos fluctuantes entre la época seca y lluviosa del año (Anexo 7, Figura 7c). La variación temporal de la PrecDia señala en el primer periodo a 1967 como el año más lluvioso (1037 mm) y a 1970 como el más seco (667 mm). En la segunda década 1973 (991 mm) y 1976 (992mm) resultan ser los años que más lluvia recibieron, mientras que 1979 (573) el que menos recibió. La tercera década señala a 1987 (945 mm) y 1990 (908 mm) como los años de mayor precipitación y al de menor a 1989 (641 mm). En la cuarta década 1995 (1026 mm) y 1998 (1192 mm) son los años más lluviosos, mientras que 1994 (568 mm) y 1999 (644 mm) los más secos. El último periodo

indica ser el que más años lluviosos presentó 2006 (1009 mm), 2007 (1077mm), 2008 (1356 mm) y 2009 (1170 mm), el año más seco fue 2002 (771 mm).

La estación **San Bernabé** indica una precipitación decadal total en el primer periodo de 6329 mm y en las siguientes cuatro décadas de 9068, 8531, 7889 y 10810 mm. Los datos de la PrecDia registran en todas las décadas, ritmos fluctuantes entre la época seca y lluviosa del año (Anexo 7, Figura 7d). La variación temporal de la misma indica en el primer periodo a 1964 (999 mm) y 1967 (1125 mm) como los años de mayor precipitación, mientras que a 1969 (655 mm) y 1970 (702 mm) como los más secos. En la segunda década aumenta la precipitación de los años más lluviosos, así 1971, 1975 y 1976 presentaron 1011, 1116 y 1357 mm, respectivamente, los años con menor cantidad de lluvia fueron 1972 y 1979, con 533 y 631 mm. En la tercera década 1981 (1034 mm) y 1990 (966 mm) reciben la mayor cantidad de lluvia y 1988 (684 mm) la menor. La cuarta década presenta una baja en la cantidad de las precipitaciones, así 1991 (889 mm) y 1992 (999 mm) son los años más lluviosos, mientras que 1997 (620 mm) y 1999 (574 mm) los menos lluviosos. Las precipitaciones aumentan en cantidad en la última década, por lo que presenta un mayor número de años lluviosos 2003 (1109 mm), 2004 (1110 mm), 2006 (1182 mm) y 2009 (1254 mm), su año más seco fue 2005 (767 mm).

4.5.2.2 Serie 4

La serie 4 se constituye de dos estaciones Temoaya y San Lorenzo Malacota, ambas presentan 4 periodos de datos, los tres primeros son décadas (1971 – 1980, 1981 – 1990 y 1991 – 2000), mientras que el último un quinquenio (2001 - 2005).

La estación **Temoaya** indica una precipitación total en su primer década 8666 mm, la cantidad aumenta en la segunda década con 10 159 mm y disminuye en la tercera a 9363 mm. El quinquenio registró 4734 mm. El comportamiento de sus datos evidencia en sus décadas los periodos secos y lluviosos del año (Anexo 7, Figura 7c). La variación temporal de la PrecDía muestra en la primera década a 1976 (1337 mm) como el año de mayor cantidad de lluvia y a 1971 (606 mm) y 1973 (626 mm) como los de menor. En la segunda década 1983 es el año más lluvioso (2367 mm) y 1988 el más seco (635 mm), mientras que en la tercera década el año de mayor precipitación es 1995 (1025 mm) y el de menor lluvia 1998 (674 mm). El periodo quinquenal evidencia a 2003 (1178 mm) y 2004 (1120 mm) como los años más lluviosos y al de menor a 2001 (723 mm).

La estación **San Lorenzo Malacota** muestra en las tres primeras décadas una precipitación total decadal de 11020, 8622 y 5782 mm, en el último periodo la cantidad registrada fue de 3654 mm. El comportamiento de los datos evidencia ritmos fluctuantes de las épocas lluviosas y secas de los años (Anexo 7, Figura 7f). La variación temporal de la PrecDía indica que, en la primera década 1971 (1230 mm) y 1976 (1252 mm) fueron los años más lluviosos y el más seco 1979 (688 mm). En la segunda década la mayor cantidad de lluvia se registró en 1981 (1281 mm) y 1986 (1235 mm) y la menor en 1989 (470 mm). En la tercera década el volumen de las lluvias descende, los años con mayores registros fueron 1998 (970 mm) y 2000 (987 mm) y los de menor registro 1996 (721 mm) y 1997 (733 mm). El último periodo indica al año 2004 como el de mayor precipitación (933 mm) y a 2002 el de menor (580 mm).

4.5.2.3 Serie 5

La serie con 5 periodos, todos decadales (1971 – 80, 1981 – 90, 1991 – 2000, 2001 – 2010) excepto el primero (1962 – 1970), se conforma de las estaciones Presa El Tigre y Jiquipilco.

En la estación **Presa El Tigre** la precipitación registrada en el primer periodo fue de 7670 mm y en sus décadas 8422, 7695, 7844 y 9609 mm. El comportamiento de los datos muestra las fluctuaciones de la época seca y lluviosa del año (Anexo 7, Figura 7g). La variación temporal de la PrecDia registra en el primer periodo a 1967 como el año más lluvioso (1040 mm) y a 1962 como el menos (737 mm). La siguiente década muestra a 1971 (1014) y 1976 (1110) como los años de mayor precipitación y a 1979 (602 mm) como el que menos lluvia recibió. En la tercera década la cantidad de lluvia anual desciende, 1986 (909 mm) y 1990 (982 mm) son los años más húmedos y el menor 1982 (594 mm). La cuarta década presenta la mayor precipitación en 1992 (972 mm) y 2000 (968) y la menor en 1993 (659 mm) y 1999 (690 mm). La última década registra el año más lluvioso de todos los periodos, 2008 (2294 mm), su año de menor precipitación fue 2007 (642 mm).

En la estación **Jiquipilco**, la precipitación total decadal se registra en el primer periodo con 8542 mm, mientras que en sus siguientes tres décadas la acumulación total de precipitación fue de 7828, 8746 y 7068 mm, la última década presenta demasiados huecos de información. En las décadas se observan los ritmos que registran las épocas lluviosas y secas del año (Anexo 7, Figura 7h). La variación temporal de la PrecDia evidencia una abundante lluvia anual total en los tres primeros periodos, así el primero registra a los años más lluviosos a 1963 (1051 mm), 1965 (1011 mm) y 1967 (1234 mm), en el segundo a 1973 (1048 mm), 1975

(1150 mm) y 1976 (1298 mm) y en el tercero a 1981 (1003 mm), 1983 (1041 mm), 1986 (1110 mm) y 1990 (1025 mm), mientras que los años menos lluviosos de estos periodos fueron 1962 (735 mm) y 1972 (619 mm). En la cuarta década la precipitación disminuye, los años más lluviosos fueron 1992 (967 mm), 1996 (911 mm) y 1998 (966 mm) y el de menor precipitación 1997 (584 mm). La última década indica que en el año 2008 se recibió una cantidad de lluvia muy abundante (2577 mm).

4.5.2.4 Serie 8

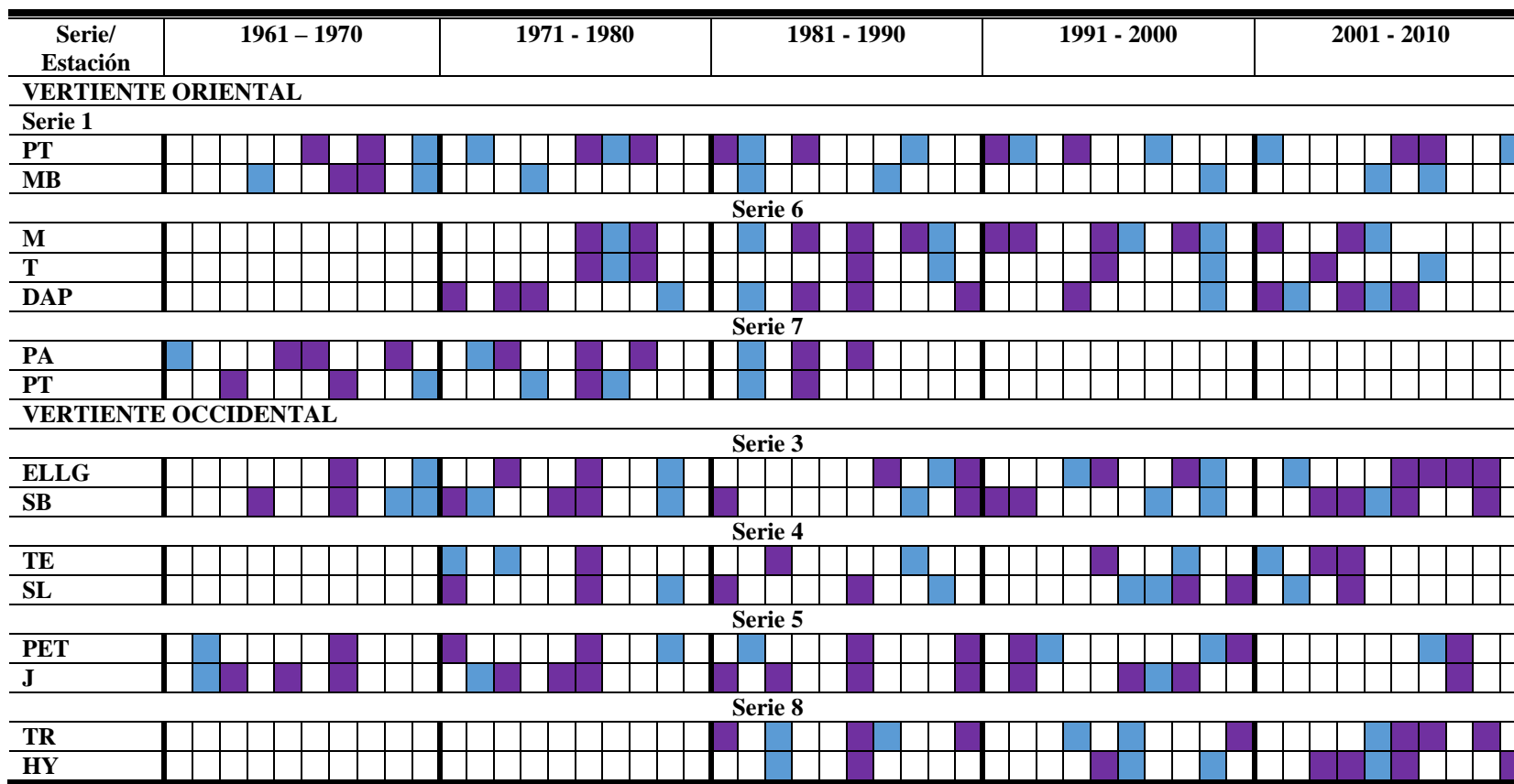
La serie 8 se compone de dos estaciones Trojes y Hacienda la Y, con tres décadas de información (1981 – 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2010), aunque incompletas en varios años.

En la estación **Trojes** la precipitación total decadal registrada fue en sus dos primeras décadas de 7519 y 7229 mm, la última es la de mayor abundancia con 9010 mm. Los años presentan ciclos pluviométricos que marcan la estación seca y lluviosa del año (Anexo 7, Figura 7n). La variación temporal de la PrecDia indica en la primer década a 1981 (810 mm), 1986 (874 mm) y 1990 (888) como los años más lluviosos, mientras que los de menor precipitación fueron 1983 (682 mm) y 1987 (596 mm). En la segunda década el año 2000 es el de mayor registro (1006 mm) y los de menor 1994 (503 mm) y periodos, los mismos son 2006 (1020 mm), 2007 (1175 mm) y 2009 (1011 mm), el de menor lluvia fue 2005 (602 mm).

La estación **Hacienda la Y** indica una precipitación decadal total de 6141, 7267 y 7210 mm. Los años evidencian ritmos fluctuantes que establecen la época seca y lluviosa del año (Anexo 7, Figura 7ñ). La variación temporal de la PrecDia indica en la primera década al año 1986 como el más lluvioso (1125 mm) y a 1983 como el

más seco (693 mm). En la segunda 1995 (1027 mm) resulta el de mayor registro, mientras que 1996 (768 mm) y 1999 (811 mm) los de menor volumen de lluvia. La última década muestra a 2003 (1086 mm), 2004 (1060 mm), 2006 (1031 mm) y 2010 (1361 mm) como los años más lluviosos y a 2005 como el menos (705 mm). La descripción de la variabilidad de la PrecDía de las series cortas se resume en la tabla 3.

Tabla 3. Características principales de la variabilidad de la precipitación diaria (PrecDia) de las vertientes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces, con series climáticas cortas.



Serie 1: Presa Taximay (PT), Molinito Blanco (MB), Serie6: Molinito, Totolica San Bartolo, Desviación Alta al Pedregal, Serie 7: Presa Ansaldo, Presa Tacubaya, Serie 3: Ejido de Llano Grande, San Bernabé, Serie 4: Temoaya San Lorenzo, Serie 5: Presa El Tigre, Jiquipilco, Serie 8: Trojes, Hacienda la Y.

Años menos lluviosos ■ Años más lluviosos ■

La tabla 3 resume las características de la variabilidad de la precipitación diaria de las vertientes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces, en la cual pueden observarse los años que resultaron menos lluviosos (cuadros en color azul claro) y más lluviosos (cuadros en color morado) de los periodos decadales de cada estación, los que reflejan una alta variabilidad de un año a otro y entre una vertiente y otra, incluso entre estaciones de la misma serie. Entre los años solo resaltan los de 1977 y 1982 como los más secos que presentó la vertiente oriental y el año 1999 como el más seco de ambas vertientes. Mientras que 1976 y 1986 fueron los años más húmedos de ambas vertientes y 1984 solo lo fue para la vertiente oriental.

4.6 Descripción de la variación temporal estacional de la temperatura máxima diaria, mínima diaria y precipitación diaria.

4.6.1 Serie A

4.6.1.1 Época lluviosa

La serie A con 50 años de información, se compone de las estaciones Molinito Blanco (vertiente oriental) y Presa El Tigre (vertiente occidental), localizadas en la zona norte de la SC. En la TemMax la primera estación muestra temperaturas más elevadas que la segunda. Así, en la estación **Molinito Blanco**, la variación temporal de los valores mínimos de la TemMax en la época lluviosa del año (abril a septiembre) indica que, los valores extremos se registraron entre los 15° a 18°C (veranos de 1961 a 1968, 1974 a 1980, 1984 a 1990, 1994 y de 2000 a 2010) y que los mismos muestran incrementos de temperatura entre los 18° a 21°C de manera fluctuante (veranos de 1972, 1973, 1981 a 1983, 1991 a 1993 y de 1995 a 1999).

| En comparación, en la estación **Presa El Tigre** los valores extremos mínimos de la TemMax son fluctuantes y más fríos, se registran entre los 12° a 15°C (veranos de 1961 a 62, 1965 a 68, 1970, 1973 a 1980, 1982 a 1994, excepto 1986, y de 1996 a 2010) y entre 15° y 18°C (veranos de 1963^a 64, 1969, 1971 a 72, 1981 y 1986) (Anexo 8, Figura 8a). En la época lluviosa, los valores máximos extremos de la TemMax en **Molinito Blanco** presentan una variación temporal con incremento de temperatura, se registran en rangos entre 30° a 31°C (1961 a 1980) y entre 33° a 34°C (1982 a 2010), excepto en los años 1992 a 1997 donde la temperatura disminuye entre 27° a 30°C. En comparación, en la estación **Presa El Tigre** los datos máximos extremos registran temperaturas menos calientes, con un rango entre 31° a 33°C a lo largo de los años, excepto en 1965, 1975, 1976, 1980, 1985, 1987, 1992 y 2008 a 2010, donde se presentan entre los 24° a 27°C. Finalmente, el

rumbo de los datos de la TemMax en la época lluviosa del año evidencia, en la estación Molinito Blanco aumento marcado de la temperatura (24° a 27°C), mientras que en Presa El Tigre ascenso moderado (21° a 21.5°C).

En la época lluviosa del año la variación temporal de los valores mínimos extremos de la TemMin en la estación **Molinito Blanco** indicaron, temperaturas entre los 0° a 3°C a lo largo de los años, excepto en años donde la temperatura fue menor entre -3.5° a 0°C (1979) y -2° a 0°C (2009) y en donde los datos se mostraron con mayor temperatura entre 6° a 9°C (años 1977, 1978, 1987, 1988, 1998 y 1999). En comparación, en la estación **Presa El Tigre** los valores se muestran más fríos y fluctuantes, con registros entre -3° a 0°C a lo largo de los años, excepto en años con datos extremos de -7°C (1970), -4°C (1974 y 1986) y -5°C (1980), así como en los años donde los mínimos extremos se presentan entre los 0° y 3°C (1981, 1982, 1989 a 1992, 1994, 1995, 1998 y 2003 - 2008) (Anexo 8, Figura 8b).

Los valores máximos extremos de la TemMin en **Molinito Blanco** se presentan en los primeros años entre 12° a 15°C (1961 – 1983), en los siguientes años los datos muestran un quiebre con descenso drástico de temperatura entre 9° a 10.5°C (1984 y 1985), para después presentar un ligero ascenso entre los 9° a 12°C y hasta 14°C en los últimos años (1986 – 2010). En comparación, la estación **Presa El Tigre** evidencia un comportamiento más homogéneo y con ligero aumento de temperatura de los valores máximos extremos, estos se registran entre 9° a 11°C (1961 – 1980) y 9° a 12°C (1981 – 2010), excepto en años con valores extremos de 13°C (1999 y 2003). Finalmente, el rumbo de los datos evidencia en la época lluviosa del año disminución marcada de la temperatura (11° a 8.5°C) en la estación Molinito Blanco y ascenso marcado en la estación Presa Taximay (6° a 8°C).

El comportamiento de la variación temporal de la PrecDía en la época lluviosa del año evidencia, una mayor precipitación total de las cinco décadas en la estación Molinito Blanco (36 088 mm) que en la de Presa El Tigre (35 768 mm), sin embargo, en los años 60 y los del 2000 existió mayor cantidad de lluvia en la vertiente occidental (7096 y 8344 mm) que en la oriental (6897 y 7407 mm). En la primera estación los datos generales se registran entre los 0 a 50 mm, mientras que en la segunda entre 0 a 40 mm. El mayor registro de precipitación se muestra en la estación Molinito Blanco en el año 1995 (89.5 mm) y en Presa El Tigre en 2008 (95 mm). Molinito Blanco presenta en su primer verano (1961) un total de 653 mm y en su último 679 mm (2010). En Presa El Tigre la precipitación del primer verano registra 503 mm (1961) y en su último 539 mm (2010) (Anexo 8, Figura 8c).

4.6.1.2 Época seca

La estación Molinito Blanco presenta temperaturas más elevadas en los meses secos de año (abril a septiembre) que la estación Presa El Tigre. Así, en la estación **Molinito Blanco** la variación temporal de la TemMax en la época seca del año muestra que, los valores mínimos extremos se registran en un rango entre 12° a 15°C, excepto en los años 1962, 1969, 1974, 1977 a 1979, 1984, 1985, 1992, 1994, 2000 y 2001, donde los datos se registran con mayor temperatura entre 15° a 18°C. En comparación, en la estación **Presa El Tigre** los datos extremos mínimos de la TemMax se muestran más fríos que la anterior, los mismos se registran a lo largo de los años entre 9° a 12°C, excepto en los años 1966, 1967, 1974, 1975, 1979 a 1981, 1988, 2001, 2002, 2006, 2007 y 2010 donde los datos se evidencian más fríos

entre 6° a 9°C, así como en 1992 y 1994 donde se colocan entre 15 a 18°C (Anexo 8, Figura 8d).

En la estación **Molinito Blanco** los valores extremos máximos de la TemMax de la época seca, presentan una variación temporal con incremento de temperatura en el tiempo, los datos se colocan en principio en un rango entre 27° a 30°C (1962 a 1978, excepto 1970 con valor extremo de 36°C), para después incrementar en los siguientes años (1979 a 2010) entre 30° a 33°C, excepto en los años 1991 y 1996 donde se evidencian valores extremos de 35° y 36°C, respectivamente. En comparación, en **Presa El Tigre** las temperaturas máximas extremas de la época seca son fluctuantes y menos calientes, se registran entre los 24° a 27° C (1962, 1964 a 1970, 1974, 1976, 1983 a 1989, 1992, 1993, 1996, 1997, 1999 y de 2007 a 2010) y entre 27° a 30°C en el resto de los años. Finalmente, el rumbo de los datos evidencia aumento drástico de temperatura en Molinito Blanco (22° a 24.5°C) y descenso muy moderado en Presa El Tigre (20° a 19.5°C).

La variación temporal de la TemMin en la época seca del año, muestra en la estación **Molinito Blanco** valores mínimos extremos entre -3° a 0°C a lo largo de los años, excepto en donde se registran temperaturas menores entre -6 a -3°C (1976, 1985, 1986, 1997 y 1998) o mayores entre 0° a 3°C (1993 y 1994). En comparación, la estación **Presa El Tigre** evidencia valores extremos mínimos más fríos y de mayor fluctuación, el rango predominante es entre -9° a -6°C el cual se distribuye a lo largo de los años, excepto en 1965, 1966, 1972, 1976, 1985 y de 1986 a 1989, donde el rango se establece entre -12° a -9°C, así como 1964, 1973, 1974, 1976, 1980 a 1984, 1990 a 1995, 2000, 2001, 2007 y 2009, con un rango entre -6° a -3°C y 1964 con registro entre -3° a 0°C (Anexo 8, Figura 8e).

Los valores máximos de la TemMin se muestran en la estación **Molinito Blanco** con aumento paulatino, entre los 27° a 30°C (1962 – 1983) y 30° a 33°C (1984 – 2010), con temperaturas extraordinarias de 35°C (1970) y 36°C (1996, 1991). En comparación la estación **Presa El Tigre** con temperaturas más bajas registra los valores máximos de manera general en un rango entre 24° y 27°C. Por último, el rumbo de los datos evidencia descenso marcado de temperatura en Molinito Blanco (6° a 4°C) y aumento moderado en Presa El Tigre (1° a 1.5°C).

La variación temporal de la PrecDia en la época seca del año evidencia, una mayor precipitación total de las cinco décadas en la estación **Presa El Tigre** (5978 mm) que en la estación **Molinito Blanco** (5373 mm). La década de los 70 registró las lluvias más escasas de todos los años, con 781 mm en Molinito Blanco y 1077mm en Presa El Tigre, mientras que la mayor acumulación de lluvia fue en los años del 2000, donde se registraron precipitaciones de 1264 y 1255 mm, respectivamente. En ambas estaciones las precipitaciones se registran en lo general entre 0 y 20 mm, sin embargo, en Molinito Blanco se presentan diversos periodos estacionales con valores extremos como en 1978 (69.5 mm), 1982 (60 mm), 1992 (65.5 mm), 1996 y 2006 (49.5 mm) y 2009 (85.5). En el primer periodo de seca Molinito Blanco indica una precipitación total estacional de 56 mm y en el último de 92 mm, mientras que en la otra estación el primer periodo indica 90.5 mm y el último 231 mm (Anexo 8, Figura 8f).

4.6.2 Serie B

4.6.2.1 Época Lluviosa

La serie B con casi 4 décadas de información (1971 – 2008), se compone de las estaciones Desviación Alta al Pedregal (vertiente oriental) y Capulhuac (vertiente occidental), localizadas en la zona centro de la SC.

La variación temporal de la TemMax en la estación **Desviación Alta al Pedregal** indicó que, en la época lluviosa del año (abril a septiembre) los valores mínimos extremos se colocaron en un rango general entre los 18° a 21°C, excepto en los años 2000 a 2003 donde la amplitud térmica se reduce, así como en los años 1984, 1985, 1987, 1988 y 1990 donde las temperaturas se registraron menos calientes en un rango entre 15° a 18°C. En comparación, la estación **Capulhuac** presentó una variabilidad de mayor oscilación y con aumento de temperatura en los últimos años, así el rango predominante es entre 15° a 18°C (1971 a 1989 y de 1996 a 2000), con disminución de la amplitud térmica que sitúa los valores mínimos extremos entre 21° a 22°C (1990 a 1993), mientras que en los últimos años (2001 a 2008) los mínimos se registran entre 18° a 21°C y entre 17° a 21°C. Existen años que indicaron las temperaturas más bajas de todo el periodo (1993 a 1995) y que llegaron a ser hasta de 10°C (Anexo 9, Figura 9a).

En el caso de los valores máximos de la TemMax en la época lluviosa del año, se observaron diversas fluctuaciones. Así, en la estación **Desviación Alta al Pedregal** los datos se sitúan en rangos entre 30° a 33°C (1971, 1972, 1975, 1976, 1984 a 1989, 1996 1997 y 2007), 33° a 36°C (1973, 1974, 1980 a 1983, 1990 a 1999, 2001, 2003, 2005 y 2008) y los menos calientes entre 27° a 30° (2000 y 2002), donde se manifiesta una reducción de la amplitud térmica. En comparación, en la

estación **Calpuhuac** los valores extremos máximos se evidencian con menores temperaturas, los mismos son fluctuantes, el rango predominante a lo largo de los años es entre 27° a 30°C, excepto en los años 1971, 1975, 1978, 1982, 1983 y 2004 donde los valores extremos máximos se registran entre 30° a 33°C, así como los años 1972 a 1974 1996 y 1997 donde se reduce la amplitud térmica con temperaturas entre 24° a 27°C. Finalmente, el rumbo de los datos evidencia en ambos casos aumento de temperatura.

La variabilidad de la TemMin de la época lluviosa del año presenta en la estación **Desviación Alta al Pedregal** valores mínimos extremos poco oscilantes, los mismos se registran en un rango entre 6° a 9°C (1972 a 1974, 1976 a 1982, 1990, 1991, 1998 a 1999, 2006 y 2008) y entre 5.5° a 9°C (1992 a 1996, 2000 y 2007), los valores más fríos se presentan en un rango de 2.5° a 4°C en pocos años (1971, 1975, 1983 y 1989). En comparación, la estación **Calpuhuac** presenta una alta fluctuación en donde los datos mínimos extremos aumentan y disminuyen la temperatura, los rangos en los que se establecen son 1° a 3°C (1971, 1987), 3° a 6°C (1972, 1973, 1984, 1985, 1990 a 1993 y 2004), 2° a 3°C (1974, 1975, 1983, 1986, 1989, 1999 a 2003 y 2008), 4° a 6°C (1978, 1979, 1980 a 1982 y 2005 a 2007), 0° a 3° (1980, 1994 y 1995) y los valores más fríos de -2° a 0°C en un solo año (1997) (Anexo 9, Figura 9b).

La variación temporal de los valores máximos extremos de la TemMin, se manifiesta en la estación **Desviación Alta al Pedregal** de manera muy homogénea, en un rango predominante entre 12° a 15°C a lo largo de los años excepto en 1975, 1979, 1984 y 2007 donde los datos se registran menos calientes de 9° a 12°C. En comparación, en la estación **Capulhuac** los valores extremos máximos son más

fluctuantes, estos se presentan entre 6° a 9°C (1971 a 1973, 1984, 1990 a 1992 y 1999) y de 9° a 12°C en el resto de los años, excepto en los que registran las temperaturas más elevadas entre 12° a 15°C (1994, 2003 a 2006 y 2008). Por último, el rumbo de los datos evidencia incremento moderado de temperatura en la estación Desviación Alta al Pedregal y menos moderado en la estación Capulhuac.

La variación temporal de la PrecDía en la época lluviosa del año registra durante las casi cuatro décadas, una mayor precipitación en la estación Desviación Alta (32 602 mm) respecto a Capulhuac (30 240 mm). No obstante, la mayor cantidad de precipitación en la estación Capulhuac fue en los años 2000 con 9452 mm, al superar los 7590 mm de Desviación Alta al Pedregal, que mostró sus mayores lluvias en los años 70 con 8721 mm, mientras que sus menores fueron en los 2000. En la primer estación los registros generales se establecen en un rango de 0 a 30 mm, con lluvias extraordinarias de 93 mm (1992) y 94 mm (2001) en los meses de septiembre, su primer verano (1971) registra 897 mm mientras que el último 918 mm (2008). La estación Capulhuac muestra un rango general entre 0 y 20 mm y evidencia una distribución temporal diferente entre sus dos primeros periodos decadales (13 402 mm) y sus dos últimos (16 838), destaca también el verano del año 2008 que registra 2055 mm, muy diferente al primer verano (1971) con un registro de 924 mm (Anexo 9, Figura 9c).

4.6.2.2 Época seca

En la vertiente oriental la TemMax de la estación **Desviación Alta al Pedregal** presentó durante la época seca de los años, una variabilidad que marcó ascensos y descensos alternados de temperatura en los datos mínimos extremos. Así en lo

general, de 1971 a 1992 la temperatura mínima extrema se registró de 12° a 15°C, excepto en los años 1984, 1985, 1987 y 1988 donde se mantuvo entre 15° a 18°C. De 1993 a 1994 la temperatura mínima extrema fue más elevada en un rango máximo entre 18° a 21°C, para después descender en los años 1995 a 1998 entre 12° a 15°C. Los años de 1999 a 2006 son los que evidenciaron las mayores temperaturas mínimas extremas entre 15° a 18°C, para después nuevamente descender en los años 2007 y 2008 entre 12° a 15°C. En comparación la estación **Capulhuac** presentó en la TemMax mucha variabilidad en el comportamiento de los valores mínimos extremos, estos se registraron con temperaturas más elevadas que la vertiente oriental en diversos años. Así se tiene que, de 1971 a 1974 la datos mínimos extremos se registraron entre 16° a 18°C, para después descender de 12° a 15°C en los años de 1975 a 1984, excepto el año 1981 donde la temperatura mínima extrema fue más elevada con registros entre 18° a 21°C, rango que también se presentó de 1985 a 1994, excepto en los años 1989 y 1990, así como 1993 que registraron temperaturas mínimas extremas más bajas entre 11° a 12°C y 7° a 9°C, respectivamente. De 1995 a 1997 los datos mínimos extremos nuevamente fueron más elevados entre 15° a 18°C, mientras que los años 1998 a 2008 más fríos en un rango entre 9° a 12°C (Anexo 9, Figura 9d).

Los valores máximos extremos de la TemMax se registraron en la estación **Desviación Alta al Pedregal** menos oscilantes que los mínimos, aunque con aumento constante de la temperatura. Así, de 1971 a 1979 la temperatura máxima extrema se evidenció de manera general entre 24° a 27°C, para después aumentar la temperatura de 27° a 30°C de 1980 a 1996, excepto en el año 1991 donde los máximos extremos se registraron hasta los 32°C. De 1997 a 2006 la temperatura

presentó aumento constante con un rango máximo entre 30° a 33°C, para finalmente descender entre 24° a 27°C en los años 2007 y 2008. En el caso de la estación **Capulhuac** los registros máximos de temperatura fueron también menos oscilantes, pero inverso a la vertiente oriental no presentaron ascenso de temperatura. Así, los datos máximos extremos se registraron de 1971 a 1975 entre 22° a 25°C, para después aumentar en los años 1976 a 1981 entre 27° a 30°C. En los años 1982 a 1993 la temperatura máxima se vuelve más fría en un rango extremo entre 24° a 27°C, para después elevarse en los años 1994 a 2005 entre 27° a 29°C y nuevamente disminuir de 2005 a 2008 entre 21° a 24°C. Finalmente, el rumbo de los datos evidenció en la época seca del año aumento de temperatura en la vertiente oriental y disminución en la vertiente occidental.

En el caso de la TemMin la variación temporal de sus valores mínimos extremos indicaron que, en la estación **Desviación Alta al Pedregal** el rango general máximo en el que se establecieron a lo largo de las décadas fue entre 6° a 3°C, excepto en los años donde las temperaturas se registraron más bajas, así, los rangos de temperaturas más frías se situaron entre -5° a -3°C (1973), -2° a -3°C (1981 y 1989), -4° a -3°C (1986 y 1987), -1.5° a 0°C (1988) y -1° a 0°C (1997). En comparación la estación **Capulhuac** mostró valores mínimos extremos muy variables y con descenso constante, así la década de los 70 evidenció las más altas temperaturas las cuales se establecieron entre 0° a 3°C, excepto en 1971 donde fueron entre -5° a -3°C. Los siguientes años los valores mínimos extremos se registraron entre -9° a -6°C (1980, 1982, 1983, 1984), 0° a 3°C (1981), -1.5° a 0°C (1984 – 1987), -3° a 0°C (1988) y -5° a -3°C (1989 a 1991). En los siguientes años se observó un mayor descenso de temperatura con rangos de mínimos extremos

entre -3.5° a -3°C (1992 - 1995), -8° a -6°C (1997 y 1999) y -10° a -9°C. Finalmente la década del 2000 mostró las temperaturas más frías, es así que los datos registraron en lo general en un rango extremo entre -6° a -3°C, mientras que otros más fríos entre -11° a -9°C (2004), -7.5° a -6°C (2006) y -8.5 a -6°C (2008) (Anexo 9, Figura 9e).

La variación de los valores máximos extremos de la TemMin en la estación **Desviación Alta al Pedregal**, evidenció ascensos y descensos de temperatura alternados a lo largo de los años. Las mayores temperaturas se registraron en un rango extremo entre 12° a 14°C (1987) y 9° a 12°C (1975, 1979, 1986, 1996, 2000 y 2007) mientras que las menores entre 6° a 8.5°C (1979) y 9° a 10°C (1974, 1985 y 1994). No obstante, la temperatura se estableció mayormente y en el resto de los años entre 12° a 13.5° C. En comparación, la estación **Capulhuac** mostró estaciones secas con una mayor variación en los valores máximos. Así, los valores máximos extremos se registraron en un rango entre 6° a 9°C (1972 -1977) y 9° a 11°C (1978 - 1980) los primeros años, excepto en el primer año (1971) donde la temperatura se registró más baja entre 3° a 6°C. Los siguientes años (1981 – 1991) la temperatura se estableció entre 9° a 10°C, excepto en el año de mayor calentamiento (1988) donde las temperaturas estacionales de la época seca se registraron en un rango extremo entre 12° a 15°C. Los siguientes dos años (1992 y 1993) los valores se tornaron más calientes entre 12° a 14°C, para después descender en los siguientes entre 6° a 9°C (1994 -2008), excepto en aquellos años en los que la temperatura se registró más alta entre 9° a 12°C (1996), 9° a 11.5°C (2005) y 9° a 12°C (2006) o más baja entre 3° a 6°C (2007). Finalmente, el rumbo

de los datos registró leve aumento de temperatura en la vertiente oriental, mientras que en la vertiente occidental hubo descenso de temperatura.

La variación temporal de la PrecDía indicó que durante la época seca del año la estación Desviación Alta al Pedregal recibió menor cantidad de lluvia total (4555 mm) respecto a la estación Capulhuac (5646 mm) a lo largo de las casi cuatro décadas de análisis. Los años 80 y 2000 son los que menor y mayor precipitación registraron, respectivamente, tanto en la estación Desviación Alta al Pedregal (988 y 1094.5 mm) como en la estación Capulhuac (1178 y 1512.6 mm), aun cuando el último periodo solo contó con ocho años de análisis. En lo general, el rango en el que se registran las precipitaciones en la estación Desviación Alta al Pedregal es de 0 a 20 mm en la década de los 70 y 80, con valores máximos de 49 mm en 1985 y 53 mm en 1990. El rango aumenta en las siguientes décadas de 0 a 30 mm con valores máximos de precipitación de 62 mm en el año 2004 y 54 mm en el del 2005. Mientras que en la estación Capulhuac la lluvia se registra en lo general y a lo largo de los años de 0 a 20 mm, excepto en los años de 1986 a 1989, donde la lluvia disminuye en un rango general de 0 a 10 mm. Datos extremos de mayor precipitación se dan en el año 1993 con 110 mm, así como en 2002 y 2003 con 59 y 91 mm, respectivamente (Anexo 9, Figura 9f). La descripción de la variabilidad de la TemMax, TemMin y PrecDía estacional de las series largas se resume en la tabla 4.

Tabla 4. Características principales de la variabilidad de la temperatura máxima diaria (TemMax), mínima diaria (TemMin) y precipitación diaria (PrecDia) estacional con series largas, entre la vertiente oriental y occidental de la Sierra de las Cruces.

SERIE A 50 años (norte)			SERIE B 37 años (norte)		
ÉPOCA LLUVIOSA			ÉPOCA LLUVIOSA		
	Vertiente occidental	Vertiente oriental		Vertiente occidental	Vertiente oriental
	Presa el Tigre	Molinito Blanco		Presa el Tigre	Molinito Blanco
TemMax					
Valores mínimos					
Valores máximos					
Rumbo de los datos					
TemMin					
Valores mínimos					
Valores máximos					
Rumbo de los datos					
Precipitación					
ÉPOCA SECA					
TemMin					
Valores mínimos					
Valores máximos					
Rumbo de los datos					
TemMax					
Valores mínimos					
Valores máximos					
Rumbo de los datos					
Precipitación					

- Mayor temperatura Mayor temperatura con incremento sostenido
- Menor temperatura Menor temperatura con disminución sostenida
- Mayor precipitación Menor precipitación

La Tabla 4 resume las características generales y comparativas de la variabilidad estacional de la temperatura máxima diaria (TemMax), temperatura mínima diaria (TemMin) y precipitación diaria (PrecDia), de las series largas de la zona norte y centro de las vertientes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces. En la tabla puede observarse que la vertiente oriental en ambas zonas de la sierra evidenció las mayores temperaturas, tanto de la época lluviosa como seca del año (círculos rojos).

También que la época lluviosa y caliente del año se mostró con mayor rumbo de los datos hacia el aumento de temperatura (flechas rojas), tanto en la zona norte como centro de la sierra, mientras que la época seca fue más variable en los rumbos sobre todo en la zona norte donde estos se mostraron con dirección al aumento o a la disminución (flechas verdes) en ambas vertientes. No así en la zona centro, donde los rumbos se mostraron hacia el aumento de temperatura en la vertiente oriental y disminución en la occidental.

La tabla también refleja que durante la época lluviosa del año la vertiente oriental presenta las máximas precipitaciones, mientras que en la época seca la vertiente occidental.

5. DISCUSIÓN

5.1 Variabilidad de la temperatura

En la descripción de la variación de la temperatura se encontró primeramente que al análisis de la distribución normal estandarizadas de las series cortas y los análisis de frecuencia de las series largas fueron métodos estadísticos que permitieron analizar un panorama general de la variabilidad de este elemento atmosférico, Específicamente, los análisis fueron por métodos que dieron una visualización cualitativa de los datos y que pusieron en relevancia las características de los valores medios y extremos (OMM, 2011).

El mayor calentamiento de la vertiente oriental no resultaría razonable de considerar la mayor altitud y la posición de barlovento que esta tiene respecto a la vertiente occidental de la sierra, en donde la temperatura podría ser menor por su exposición a una mayor cantidad de lluvias de temporal y al factor climático altitud. El resultado inverso que se obtuvo podría explicarse a partir de las características y dinámicas de las islas de calor, si se considera que la franja periurbana que se desarrolla en la ciudad de México lleva consigo el aglutinamiento de la población y con ello su infraestructura urbana, particularidad que incrementa la temperatura local (Romero, *et al.*, 2010; Córdova, 2011; Mendonça, *et al.*, 2009; Fernández, 2009; ONU -HABITAT, 2011). Asimismo, de la dinámica de circulación de las islas de calor que distribuyen el aire caliente de las zonas centrales de la ciudad hacia las zonas periféricas (Romero *et al.*, 2011). No obstante, la altitud pudo tener relevancia en las zonas norte de la sierra, donde las estaciones ubicadas en las menores altitudes mostraron un mayor calentamiento, tanto en la temperatura máxima diaria como en la temperatura mínima diaria, solo que la primera se manifestó en la vertiente occidental y la segunda en la vertiente oriental.

El mayor calentamiento de las zonas norte podría también explicarse no solo a partir de la altitud y las islas de calor, sino también por el asentamiento de zonas industriales, las cuales se establecieron en estas zonas de la Sierra de las Cruces desde la década de los 40 (Gabino y Baca, 1994; Sánchez, 2012). Se reconoce que desde finales del siglo XIX la temperatura superficial de la atmósfera a escala global ha aumentado a partir del forzamiento radiativo de origen antropogénico (IPCC, 2014). Lo anterior es resultado del efecto del incremento de gases de efecto invernadero (GEI), del cual el más relevante es el CO² (dióxido de carbono), y que tienen como principales fuentes emisoras la producción y utilización de energías generadas a partir de combustibles fósiles (energías no renovables), los cuales son utilizados ampliamente por el sector industrial, así como, por usos comerciales, residenciales y de transporte (IPCC, 2009). En relación con las ciudades, Fernández (2009) menciona que éstas modifican el clima regional y que contribuyen al cambio climático global, puesto que son las grandes consumidoras de energía no renovable (75%) y responsables de la más alta generación de GEI (80%). Este incremento de temperatura mundial por el uso de energía, situado en distintos periodos de tiempo y que se establece entre los 0.6°C hasta los 0.89°C (IPCC, 1990, 2001, 2007, 2014), provoca en la atmósfera el 46% del forzamiento radiativo (IPCC, 1990). Este calentamiento global ha sido mayor en los últimos decenios y cada vez más uno respecto al otro, aunque también se señala que es improbable que las ciudades y sus islas de calor hayan contribuido más allá del 10% en la tendencia del calentamiento global (IPCC, 2014). Por lo tanto, su contribución es mínima en el calentamiento atmosférico local, por lo que es probable que en el caso de la Sierra de las Cruces no se puedan explicar las mayores temperaturas de las zonas norte de ambas vertientes a partir solo de la baja altitud y las islas de calor, puesto que la

actividad industrial es un elemento causal de alto porcentaje en el calentamiento atmosférico local.

La descripción de la variabilidad de la temperatura de las series cortas también permitió constatar variaciones de escala interanual a partir de la existencia de anomalías, las que fueron evidenciadas con la reducción de la amplitud térmica que mostraba un mayor calentamiento de lo normal en los años 1984, 1985, 1986, 1997 y 1998. Lo anterior puede ser evidencia del ENOS (El Niño/Oscilación del Sur), el cual es la combinación de dos fenómenos, el de la *Oscilación del Sur* que cambia la dirección de los vientos húmedos ecuatoriales de este a oeste (Alisios) en dirección oeste a este, y que provoca la aparición del segundo fenómeno *El Niño*, el cual se entiende como el incremento de la cantidad de calor en las aguas del Pacífico este y central (Magaña, *et al.*, 1998, Méndez, *et al.*, 2007). Este fenómeno oceánico de escala interanual tiene, a pesar de desarrollarse en el océano Pacífico, alcances mundiales y de teleconexión climática (relación océano - atmósfera) (IPCC, 2007), por lo que en México origina cambios que son en primera instancia evidentes en el régimen de las precipitaciones. Durante la época de lluvias en eventos de ENOS, éstas disminuyen debido a que la zona intertropical de convergencia del Pacífico este permanece muy cercana a la zona ecuatorial y más alejada de México, por lo que nubes, humedad y lluvia no se desplazan hasta el territorio mexicano. Por el contrario, durante la época de invierno, los fenómenos conocidos como Norte y sus lluvias se intensifican debido también al corrimiento de la Corriente en Chorro (Jet Stream) hacia la zona ecuatorial (Magaña, 2001). Es entonces que este fenómeno de escala interanual origina no solo los cambios de precipitación, sino sequías y con ello aumentos inusuales de temperatura. La mayor especificidad de la variabilidad de la temperatura se obtuvo a partir de los mismos

gráficos trazados en función del tiempo, pero al ser estos divididos en los de temperatura máxima diaria (TemMax), temperatura mínima diaria (TemMin) y temperatura estacional de las épocas secas y lluviosas del año. Asimismo, de la descripción del comportamiento de los valores mínimos y máximos en cada una de estas.

5.1.1 Temperatura máxima y mínima diaria (TemMax, TemMin) y temperatura estacional de la época seca y lluviosa del año.

El IPCC (2014) menciona que a nivel mundial “es prácticamente seguro que las temperaturas mínima y máxima de la superficie de la Tierra han aumentado a escala mundial desde 1950”. Con el análisis de la variabilidad de la TemMax y TemMin, se evidenció en esta investigación un proceso con fases o etapas que conlleva al incremento de temperatura, el cual se manifiesta temporalmente distinto en cada espacio de la Sierra de las Cruces. De manera general, el aumento de temperatura comienza a darse en los valores máximos y tiempo después en los valores mínimos. Lo anterior se encontró en la TemMax de la vertiente oriental, tanto de la zona norte como centro, en donde el incremento de temperatura se dio en los valores máximos desde la década de los 70, mientras que el de los valores mínimos desde la década de los 80, este aumento de temperatura coincide temporalmente con el punto de inflexión encontrado a nivel mundial (Ceballos, *et al.*, 2007). En el caso de la vertiente occidental el proceso fue más diferenciado, no obstante, lo anterior se constató también que el incremento de temperatura de valores máximos y mínimos de TemMax se puede dar a la par. Así se encontró que la zona centro presentó aumento de temperatura de sus valores máximos desde los años 80, mientras que el de los mínimos en los años 90. Por otra parte, en la zona norte en ambos valores

los incrementos sucedieron desde los años 90. Y aunque de manera general los valores mínimos mostraron incremento de temperatura, también en algunos casos se evidenció su enfriamiento en la zona centro.

En el caso de la TemMin el comportamiento se presentó más variable y con las mayores temperaturas en la década del 2000, lo que coincide con lo descrito por el IPCC (2014) al mencionar a esta década como la más cálida en la temperatura media global. Las zonas norte y centro de la vertiente oriental evidenciaron aumento de la temperatura a lo largo de las décadas en los valores máximos y mínimos. Mientras que las zonas norte y centro de la vertiente occidental, con un menor proceso, revelaron aumento de temperatura en los valores máximos, aunque no en todas las estaciones, y solo aumento de temperatura en los valores mínimos en la zona norte. Asimismo, y de manera contraria, disminución o enfriamiento de la temperatura en los valores mínimos tanto de la zona norte como centro. Respecto a estos enfriamientos, el IPCC (2014) ha registrado en las observaciones de la tendencia a escala mundial un descenso en el incremento de la temperatura superficial del calentamiento global en los años 1998 – 2012, en donde dicho incremento es de 0.04°C por década respecto a los 0.11°C por década entre los años 1951 – 2012, lo que atribuye, entre otros, a la variabilidad climática interna al mencionar que “Los hiatos de 10 a 15 años pueden surgir como una manifestación de la variabilidad decenal interna del clima, que a veces mejora y a veces contrarresta la tendencia a largo plazo forzada externamente”. Estos enfriamientos en los valores máximos y mínimos también han sido constatados en otros estudios a distintas escalas espaciales (Santillán – Espinoza, *et al.*, 2011; Ortega, *et al.*, 2013.).

El IPCC (2014) también menciona que a partir de los incrementos de temperatura “es muy probable que el número de días y noches fríos haya disminuido y que el número de días y noches cálidos haya aumentado a escala mundial”, lo cual podría asociarse en esta investigación a una escala regional (Sierra de las Cruces) y local (zona y estación), con los aumentos de temperatura encontrados en valores máximos y mínimos. En la actualidad se considera que a partir de investigaciones climatológicas la variabilidad de los valores extremos permiten constatar cambios en la temperatura global (Ortega, *et al.*, 2013). En general, la observación en el análisis de la variabilidad climática en la Sierra de las Cruces permitió revelar que son los valores mínimos los más variables y sensibles a los incrementos y decrecimientos de la temperatura, o bien los que permiten evidenciarlo mejor, aunque se ha sugerido que son los incrementos detectados en valores máximos los que conllevan al incremento en los valores medios (Ceballos, *et al.*, 2007).

Los incrementos y decrecimientos de la temperatura que marcaron periodos de calentamiento y enfriamiento a lo largo de las distintas décadas mostraron una alta variabilidad e influyeron en el rumbo que los datos tomaban en cada una. La zona norte evidenció rumbos que orientaron en lo general hacia el aumento de temperatura, solo que dicho aumento fue más evidente en la TemMax en la vertiente occidental, mientras que el aumento en la TemMin en la vertiente oriental. Fue también notorio el rumbo de los datos hacia el aumento de temperatura, que mostró la TemMax en todas las estaciones de la vertiente occidental en la década de los 80. De manera más específica mostraron en su mayor parte aumento de temperatura de la TemMax en las zonas norte y centro de ambas vertientes, así

como aumento de temperatura en media y valores extremos de la TemMin en la zona norte y centro de la vertiente oriental, y aumento de temperatura solo en los valores máximos extremos en las zonas norte y centro de la vertiente occidental. Lo anterior mostró nuevamente que el proceso de aumento de temperatura inicia en valores máximos y prosigue con los mínimos. Estas evidencias podrían acercarse a lo señalado por Lobato – Sánchez y Altamirano – del Carmen (2017), quienes encontraron que es muy característico de estaciones climatológicas situadas en el centro del país en áreas urbanas, una alta variabilidad entre periodos cálidos y fríos, así como, la posible señal del calentamiento por influencia antropogénica.

En otra escala temporal los análisis estacionales permitieron constatar que también existen cambios de incremento y decrecimiento de la temperatura a lo largo de las épocas secas y lluviosas del año, reflejo del comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas diarias en las diferentes zonas de ambas vertientes de la Sierra de las Cruces. Asimismo, se constató, que las temperaturas máximas son las que nuevamente presentan las evidencias de los primeros cambios. Es entonces que en la TemMax y TemMin se identificó en lo general, un rumbo de los datos hacia el aumento de temperatura en las épocas lluviosas del año en ambas vertientes, en las zonas norte y centro de la Sierra de las Cruces. Mientras que la TemMin reveló ante una mayor variabilidad, rumbos distintos de los datos con mayores decrecimientos de la temperatura en la vertiente occidental y mayores aumentos en la oriental. Es entonces que son, tanto la vertiente oriental como las zonas norte de la sierra, las de mayor temperatura con aumento de la misma.

5.2 Variabilidad de la precipitación

Con base en información del IPCC (2014), las precipitaciones a escala global han presentado cambios poco significativos desde el año 1900, aunque estudios regionales evidencien tendencias de cambio. No obstante, se menciona que la precipitación ha incrementado a nivel global un 2% desde principios del S. XX., y que este incremento destaca en el hemisferio norte (Méndez, *et al.*, 2007). En esta investigación las gráficas de precipitación no permitieron evidenciar mucho hacia el interior de la variabilidad de este elemento atmosférico, debido a la generalidad con la que se trataron los datos. Sin embargo, la descripción si permitió observar la distribución espacial en el que se ha mostrado la precipitación en el tiempo, en ambas vertientes de la Sierra de las Cruces. El territorio mexicano se ve influenciado en sus precipitaciones por dos sistemas atmosféricos uno de alta presión y otro de baja presión que dan como resultado los vientos del Este y del Oeste en el país (Maderey, 1980; Jáuregui, 2003). Lo que respectivamente es la influencia de la humedad y precipitaciones de la vertiente oriental y occidental de la Sierra de las Cruces, ambas áreas también llegan a recibir humedad y lluvia producida por ciclones, al estar localizada la Sierra de las Cruces en la franja climática intertropical (Méndez, *et al.*, 2010). Méndez, *et al.* (2007), reportan que las lluvias en México acontecen durante el verano y el otoño tiempo en el que se recibe la mayor parte de las lluvias (70%), las gráficas de precipitación permitieron evidenciar de manera clara los periodos estacionales de la época lluviosa y seca del año con la temporalidad descrita.

Se encontró también que la vertiente oriental ocupa la posición de barlovento, por lo que presentó a lo largo de las décadas las mayores precipitaciones durante

la época lluviosa del año, sin embargo, no sucedió igual durante la época seca en la que la vertiente occidental presentó mayores precipitaciones. Esta diferencia estacional podría deberse a que la vertiente occidental también tiene influencia de los vientos del Este y durante el invierno también de los del Oeste, debido al desplazamiento del sistema atmosférico de baja presión de las latitudes medias hacia el sur, lo que introduce humedad proveniente del Pacífico (Maderey, 1980). De manera más específica se observó que la zona centro de la vertiente oriental y la norte de la occidental fueron las que más cantidad de lluvia registraron, aunque los registros anuales y decadales mostraron variabilidad con aumentos y descensos. Los años más lluviosos de ambas vertientes fueron 1976 y 1986, mientras que los años menos lluviosos se evidenciaron en la vertiente oriental en los años 1977 y 1982, mientras que en ambas vertientes en 1999. Esto último, podría estar asociado a eventos de ENOS que origina disminución de las precipitaciones en el territorio mexicano, debido al desplazamiento del ecuador térmico hacia el sur, que cambia a la vez la distribución de la humedad (Méndez, *et al.*, 2010). De manera más específica se menciona que durante eventos del ENOS existe en México incremento de la precipitación en las latitudes altas y decremento en las latitudes bajas, asimismo que las precipitaciones en México se intensifican durante la época en que menos llueve y de manera inversa disminuyen durante la época en la que las lluvias son más altas (Magaña, *et al.*, 2001; Méndez, 2007). Lo anterior podría ayudar a explicar también por qué la vertiente occidental, con mayor influencia del océano Pacífico, registra precipitaciones más altas durante las épocas secas del año, si se considera que el evento ENOS provoca además variaciones en los climas regionales (Tereshchenko, *et al.*, 2001). Podría considerarse también si existe o no influencia de la Oscilación Decadal del Pacífico, fenómeno de

teleconexión de largo periodo que se desarrolla en las latitudes medias del océano Pacífico al este de su cuenca y que se manifiesta con dos fases, una cálida o positiva y otra fría o negativa, y que intensifica las condiciones de efecto del fenómeno ENSO cuando coincide temporalmente con el mismo, ya que se ha encontrado que la precipitación se ve favorecida durante la época invernal (seca) y disminuida en la época del verano (lluviosa) (Méndez, *et al.*, 2010).

El IPCC (2014) menciona respecto al evento ENOS que “existe un nivel de confianza alto en el que El Niño – Oscilación del Sur seguirá siendo el modo dominante de la variabilidad climática natural en el siglo XXI, con influencias globales, y que es probable que se intensifique la variabilidad de las precipitaciones regionales que induce”. Asimismo, menciona para las precipitaciones que “Las variaciones naturales de la amplitud y el patrón espacial de ENOS son tan grandes que el nivel de confianza en cualquier cambio proyectado para el S.XXI sigue siendo bajo”. Finalmente, en el análisis de la precipitación destacó la década del 2000 en la cual ambas vertientes evidenciaron diversos años con abundantes lluvias, aunque no en todas las estaciones de todas las series, lo que coincide con el mayor calentamiento a nivel global (IPCC, 2014) y que podría ser un factor causal que explique a las mismas.

5.3 Posible influencia de la periurbanización y región policéntrica en la variabilidad climática

La expansión urbana es considerada en nuestros días como la creación de estructuras espaciales complejas, con consecuencias de relevancia en los sistemas urbanos que ubican a las ciudades principales, las zonas periféricas y la región

conformada (García - González, *et al.*, 2015). Aunque esta idea central solo es ubicada desde un punto de vista urbano territorial, sin señalar efectos en aspectos ambientales. No obstante, cambios en los incrementos de temperatura se han detectado mediante el estudio de las islas de calor en diferentes ciudades del mundo (Córdova, 2011; Mendonça, *et al.*, 2009; Romero, *et al.*, 2010; Schlünzen, *et al.*, 2010), en los que dichos cambios se evidencian espacialmente en los límites de la propia ciudad, pero no más allá de sus fronteras. Es entonces que los problemas ambientales que asocian a la actuación humana y sus efectos en la naturaleza no deben ser vistos ni analizados aisladamente porque trascienden espacialmente a escalas regionales, nacionales y mundial (Ciccolella, P. y Mignaqui, I., 2011).

En el caso de la Sierra de las Cruces el aumento de la población, que ha dado origen a diversas ciudades en la misma, ha sido distinto en el tiempo en ambas vertientes de la sierra. La vertiente oriental ha presentado un crecimiento constante y elevado desde la década de los 60 y principalmente en la de los 70 y 80. Mientras que la vertiente occidental desde las décadas de los 70, 80 y 90 el crecimiento ha sido constante (Valverde, 2018; Sánchez, 2012). Este crecimiento poblacional se debe a que la sierra ha sido un área de constante presión ante la expansión urbana. De acuerdo con el sistema de ciudades del país (SEDESOL, *et al.*, 2005; SEDESOL, *et al.*, 2010), en la vertiente oriental se encuentra la ciudad de México que forma el centro medular de la Zona Metropolitana del Valle de México, mientras que en su vertiente occidental se distribuye la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Sin embargo, Valverde (2018), menciona que los fenómenos metropolitanos no solo tienen importancia en el crecimiento de la población, sino también tiene trascendencia en el cómo se han configurado. Por ejemplo, el crecimiento urbano en la Sierra de las Cruces está marcado por causas distintas pero unidas, lo cual en

el tiempo ha configurado un espacio regional. Aguilar (2006), sugiere que la dinámica urbana de la ciudad de México ha dado lugar a un proceso territorial en el que se genera la dispersión urbana, la cual conlleva a la incorporación de ciudades pequeñas al interior de la región de la gran ciudad o metrópoli. De manera particular en la Sierra de las Cruces, la vertiente oriental explica su crecimiento en un contexto histórico de aumento poblacional, lo cual es característico de las áreas periurbanas, las que de acuerdo con García – González, *et al.*, (2015) son bordes entre los espacios urbanos que han alcanzado a los rurales que les rodean y en los cuales se da origen a procesos de metropolización y a la coalescencia con centros urbanos vecinos, lo que caracteriza el fuerte crecimiento urbano y poblacional. La zona norte de esta vertiente de la sierra se caracterizó también por la instalación de fábricas en espacios territoriales del antiguo Distrito Federal y el Estado de México desde los años 40 (Sánchez, 2012), pero con crecimiento marcado desde los años 60 y 70 (Gabino y Baca, 1994), mientras que las áreas habitacionales crecieron continuamente desde los años 50 y 60 (Sánchez, 2012).

La expansión urbana y el aumento poblacional en la vertiente occidental, estuvo marcada por el desarrollo y crecimiento industrial del Estado de México. Así en la década de los 60 la industria se concentró en dos áreas urbanas importantes: la zona metropolitana de la ciudad de México y la ciudad de Toluca; esta última con un proceso de metropolización que inicia en la década de los 70 a través del corredor industrial Toluca – Lerma (García – González, *et al.*, 2015), para asentar después la zona metropolitana de Toluca en los años 80, y con ello el exorbitante aumento de población que continuó hasta los años 90 y que espacialmente se distribuyó en ciudades pequeñas circundantes y en función a la central de Toluca (Gabino y Baca, 1994, García – González, *et al.*, 2015). Es entonces que tanto la

zona metropolitana de Toluca como la de la ciudad de México, se distribuyen en la zona norte y centro de la Sierra de las Cruces en su vertiente occidental desde los años 60, aunque es de resaltar que su causa radica en el crecimiento industrial. Todo lo anterior sustenta las diferencias territoriales urbanas establecidas en la sierra, por un lado, a través de la ciudad de México un crecimiento periurbano en la zona centro y norte de la vertiente oriental, mientras que en la zona centro y norte de la vertiente occidental un crecimiento policéntrico a partir de la ciudad de Toluca en función de la gran ciudad de México.

La descripción de la variabilidad climática realizada en esta investigación sugiere que las regiones urbanas tienen iguales alcances de escala en cambios de variabilidad climática. Por un lado, la vertiente oriental de la Sierra de las Cruces presenta cambios detectados en las medias y valores máximos y mínimos de la temperatura, que se dieron de manera paulatina a lo largo de 60 años y en el cual el proceso podría estar influenciado por el crecimiento poblacional periurbano. Mientras que, en la vertiente occidental los cambios de temperatura en medias, valores máximos y mínimos podrían estar influenciados por el espacio policéntrico que presentó un aumento poblacional más rápido a lo largo de 40 años y que se fundamenta principalmente en el crecimiento y expansión de la industria. Los cambios de temperatura detectados en la variabilidad del clima de la Sierra de las Cruces fueron de menor, igual o mayor alcance en la vertiente occidental respecto a la oriental, pero en un periodo de tiempo más corto, por lo que dichos cambios de temperatura en esta vertiente podrían ser explicados también por el impacto industrial y no solo por los cambios de uso de suelo debido a la infraestructura urbana que origina islas de calor, con lo que solo se consideran cambios locales y no de impacto de escala regional.

La detección climática permite tener una observación general de las fluctuaciones de las variables climatológicas, así como de las anomalías que producen cambios temporales y recurrentes, y que forman parte de la misma naturaleza de las variaciones del clima. Y aunque existen diversos estudios que pueden ser base para la explicación física de dichas variaciones del clima, también lo es que los agentes antropogénicos pudiesen explicar mejor los cambios de temperatura y el rumbo que los datos mostraron en esta investigación hacia el aumento de temperatura, lo que no solo podría ser sustentado con la distribución de las islas de calor y sus espacios locales, sino también por los alcances industriales en áreas espaciales regionales que están ligados a las ciudades, a los patrones de crecimiento de las mismas y a su contexto histórico. No obstante, para aseverar lo anterior se requiere de un estudio de atribución climática y no solo de detección, como fue el caso de esta investigación.

6. CONCLUSIONES

El análisis de la variabilidad climática en la Sierra de las Cruces permitió reconocer la importancia en el proceso de la selección de la información y la homogenización de los datos para resaltar y descartar los que resultaron erróneos y evitar las futuras inconsistencias. La selección de los métodos estadísticos, el manejo de la escala temporal en décadas y el análisis de datos diarios fueron condiciones fundamentales para observar y conocer con mayor especificidad el comportamiento de la variabilidad de la temperatura y la precipitación en el tiempo y el espacio. Los gráficos de valores trazados en función del tiempo posibilitaron conocer el comportamiento natural de la temperatura y la precipitación, evidenciar ciclos

naturales estacionales y anuales, así como anomalías que se presentaron a lo largo del tiempo, pero que forman también parte de la variabilidad de estos elementos atmosféricos.

El análisis zonificado en cada vertiente de la Sierra de las Cruces acercó a la especificidad espacial del cambio en el incremento de temperatura en una región y evidenció con ello la existencia de un proceso paulatino que inicia en valores máximos de temperatura para continuar después con los valores mínimos, que son los que hacen más evidente el cambio. Y aunque exista dentro de la variabilidad de la temperatura decrementos, estos en algunos casos no influyen en el tiempo lo suficiente para detener rumbos hacia el incremento de temperatura. La vertiente occidental mostró cambios espaciales más rápidos y hasta superiores en el incremento de temperatura que la vertiente oriental, lo cual puede estar asociado a la región policéntrica y su origen industrial, y no solo a su crecimiento poblacional absoluto, su infraestructura urbana y sus islas de calor. Es por lo anterior que en los estudios de clima urbano debe considerarse el contexto histórico que da origen a una ciudad, a su estructura y al tipo de expansión urbana que presenta, lo que permitiría explicar mejor las causas de los cambios de temperatura y proyectar en el tiempo la temporalidad de sus efectos, así como sus alcances espaciales

En lo general la precipitación no mostró cambios en su volumen en su distribución temporal y en relación con la temperatura, excepto en la década del 2000 donde se registraron las temperaturas y lluvias más altas de todas las décadas. Aún al ocupar la vertiente oriental la posición de barlovento y presentar una mayor densidad de infraestructura y población, solo presentó las más altas precipitaciones durante la época lluviosa del año, mientras que la occidental durante la época seca.

Finalmente, todo lo anterior permite suponer que el incremento de la temperatura a escala regional es un proceso que se manifiesta espacial y temporalmente distinto y de manera gradual, como posible efecto de los distintos procesos de urbanización que son factores de cambio en las condiciones naturales de la atmósfera a nivel local y regional.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. 2006. La ciudad de México y su estructura policéntrica regional, en Aguilar, A. (comp.). Las grandes aglomeraciones y su periferia regional. Experiencias en Latinoamérica y España. UNAM. México.
- Ángel, L., A. Ramírez y E. Domínguez. 2010. Isla de calor y cambios espacio – temporales de la temperatura en la ciudad de Bogotá. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. XXXIV: 173 – 183.
- Ávila, H. 2009. Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. Estudios agrarios. Procuraduría Agraria. 93 – 123.
- Barrera, H. 2012. Deterioro Socioambiental en la Sierra de las Cruces. Diseño y sociedad. 32: 40 – 49.
- Benjamín, J. y O. Maserá. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. Madera y bosques. 7: 3 – 12.
- Brunet, M. 2010. Datos e indicadores para detectar y atribuir eventos al cambio climático: los registros históricos del clima y su problemática. Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía. 1: 19 – 29.
- Casado, J.M. 2012. La estructura policéntrica de los mercados laborales locales de la Zona Metropolitana del Valle de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 79: 97 – 118.
- Castañeda, M. y M. González. 2008. Statistical analysis of the precipitation trends in the Patagonia region in southern South America. Atmósfera. 21: 303 – 317.

-
-
- Castells, M. 2004. La cuestión urbana. Siglo XXI editores. Madrid.
 - Ceballos Barbancho, A., E. Morán, y M. Quirós. 2007. Evolución de las temperaturas y precipitaciones en las capitales de Castilla y León en el período 1961 – 2006. POLÍGONOS, Revista de Geografía. 17: 59 – 81.
 - Ciccolella, P. e I. Mignaqui. 2011. Conflictos ambientales, desarrollo urbano y gobernabilidad. El caso de la Cuenca del río Matanza – Riachuelo de la Región Metropolitana de Buenos Aires, en Aguilar, A. e I. Escamilla (comp.). Periurbanización y sustentabilidad en grandes ciudades. UNAM. México.
 - Córdova, K. 2011. Geotecnología espacial aplicada al estudio del clima urbano: Análisis térmico superficial en la ciudad de Caracas – Venezuela. Revista Geográfica Venezolana. 52: 31 – 46.
En <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo6/contenidos/clima1.htm>
 - FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. El estado de los bosques del mundo. FAO. Roma.
 - Fernández, F. 2009. Ciudad y cambio climático: Aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. Investigaciones Geográficas. 49: 173 – 180.
 - Gabino, J. y N. Baca. 1994. La industrialización y urbanización en el Estado de México. Papeles de población. 2: 27 – 37.
 - Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2011. Décima séptima época: 1097.
 - García – González, M., S. Adame – Martínez y R. Sánchez – Nájera. 2015. Expansión metropolitana de Toluca: caso de estudio municipio de Calimaya, México. QUIVERA. 2015 - 1: 35 – 53.
 - García, M.C., A. Piñeros, F.A. Bernal y E. Ardila. 2012. Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. Revista de Ingeniería. 36: 60 – 64.
 - Garrocho, C. y Z. Flores. 2009. Delimitación del centro tradicional de comercio y servicios de la Zona Metropolitana de Toluca. Papeles de Población. 61: 233 – 274.
 - George, P. 1964. Compendio de Geografía Urbana. Ediciones Ariel. Barcelona.

-
-
- Guijarro, J. 2015. Climatol: Software libre para la depuración y homogeneización de datos climatológicos. En https://www.researchgate.net/publication/267299871_CLIMATOL_SOFTWARE_LIBRE_PARA_LA_DEPURACION_Y_HOMOGENEIZACION_DE_DATOS_CLIMATOLOGICOS
 - Gobierno del Distrito Federal. 2013. Primer Informe de Gobierno. Informe estadístico. Ciudad de México.
 - Huang, S., M. Taniguchi, M. Yamano y C. Wang. 2009. Detecting urbanization effects on Surface and subsurface thermal environment – A case study of Osaka. Science of the Total Environment. 407: 3142 – 3152.
 - INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1962. VIII Censo General de Población. 1960. Resumen General. México.
 - INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1972. IX Censo General de Población. 1970. Resumen General. México.
 - INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1980. X Censo General de Población y Vivienda. 1980. Tabulados básicos.
 - INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1990. XI Censo General de Población y Vivienda. Tabulados básicos.
 - INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. XII Censo General de Población y Vivienda. Tabulados básicos.
 - INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Censo General de Población y Vivienda. Tabulador del cuestionario básico.
 - INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) y CONAPO (Consejo Nacional de población). 2012. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010. México.
 - IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 1990. Cambio climático 1990: Informe de síntesis. IPCC. Ginebra, Suiza.
 - IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2001. Cambio climático 2001: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas. IPCC. Ginebra, Suiza.
 - IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. IPCC. Ginebra, Suiza.

-
-
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. IPCC. Ginebra, Suiza.
 - Jáuregui, E. 1992. La isla de calor urbano de la ciudad de México a finales del siglo XIX. En http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/inves_geo/boletines/26/bol26_art212.pdf
 - Jáuregui, E. 1995. Algunas alteraciones de largo periodo del clima de la ciudad de México debidas a la urbanización. Revisión y perspectivas. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 31: 9 – 44.
 - Lobato Sánchez, R. y M. Altamirano – del – Carmen. (2017). Detección de la tendencia local del cambio de la temperatura en México. Tecnología y Ciencias del Agua. 6: 101 – 116.
 - Maderey, L. E. 1980. Intensidad de la precipitación en el Valle de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 10: 7 – 53.
 - Magaña, V. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En: Martínez, J. y A. Fernández (comp.). Cambio climático: una visión desde México. SEMARNAT – INE. México.
 - Magaña, V., J. L. Pérez, C. Conde. 1998. El fenómeno del Niño y sus impactos. La oscilación del Sur en México. Ciencias. 51: 14 – 18.
 - Magaña, V., J.M. Méndez, R. Morales y C. Millán. 2004. Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. En: Martínez, J. y A. Fernández (comp.). Cambio climático: una visión desde México. SEMARNAT – INE. México.
 - Magaña, V. y L. Galván. 2010. Detección y atribución de cambio climático a escala regional. Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía. 1: 73 – 82.
 - Magaña, V., J.L. Vázquez, J.B. Pérez y J.L. Pérez. 2001. El fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) y sus impactos en México, en Escobar, E., *et al.*, (comp.). Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997 – 1998. CONACYT. México.

-
-
- Marín, M. 1990. Normalidad y anomalía en la investigación climatológica actual. *Revista de Geografía*. XXIV. 35 – 41.
 - Méndez González, J., A. Ramírez, E. Cornejo, A. Zárate y T. Cavazos. 2010. Teleconexiones de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a la precipitación y temperatura en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 73: 57 – 70.
 - Méndez González, J., J.J. Navar, H. González y E.J. Treviño. 2007. Teleconexiones del fenómeno ENSO a la precipitación mensual en México. *Ciencia UANL*. Vol.X, Num. 3: 290 – 298.
 - Mendonça, M. y M.A. Lombardo. 2009. El clima urbano de ciudades subtropicales costeras atlánticas: el caso de la conurbación de Florianópolis. *Revista de Geografía Norte Grande*. 44: 129 – 141.
 - Montealegre, J, y J. D. Pavón. 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño – La Niña – Oscilación del sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*. 2: 7 – 21.
 - OMM (Organización Mundial Meteorológica). 2013. El estado del clima mundial 2001 – 2010: Un decenio de fenómenos climáticos extremos. Informe resumido. OMM. Suiza.
 - ONU – HÁBITAT (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos). 2009. Informe mundial sobre asentamientos humanos 2009. Planificación de ciudades sostenibles: orientación para políticas. Earthscan. Reino Unido y EE.UU.
 - ONU – HÁBITAT (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos). 2011. Informe mundial sobre asentamientos humanos 2011. Las ciudades y el cambio climático: orientaciones para políticas. Earthscan. EE.UU.
 - Ordóñez, J.A.B. y O. Maser. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y bosques*. 7: 3 – 12.
 - Orozco, M.E. 2006. Escenarios interpretativos Tendencias en la transformación de espacios rurales y periféricos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 60: 110 – 126.

-
-
- Ortega Villasán, M., C. Morales y J. Labajo. 2013. Aportaciones sobre cambios en las tendencias de las variables climáticas en la meseta central española. POLÍGONOS, Revista de Geografía. 24: 43 – 75.
 - Palacio, C. y J.F. Jiménez. 2012. Climatología urbana y de montañas. DYNA. 79: 61 – 69.
 - Pérez, M. E. 2006. Fluctuaciones climáticas y variabilidad temporal del clima en el norte argentino 1931 - 2005. Conferencia dictada. En <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo6/contenidos/clima1.htm>
 - Pineda, N., J. Bosque, M. Gómez y W. Plata. 2008. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 69: 33 – 52.
 - Pizarro, R., C. Ramírez y J.P. Flores. 2003. Análisis comparativo de cinco métodos para la estimación de precipitaciones areales anuales en periodos extremos. Bosque. 24: 31 – 38.
 - Romero, H., M. Salgado y P. Smith. 2010. Cambios climáticos y climas urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. Revista INVI. 25: 151 – 179.
 - Romero, S., C.C. Morales y X. A. Némiga. 2011. Identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, México. Revista de climatología. 11: 1 – 10.
 - Sánchez, A. 2012. Informe del estado de desarrollo social en el Distrito Federal. La evolución de la Ciudad de México. Factores para el desarrollo social. En http://evalua.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/files/Atribuciones/inf-est/evo_cmexico.pdf
 - Santillán – Espinosa, L., F. Blanco – Macías, R. Magallanes – Quintanar, J. García – Hernández, J. Cerano – Paredes, O. Delgadillo – Ruiz y R. Valdez – Cepeda. 2011. Tendencias de temperaturas extremas en Zacatecas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2: 207 – 219.

-
-
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social), CONAPO (Consejo Nacional de Población) e INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2005). Delimitación de las Zonas Metropolitanas 2005. México.
 - SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social), SEGOB (Secretaría de Gobernación) y CONAPO (Consejo Nacional de Población). (2012). Catálogo. Sistema Urbano Nacional 2012. México.
 - Schlünzen, K., P. Hoffmann, G. Rosenhagen y W. Riecke. 2010. Long – term changes and regional differences in temperatura and precipitation in the metropolitan area of Hamburg. *International Journal of Climatology*. 30: 1121 – 1136.
 - Suárez, M. y J. Delgado. (2006). La expansión urbana probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista para el año 2020 y dos alternativos. *Estudios demográficos y urbanos*. 22: 101 – 142.
 - Taniguchi, M., W.C. Burnett y G.D. Ness. 2008. Integrated research on subsurface environments in Asia urban areas. *Science of the Total Environment*. 404: 377 – 392.
 - Tereshchenko, I., A.E. Filonov, C.O. Monzón y A. Figueroa. 2001. Investigación sobre la manifestación de la señal de El Niño en el occidente de México, en Escobar, E., *et al.*, (comp.). Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997 – 1998. CONACYT. México.
 - Valverde, C. y A. Reyes. La conurbación Ciudad de México – Toluca ¿un espacio urbano producto de la globalización?. En <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/36.pdf>
 - Vinuesa, J. y M.J. Vidal. 1991. Los procesos de urbanización. Ed. Síntesis. Madrid.



ANEXOS

	San Bartolo del Progreso (2750)		X		
	San Antonio Trojes (2831)*	X		Ajusco (2900)	X
	Mimiapan (2882)		X	Desierto de los Leones (2995)	X
	San Lorenzo Huitzilapa (2845)		X	La Venta Cuajimalpa (2850)	X
	Continuación Tabla 1.				
				Santa Ana Jilotzingo (2871)	X
				Monte de Peña (2890)	X
2900 – 3000	Santa María Nativitas (2986)	X		El Guarda (2990)	X
	San Pedro Atlapulco (2970)		X		
3000 - 3100	Presa Iturbide (3290)	X			
3100 – 3200					
3200 – 3300					
3300 - 3400	Magdalena Chichicarpa (3420)		X		

* Estación fuera de los límites de la SC.

Tabla 2. Empate de datos por quinquenios en series climáticas

	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
SERIE 1										
Presa Taxhimay	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Molinito blanco										
SERIE 2										
San Bernabé										
Villa del Carbón										
Buenos Aires										
Ejido de Llano Grande										
San Antonio Nixini										
SERIE 3										
Temoaya										
San José Epifanía										
San Lorenzo Malacota										
SERIE 4										
San Marcos Tlazalpan										
Presa el Tigre										
Jiquipilco										
SERIE 5										
Santiago Tlazala										
San Luis Ayucan										
SERIE 6										
San Antonio Trojes										
Monte de Peña										
Santa Ana Jilotzingo										
SERIE 7										
Molinito										
Totolica San Bartolo										
La Marquesa										
SERIE 8										
Trojes										
Hacienda la Y										
Caseta EPCCA										
Colonia Álvaro										
Obregón										
Lerma	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa San Joaquín										
SERIE 9										
Capulhuac										
Huixquilucan										
SERIE 10										
Mimiapan										
San Lorenzo										
Huitzililapa										
SERIE 11										
Desviación Alta al										
Pedregal										
Hacienda Peña Pobre										
Guadalupe Inn										
SERIE 12										
Castañeda	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa Tacubaya			Desde Oct.	x	x	x	x	x	x	x
Tarangó										
Presa Ansaldo			Desde Dic.	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 13										
Desierto de los leones										
La Venta Cuajimalpa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 14										
Santiago Tianguistenco										
Tres Cumbres										

Continuación Tabla 2.

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
SERIE 1										
Presa Taxhimay	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Molino blanco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Desde May.
SERIE 2										
San Bernabé	x	x	Hasta Jul.	Desde May.	x	x	x	x	x	x
Villa del Carbón										
Buenos Aires										
Ejido de Llano Grande			Desde Jun.	x	x	x	x	x	x	x
San Antonio Nixini										
SERIE 3										
Temoaya	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San José Epifanía										
San Lorenzo Malacota									Desde Oct.	x
SERIE 4										
San Marcos Tlazalpan										
Presa el Tigre	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Jiquipilco		Desde May.	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 5										
Santiago Tlazala					x	x	x	x	x	x
San Luis Ayucan	Desde Dic.	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 6										
San Antonio Trojes										
Monte de Peña										
Santa Ana Jilotzingo										
SERIE 7										
Molino										x
Totolica San Bartolo							Desde Abr.	x	x	x
La Marquesa									x	x
SERIE 8										
Trojes										
Hacienda la Y	x	Hasta Jul.	Desde Mar.	x	x	x	x	x	x	x
Caseta EPCCA										
Colonia Álvaro										
Obregón										
Lerma	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa San Joaquín										
SERIE 9										
Capulhuac										
Huixquilucan					Desde Abr.	x	x	x	x	x
SERIE 10										
Mimiapan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Lorenzo										
Huitzililapa										
SERIE 11										
Desviación Alta al								x	x	x
Pedregal										
Hacienda Peña Pobre	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Guadalupe Inn		Desde Jul.	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 12										
Castañeda	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa Tacubaya	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tarangó									x	x
Presa Ansaldo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 13										
Desierto de los leones	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
La Venta Cuajimalpa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 14										
Santiago Tianguistenco									x	x
Tres Cumbres							Desde Jun.	x	x	x

Continuación Tabla 2.

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
SERIE 1										
Presa Taxhimay	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Molinito blanco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 2										
San Bernabé	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Villa del Carbón	Desde Ago.	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Buenos Aires										Desde Oct.
Ejido de Llano Grande	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Antonio Nixini										
SERIE 3										
Temoaya	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San José Epifanía										
San Lorenzo Malacota	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 4										
San Marcos Tlazalpan			Desde Nov.	x	x	x	x	x	x	x
Presa el Tigre	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Jiquipilco		x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 5										
Santiago Tlazala	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Luis Ayucan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 6										
San Antonio Trojes								Desde Sept.	x	x
Monte de Peña										
Santa Ana Jilotzingo										
SERIE 7										
Molinito	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Totolica San Bartolo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
La Marquesa	Hasta Jun.	x	x	x	x	x	x	Hasta Sept.	Solo 4 mese	
SERIE 8										
Trojes							Desde May.	x	x	x
Hacienda la Y	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Caseta EPCCA			x	x	x	x	x	x	x	x
Colonia Álvaro Obregón										Desde Oct.
Lerma	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa San Joaquín					Desde Nov.	x	x	x	x	x
SERIE 9										
Capulhuac	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Huixquilucan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 10										
Mimiapan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Lorenzo Huitzizilapa	x	Desde Jul.	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 11										
Desviación Alta al Pedregal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hacienda Peña Pobre	x	x	x							
Guadalupe Inn	x	x	x	x						
SERIE 12										
Castañeda	Hasta May.									
Presa Tacubaya	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tarango	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa Ansaldo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 13										
Desierto de los leones	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
La Venta Cuajimalpa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 14										
Santiago Tianguistenco	x	x	x	x	x	x	Solo enero	x	x	x
Tres Cumbres	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Continuación Tabla 2.

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
SERIE 1										
Presa Taxhimay	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Molinito blanco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 2										
San Bernabé	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Villa del Carbón	x	x	x	x				Desde Mar.	x	x
Buenos Aires	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ejido de Llano Grande	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Antonio Nixini		x	Hasta Jun.	Desde Abr.	x	x	x	x	x	x
SERIE 3										
Temoaya	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San José Epifanía	Desde Oct.	x	Solo 5 meses	x	x	x	x	x	x	x
San Lorenzo Malacota	x	x	x	x	x	x	Hasta Feb.	x	x	x
SERIE 4										
San Marcos Tlazalpan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa el Tigre	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Jiquipilco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 5										
Santiago Tlazala	x	x	x	x	x	x	x	x	Hasta Feb.	
San Luis Ayucan	x	x	x	x	x	x	x			
SERIE 6										
San Antonio Trojes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Monte de Peña				Solo 3 meses	x	x		Hasta may.	Solo 5 mese	x
Santa Ana Jilotzingo	Desde Sep.	Solo 8 mese	Solo 4 mese	Solo 7 meses	x	x	x	Hasta Feb.		
SERIE 7										
Molinito	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Totolica San Bartolo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
La Marquesa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 8										
Trojes	x	x	x	x	x	Hasta Ago.			x	x
Hacienda la Y	x	x	x	x	x	x	Hasta Abr.	x	x	x
Caseta EPCCA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Colonia Álvaro Obregón	x	x	x	x	x	x	Hasta Jul.	x	x	x
Lerma	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa San Joaquín	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 9										
Capulhuac	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Huixquilucan	x	x	x	x	x	x	x	x		
SERIE 10										
Mimiapan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Lorenzo Huitzililapa	Desde abril	x	x	x	x	x	x	Hasta May.		
SERIE 11										
Desviación Alta al Pedregal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hacienda Peña Pobre Guadalupe Inn		x	x	x	x					x
SERIE 12										
Castañeda										
Presa Tacubaya	x	x	x	x	x	x	x	x		
Tarango	x	x	x	x	x	x	x			
Presa Ansaldo	x	x	x	x	x	x	x	x		
SERIE 13										
Desierto de los leones	x	x	x	x	x	x	x			
La Venta Cuajimalpa	x	x	x	x	x					
SERIE 14										
Santiago Tianguistenco	x	x	x	x	x	x	Hasta Abr.	x	Solo 5 mese	Solo 4 mese
Tres Cumbres	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Continuación Tabla 2.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
SERIE 1										
Presa Taxhimay	x	x	x	x	x		x		Solo Jul.	x
Molinito blanco	x	x	Hasta Sep.	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 2										
San Bernabé	x	x	x	Hasta Ago.	x	x	x	x	x	x
Villa del Carbón	x	x								
Buenos Aires	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ejido de Llano Grande	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Antonio Nixini	x			Desde Jul.	x	x	x	x	x	x
SERIE 3										
Temoaya	x	x	x	x	x	x	x	Solo 6 mese	x	x
San José Epifanía	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Lorenzo Malacota	Hasta Feb.	Solo 6 mese	x	x	Solo Dic.	x	x	x	x	x
SERIE 4										
San Marcos Tlaxalpan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presa el Tigre	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Jiquipilco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 5										
Santiago Tlazala						Solo 2 mese		x	x	Hasta May.
San Luis Ayucan						x	x	x	x	
SERIE 6										
San Antonio Trojes	Solo 6 mese	Hasta Jun.	Solo 2 mese	x	x	x	x	x	x	x
Monte de Peña	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Solo 8 mese
Santa Ana Jilotzingo							x	Hasta Jun.	Solo 5 mese	
SERIE 7										
Molinito	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Totolica San Bartolo	Hasta Sep.	Hasta Abr.	x	x	x	x	x	x	x	Solo 4 mese
La Marquesa	x		Desde Abr.	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 8										
Trojes	x	x	Solo 3 mese	x	x	x	x	x	x	x
Hacienda la Y	x	x			x	x	x	x	x	x
Caseta EPCCA	x		Desde Nov.		Solo Dic.	Desde Abr.	x	Solo 8 mese		
Colonia Álvaro Obregón	x	Solo Dic.	x	x	x	x	x	Solo 8 mese	x	x
Lerma	x	x				Solo 8 mese	x	Solo 8 mese	x	x
Presa San Joaquín	x	x	x	Hasta Abr.						
SERIE 9										
Capulhuac	x	x	x	x	x	x	Hasta Ago.	Desde Sep.	x	x
Huixquilucan										
SERIE 10										
Mimiapan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Lorenzo Huitzililapa										
SERIE 11										
Desviación Alta al Pedregal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hacienda Peña Pobre	Solo 8 mese	Hasta Jul.								
Guadalupe Inn										
SERIE 12										
Castañeda										
Presa Tacubaya										
Tarango										
Presa Ansaldo										
SERIE 13										
Desierto de los leones										
La Venta Cuajimalpa										
SERIE 14										
Santiago Tianguistenco										
Tres Cumbres	Hasta May.		Solo 3 mese							

Continuación Tabla 2.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SERIE 1										
Presa Taxhimay	x	Hasta Jun.				x	x	x	x	x
Molinito blanco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 2										
San Bernabé	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Villa del Carbón										
Buenos Aires	x	x	x	Solo 2 meses	x	x	x	x	x	
Ejido de Llano Grande	x	x	x	x	x	x	x	Solo 8 mese	x	x
San Antonio Nixini	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 3										
Temoaya	x	x	x	x	x	Hasta Feb.				
San José Epifanía	Solo 4 mese	Solo 2 mese	x	x	x	x	x	x	x	x
San Lorenzo Malacota	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SERIE 4										
San Marcos Tlaxalpan	Solo Ene.									
Presa el Tigre	x	x	x	x	x	x	Desde Jun.	x	x	x
Jiquipilco	x	x	x	Solo 2 meses	x	x	x	Hasta Sep.	Solo 8 mese	x
SERIE 5										
Santiago Tlazala	Desde Abr.	x	x	Solo 5 meses	x	x	x	x	x	Hasta Ago.
San Luis Ayucan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Hasta Ago.
SERIE 6										
San Antonio Trojes	x			x	x	x	x	x	x	x
Monte de Peña	x	x	Solo 7 mese	Solo 6 meses	Solo 8 mese		x	x	x	Hasta Ago.
Santa Ana Jilotzingo										
SERIE 7										
Molinito	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Totolica San Bartolo	x	x	x	x	x	x	x	Hasta Ago.	Solo 7 mese	
La Marquesa	x	x	x	x	x	x	x	x		x
SERIE 8										
Trojes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hacienda la Y	x	x	x	x	x	x			Desde Ago.	x
Caseta EPCCA	x	x	x	Hasta Sep.		Desde Sep.	x	x	x	x
Colonia Álvaro Obregón	Solo 5 mese	Desde Jul.	x	x	x	x				
Lerma	x	x	x	Hasta Sep.		Desde Sep.	Hasta Jul.			
Presa San Joaquín										
SERIE 9										
Capulhuac	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Huixquilucan										
SERIE 10										
Mimiapan	x	x	x	x	Hasta Jun.			Desde Jul.	x	x
San Lorenzo Huitzililapa										
SERIE 11										
Desviación Alta al Pedregal	x	x	x	x	x	x	x	x		
Hacienda Peña Pobre										
Guadalupe Inn										
SERIE 12										
Castañeda										
Presa Tacubaya										
Tarangó										
Presa Ansaldo										
SERIE 13										
Desierto de los leones										
La Venta Cuajimalpa										
SERIE 14										
Santiago Tianguistenco										
Tres Cumbres										

Tabla 3. Porcentaje de datos faltantes en series cortas y largas por estación en temperatura máxima diaria

Series Cortas				
<i>SERIE 1</i>				
ESTACIÓN	CON DATOS	DATOS FALTANTES	NUM. TOTAL DE DATOS	% DE DATOS FALTANTES
Presa Taximay	15614	2648	18262	14.50005476
Molinito Blanco	17908	354	18262	1.938451429
<i>SERIE 2</i>				
Santiago Tlazala*	13148	3653	16801	21.74275341
San Luis Ayucan*	14347	3550	17897	19.83572666
<i>SERIE 3</i>				
San Bernabé	17375	887	18262	4.857080276
Buenos Aires**	9743	1214	10957	11.07967509
Ejido de llano grande	16559	607	17166	3.536059653
<i>SERIE 4</i>				
Temoaya	15942	494	16436	3.005597469
San Lorenzo Malacota	13053	1922	14975	12.83472454
<i>SERIE 5</i>				
Presa El Tigre	17932	330	18262	1.807030993
Jiquipilco	16199	1698	17897	9.487623624
<i>SERIE 6</i>				
Desviación Alta al Pedregal	14641	700	15341	4.562935923
Molinito	15007	333	15340	2.170795306
Totolica San Bartolo	14312	1029	15341	6.707515807
<i>SERIE 7</i>				
Presa Tacubaya	10124	103	10227	1.007137968
Presa Ansaldo	10153	74	10227	0.723574851
<i>SERIE 8</i>				
Trojes	10927	1491	12418	12.00676437
Hacienda la Y	15455	2807	18262	15.37071515
Caseta EPCCA**	11440	2439	13879	17.5733122
Lerma**	14160	1911	16071	11.89098376
Series largas				
<i>SERIE A</i>				
ESTACIÓN	CON DATOS	DATOS FALTANTES	NUM. TOTAL DE DATOS	% DE DATOS FALTANTES
Molinito Blanco	17908	354	18262	1.938451429
Presa El Tigre	17932	330	18262	1.807030993
<i>SERIE B</i>				
Capulhuac	13152	728	13880	5.244956772
Desviación Alta al Pedregal	13212	649	13861	4.682201861

* Se elimina la serie por rebasar el 20% de datos faltantes.

** Se elimina la estación durante el proceso de selección.

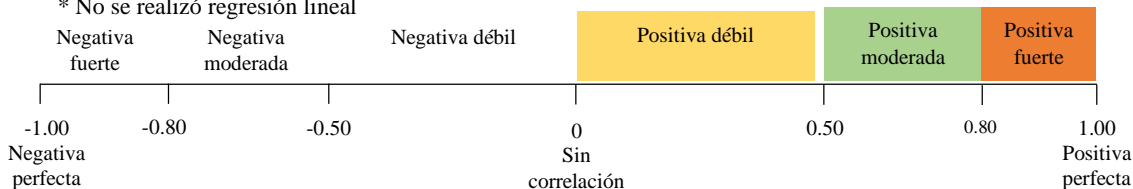
Tabla 4. Series cortas grupales y largas definitivas

Vertiente occidental		Vertiente oriental	
Zona norte			
Serie 3		Serie 1	
Num. Estación	Estación	Num. Estación	Estación
15086	San Bernabé	15193	Presa Tahimay
15025	Ejido de Llano Grande	15059	Molinito Blanco
Serie 4			
15119	Temoaya		
15093	San Lorenzo Malacota		
Serie 5			
15071	Presa El Tigre		
15037	Jiquipilco		
Zona centro			
Serie 8		Serie 6	
15201	Trojes	9020	Desviación Alta al Pedregal
15030	Hacienda la Y	15058	Molinito
		15127	Totolica San Bartolo
Serie 7			
		9039	Presa Ansaldo
		9037	Presa Tacubaya
SERIES LARGAS DEFINITIVAS			
Vertiente occidental		Vertiente oriental	
15071	Presa El Tigre	15059	Molinito Blanco
15014	Capulhuac	9020	Desviación Alta al Pedregal

Tabla 5. Coeficiente de correlación general y por décadas en series cortas de temperatura máxima y mínima

	<i>TemMax</i>	<i>TemMin</i>
Serie 1		
Presa Taximay – Molinito Blanco	0.787923662	0.77404121
1961 – 1970	0.83681305	0.92307191
1971 – 1980	0.84350523	0.92178497
1981 – 1990	0.79494871	0.85670486
1991 – 2000	0.77643046 ↓	0.85628238
2001 – 2010	0.81876172	0.83092866
Serie 3		
San Bernabé - Ejido	0.610114368	0.820533012
1964 – 1970	0.73499977	0.80097469 ↓
1971 – 1980	0.5541757 ↓	0.80012347 ↓
1981 – 1990	0.71027409	0.89032905
1991 – 2000	0.68234054	0.90416532
2001 – 2010	0.50980948 ↓	0.73208927 ↓
Serie 4		
Temoaya – San Lorenzo Malacota	0.4583043	0.81409038
1971 – 1980	0.48557063	0.85656603
1981 – 1990	0.49239102	0.78484067 ↓
1991 – 2000	0.4762933 ↓	0.77973022 ↓
2001 - 2005	0.61184773	0.83006725
Serie 5		
Presa El Tigre – Jiquipilco	0.40850455	0.604168445
1962 – 1970	0.54442167	0.72428795
1971 – 1980	0.6393717	0.59484534 ↓
1981 – 1990	0.49532939	0.77248101
1991 – 2000	0.45252115	0.56074961 ↓
2001 - 2010	0.06673724*	0.41359939 ↓
Serie 6		
Desviación - Molinito	0.60679639	0.74394057
1971 – 1980	0.72365549	0.87396907
1981 – 1990	0.65814145	0.80499708
1991 - 2000	0.60372887 ↓	0.67014721 ↓
2001 - 2008	0.50230452 ↓	0.6574673 ↓
Desviación-Totolica	0.570834617	0.769184719
Molinito-Totolica	0.736292171	0.796560964
Serie 7		
Presa Tacubaya – Presa Ansaldo	0.744156	0.772442301
1961 – 1970	0.86541148	0.86786165
1971 – 1980	0.78294931	0.89366361
1981 - 1988	0.6043752 ↓	0.60746672 ↓
Serie 8		
Hacienda - Trojes	0.72663811	0.81012228
1981 – 1990	0.66523317 ↓	0.8527665
1991 – 2000	0.78332086	0.85828263
2001 – 2010	0.70706416 ↓	0.79534122 ↓

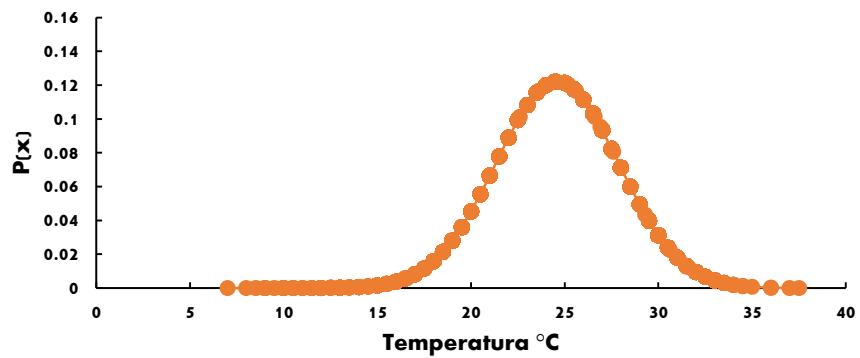
* No se realizó regresión lineal



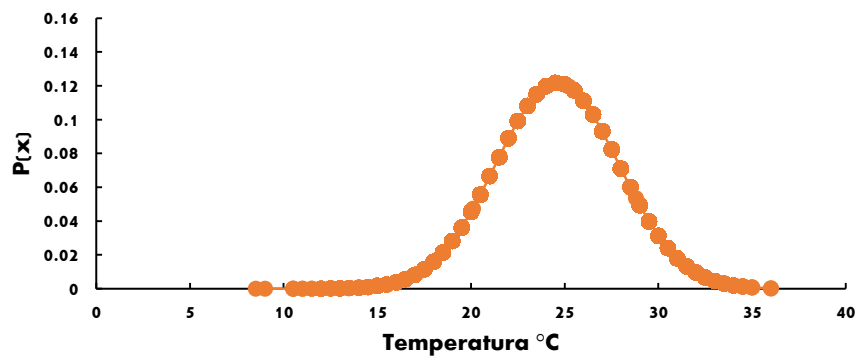
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMax

SERIE 1

PRESA TAXIMAY

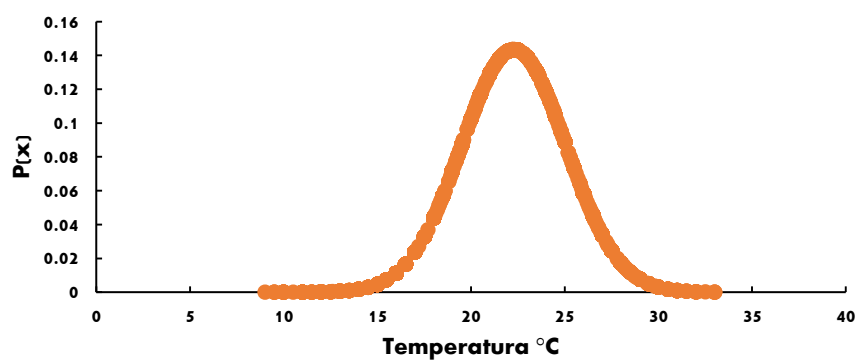


MOLINITO BLANCO



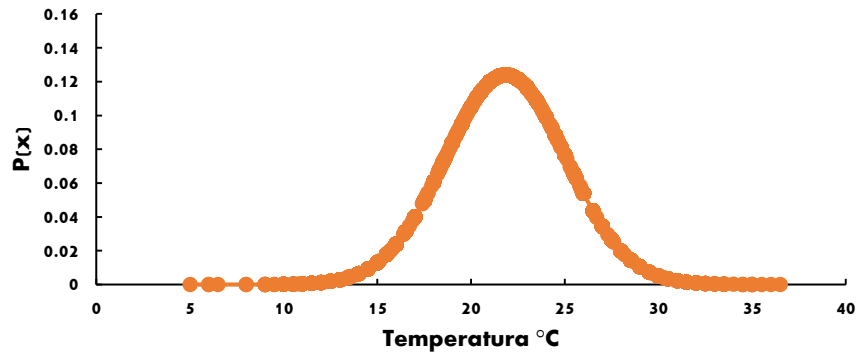
SERIE 3

SAN BERNABÉ



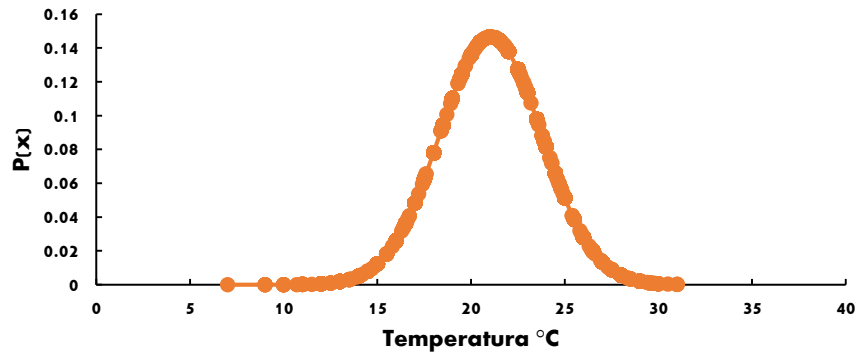
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMax

EJIDO DE LLANO GRANDE

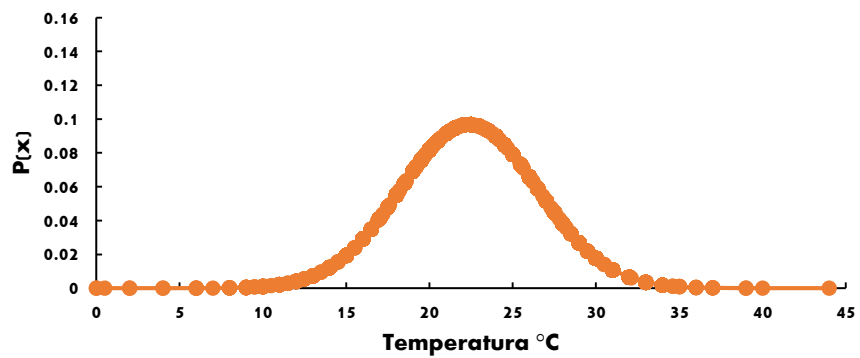


SERIE 4

TEMOAYA



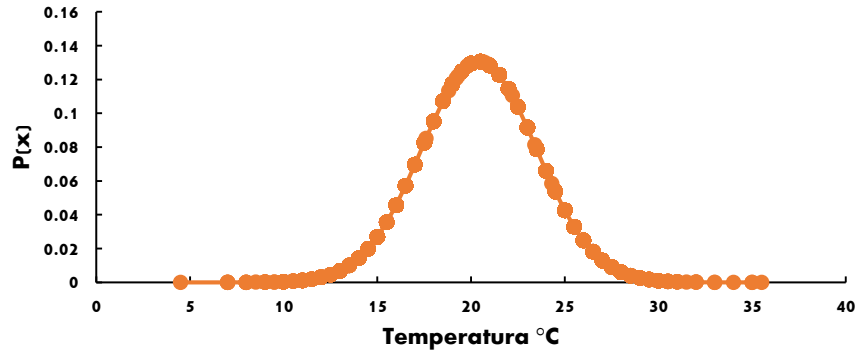
SAN LORENZO MALACOTA



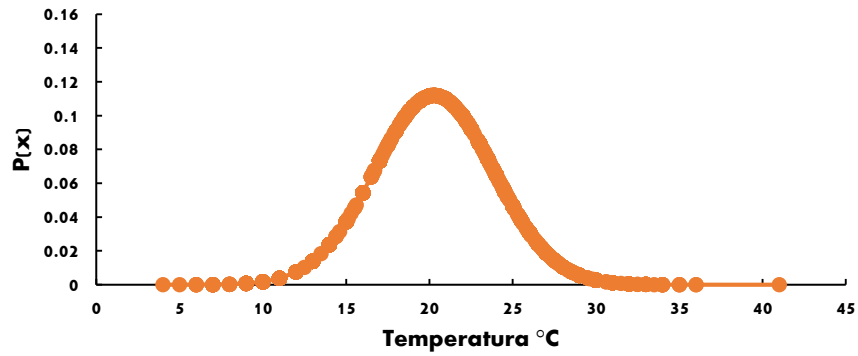
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMax

SERIE 5

PRESA EL TIGRE

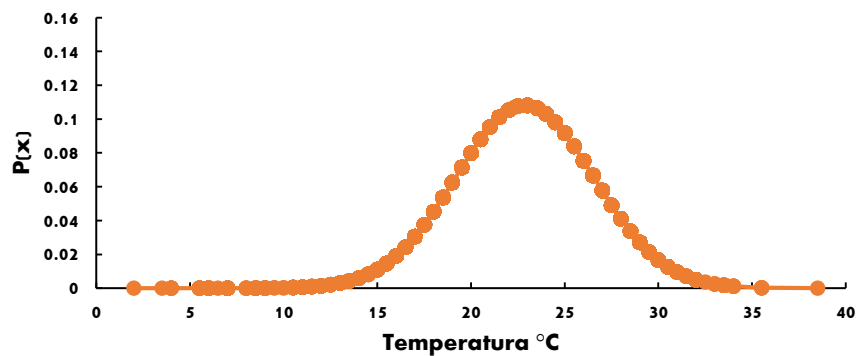


JIQUIPILCO



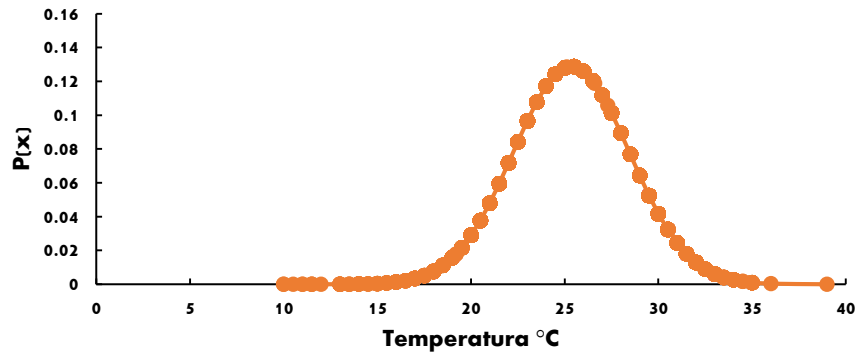
SERIE 6

DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL

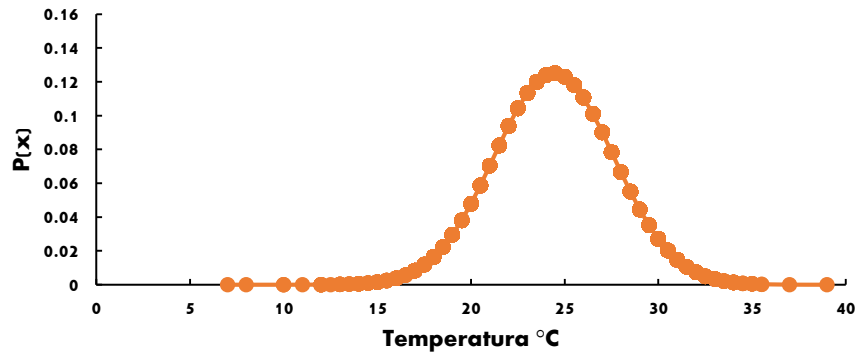


ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMax

MOLINITO

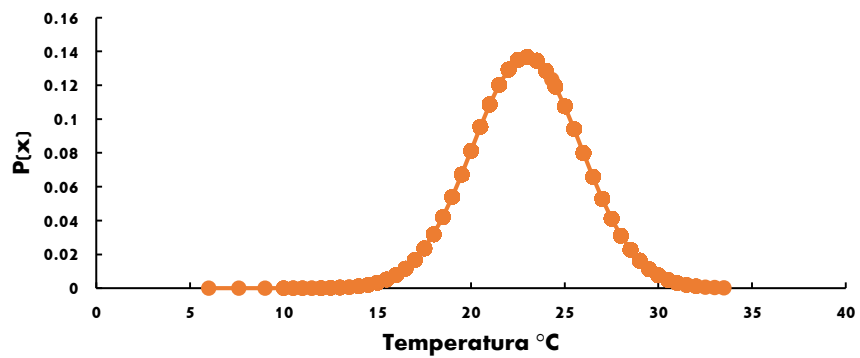


TOTOLICA SAN BARTOLO



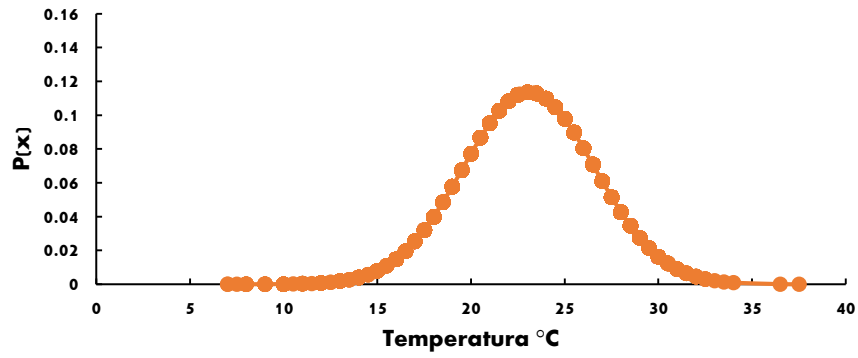
SERIE 7

PRESA ANSALDO



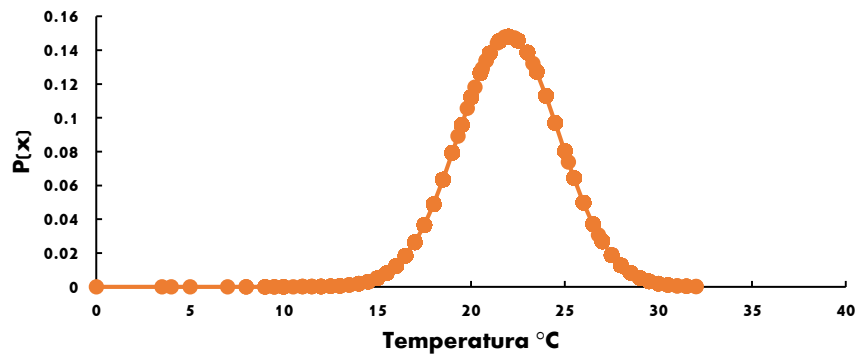
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMax

PRESA TACUBAYA



SERIE 8

TROJES



HACIENDA LA Y

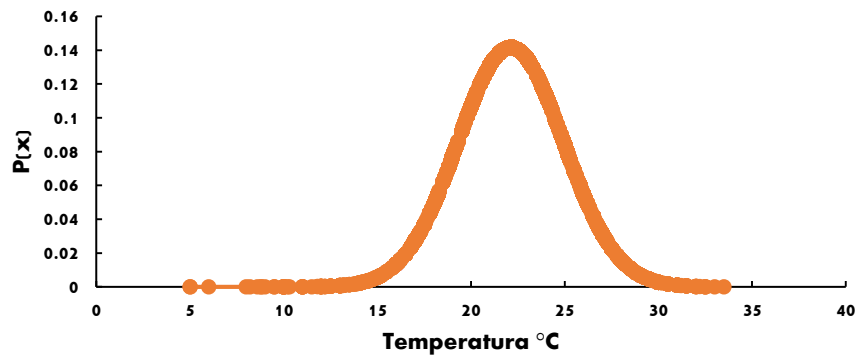
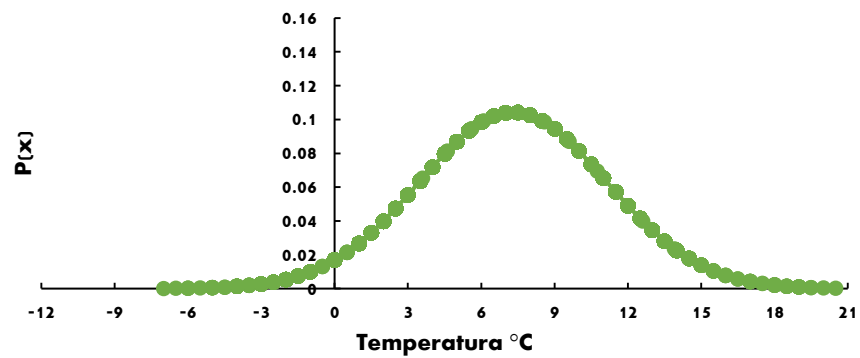


Figura 2a. Distribución normal estandarizada (0,1) de temperatura máxima diaria, en series cortas sin homogeneidad de datos.

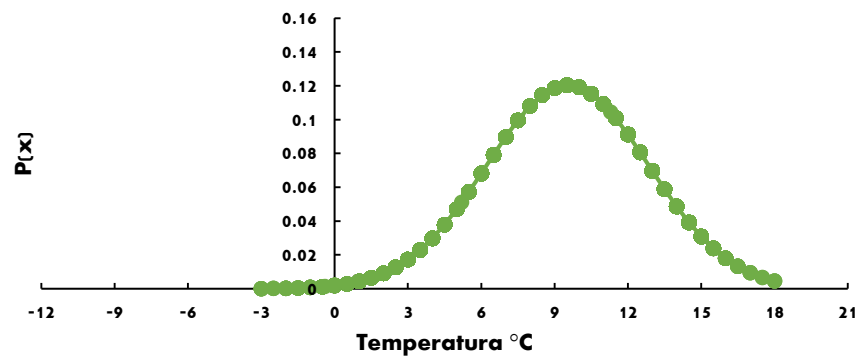
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMin

SERIE 1

PRESA TAHIMAY

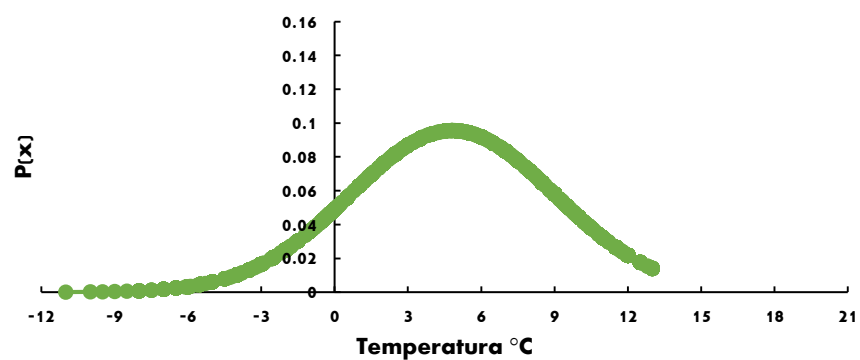


MOLINITO BLANCO



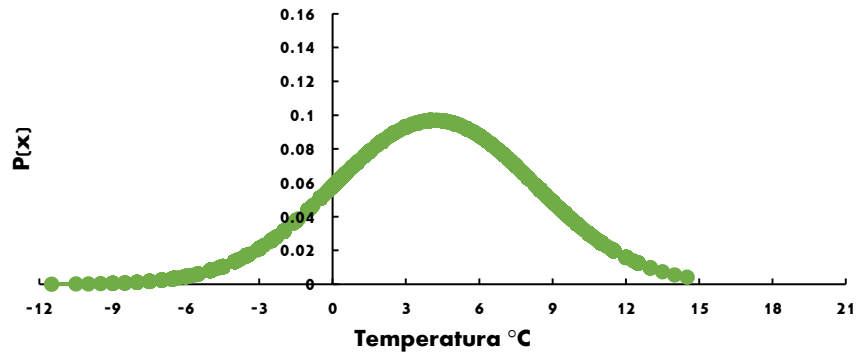
SERIE 3

SAN BERNABÉ



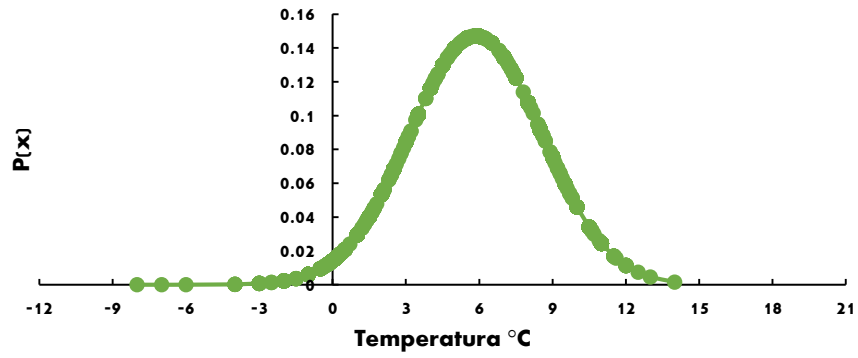
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMin

EJIDO DE LLANO GRANDE

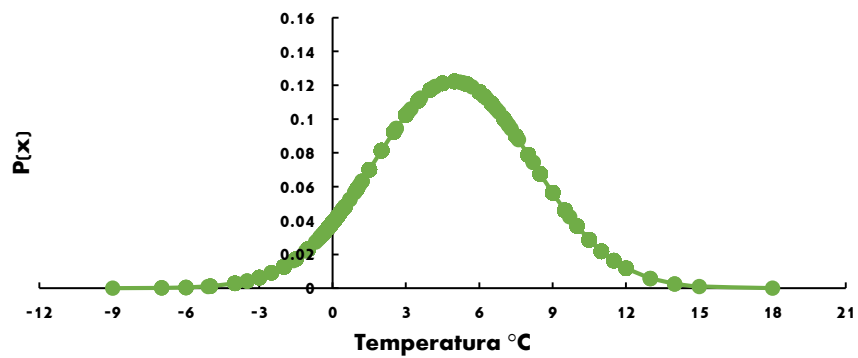


SERIE 4

TEMOAYA



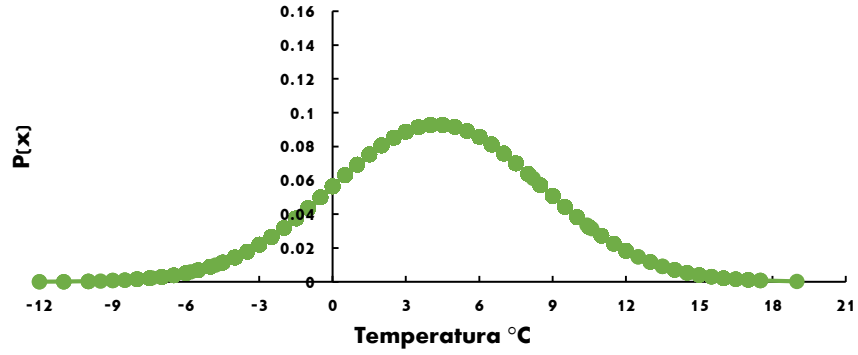
SAN LORENZO MALACOTA



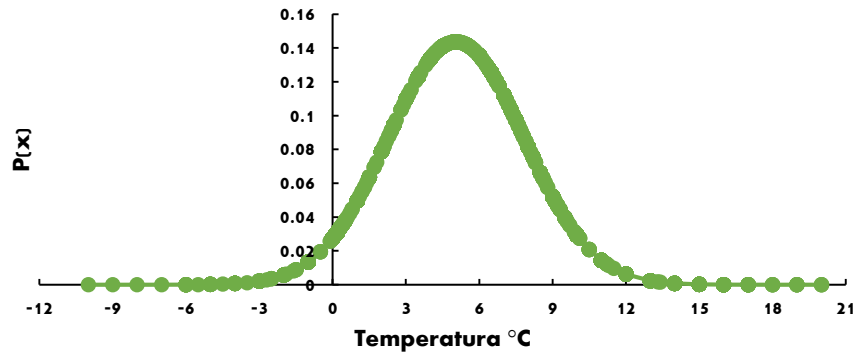
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMin

SERIE 5

PRESA EL TIGRE

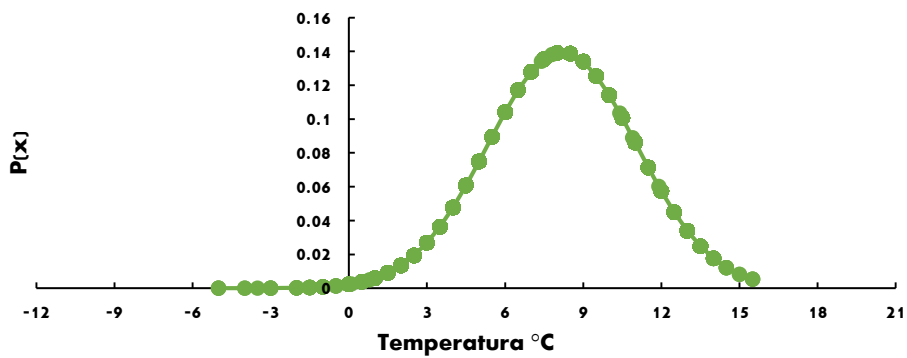


JIQUIPILCO

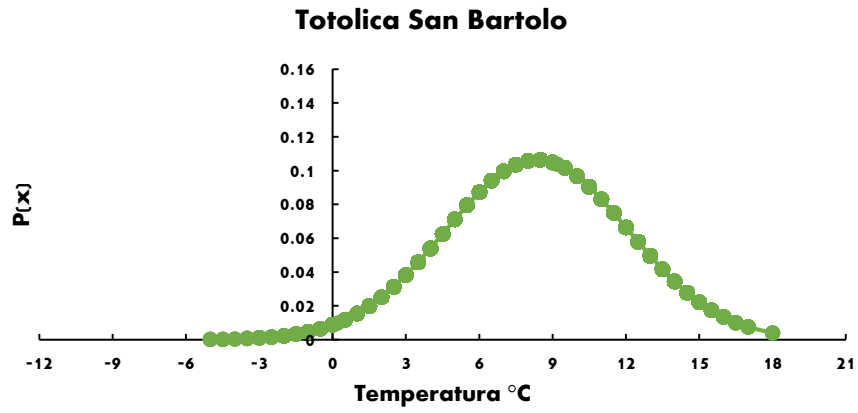
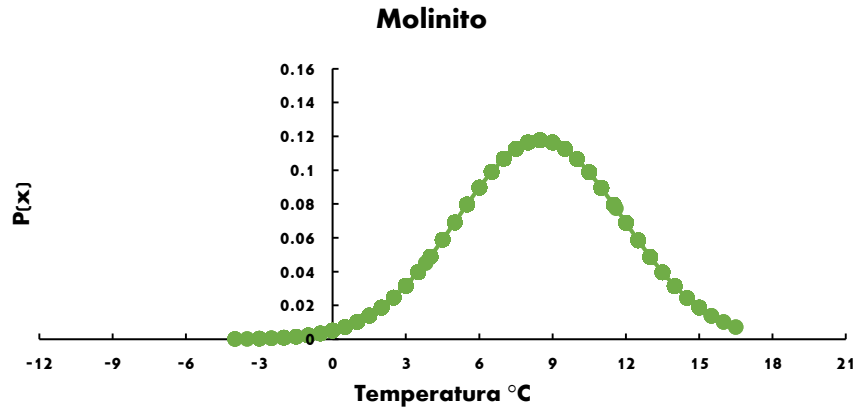


SERIE 6

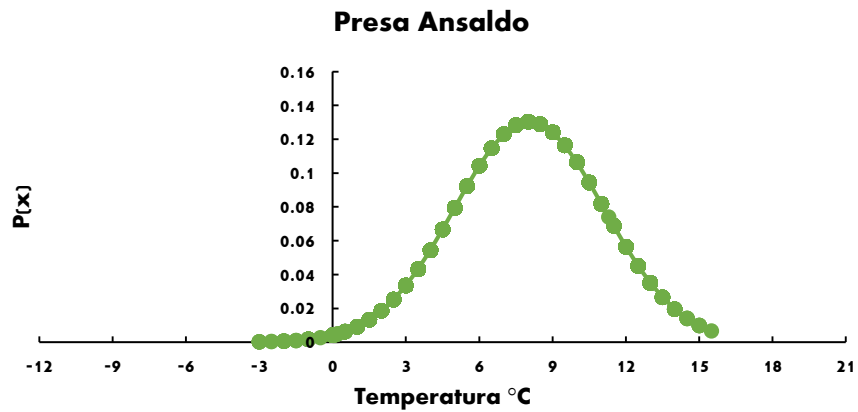
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL



ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMin



SERIE 7



ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de la TemMin

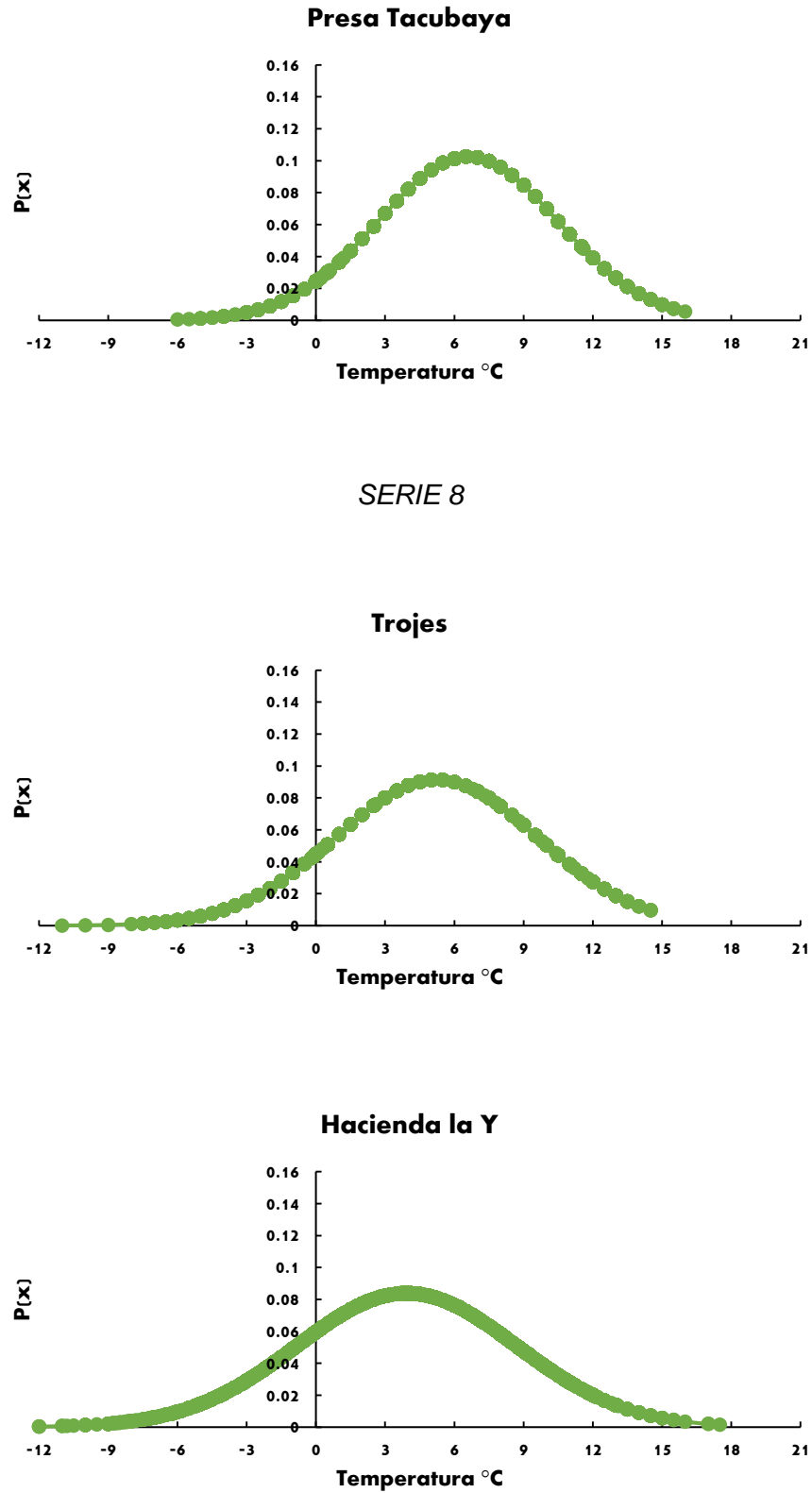
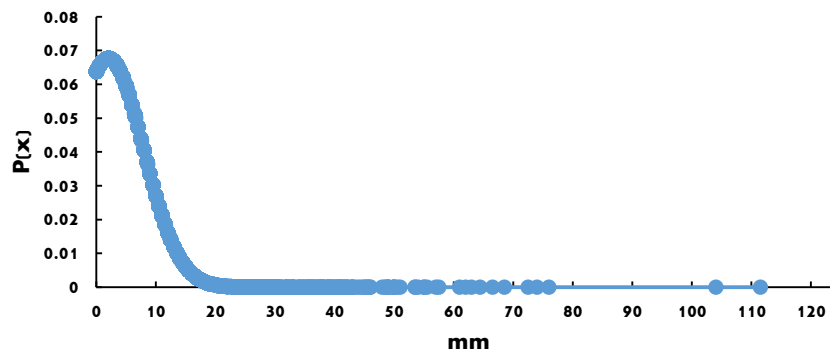


Figura 2b. Distribución normal estandarizada (0,1) de temperatura mínima diaria, en series cortas sin homogeneidad de datos.

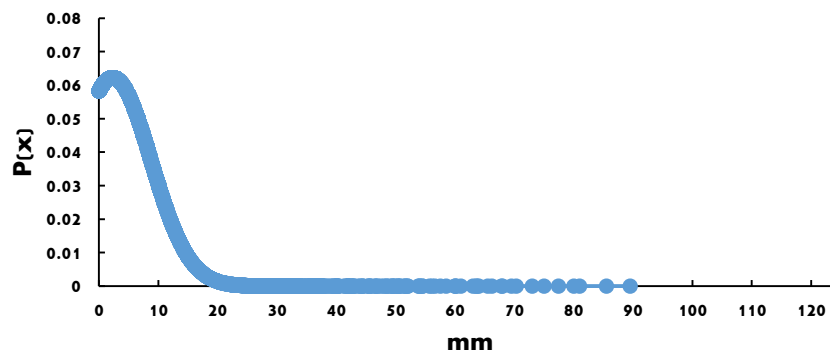
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de PrecDia

SERIE 1

Presa Tahimay

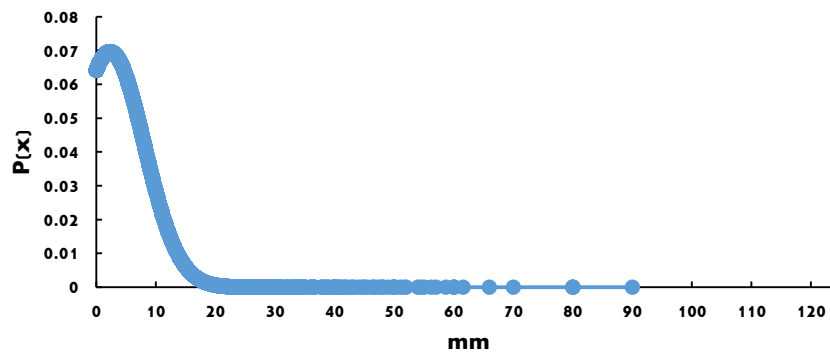


Molinito Blanco



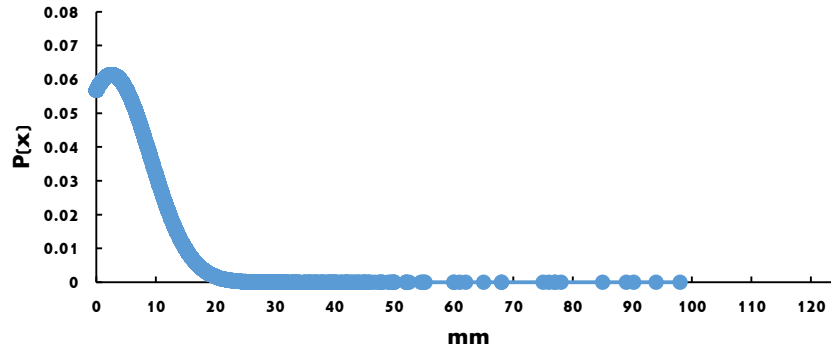
SERIE 3

San Bernabé



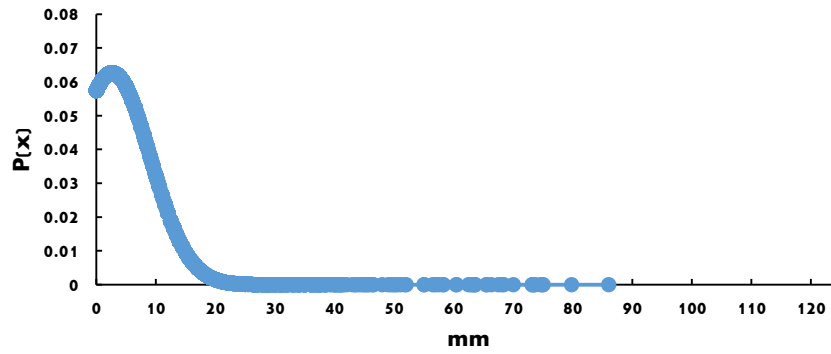
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de PrecDia

Ejido de llano grande

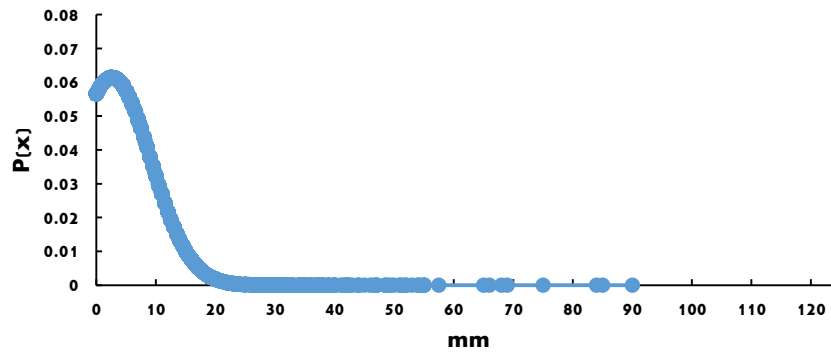


SERIE 4

Temoaya



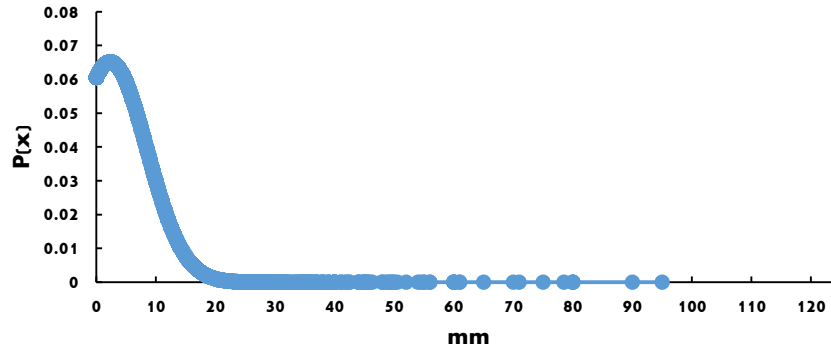
San Lorenzo Malacota



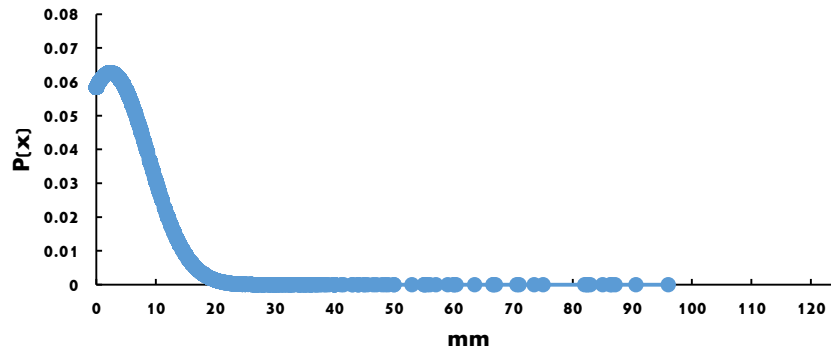
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de PrecDia

SERIE 5

Presa el tigre

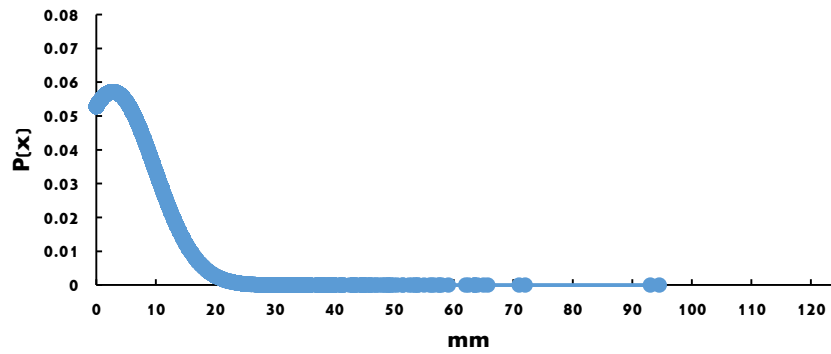


Jiquipilco



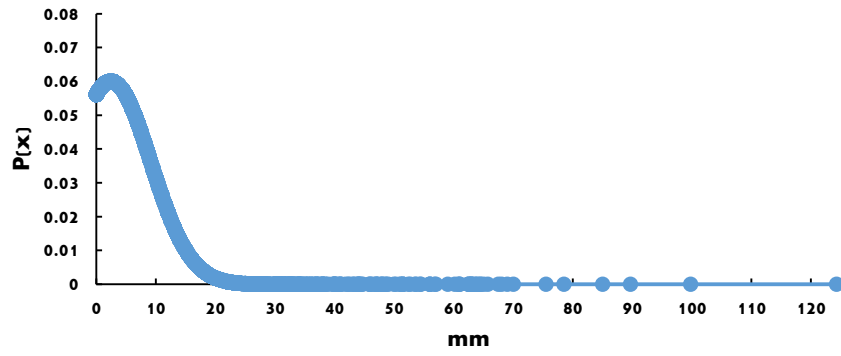
SERIE 6

Desviación Alta al Pedregal

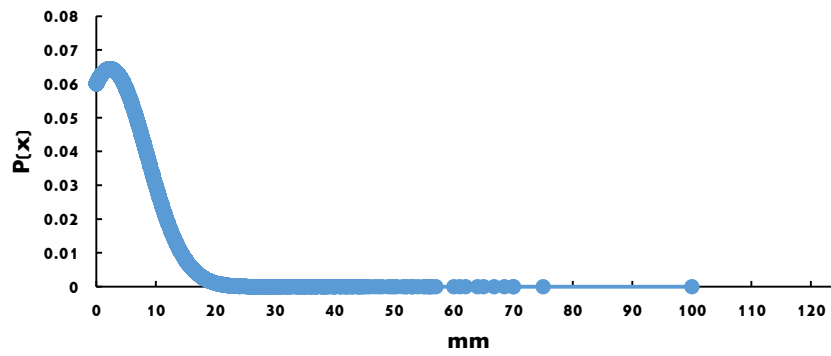


ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de PrecDia

Molinito

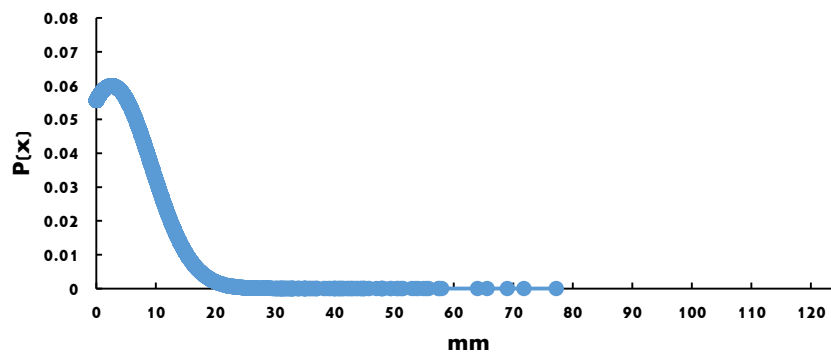


Totolica San Bartolo



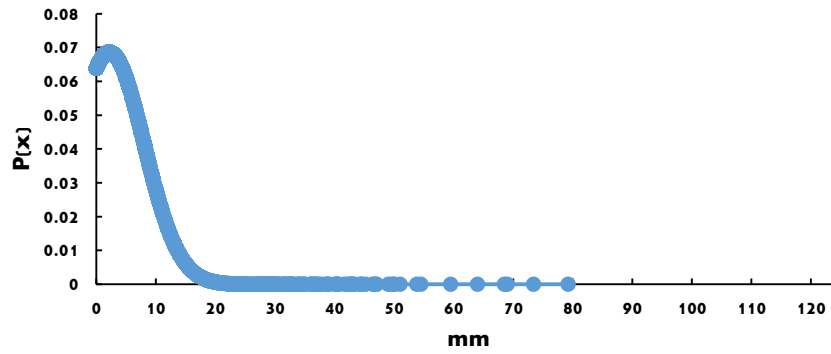
SERIE 7

Presas Ansaldo



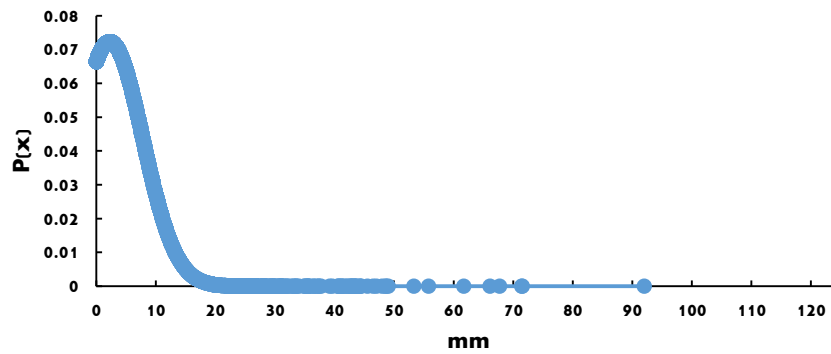
ANEXO 2. Distribución normal estandarizada de PrecDia

Presa Tacubaya



SERIE 8

Trojes



HACIENDA LA Y

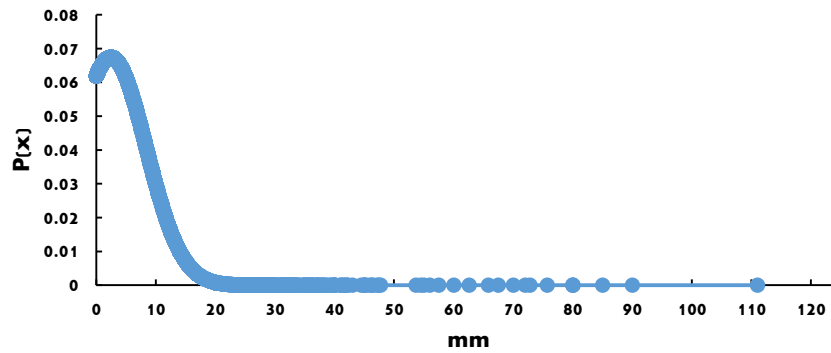
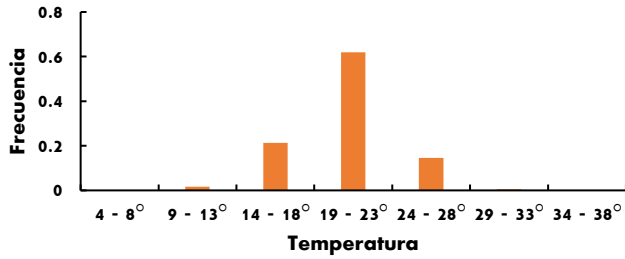


Figura 2c. Distribución normal estandarizada (0,1) de precipitación diaria en series cortas.

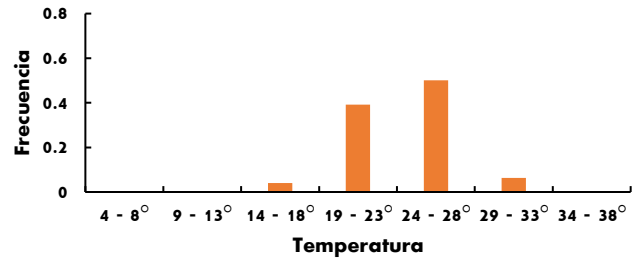
ANEXO 3. Frecuencias relativas de la TemMax

SERIE A

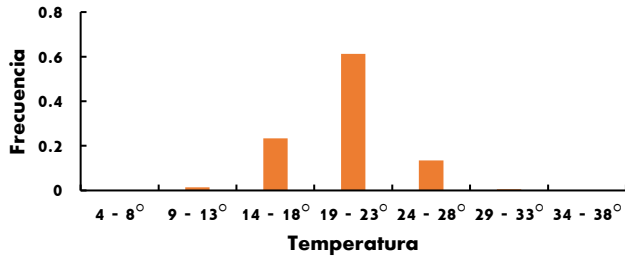
PRESA EL TIGRE
1961 - 1970



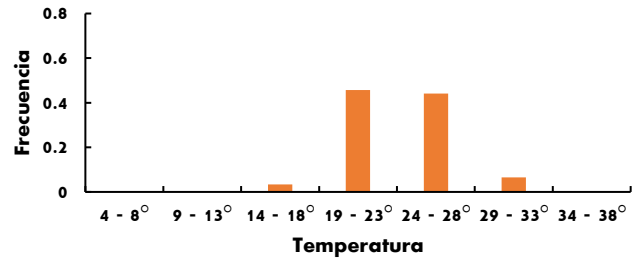
MOLINITO BLANCO
1961 - 1970



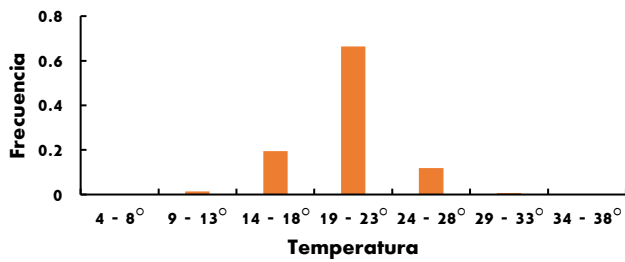
PRESA EL TIGRE
1971 - 1980



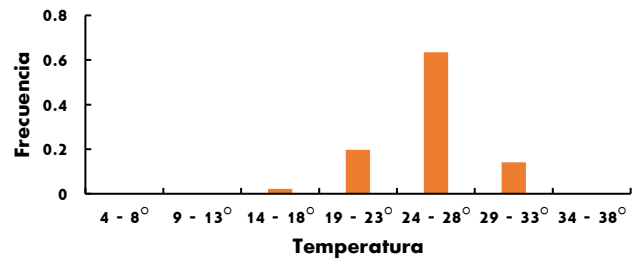
MOLINITO BLANCO
1971 - 1980



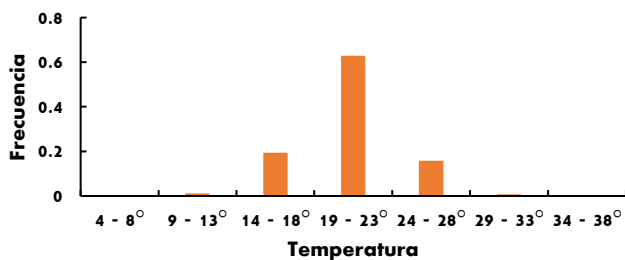
PRESA EL TIGRE
1981 - 1990



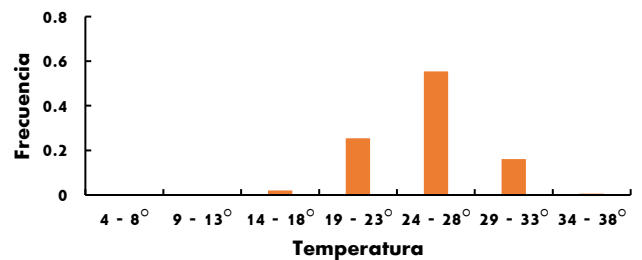
MOLINITO BLANCO
1981 - 1990



PRESA EL TIGRE
1991 - 2000

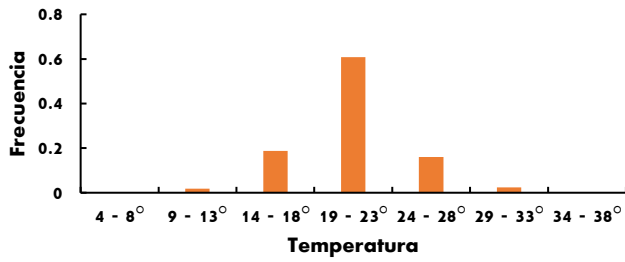


MOLINITO BLANCO
1991 - 2000

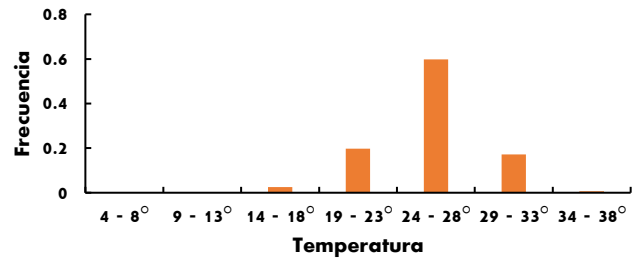


ANEXO 3. Frecuencias relativas de la TemMax

PRESA EL TIGRE
2001 - 2010

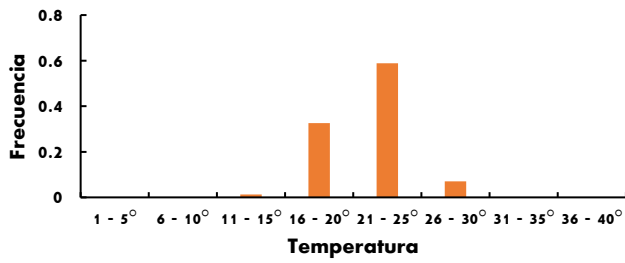


MOLINITO BLANCO
2001 - 2010

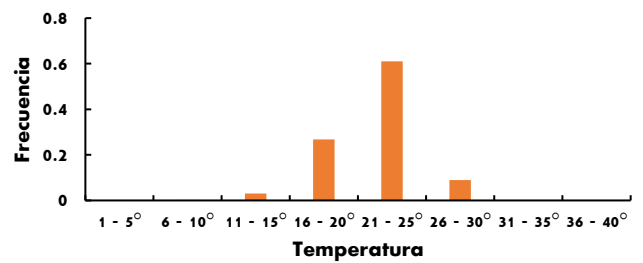


SERIE B

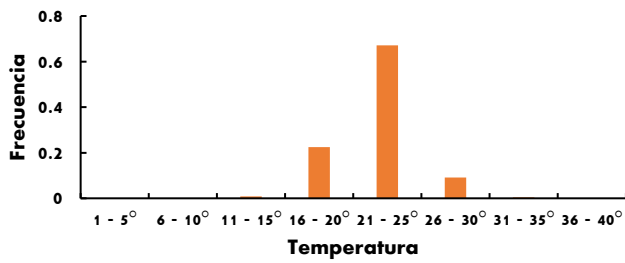
CAPULHUAC
1971 - 1980



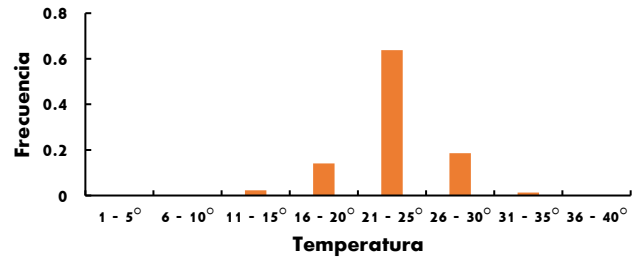
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL
1971 - 1980



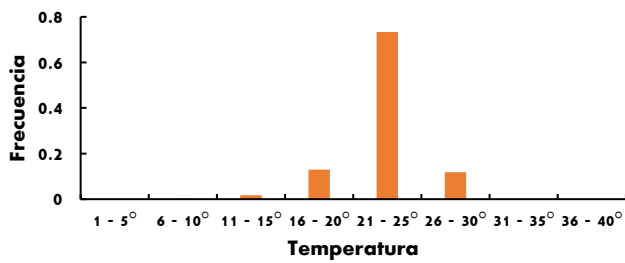
CAPULHUAC
1981 - 1990



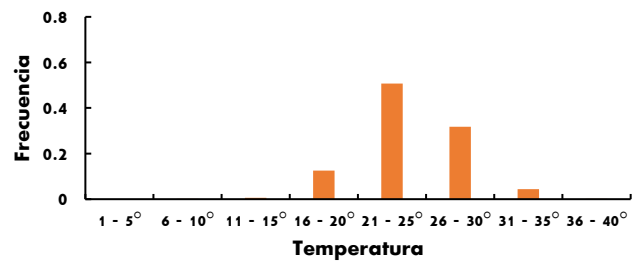
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL
1981 - 1990



CAPULHUAC
1991 - 2000



DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL
1991 - 2000



ANEXO 3. Frecuencias relativas de la TemMax

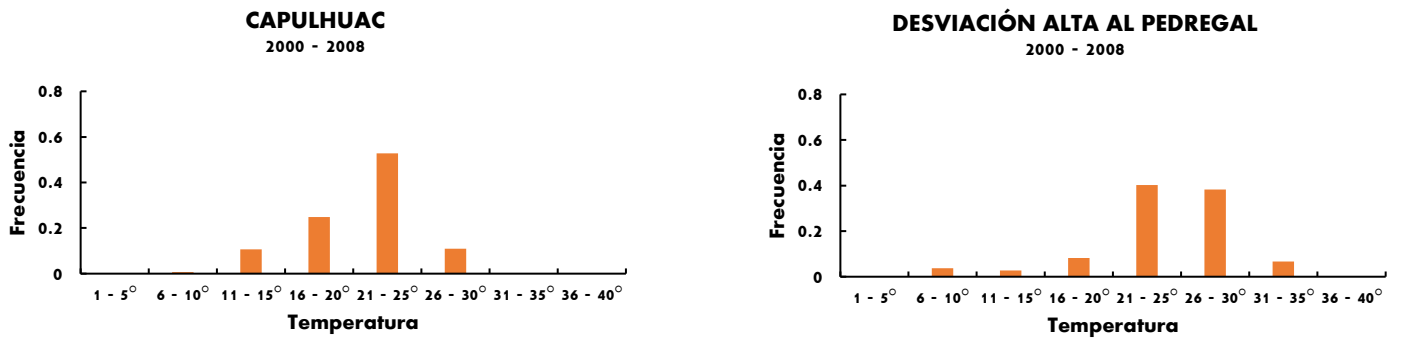
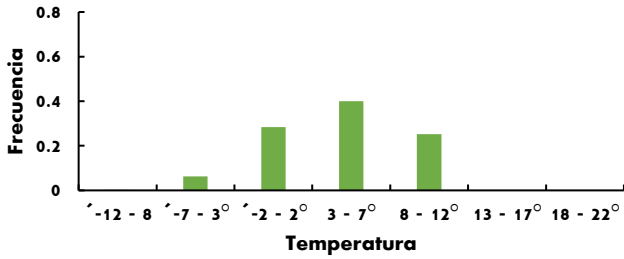


Figura 3a. Frecuencias relativas de temperatura máxima diaria en °C, en series largas por décadas sin homogeneidad de datos.

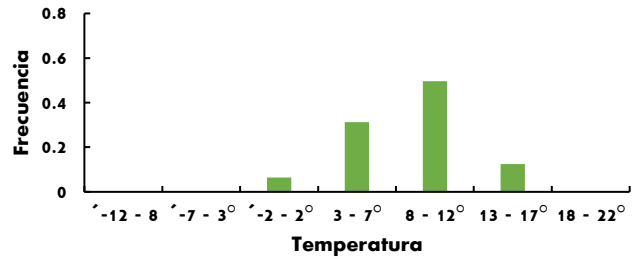
ANEXO 3. Frecuencias relativas de la TemMin

SERIE A

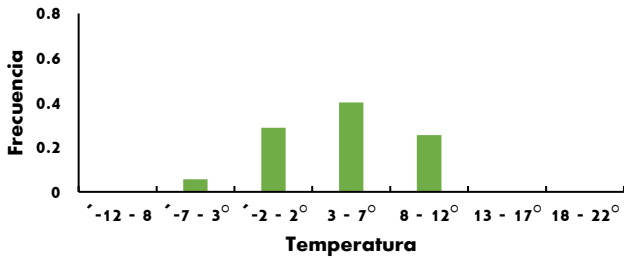
PRESA EL TIGRE
1961 - 1970



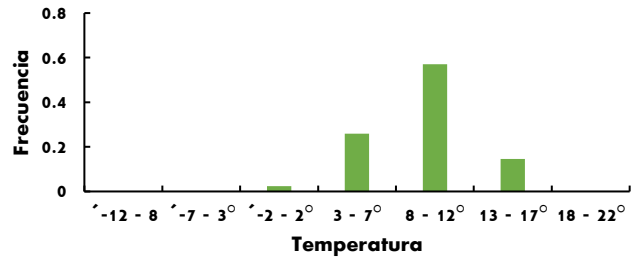
MOLINITO BLANCO
1961 - 1970



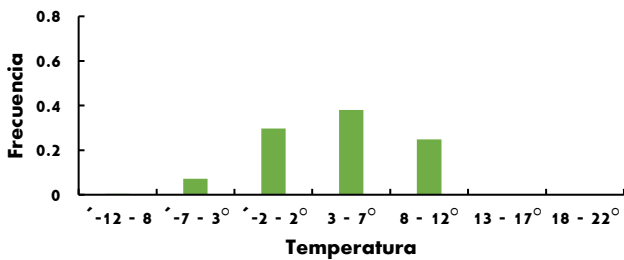
PRESA EL TIGRE
1971 - 1980



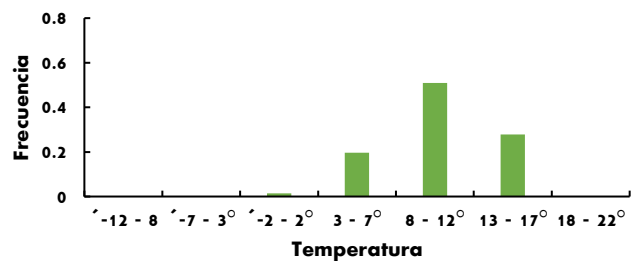
MOLINITO BLANCO
1971 - 1980



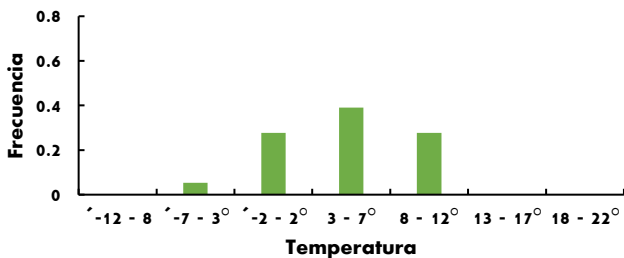
PRESA EL TIGRE
1981 - 1990



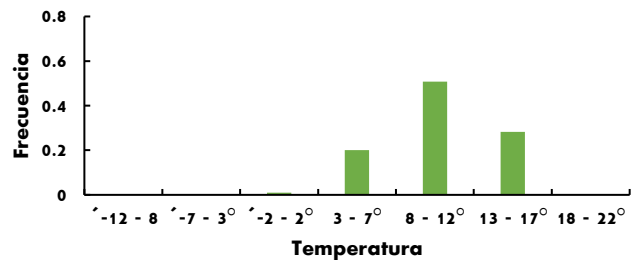
MOLINITO BLANCO
1981 - 1990



PRESA EL TIGRE
1991 - 2000



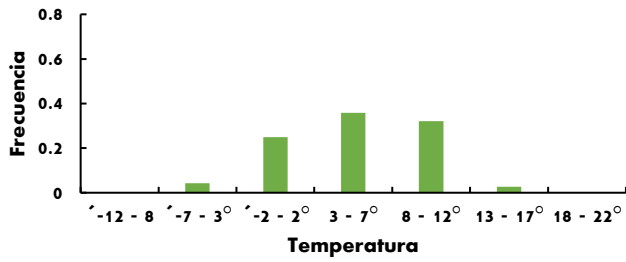
MOLINITO BLANCO
1991 - 2000



ANEXO 3. Frecuencias relativas de la TemMin

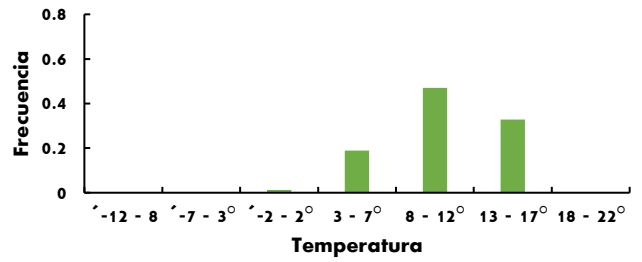
PRESA EL TIGRE

2001 - 2010



MOLINITO BLANCO

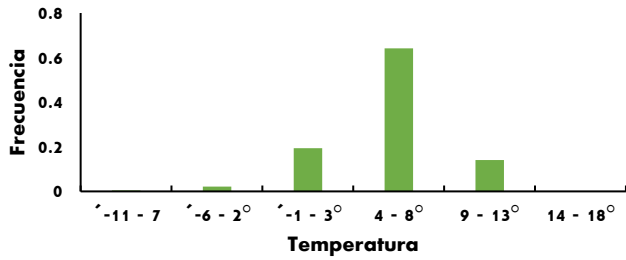
2001 - 2010



SERIE B

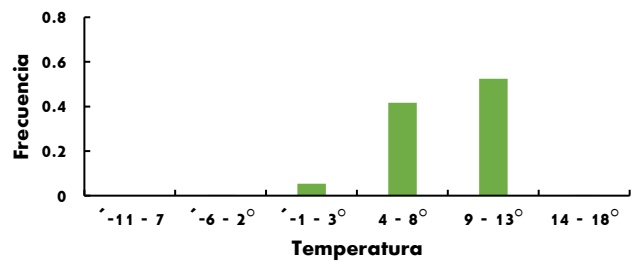
CAPULHUAC

1971 - 1980



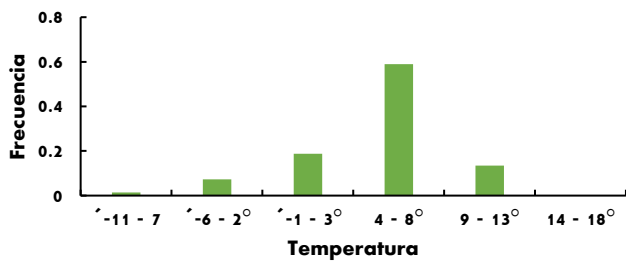
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL

1971 - 1980



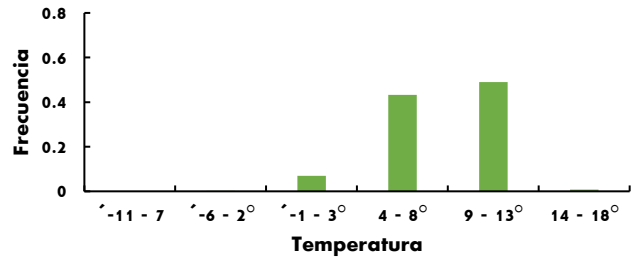
CAPULHUAC

1981 - 1990



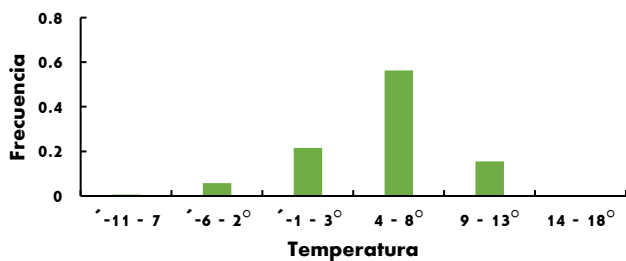
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL

1981 - 1990



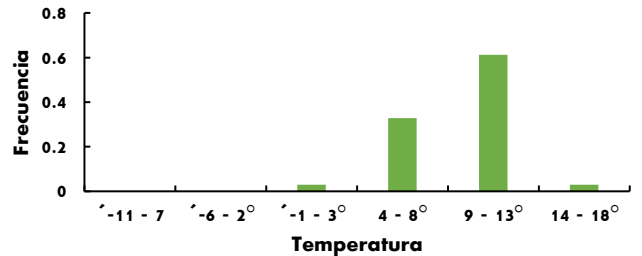
CAPULHUAC

1991 - 2000



DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL

1991 - 2000



ANEXO 3. Frecuencias relativas de la TemMin

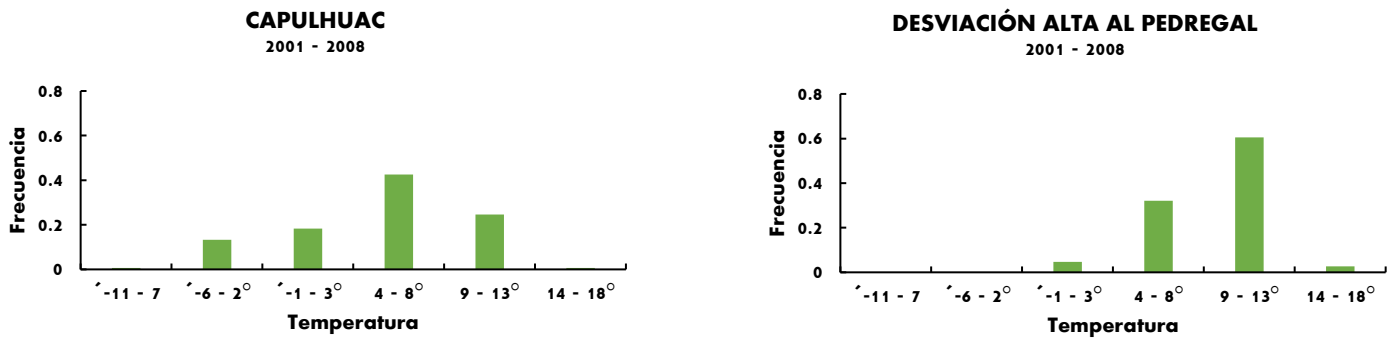
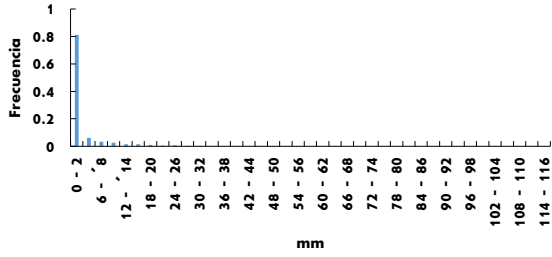


Figura 3b. Frecuencias relativas de temperatura mínima diaria en °C, en series largas por décadas sin homogeneidad de datos.

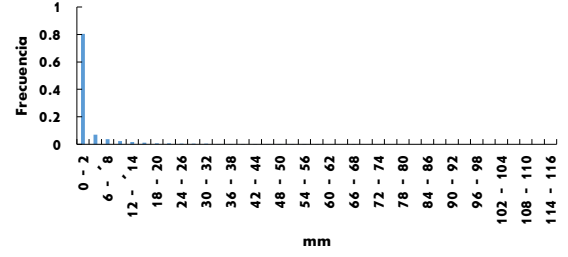
ANEXO 3. Frecuencias relativas de la PrecDía

SERIE A

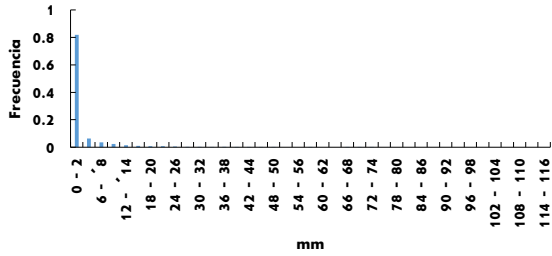
PRESA EL TIGRE
1961 - 1970



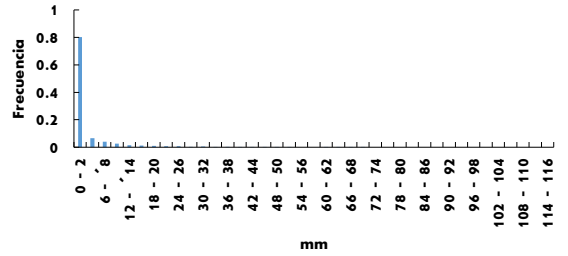
MOLINITO BLANCO
1961 - 1970



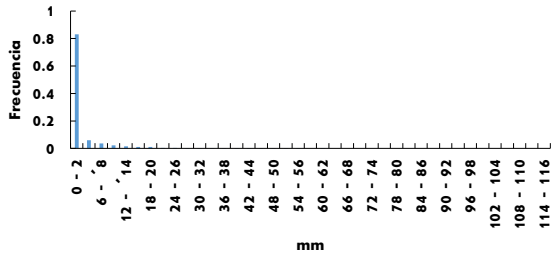
PRESA EL TIGRE
1971 - 1980



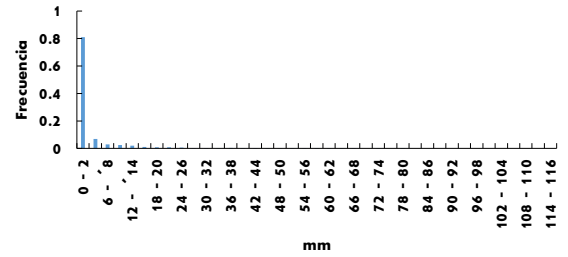
MOLINITO BLANCO
1971 - 1980



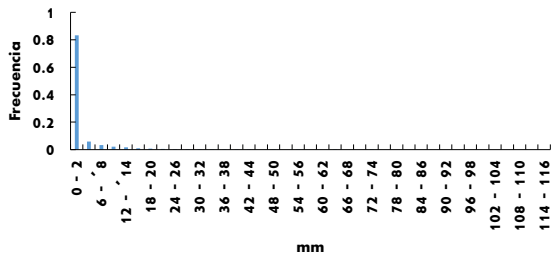
PRESA EL TIGRE
1981 - 1990



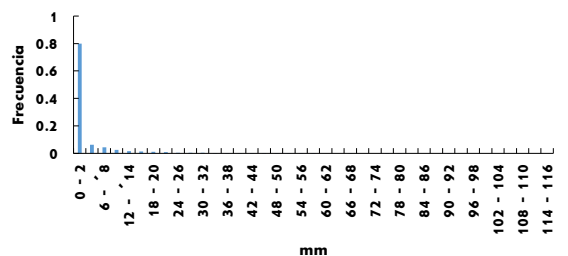
MOLINITO BLANCO
1981 - 1990



PRESA EL TIGRE
1991 - 2000

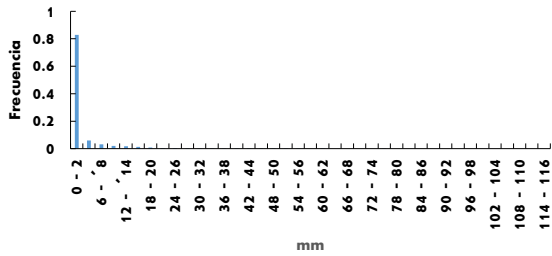


MOLINITO BLANCO
1991 - 2000

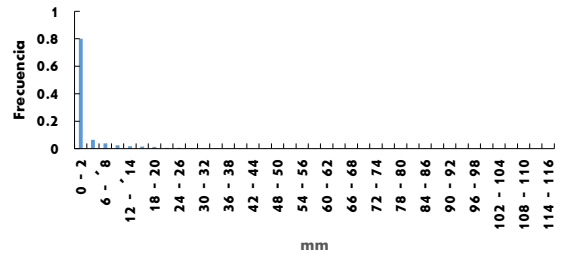


ANEXO 3. Frecuencias relativas de la PrecDía

PRESA EL TIGRE
2001 - 2010

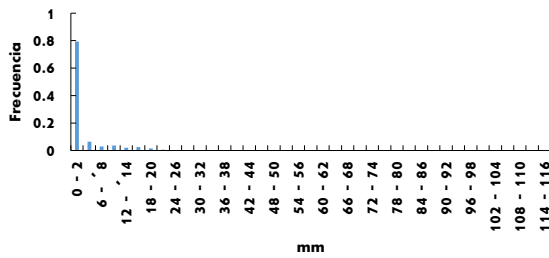


MOLINITO BLANCO
2001 - 2010

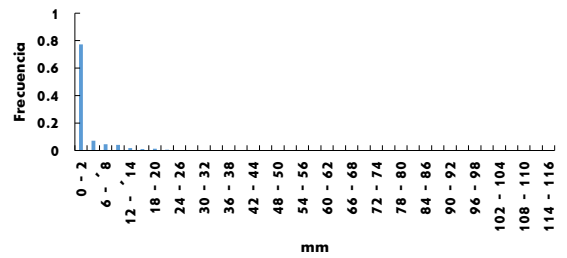


SERIE B

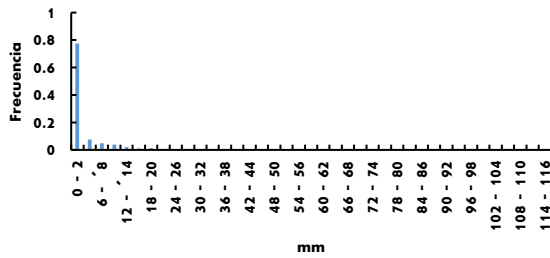
CAPULHUAC
1971 - 1980



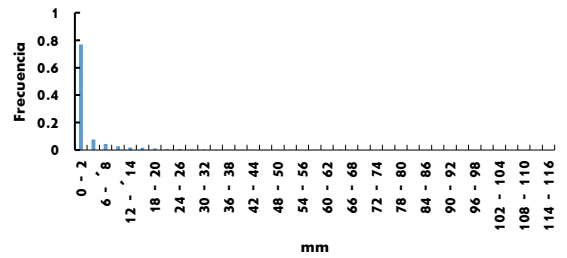
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL
1971 - 1980



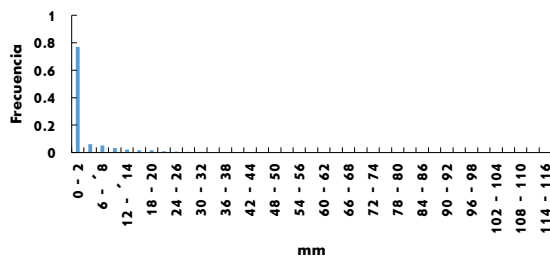
CAPULHUAC
1981 - 1990



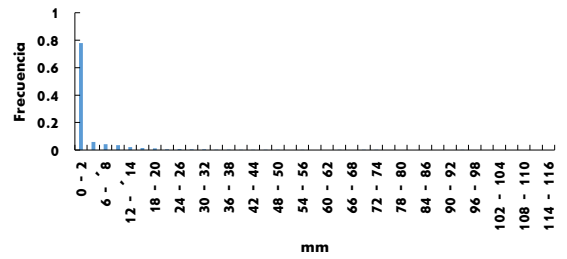
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL
1981 - 1990



CAPULHUAC
1991 - 2000



DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL
1991 - 2000



ANEXO 3. Frecuencias relativas de la PrecDía

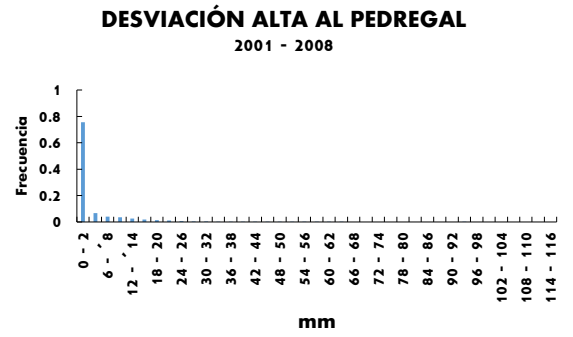
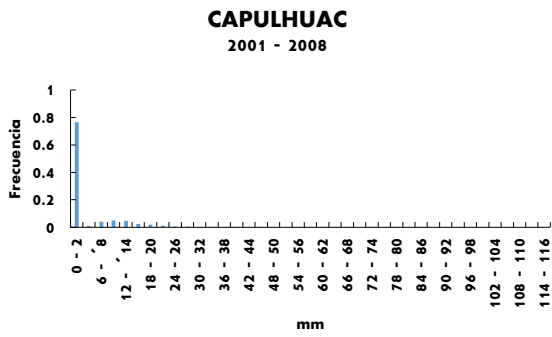
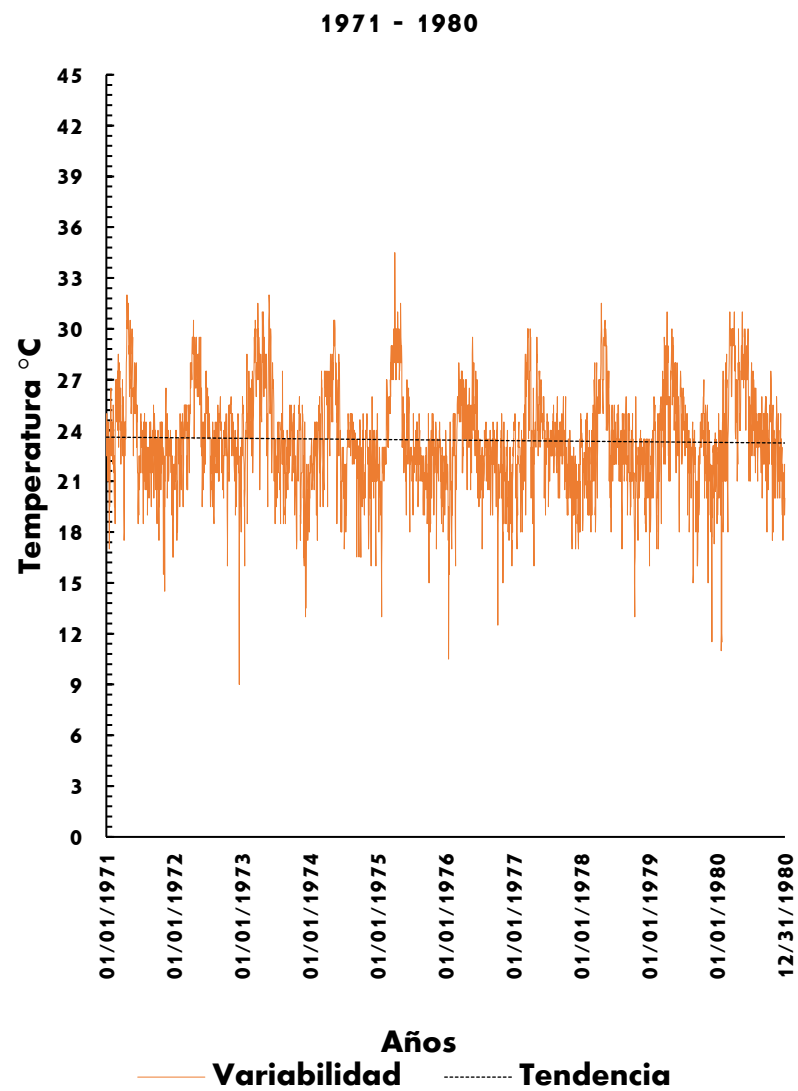
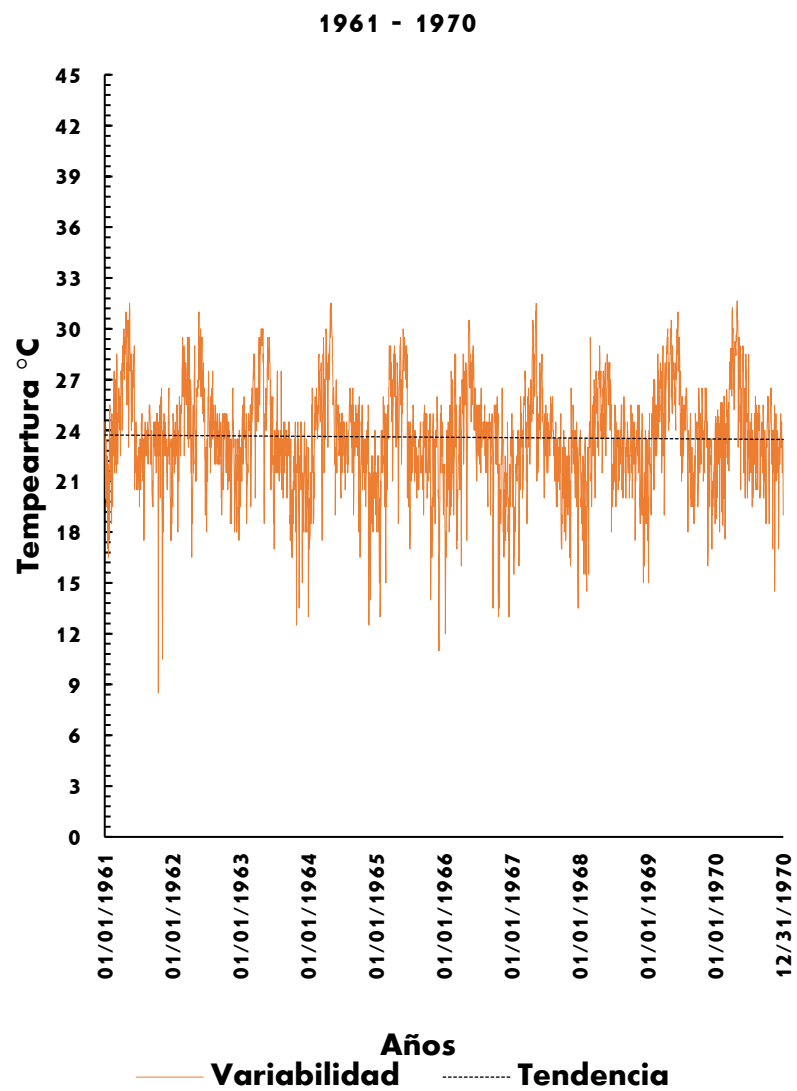
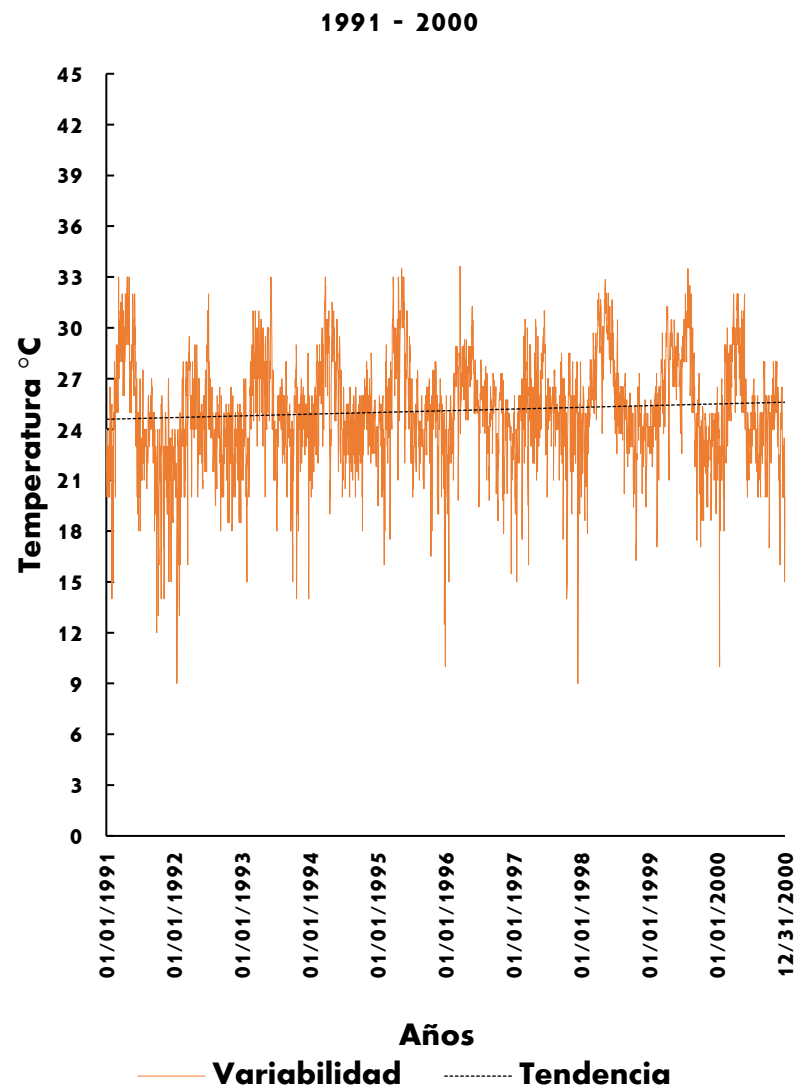
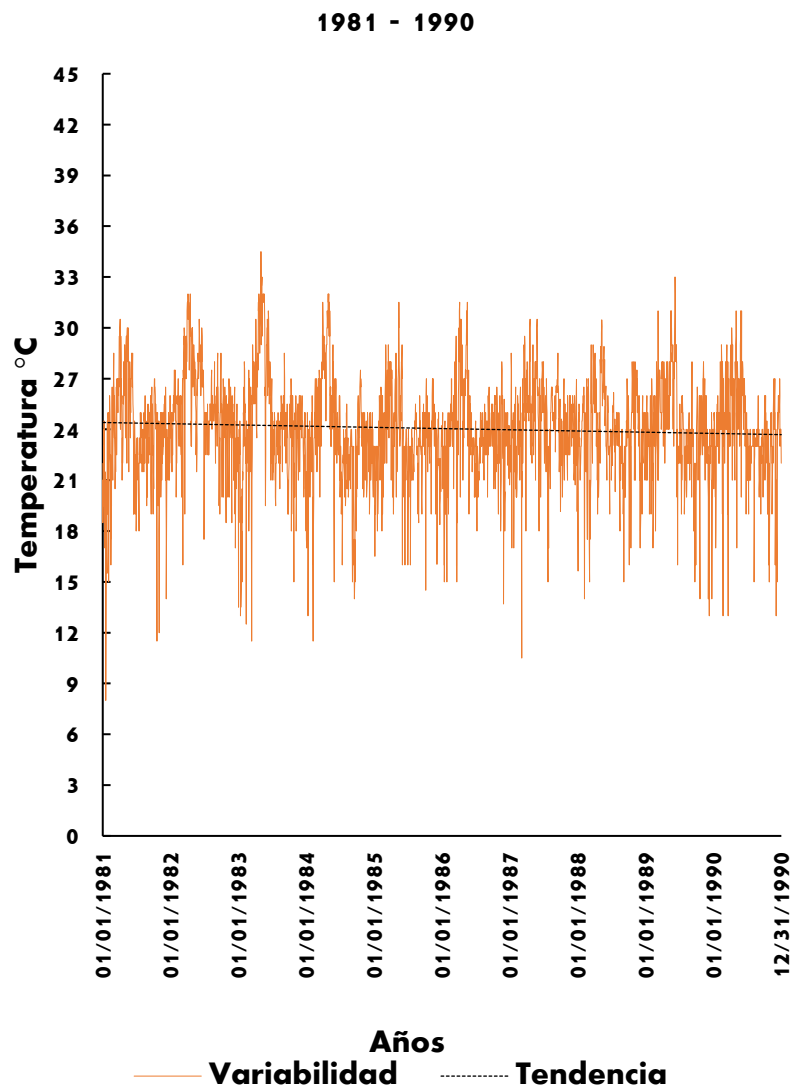


Figura 3c. Frecuencias relativas de precipitación diaria en series largas por décadas sin homogeneidad de datos.

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

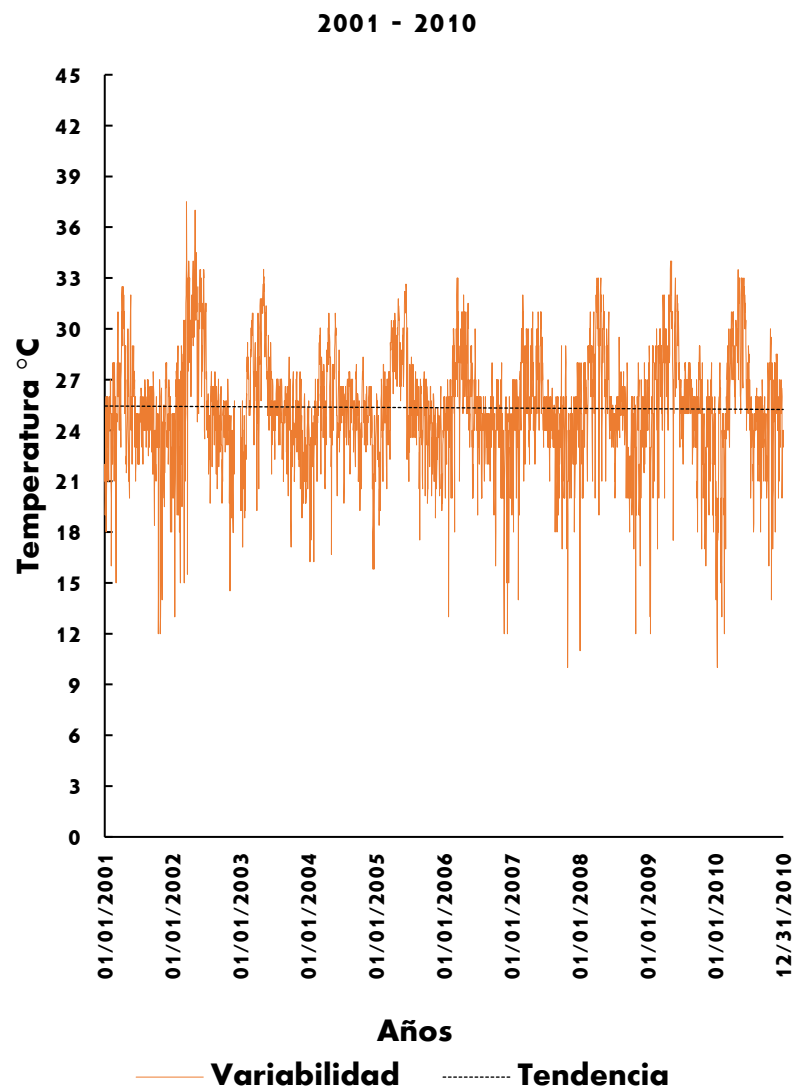
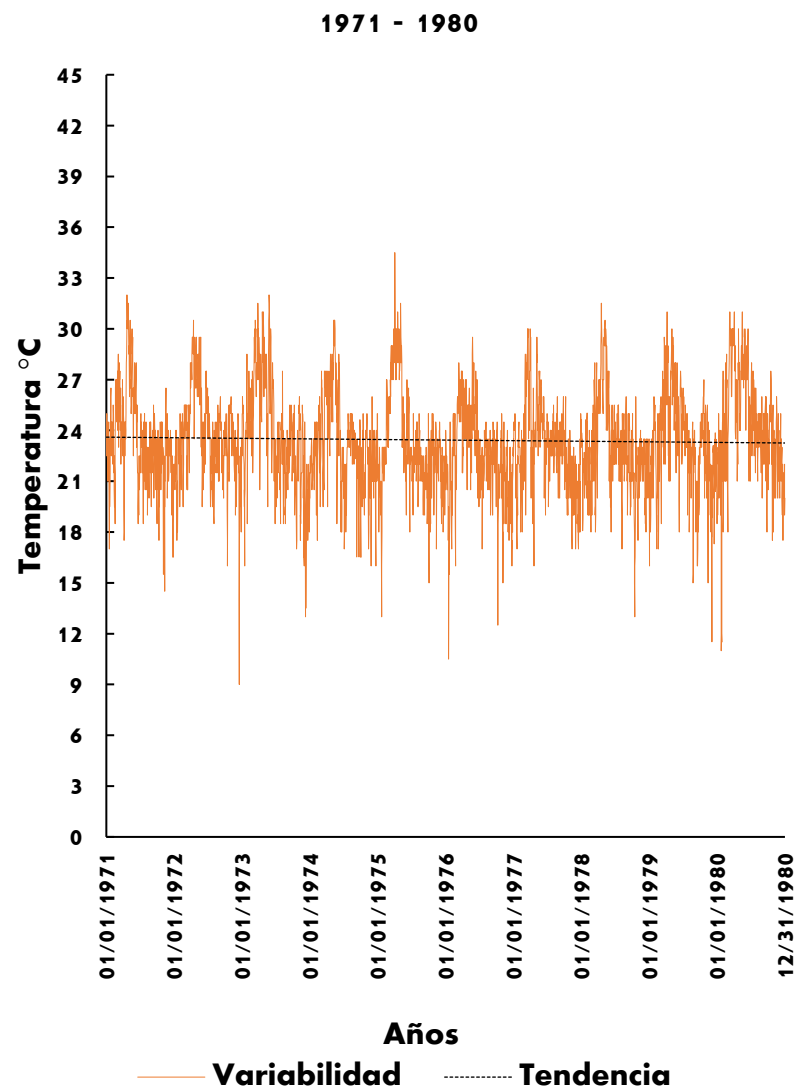
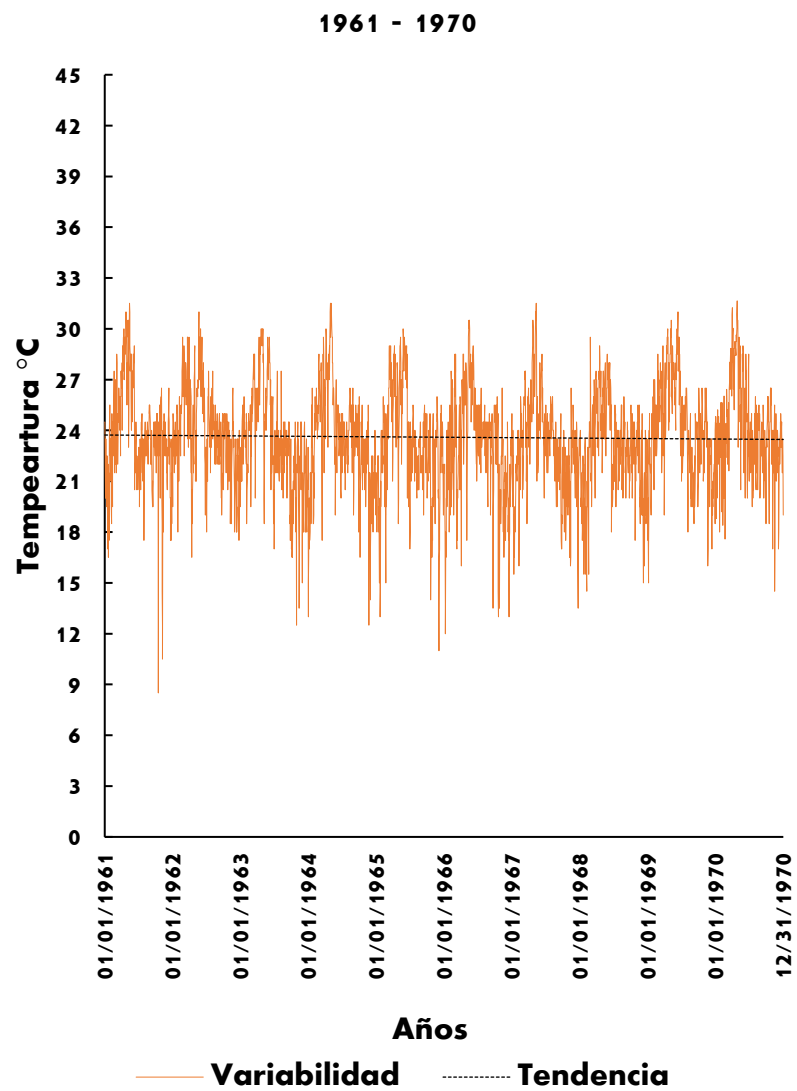
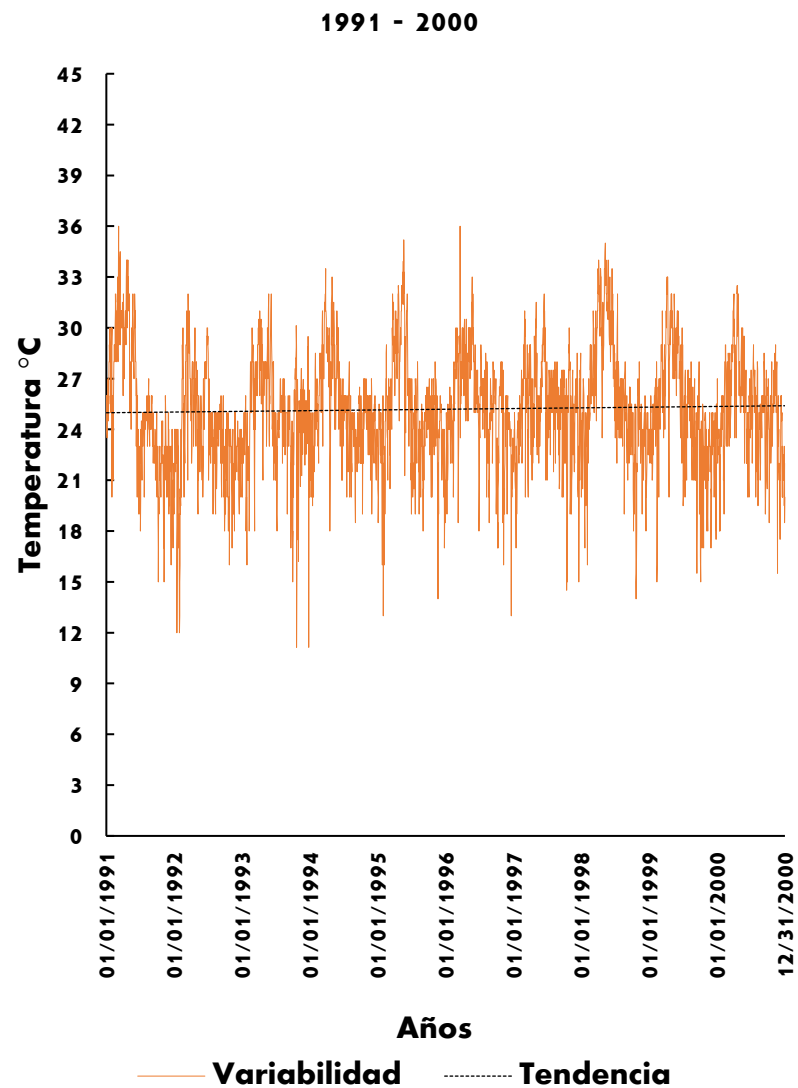
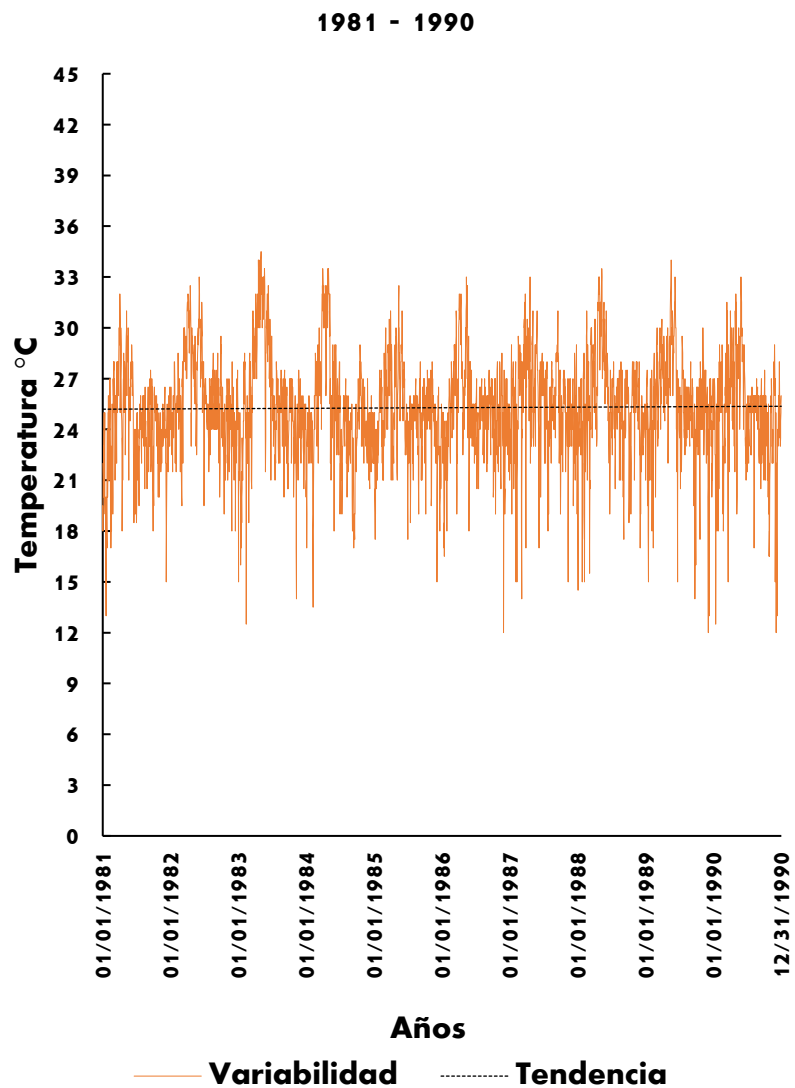


Figura 4a. Serie 1: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Presa Taximay (1961 – 2010).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

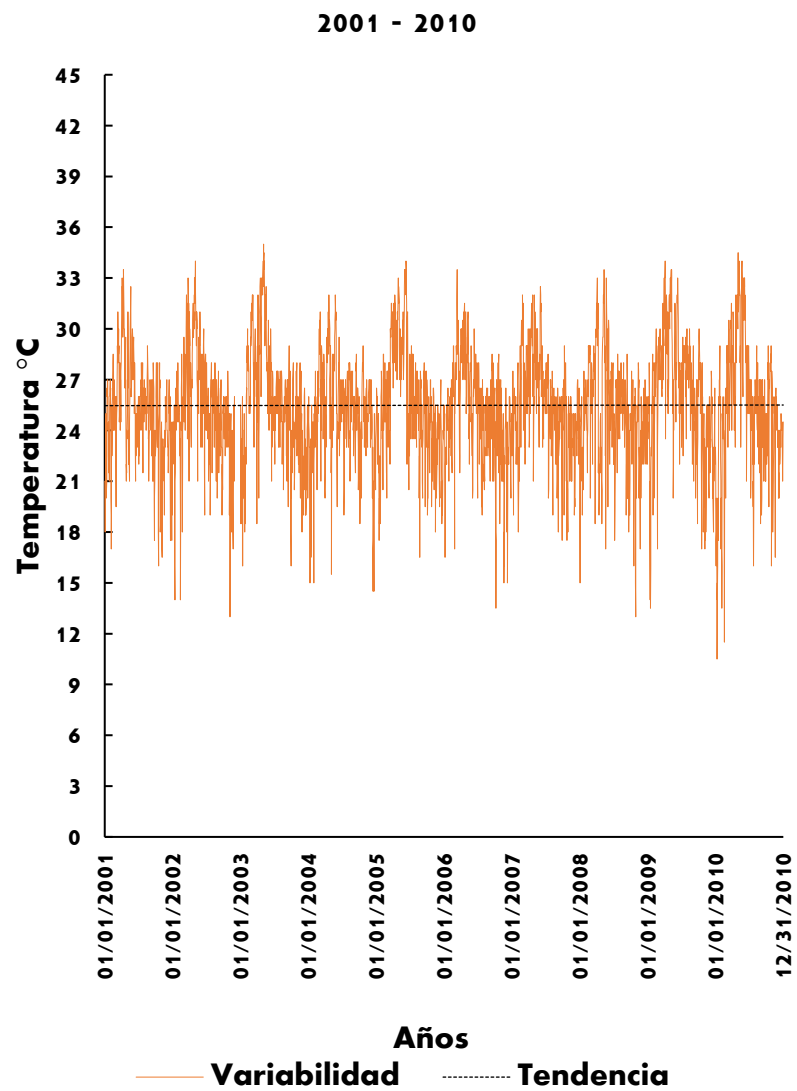
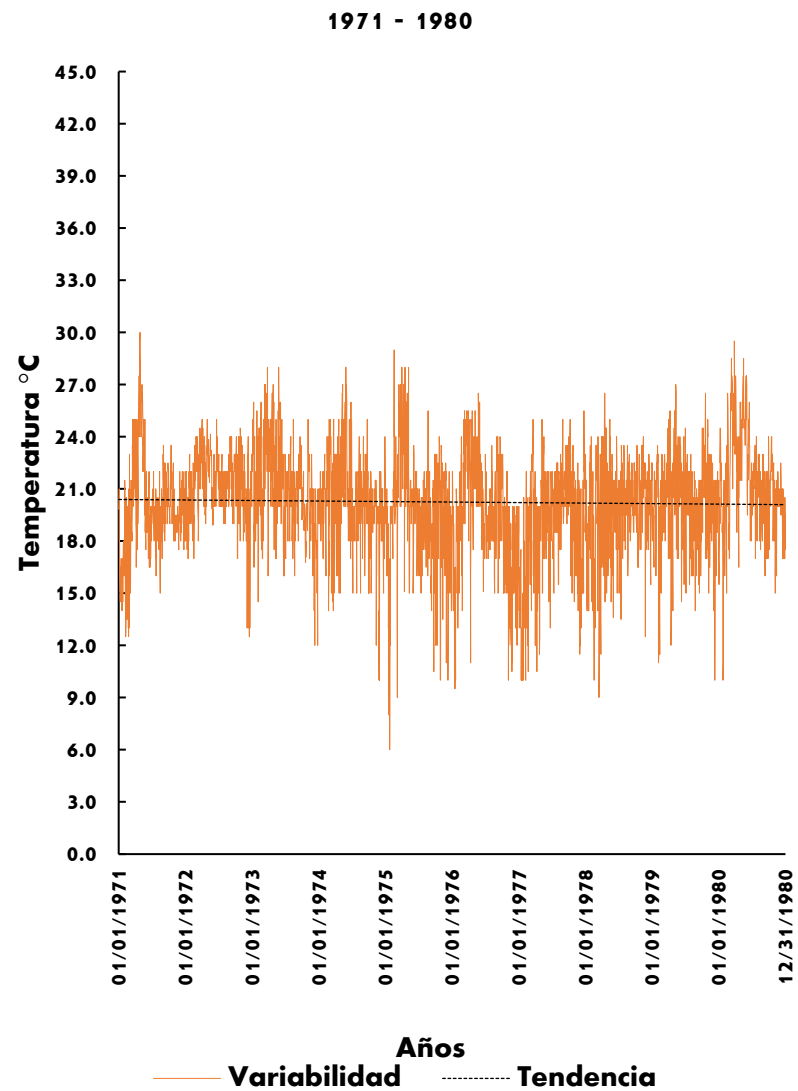
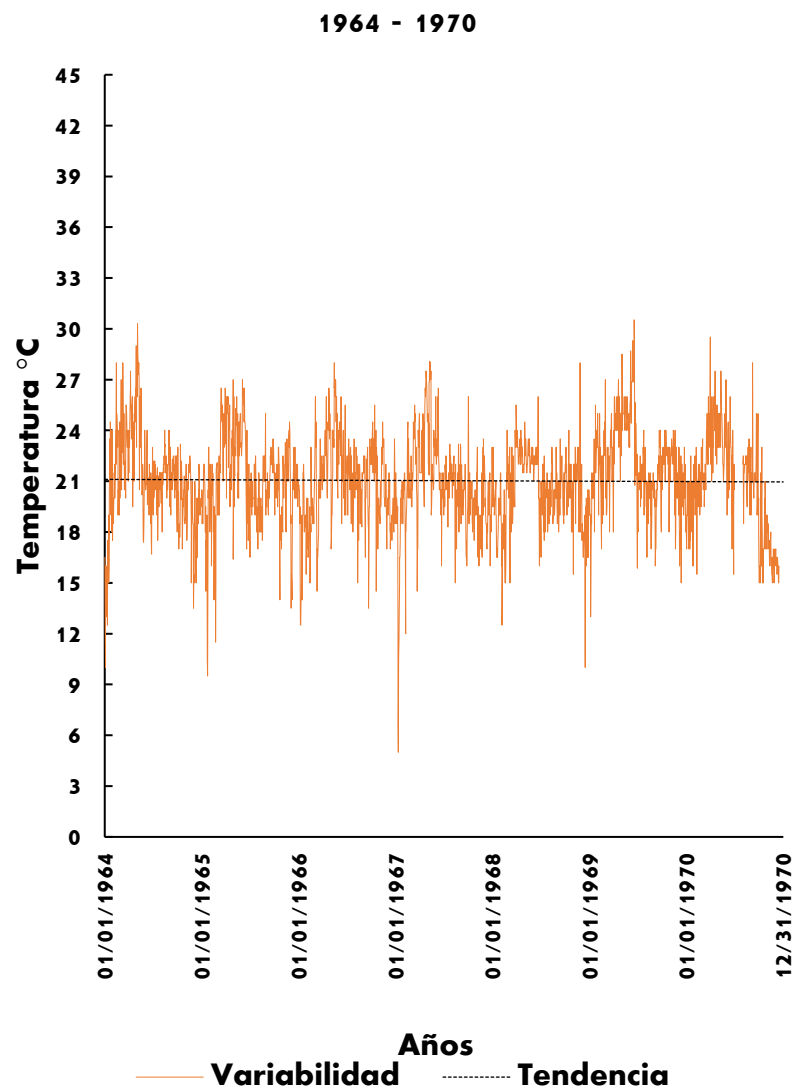
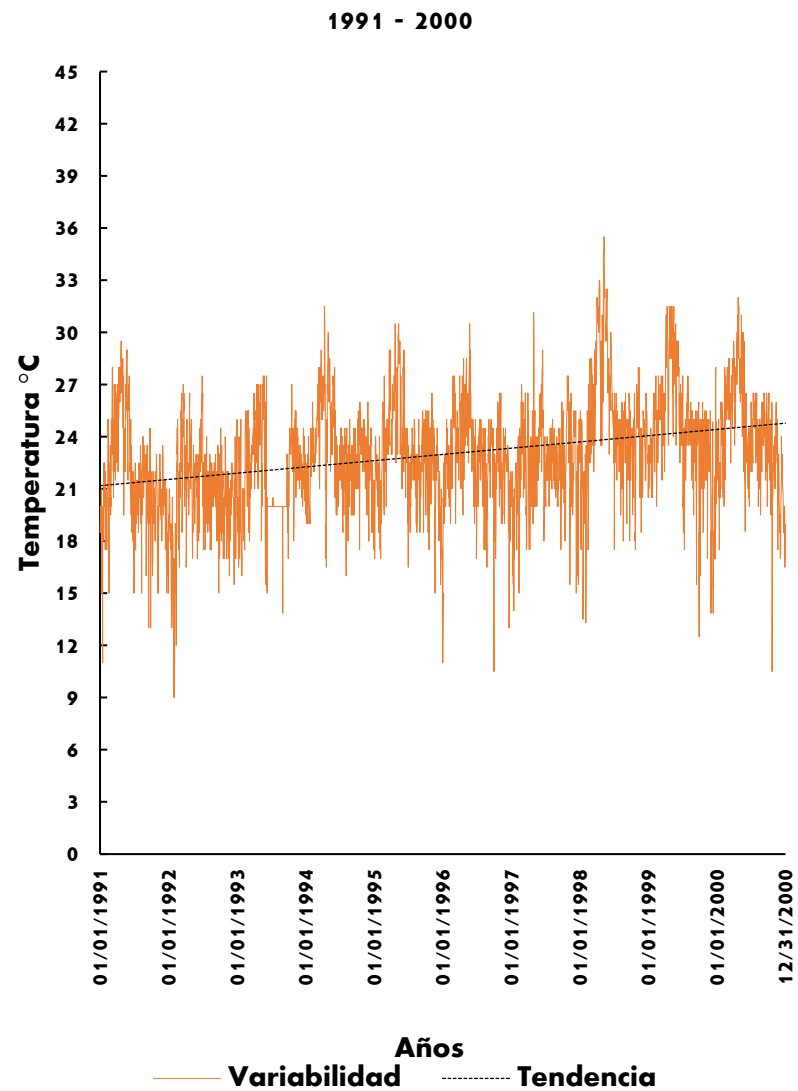
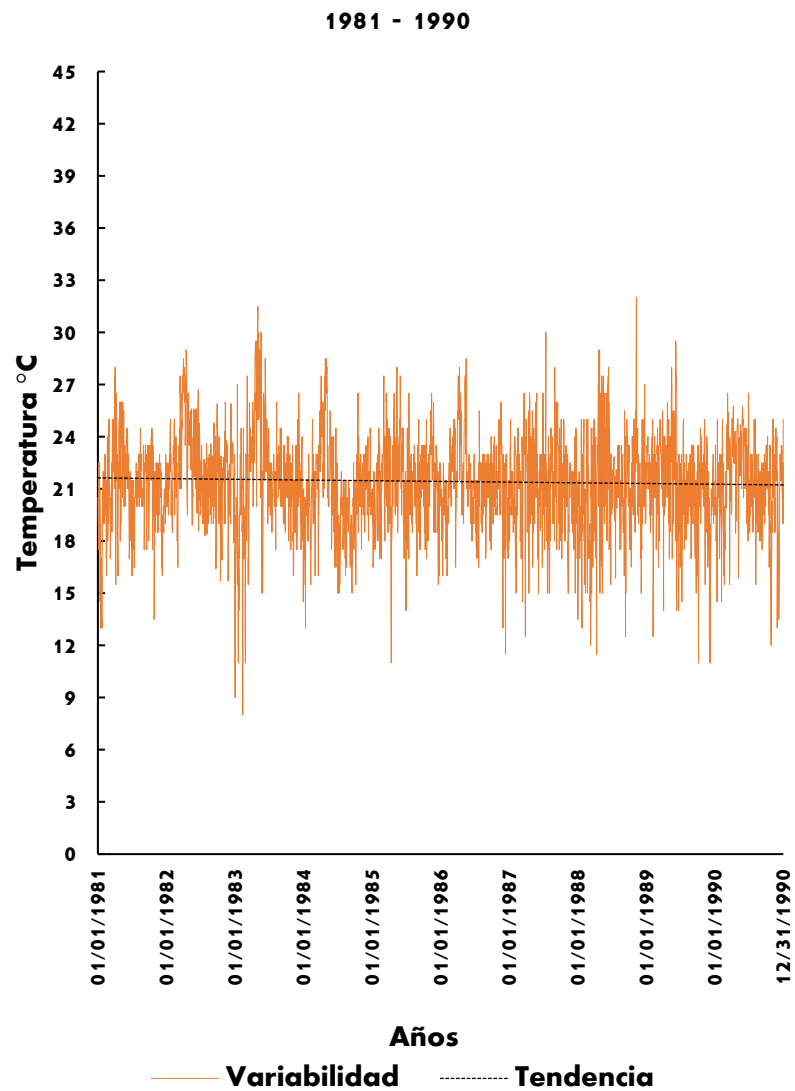


Figura 4b. Serie 1: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Molinito Blanco (1961 – 2010).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

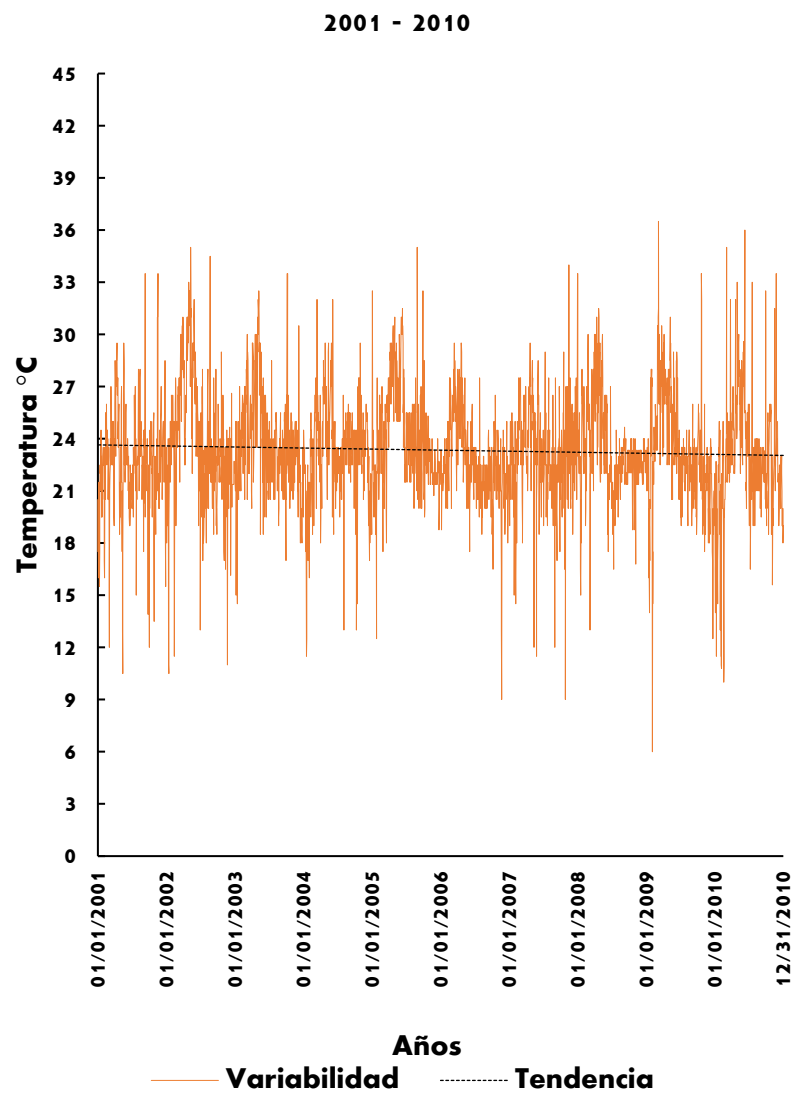
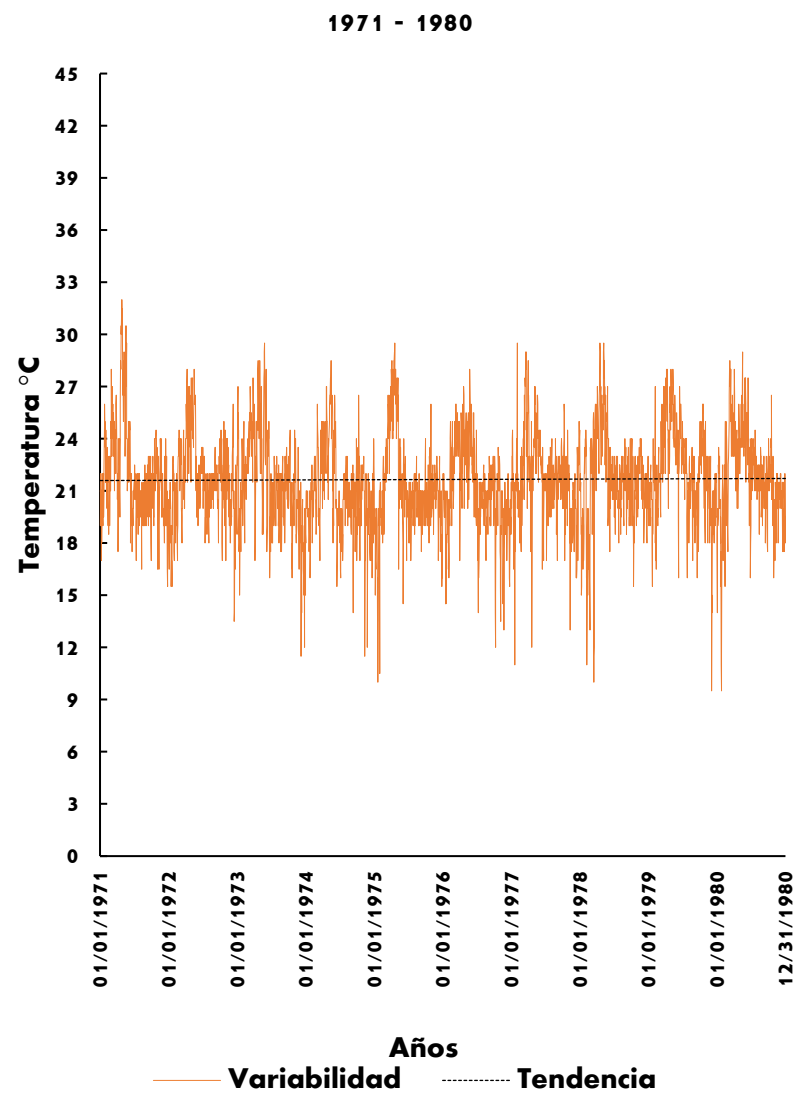
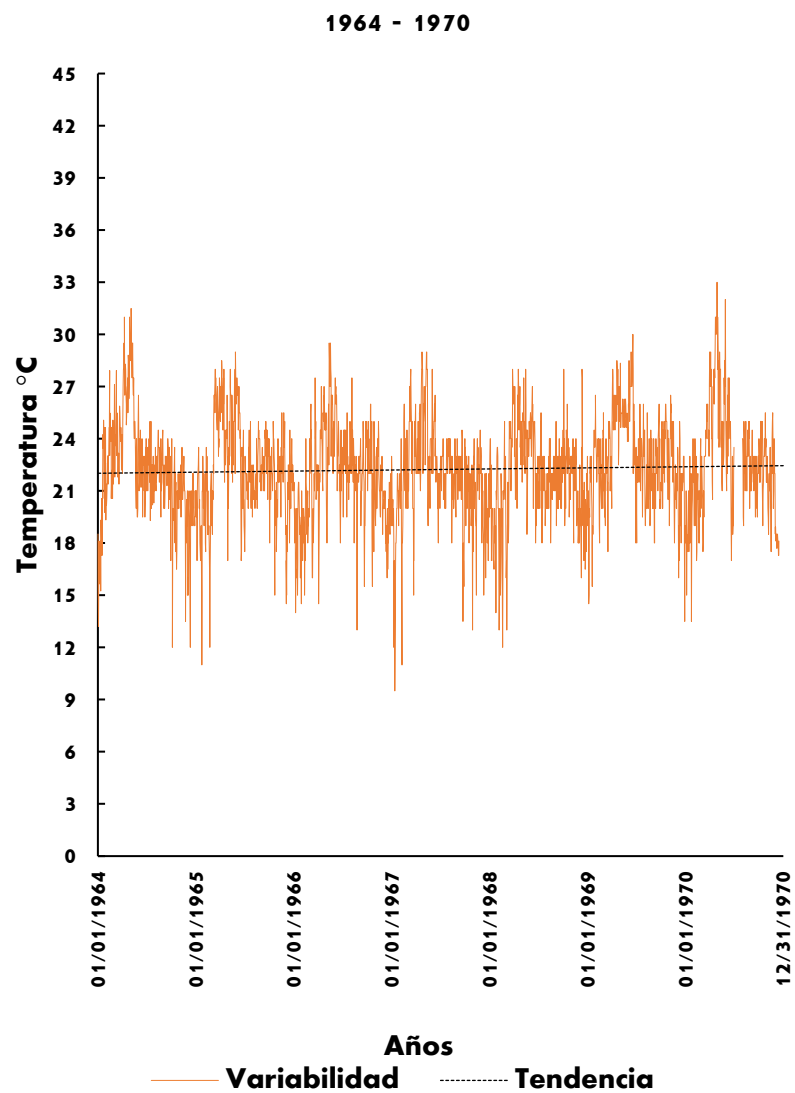
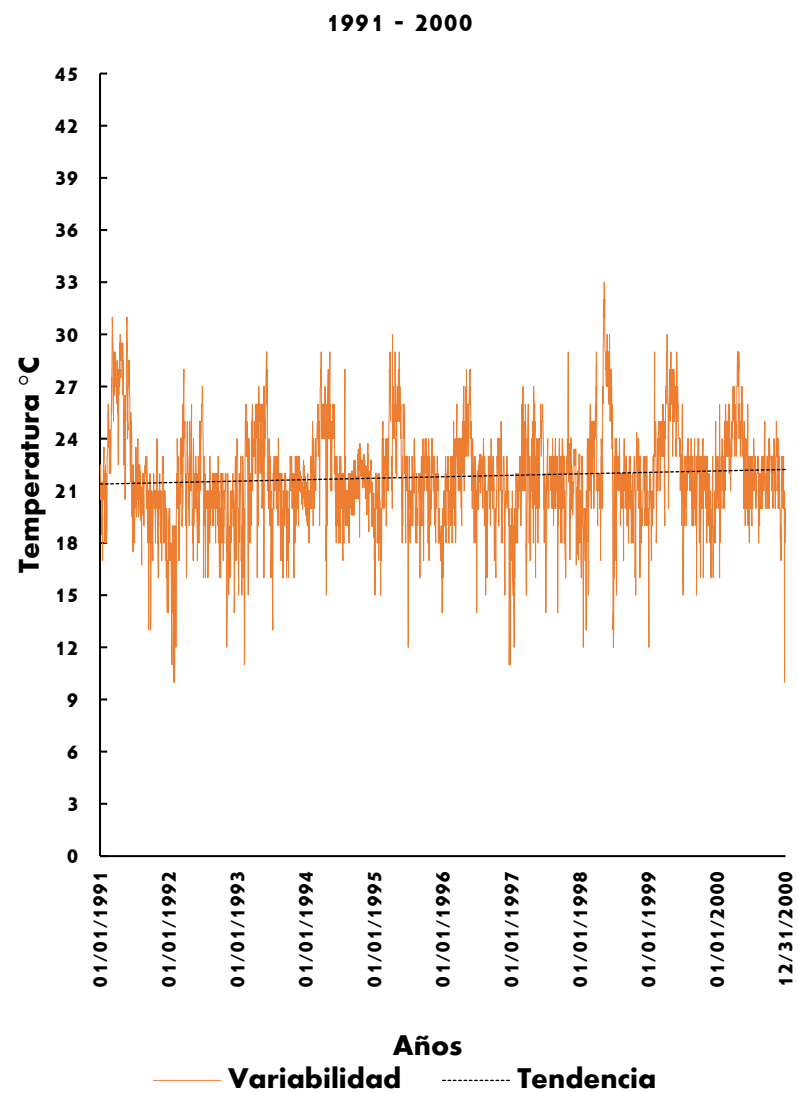
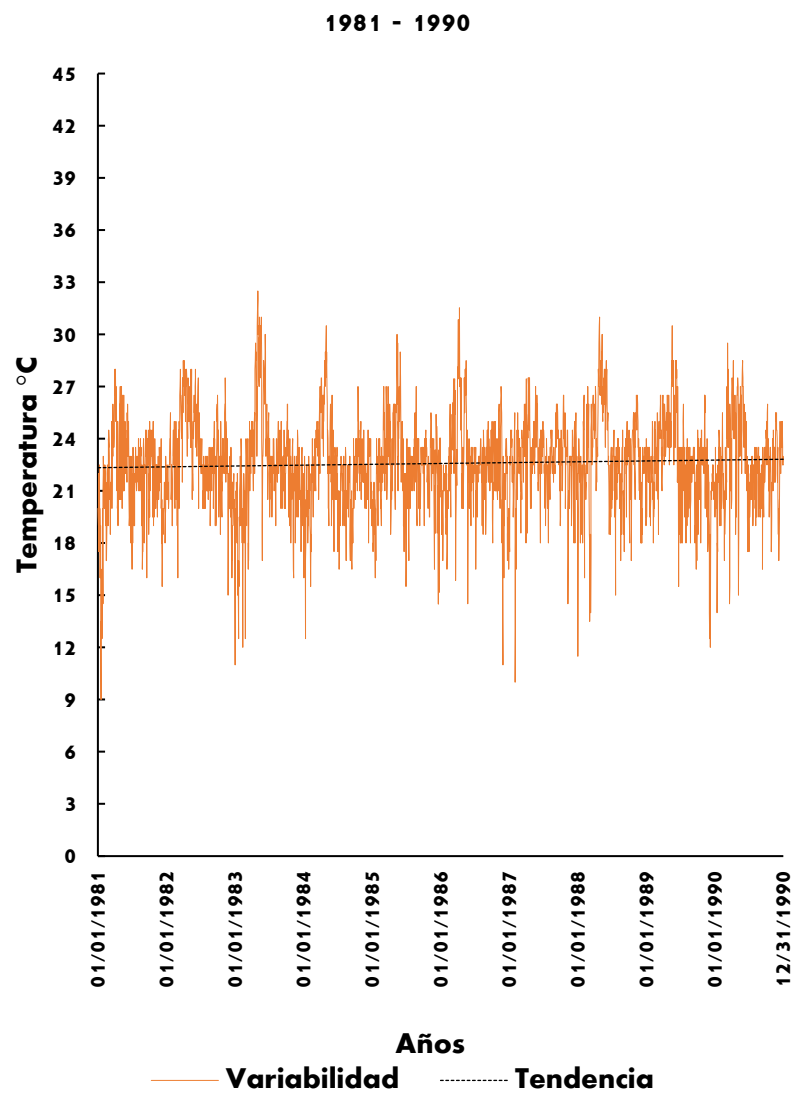


Figura 4c. Serie 3: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Ejido de Llano Grande (1964 – 2010).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

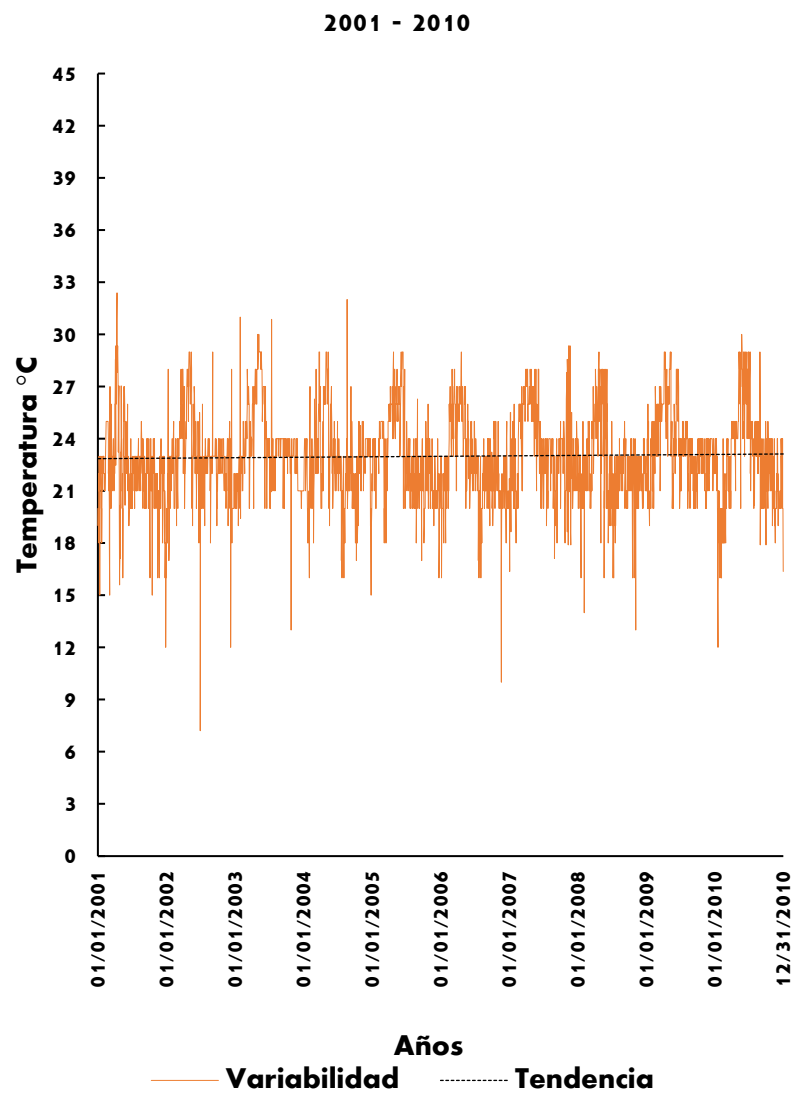
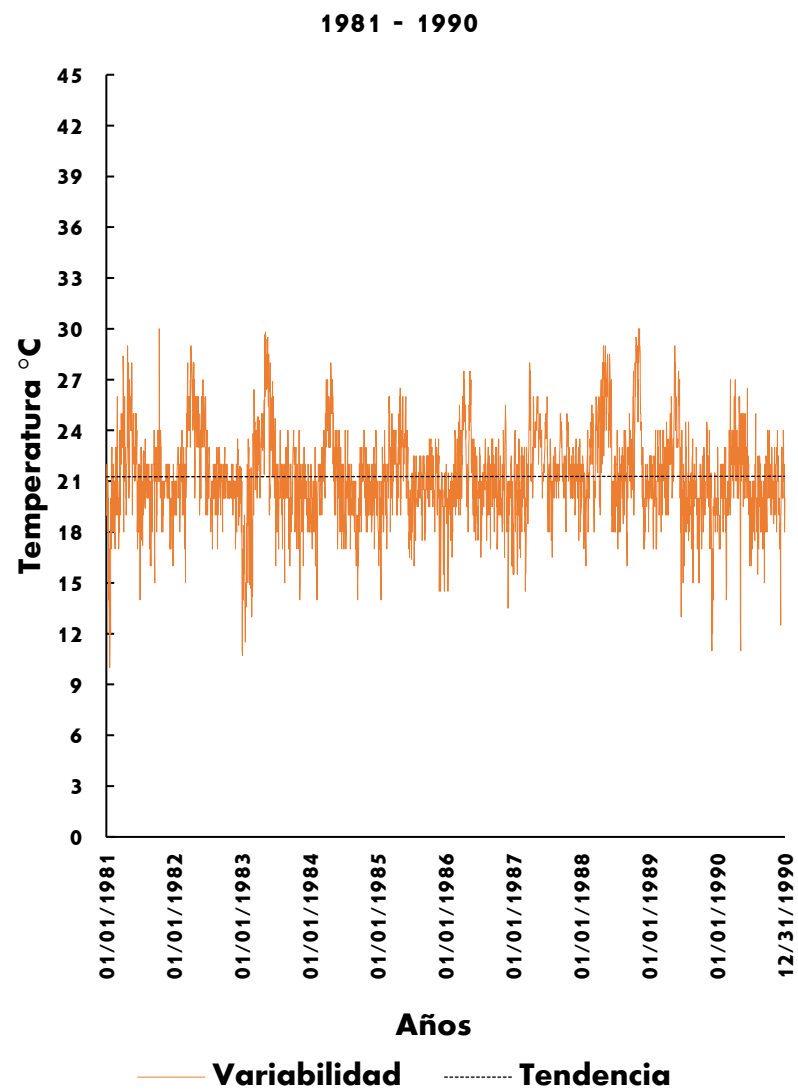
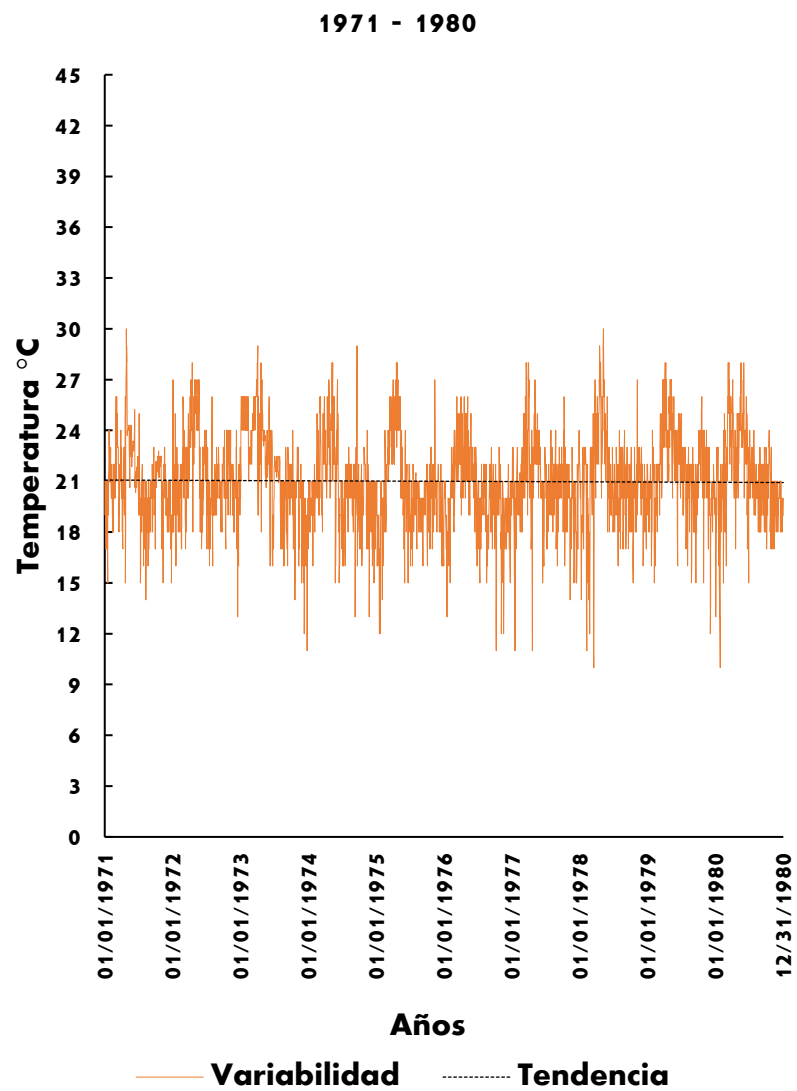


Figura 4d. Serie 3: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación San Bernabé (1964 – 2010).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

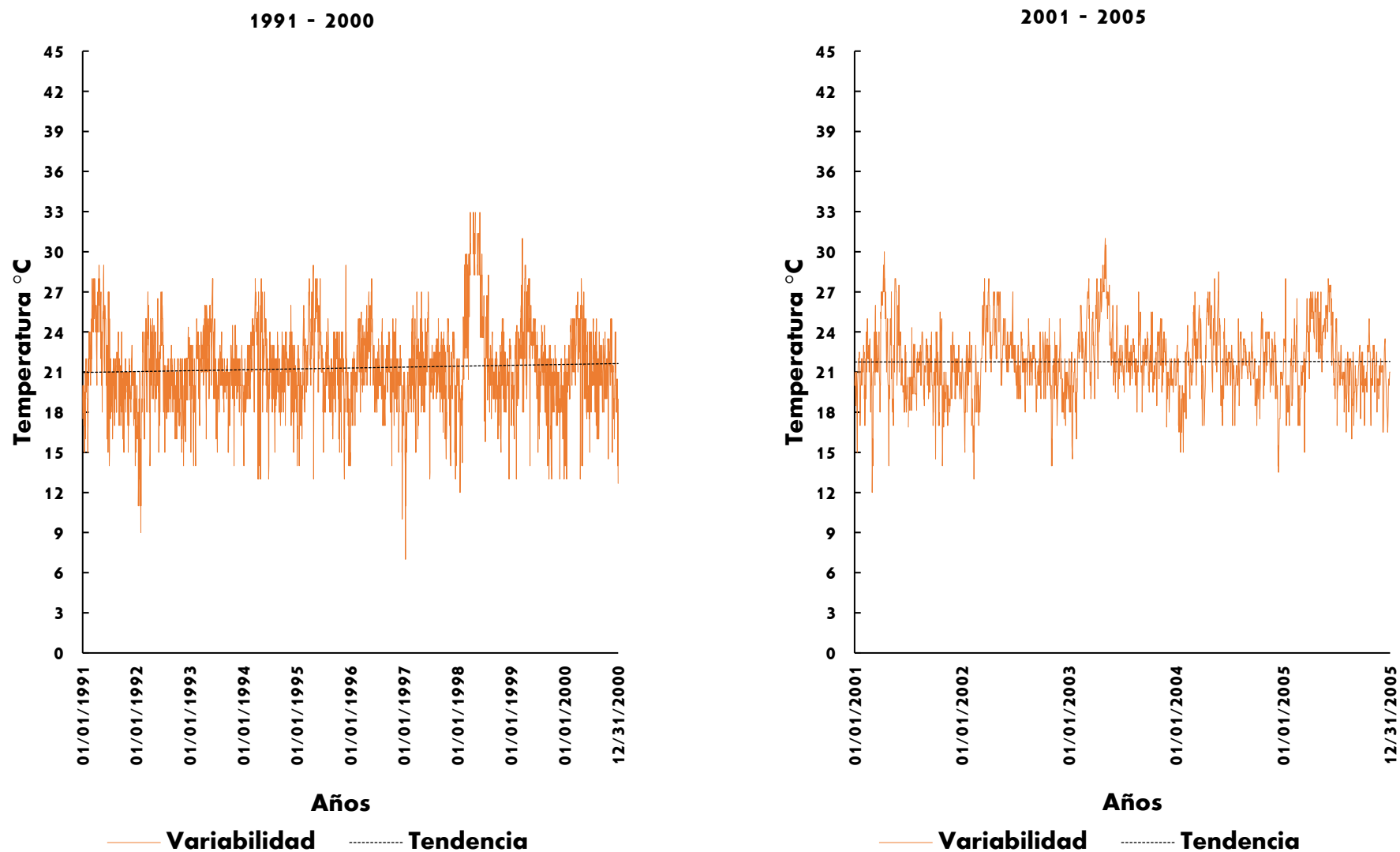
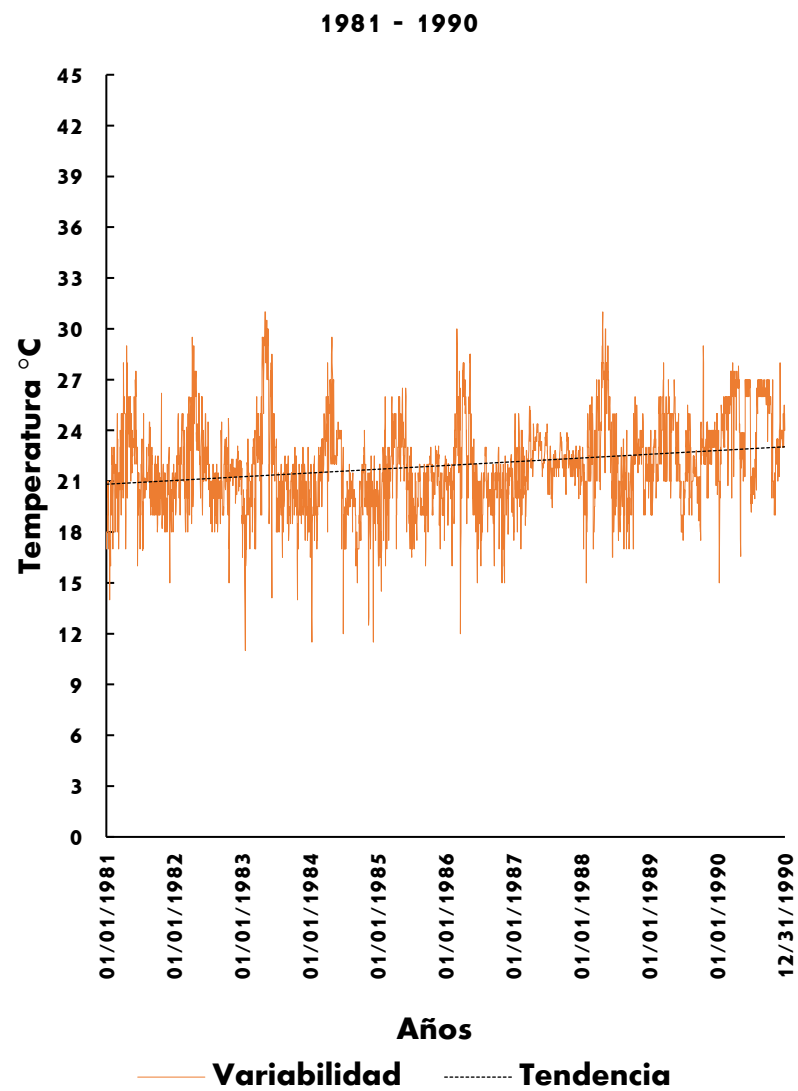
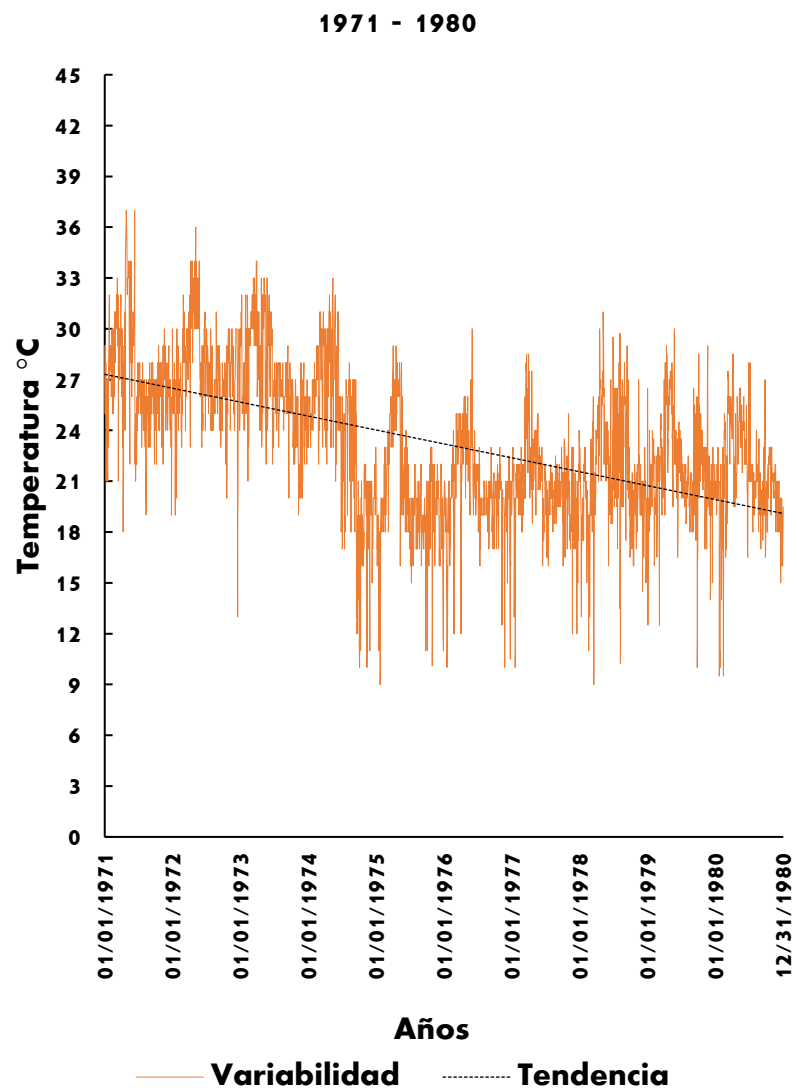


Figura 4e. Serie 4: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Temoaya (1971 – 2005).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

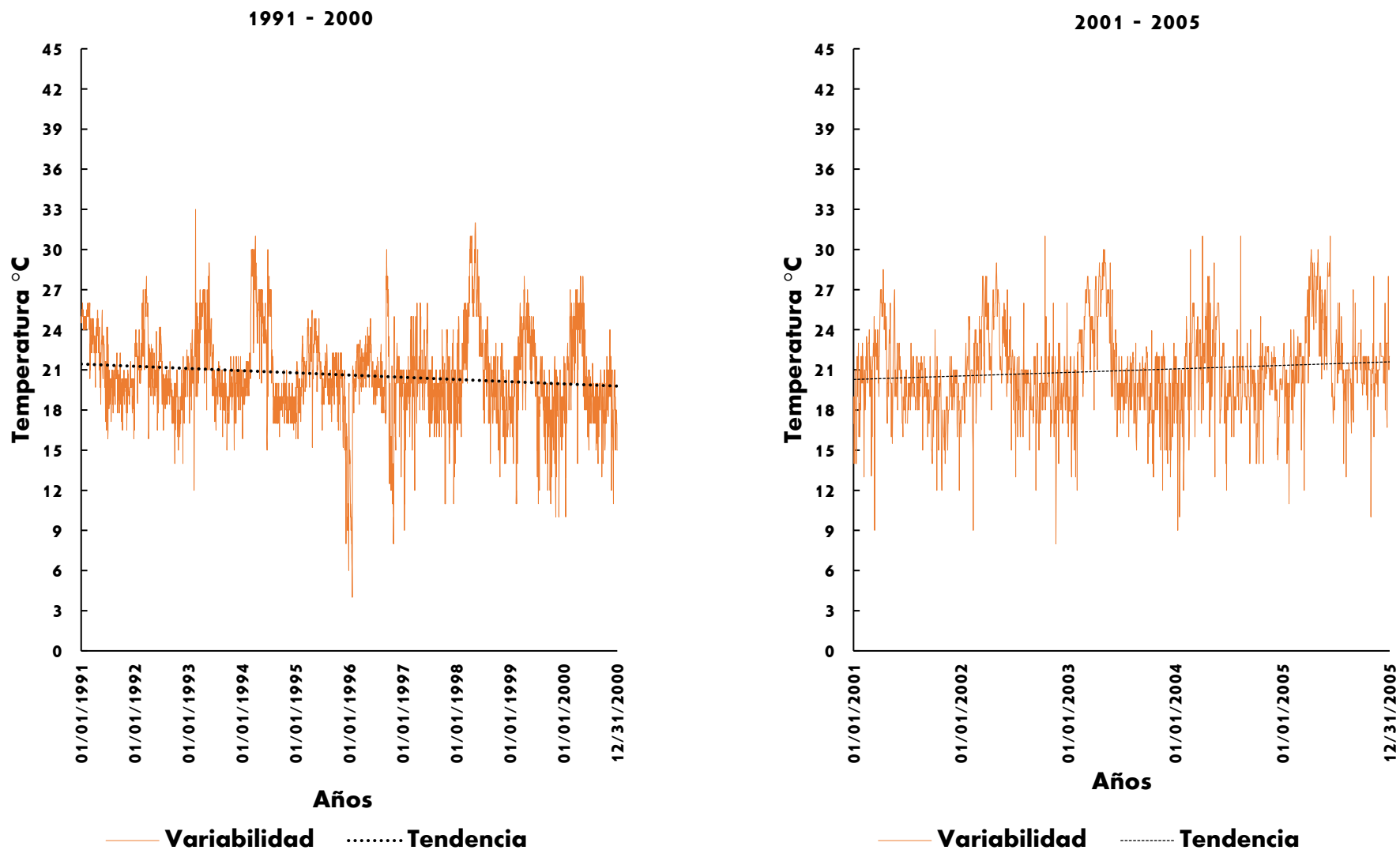
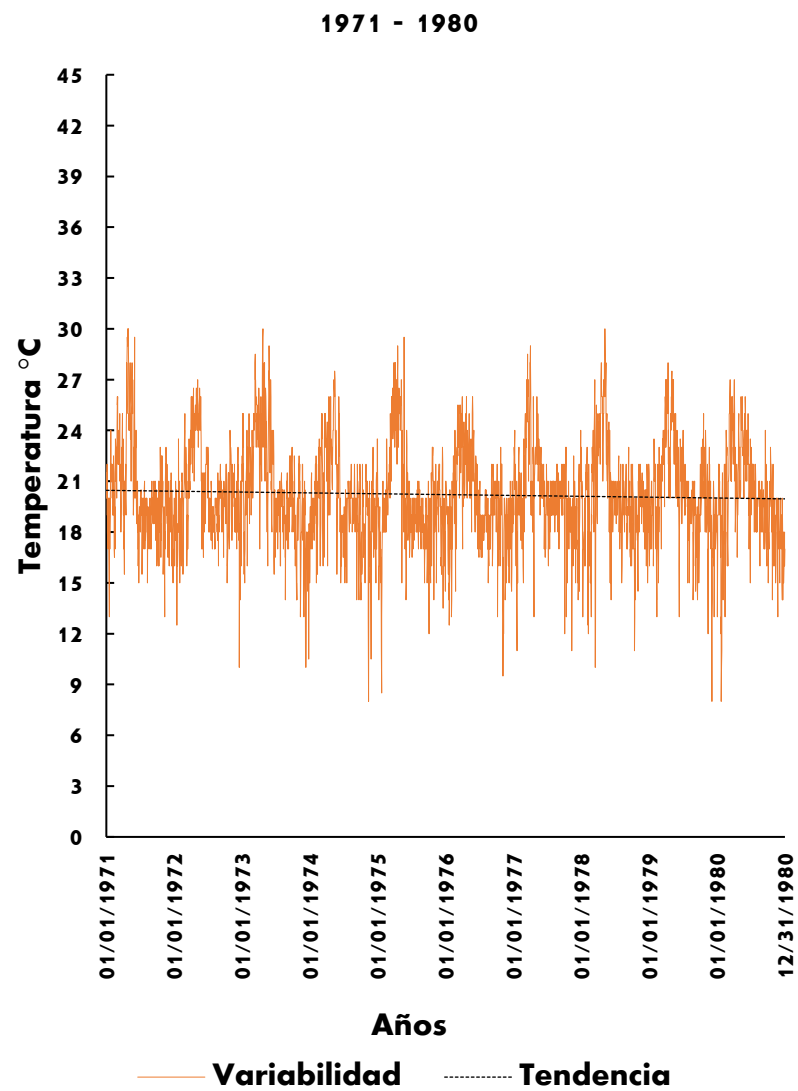
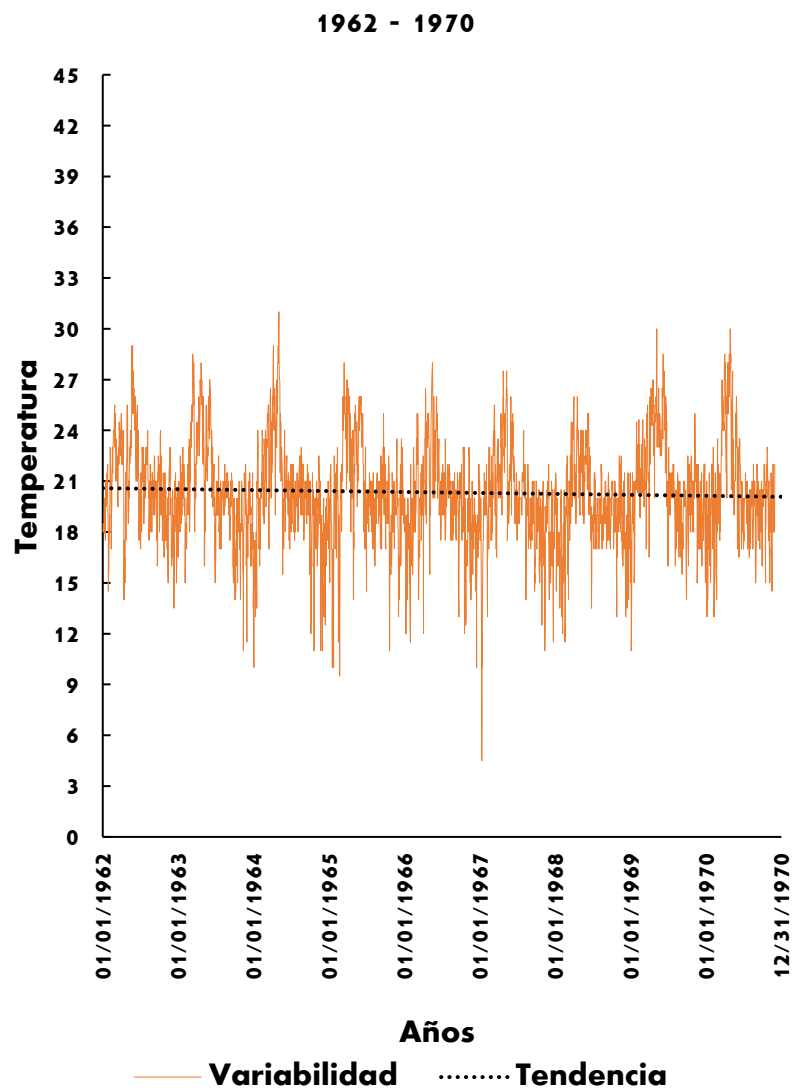


Figura 4f. Serie 4: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación San Lorenzo Malacota (1971 – 2005).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

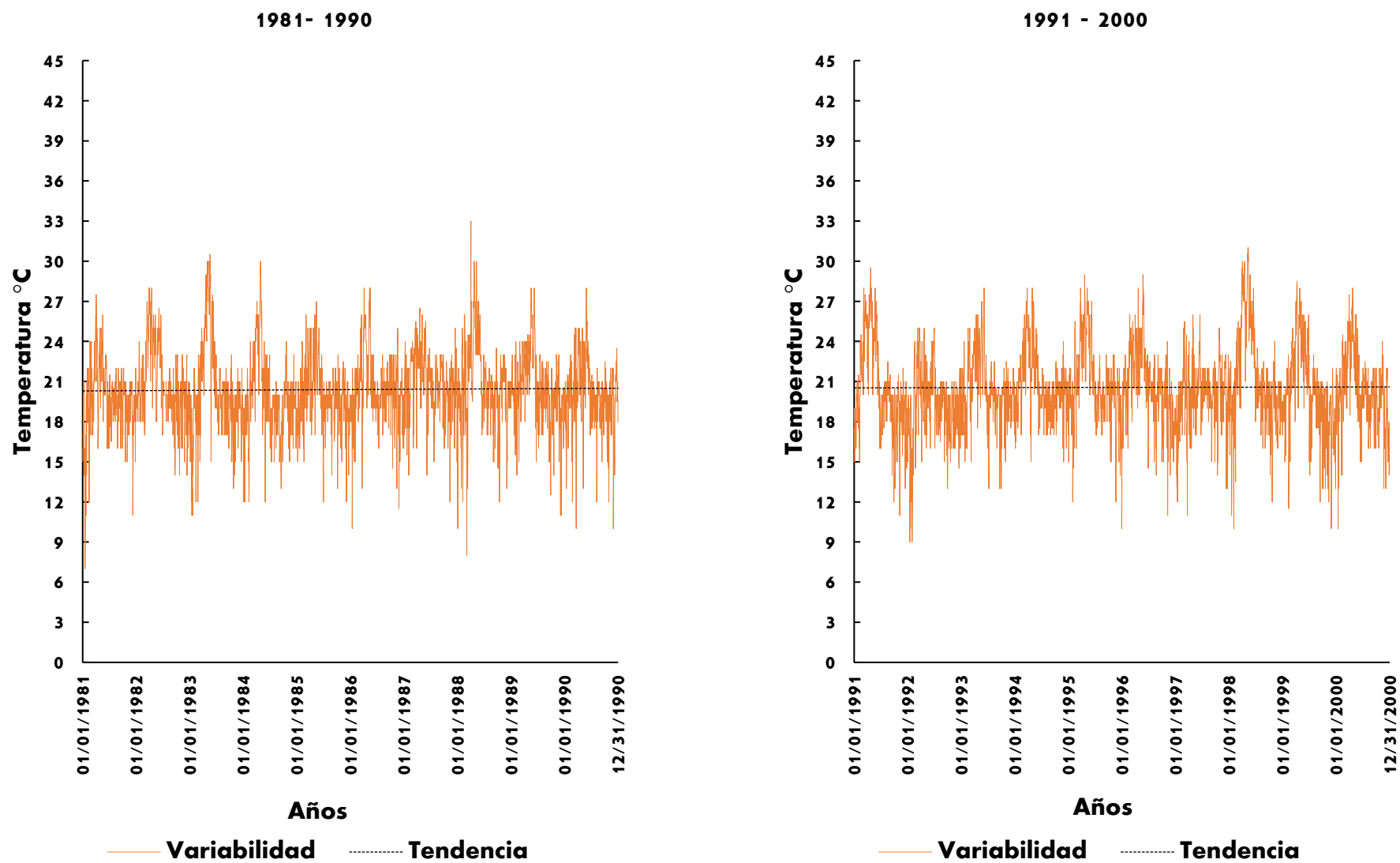
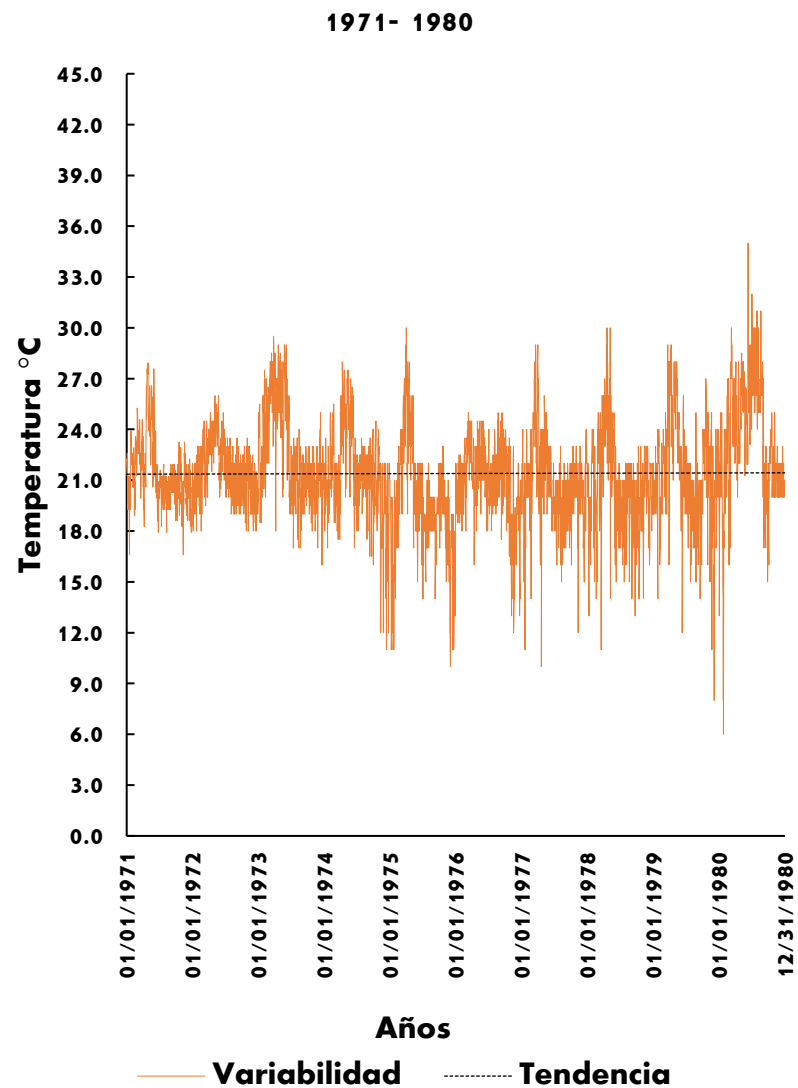
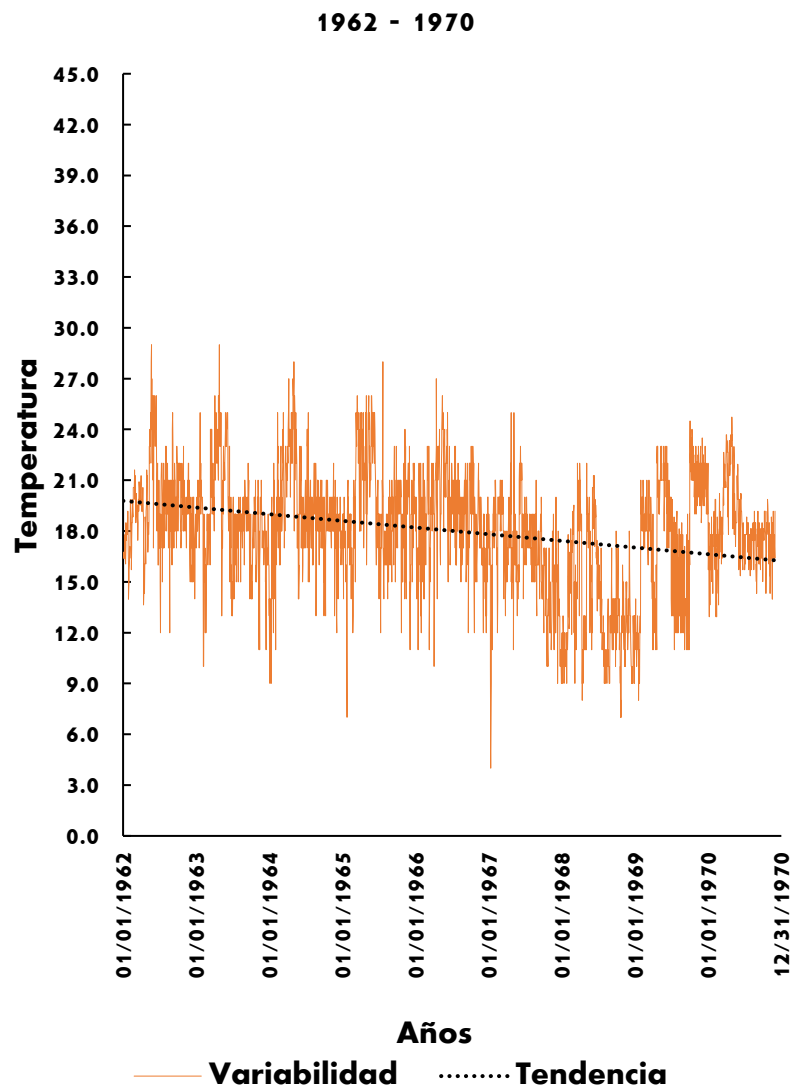


Figura 4g. Serie 5: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Presa El Tigre (1962 – 2000).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

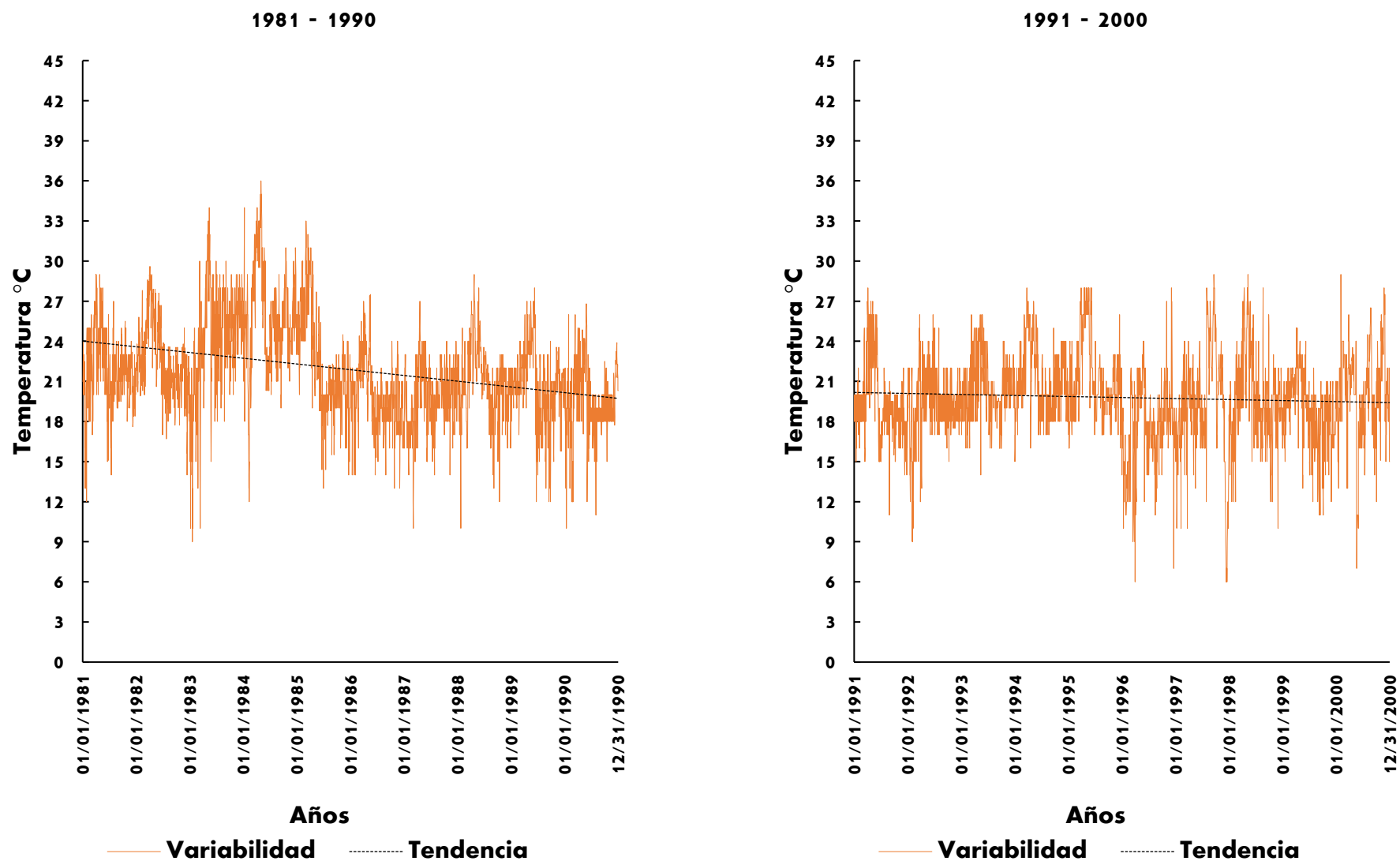
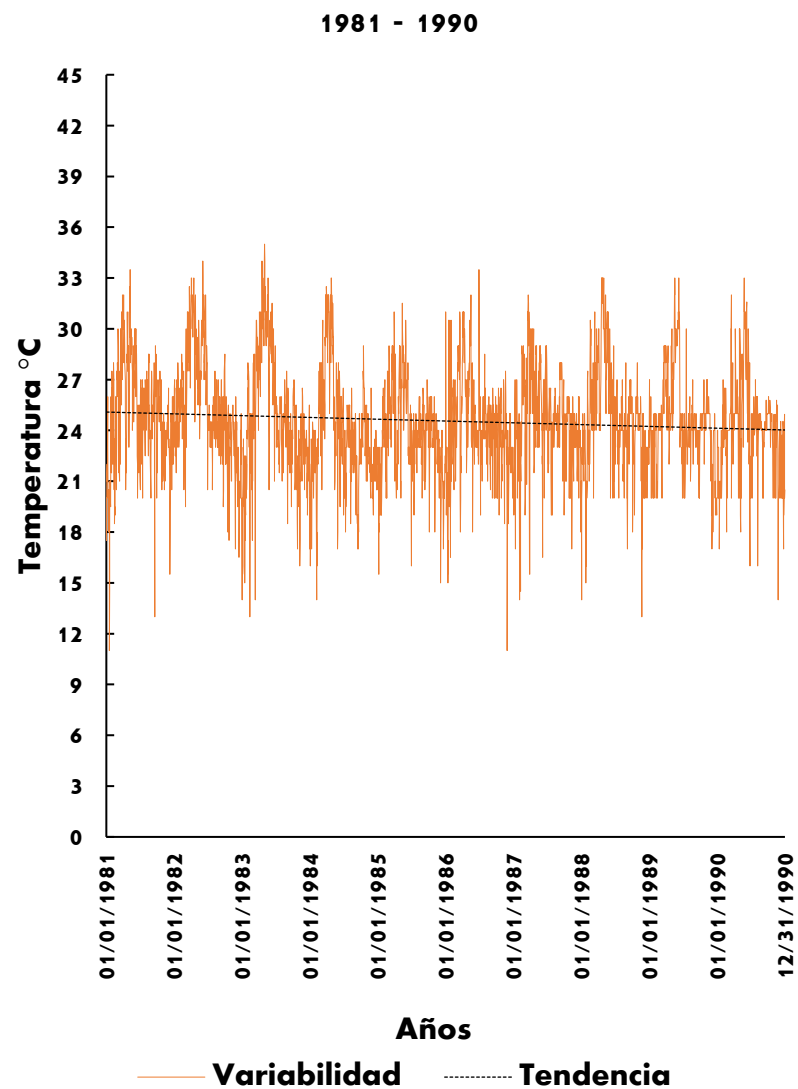
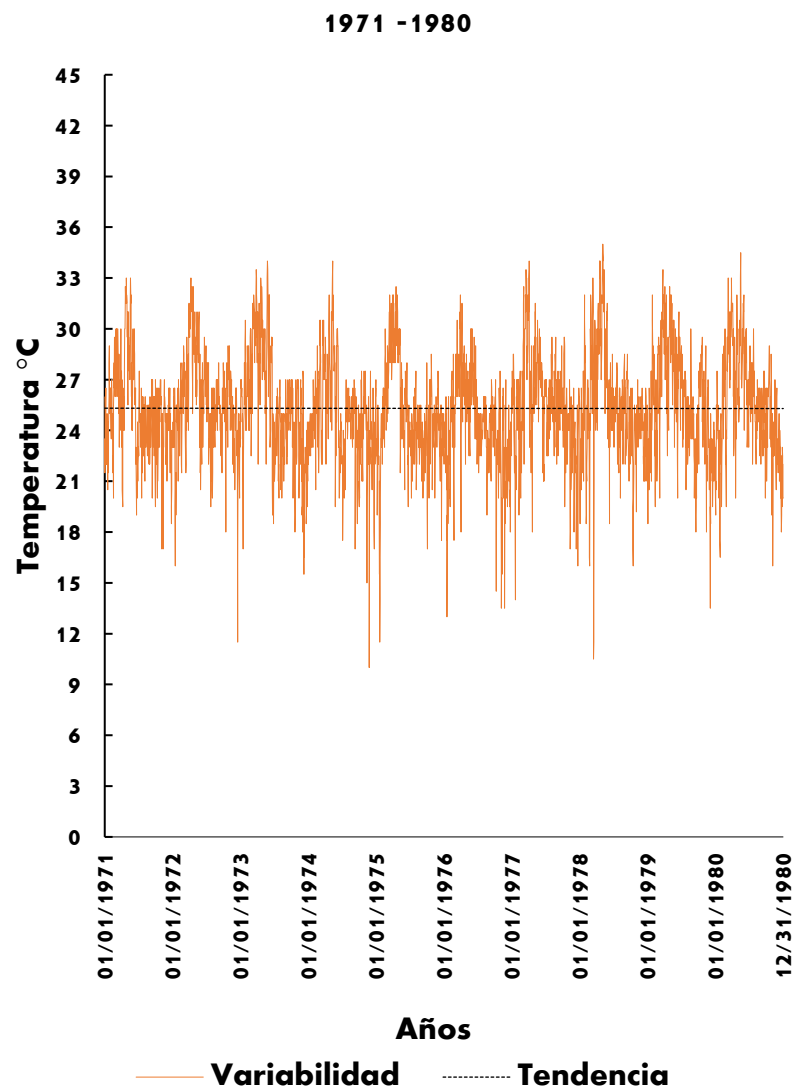


Figura 4h. Serie 5: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Jiquipilco (1962 – 2000).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

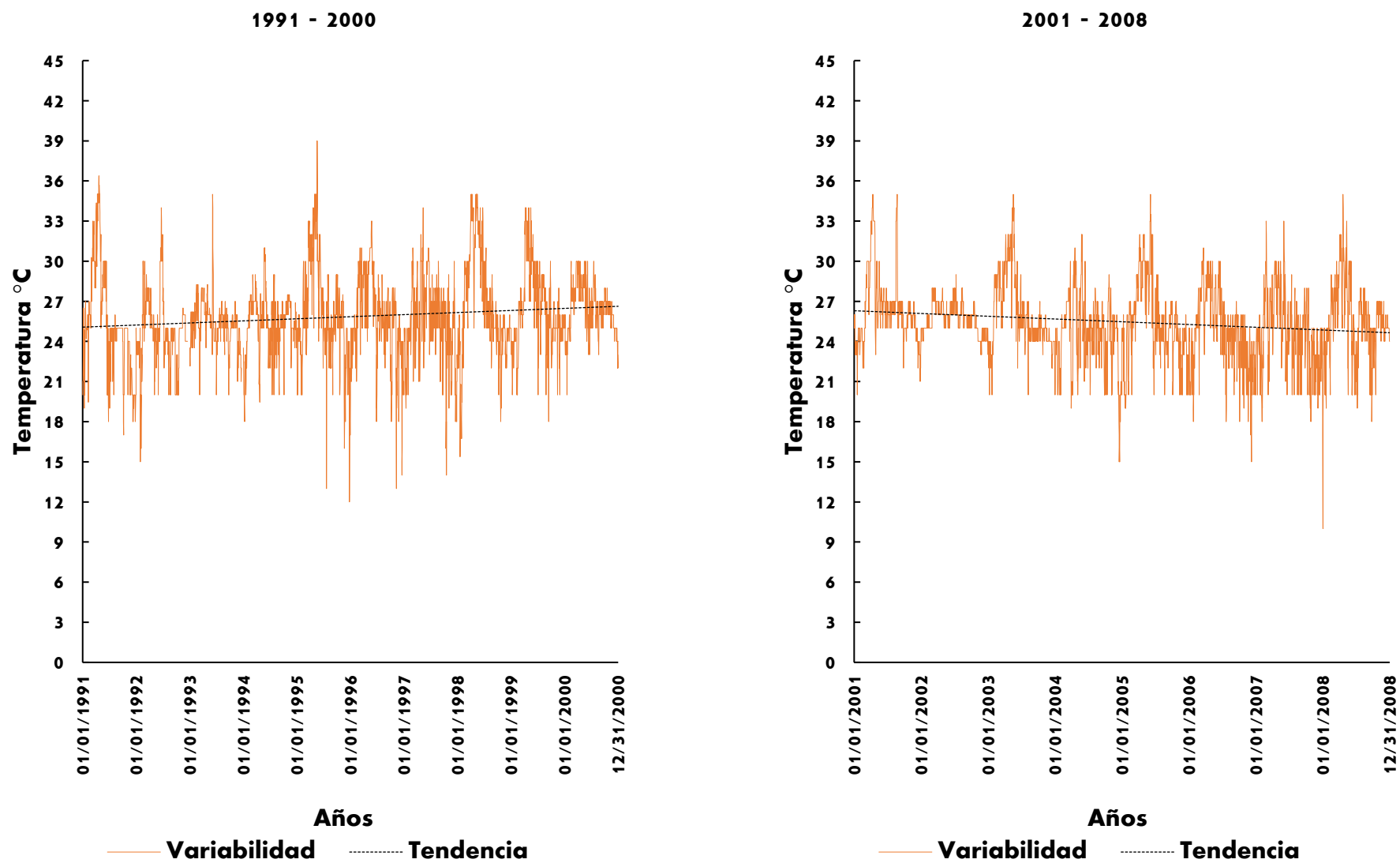
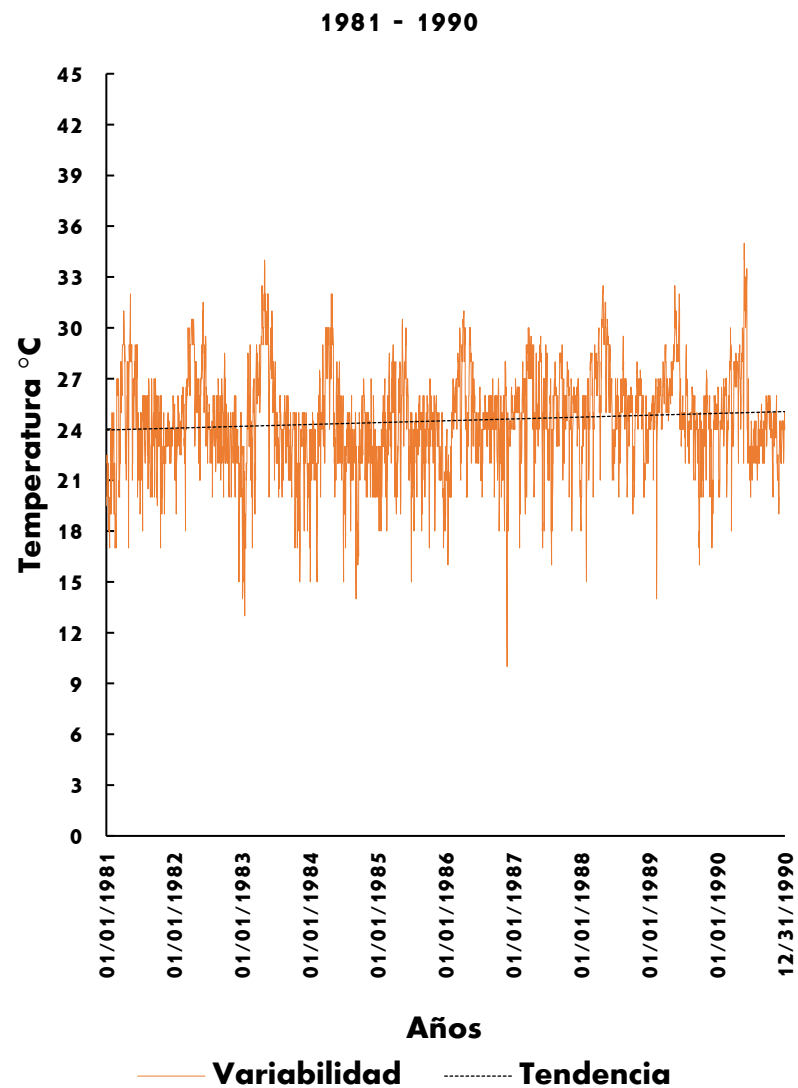
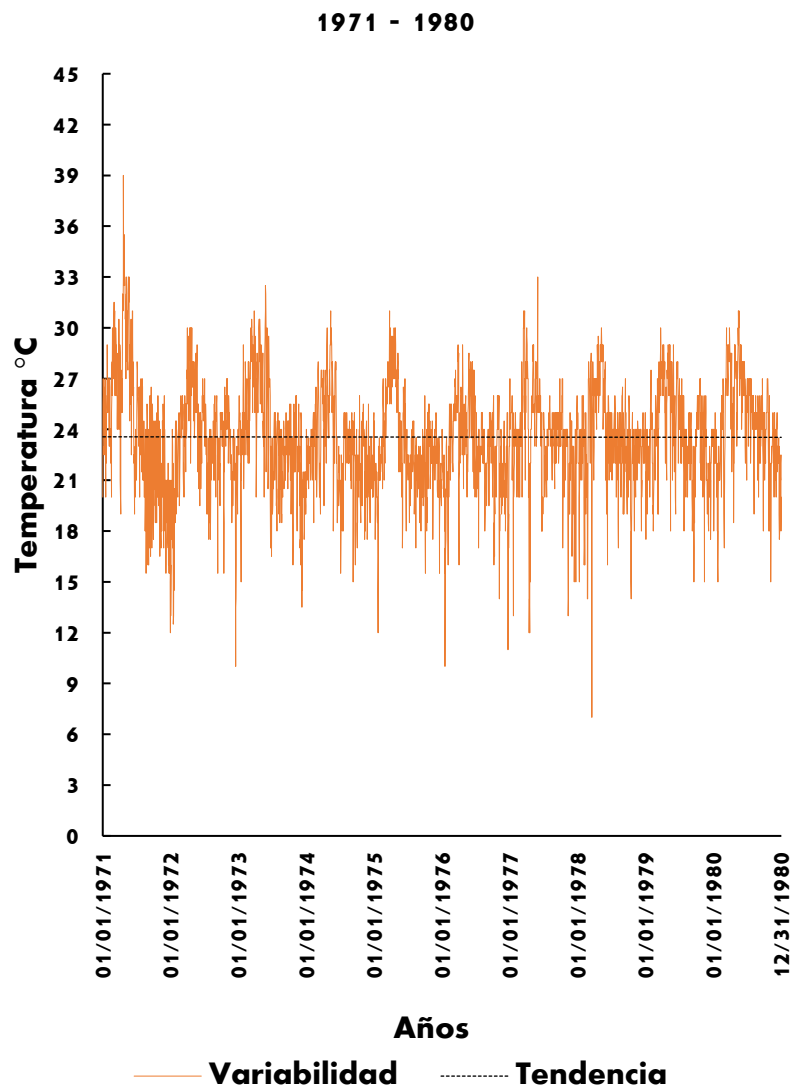


Figura 4i. Serie 6: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Molinito (1971 – 2008).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

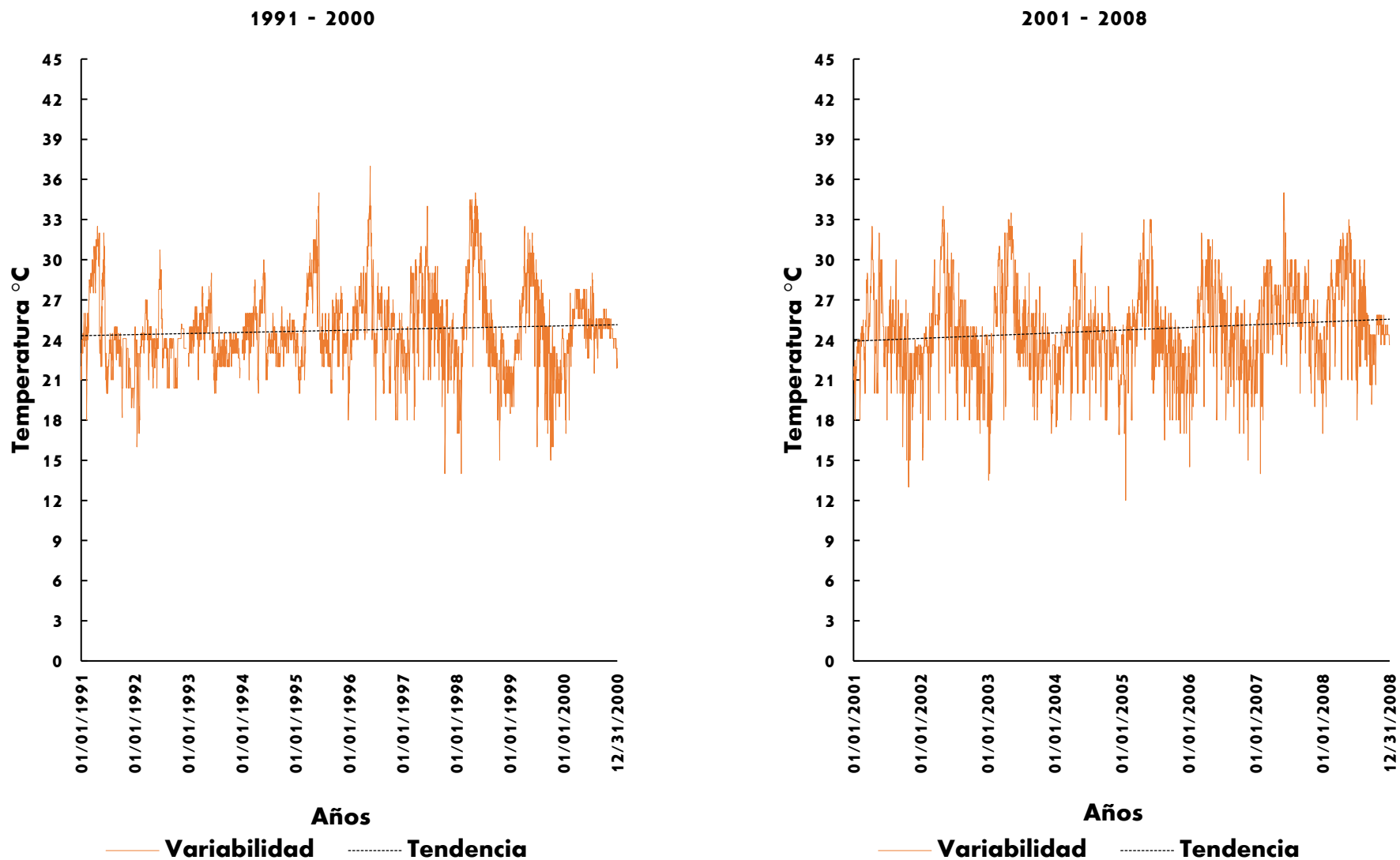
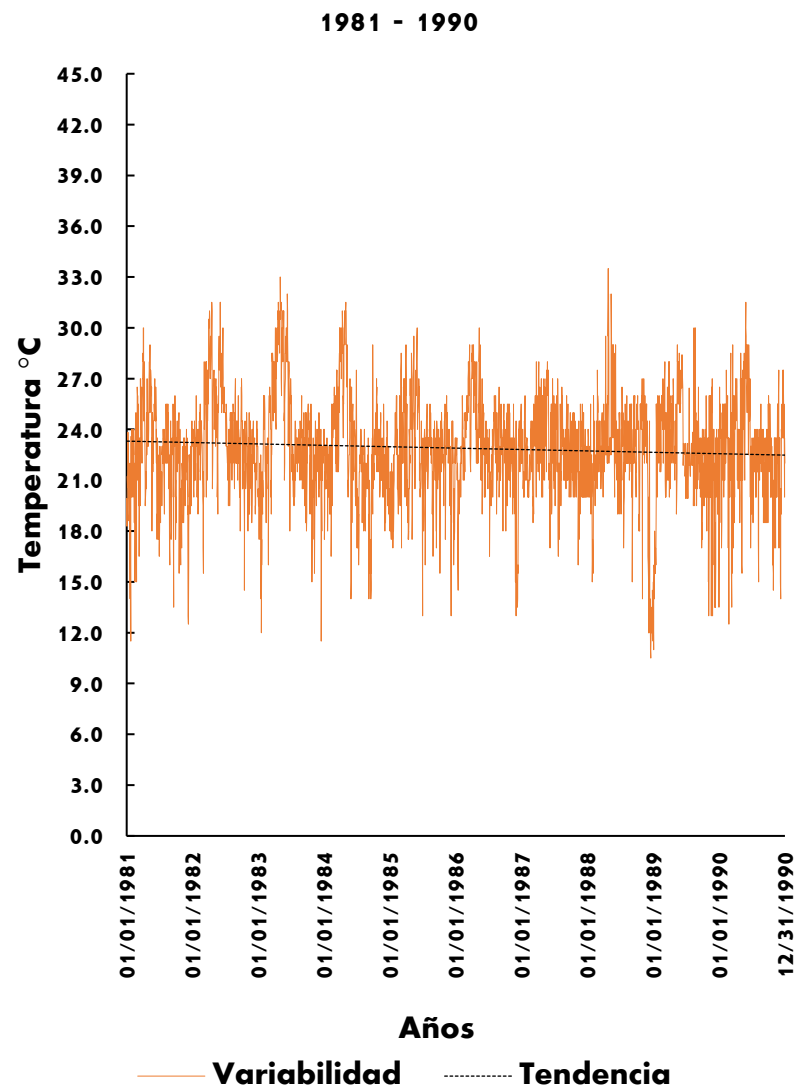
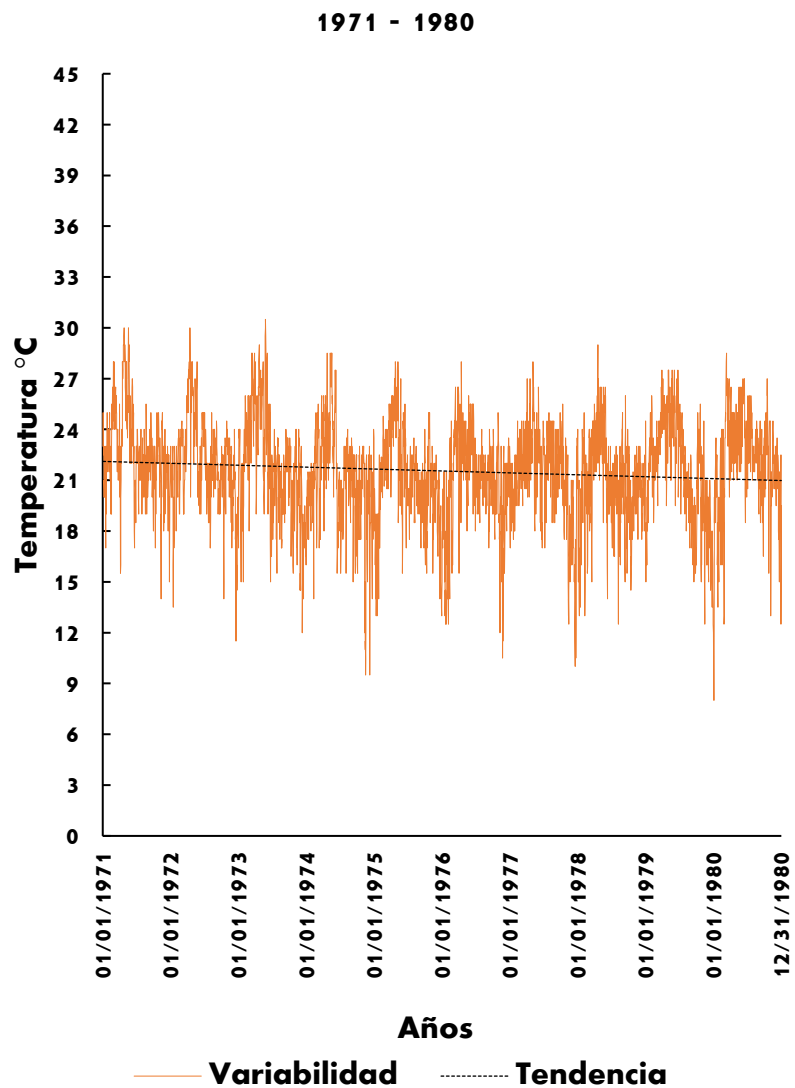


Figura 4j. Serie 6: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Totolica San Bartolo (1971 – 2008).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

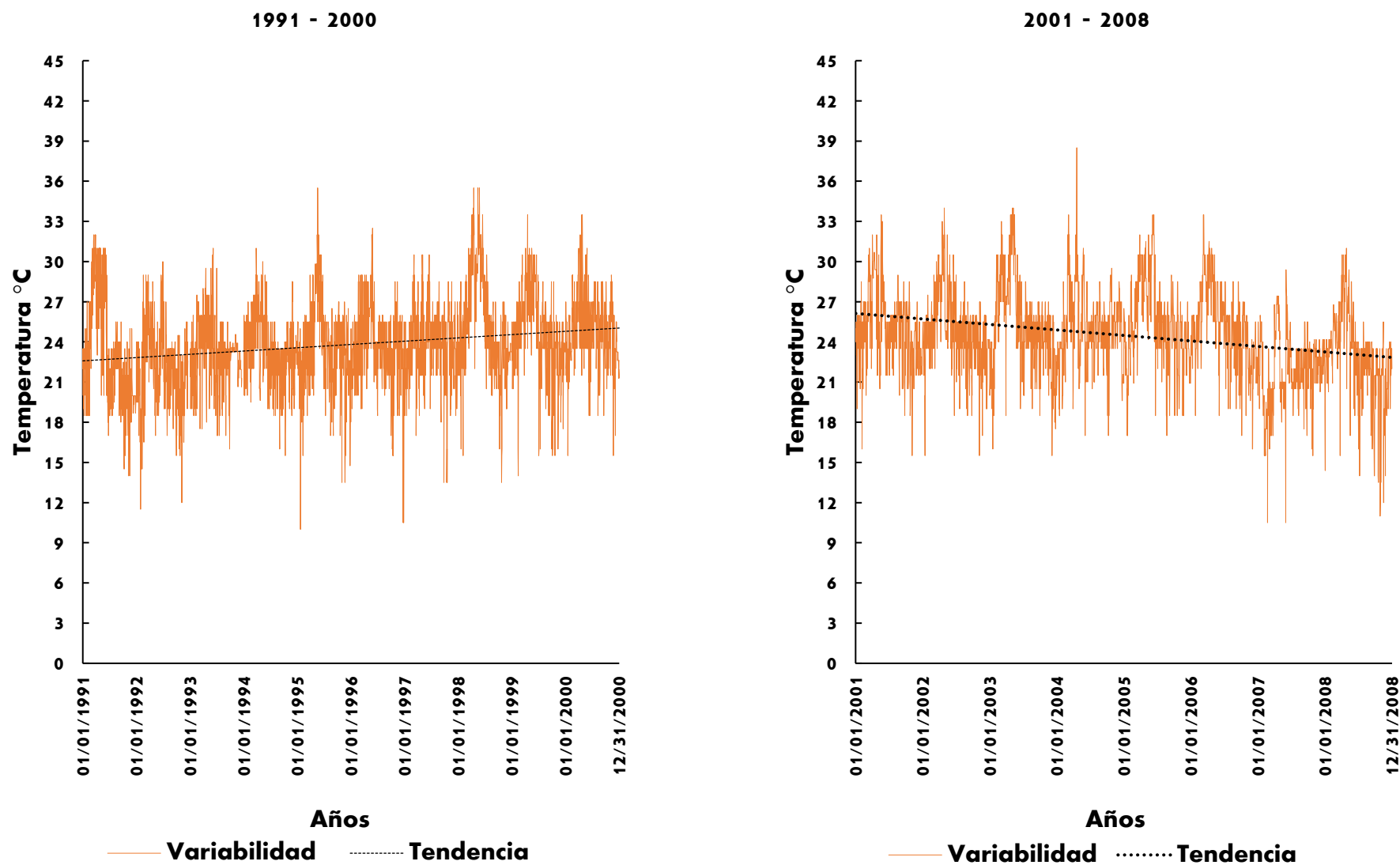
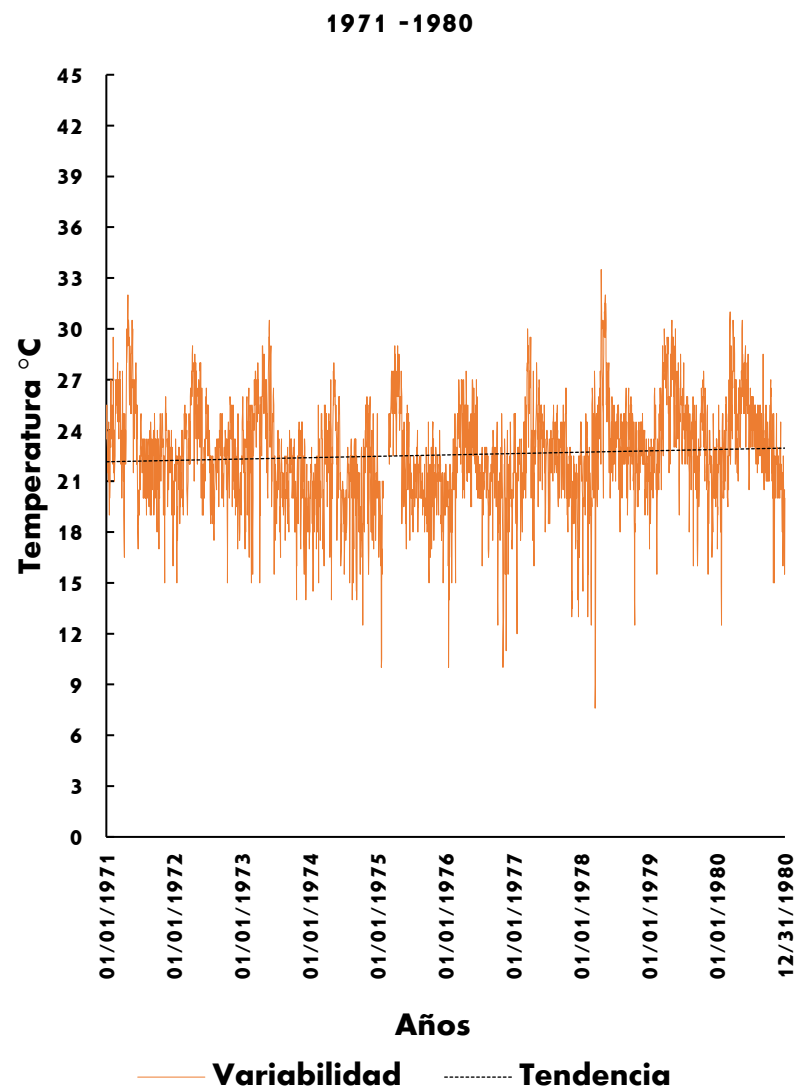
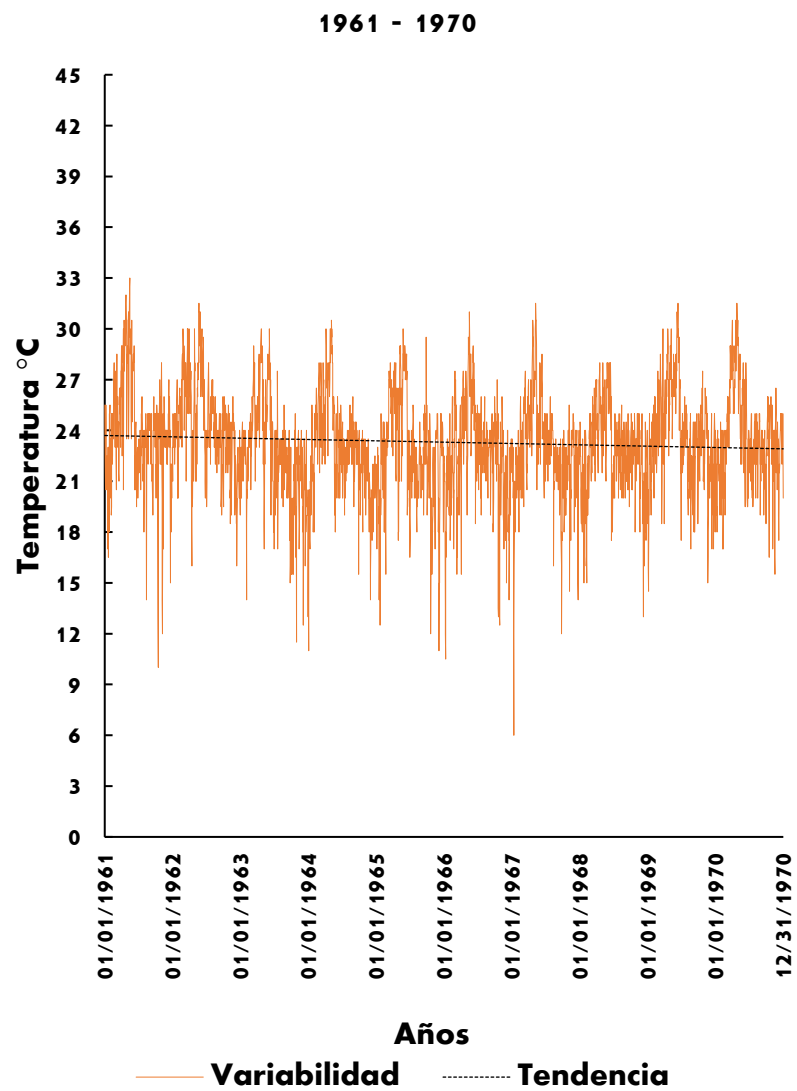


Figura 4k. Serie 6: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Desviación Alta al Pedregal (1971 – 2000).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

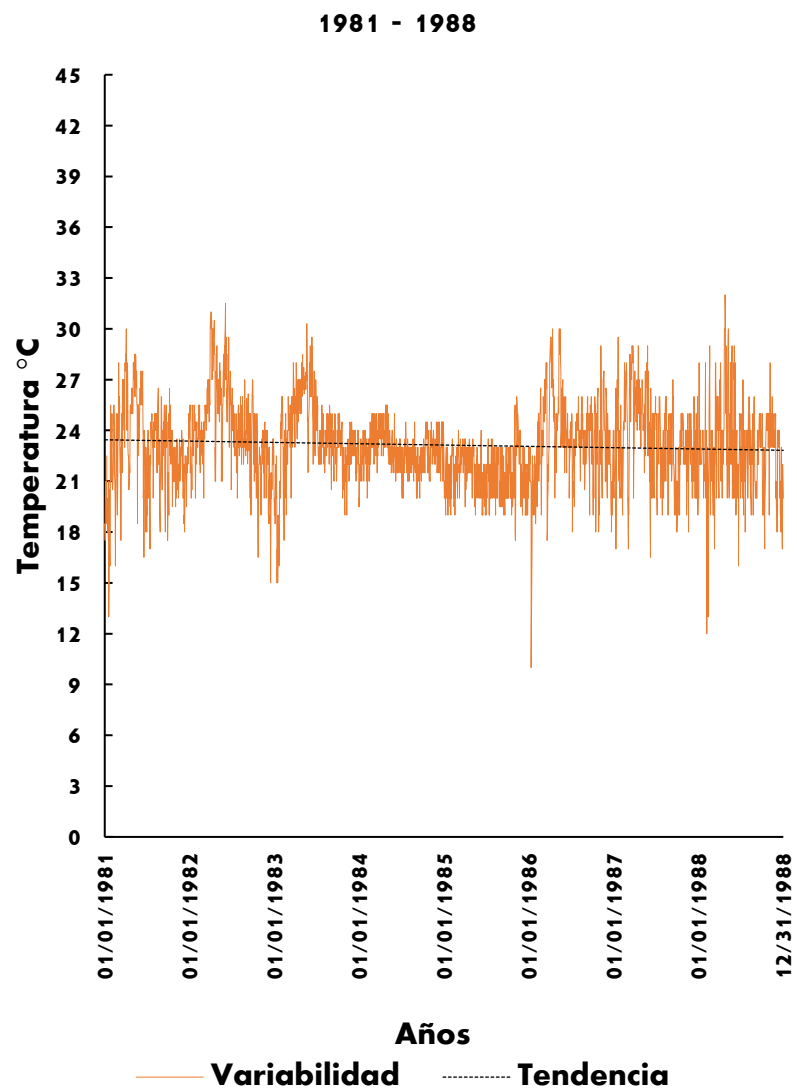
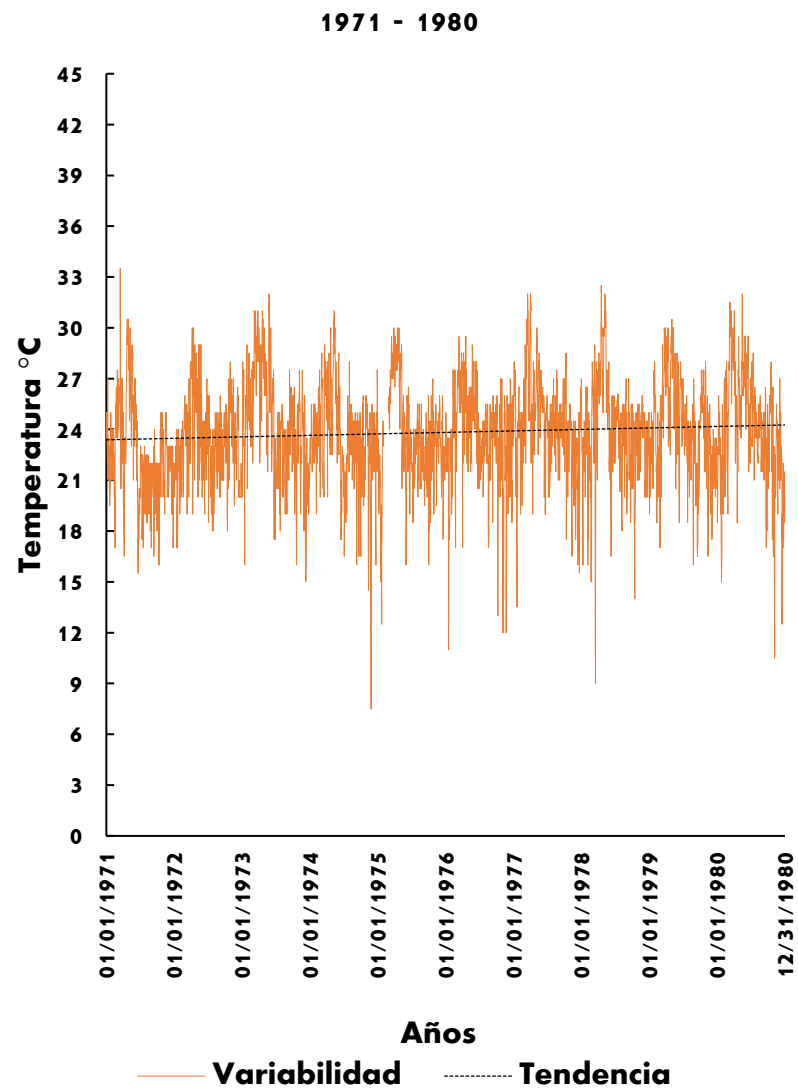
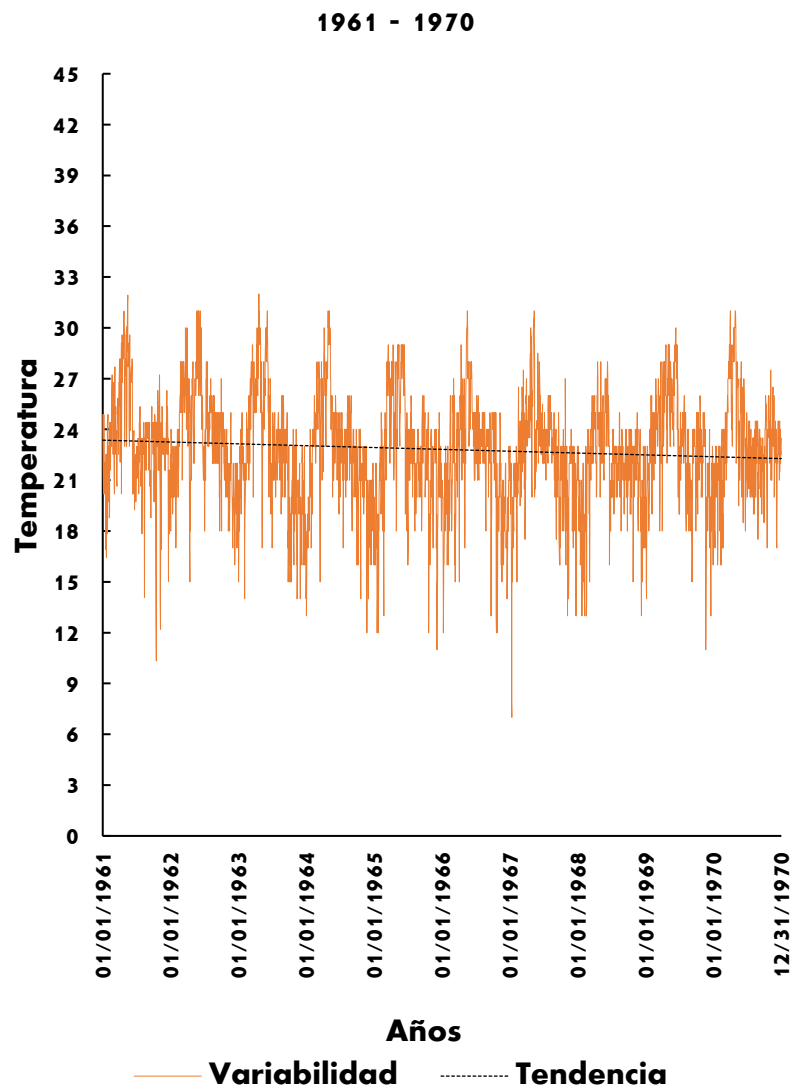


Figura 4I. Serie 7: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Presa Ansaldo (1961 – 1988).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

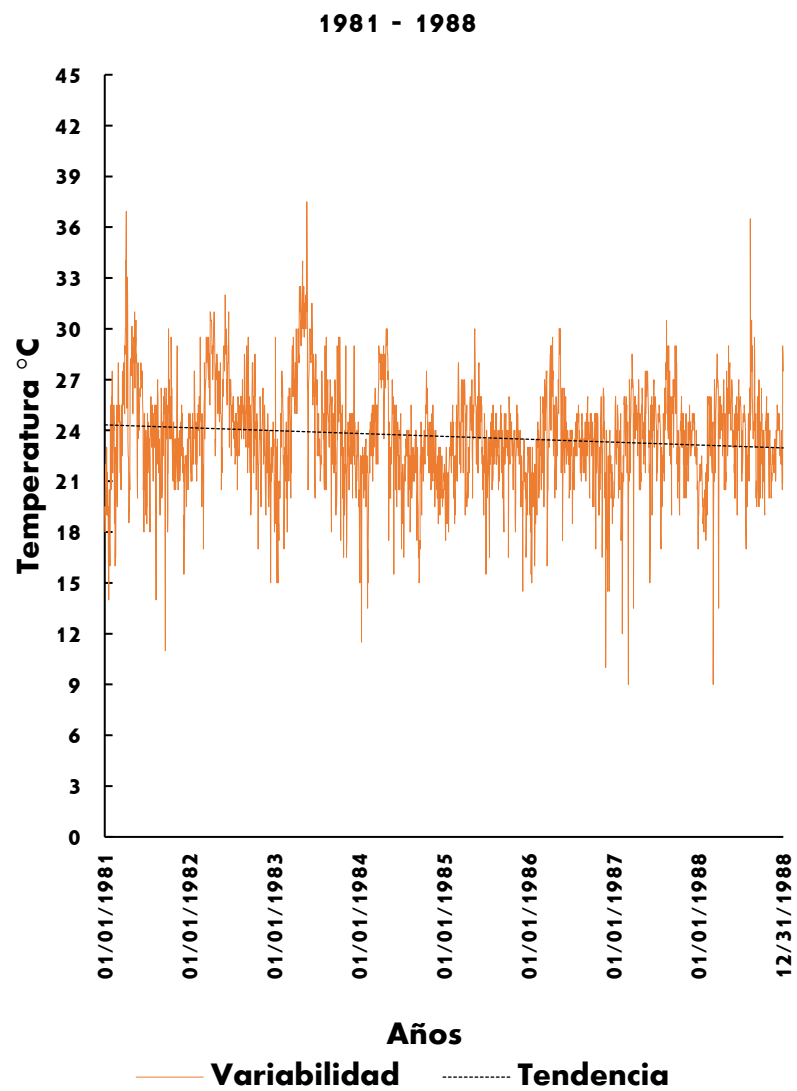
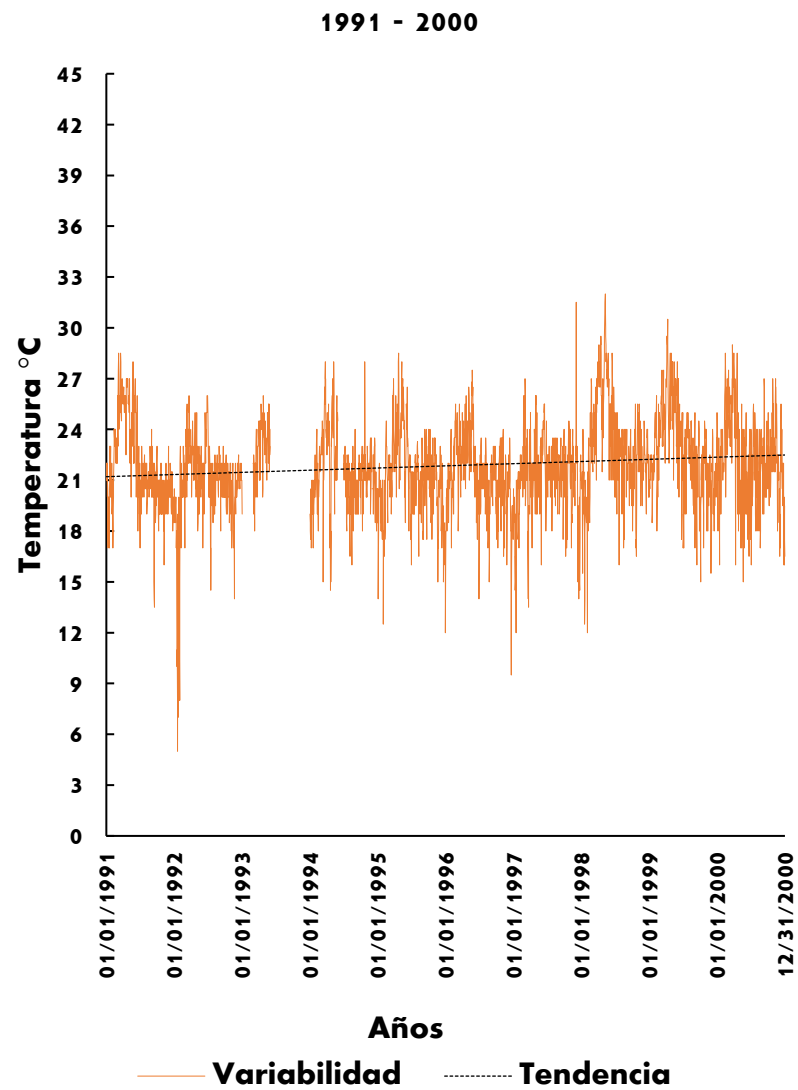
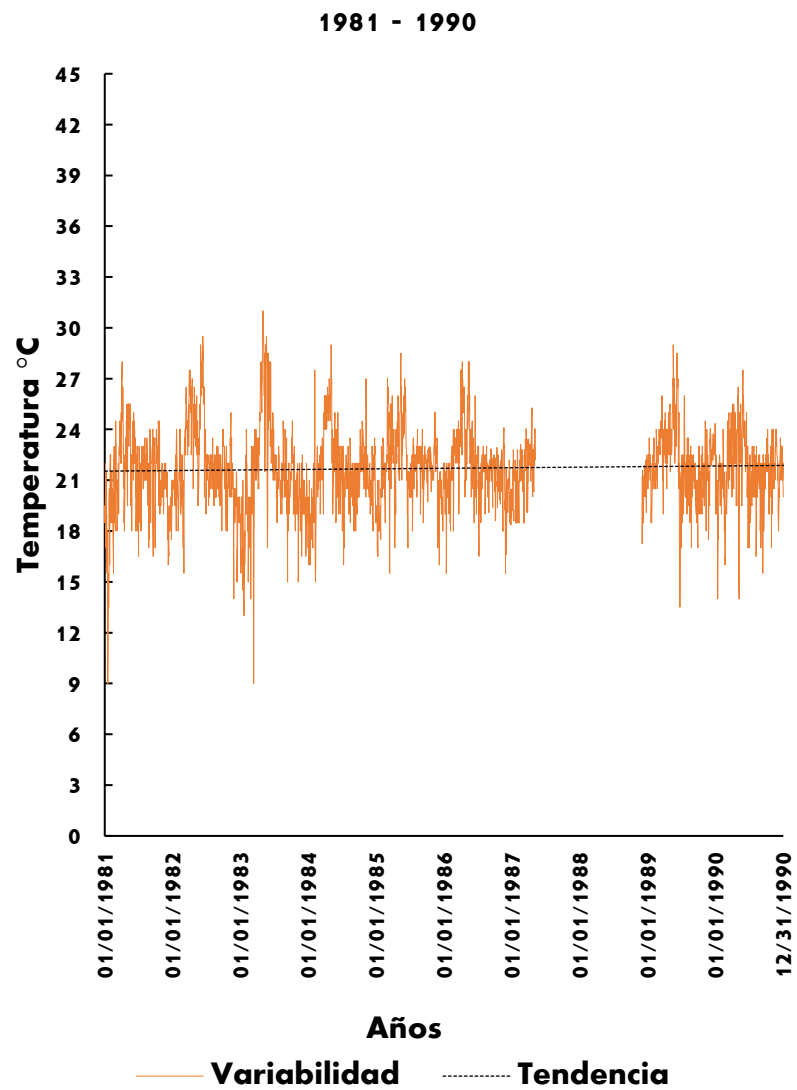


Figura 4m. Serie 7: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Presa Tacubaya (1961 – 1988).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

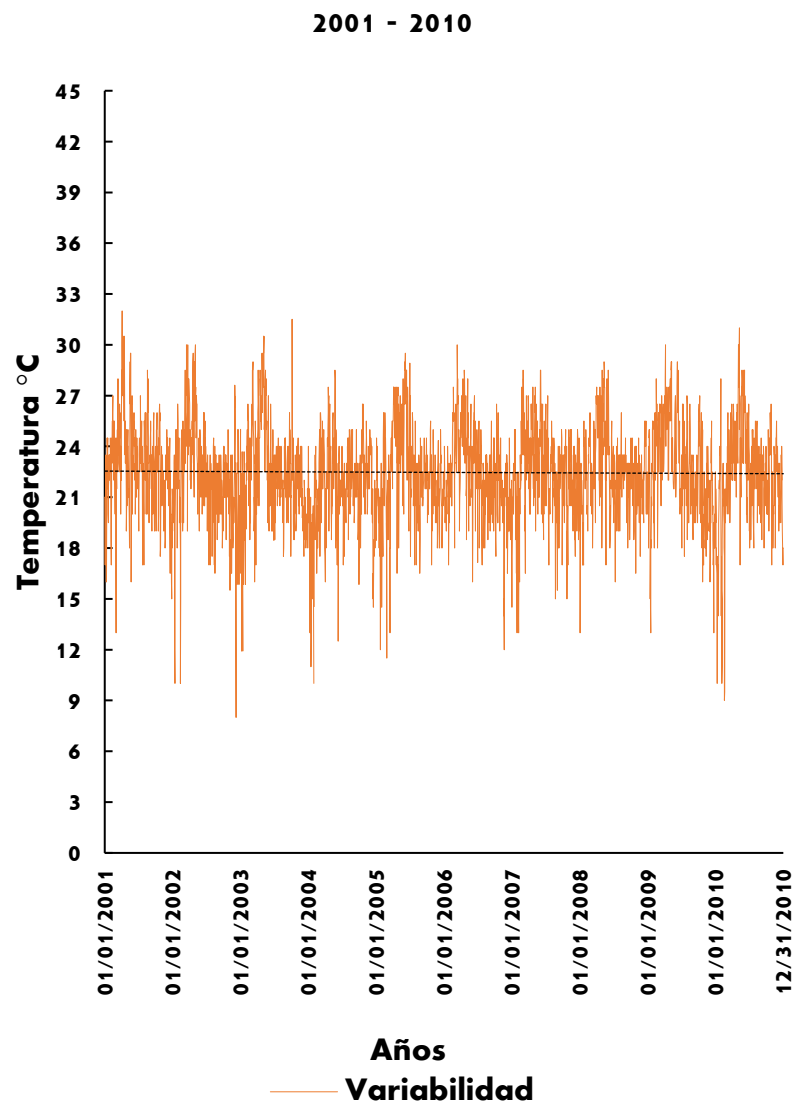
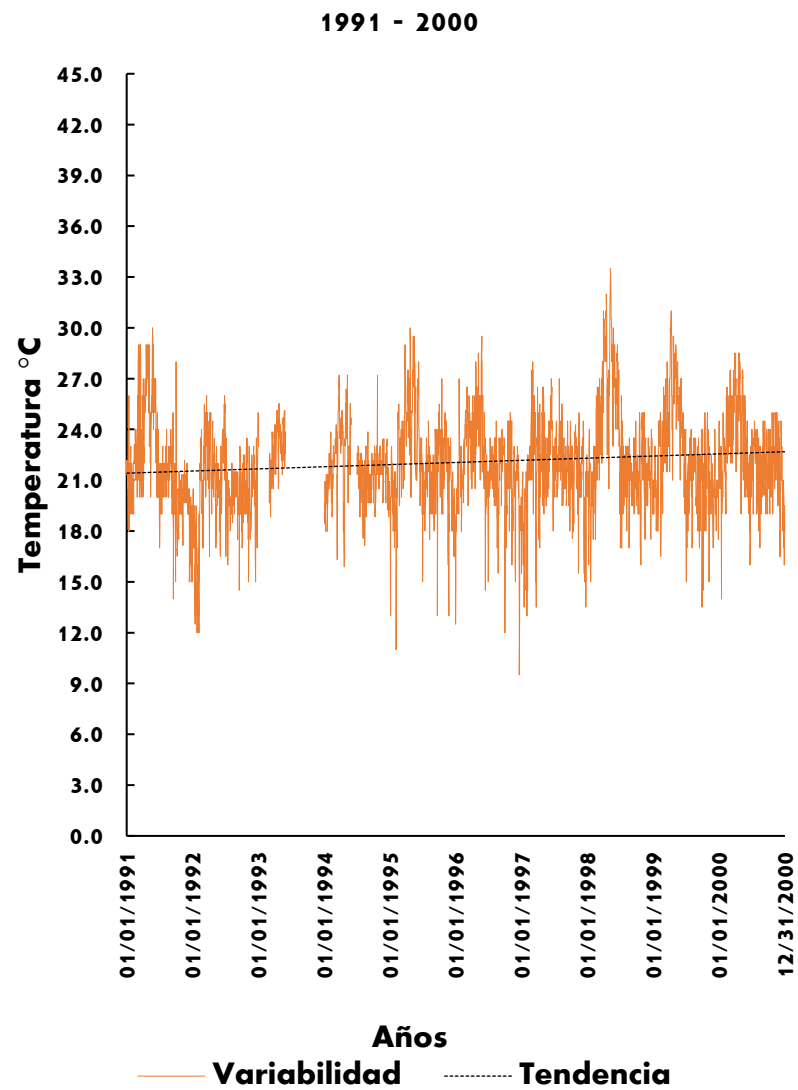
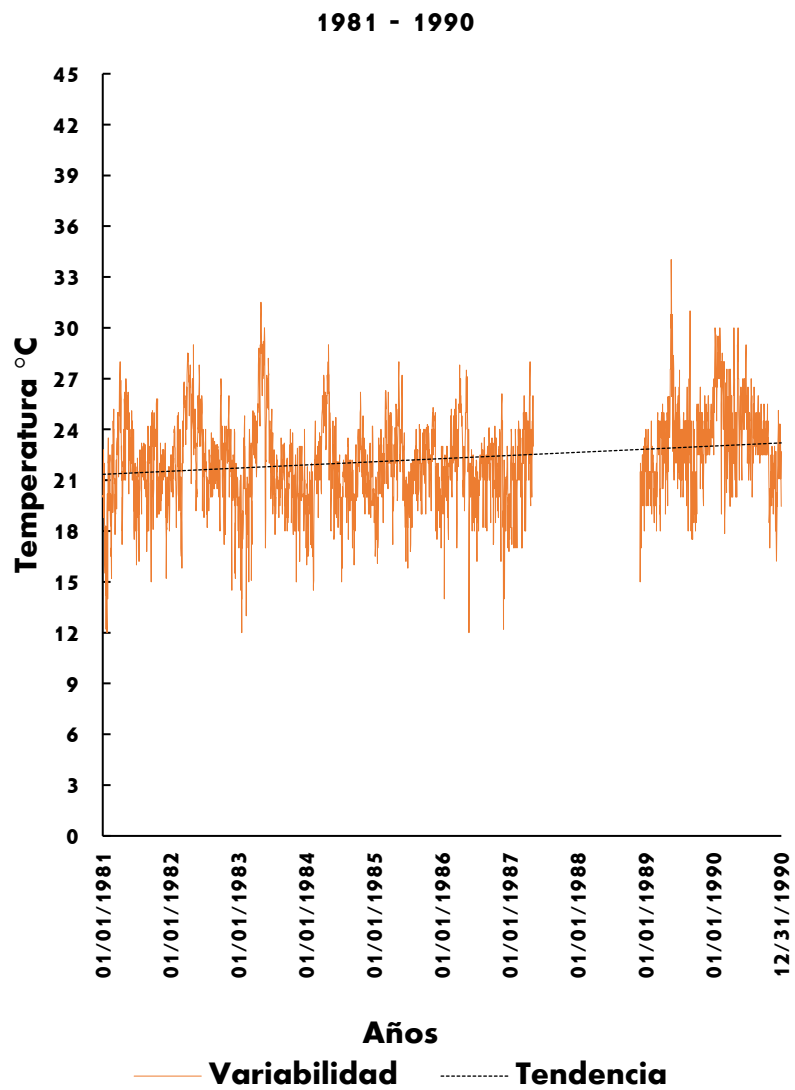


Figura 4n. Serie 8: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Trojes (1981 – 2010).

ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas



ANEXO 4. Distribución temporal de la TemMax por décadas

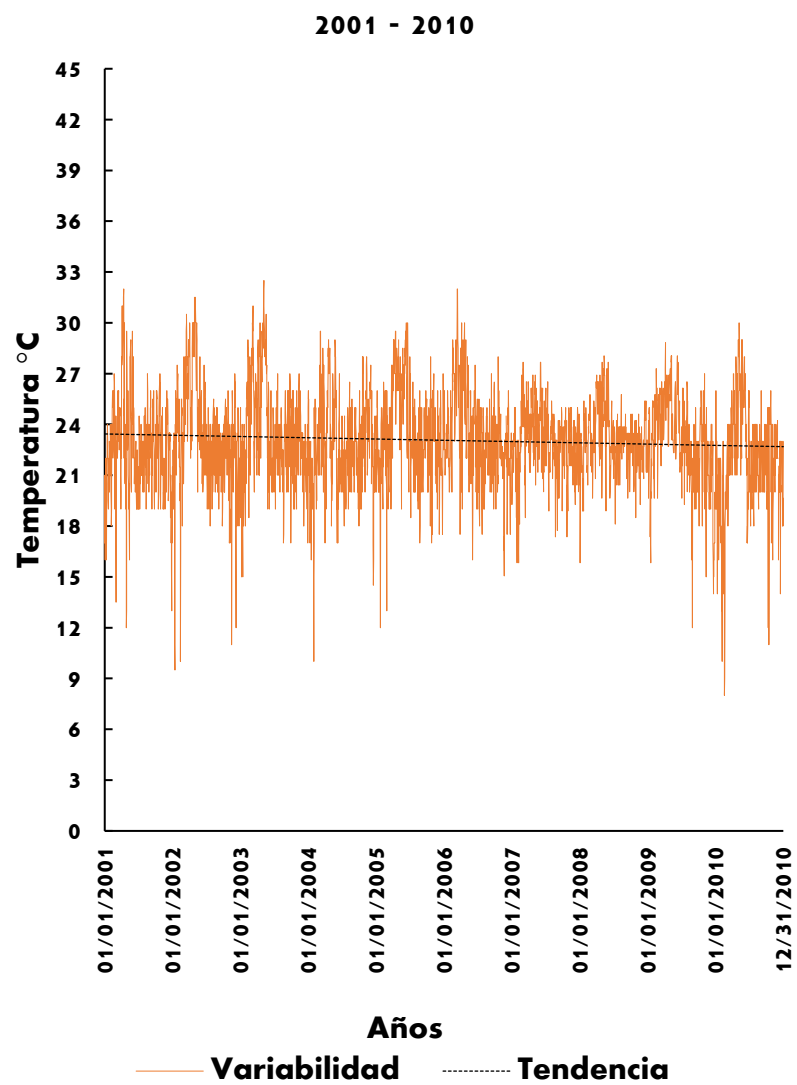
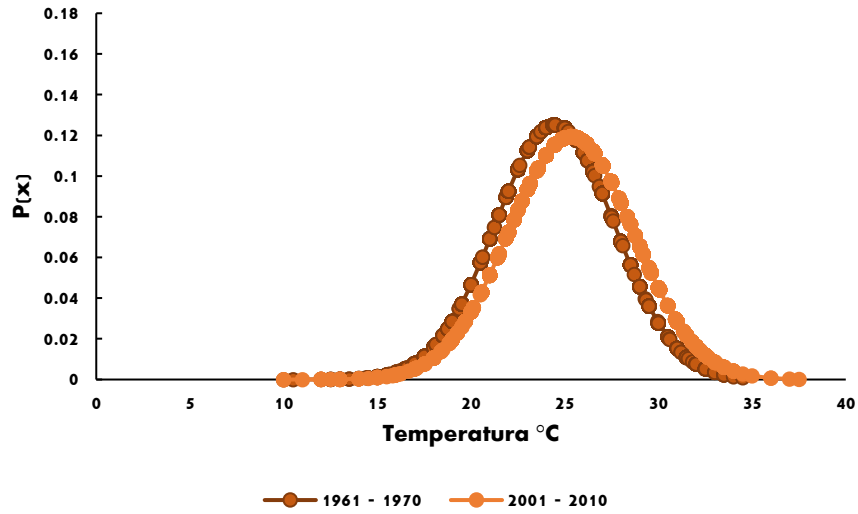


Figura 4ñ. Serie 8: Distribución temporal de temperatura máxima diaria por décadas de la estación Hacienda la Y (1981 – 2010).

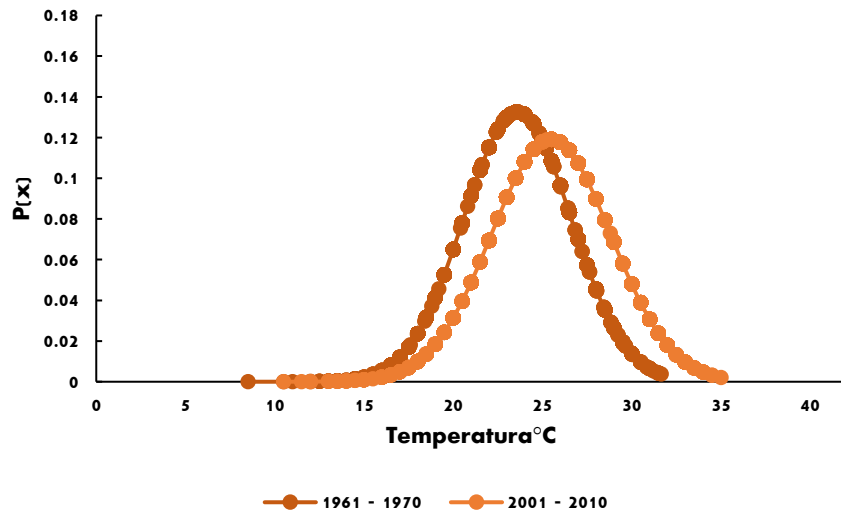
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMax

SERIE 1

PRESA TAXIMAY



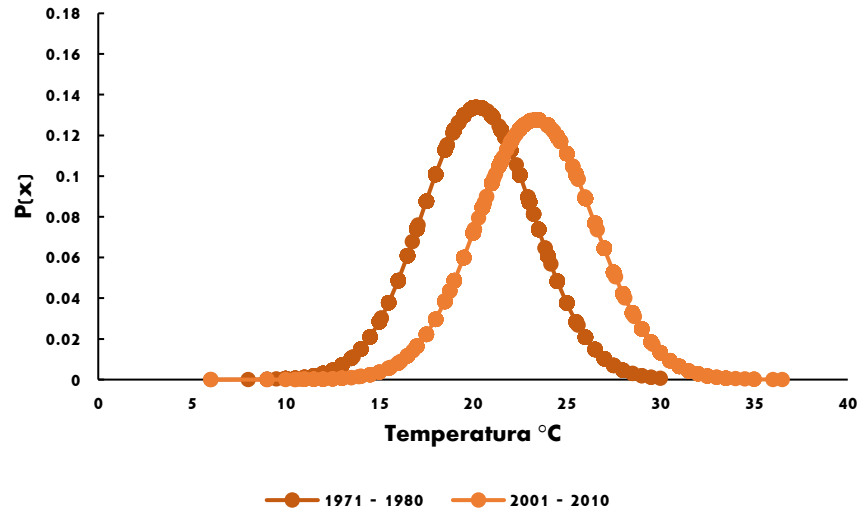
MOLINITO BLANCO



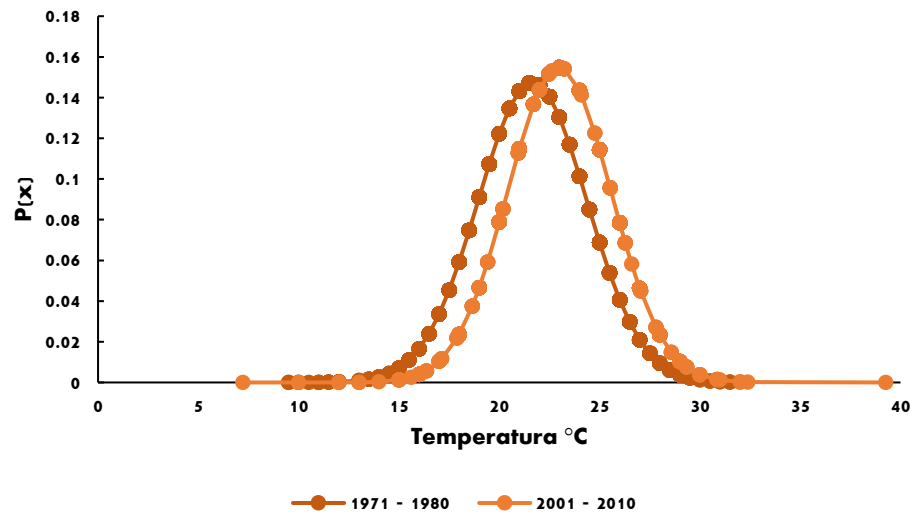
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMax

SERIE 3

EJIDO DE LLANO GRANDE



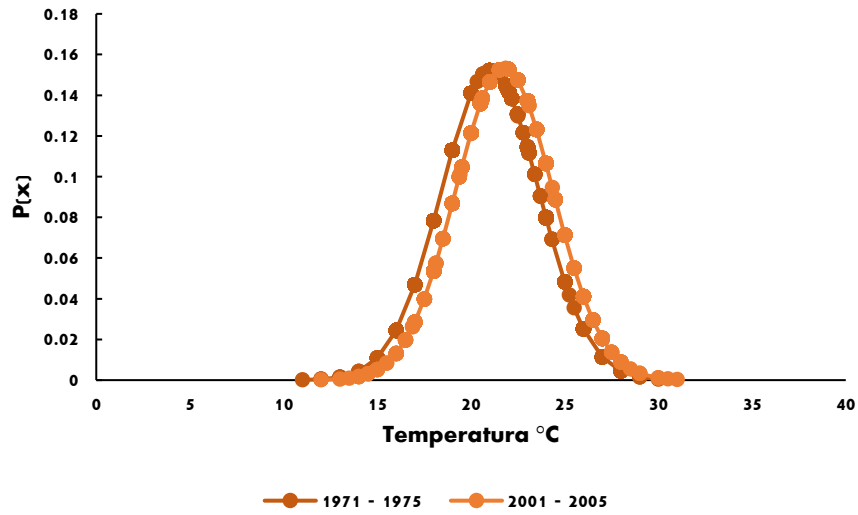
SAN BERNABÉ



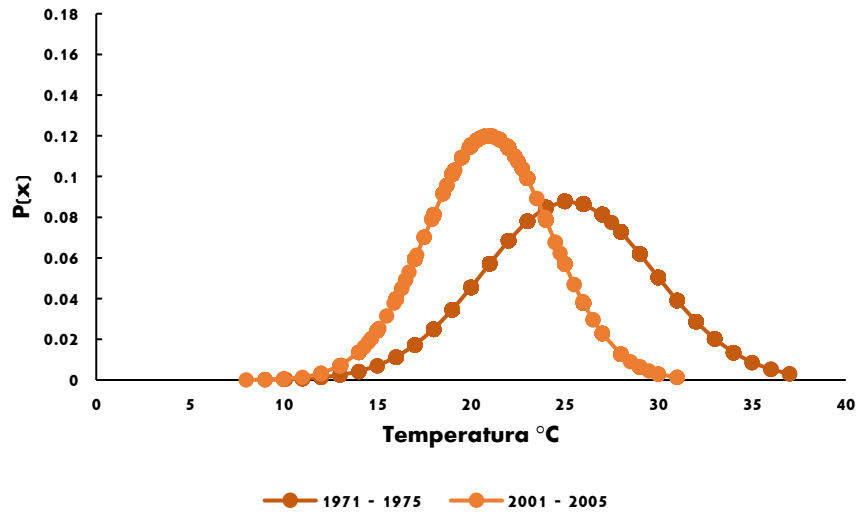
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMax

SERIE 4

TEMOAYA



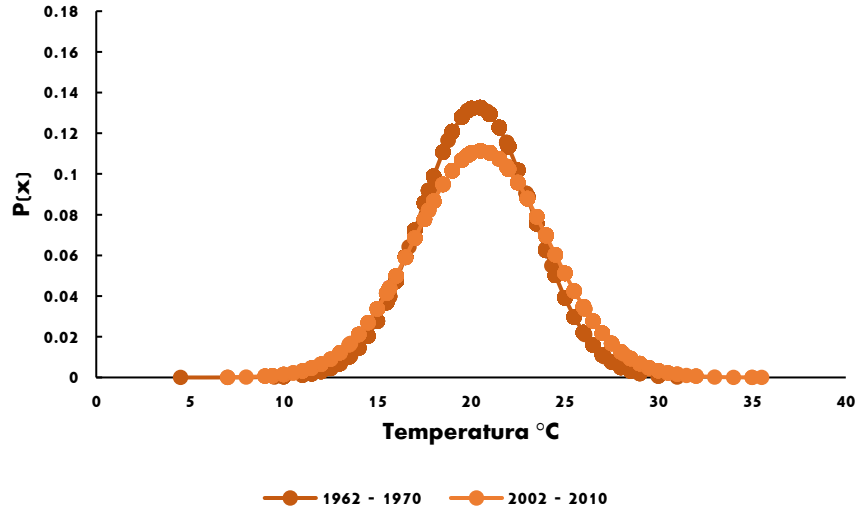
SAN LORENZO MALACOTA



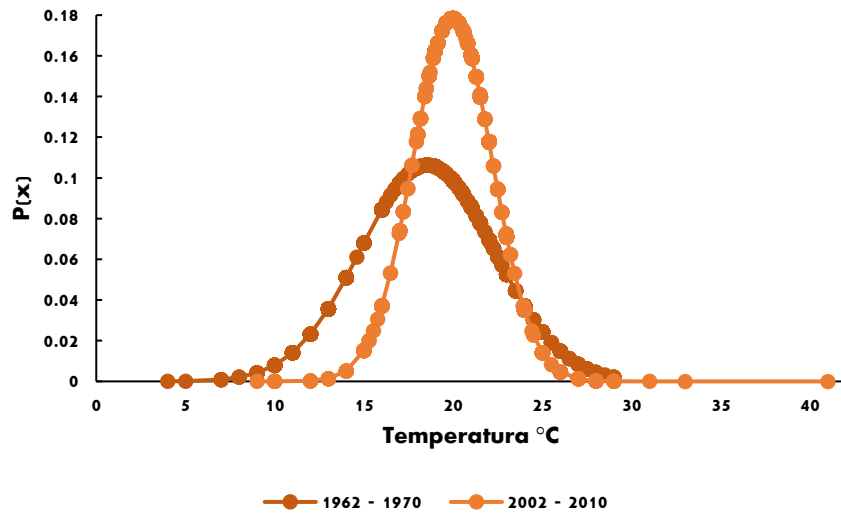
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMax

SERIE 5

PRESA EL TIGRE

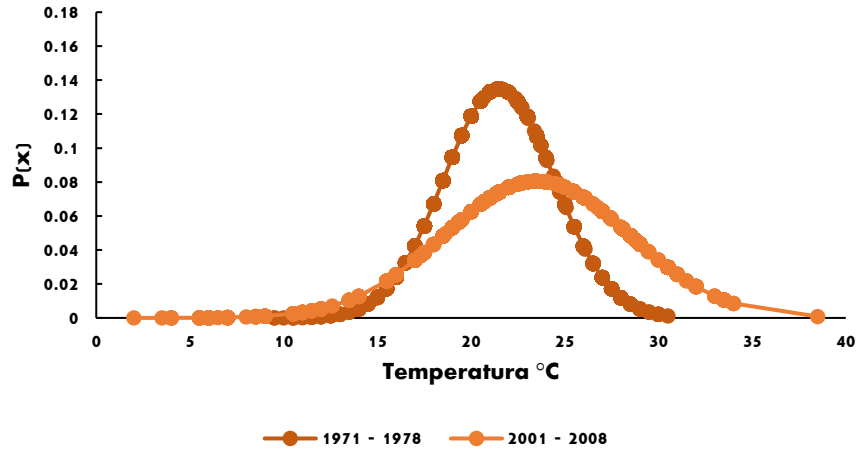


JIQUIPILCO

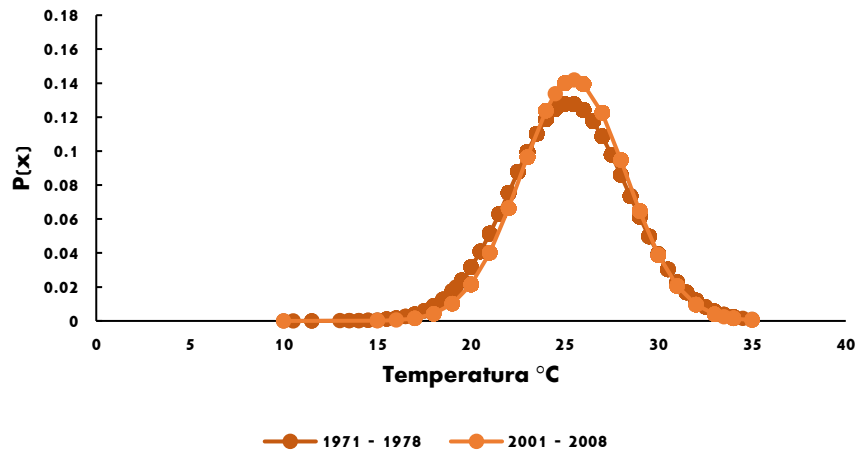


**ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMax
SERIE 6**

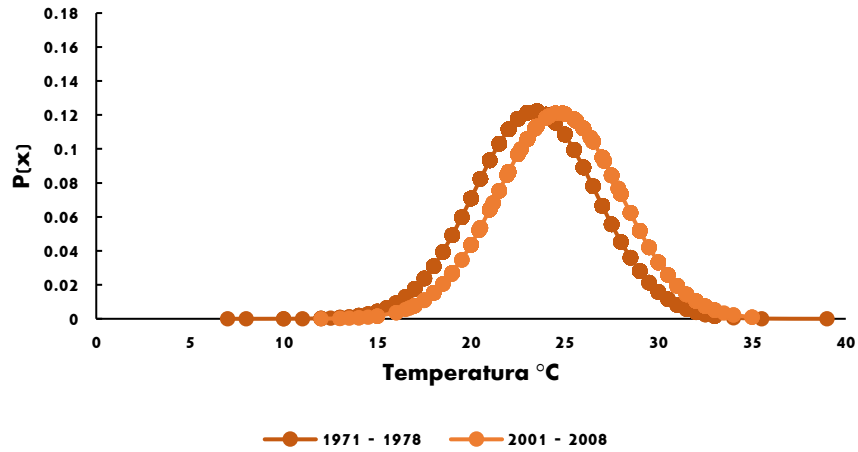
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL



MOLINITO



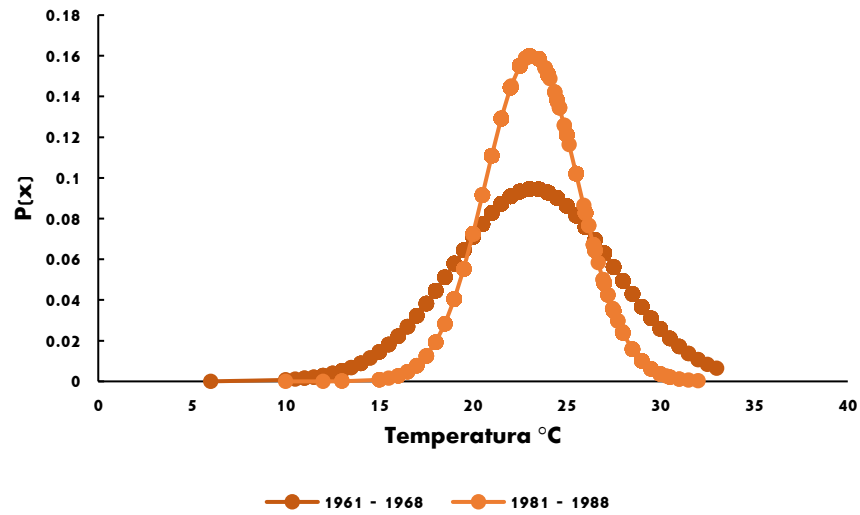
TOTOLICA SAN BARTOLO



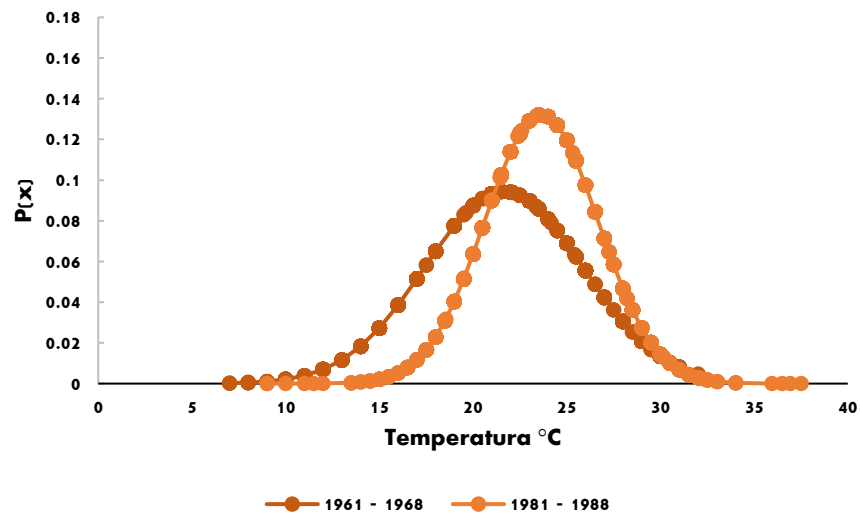
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMax

SERIE 7

PRESA ANSALDO



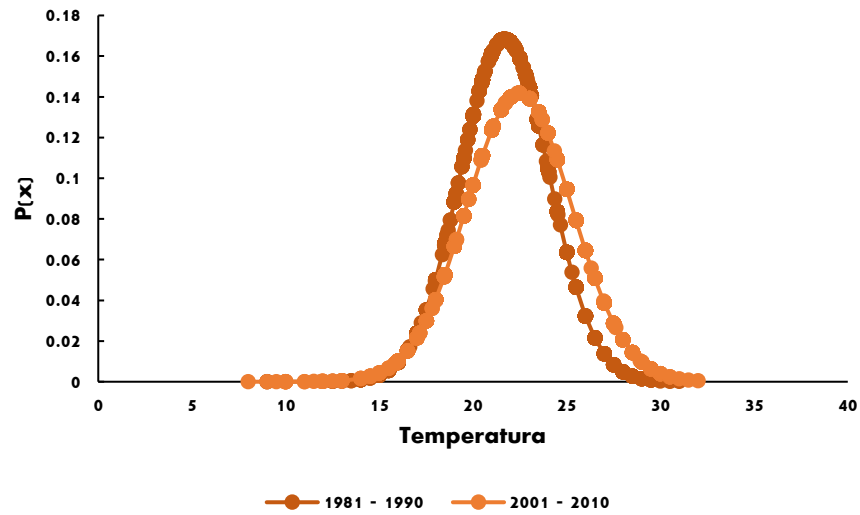
PRESA TACUBAYA



ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMax

SERIE 8

TROJES



HACIENDA LA Y

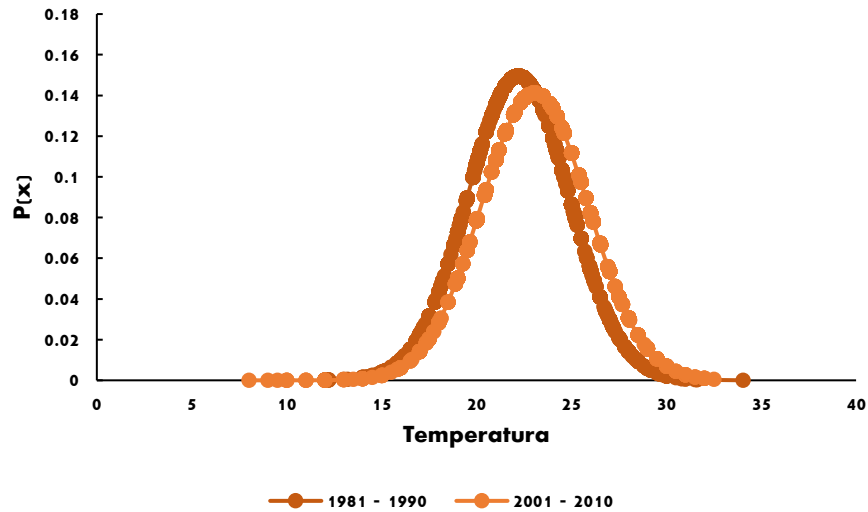
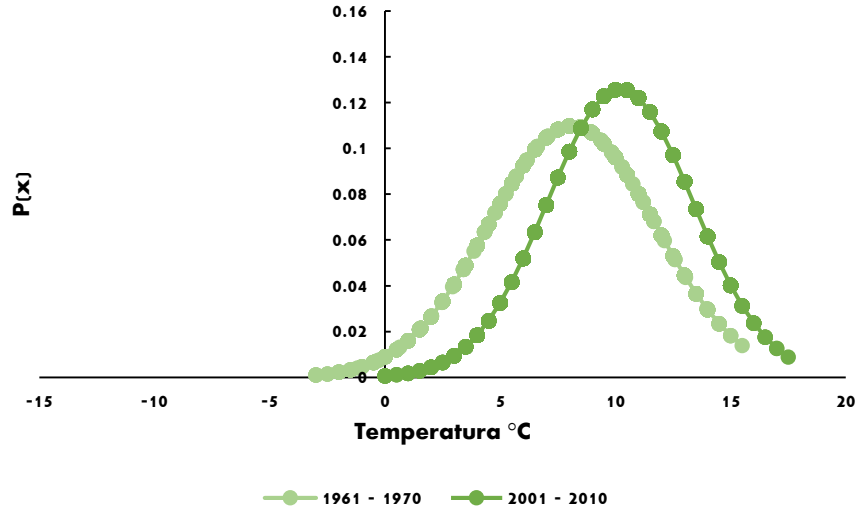


Figura 5a. Cambios en medias y valores extremos de la temperatura máxima diaria en series cortas, comparación entre los años de la primer y última década.

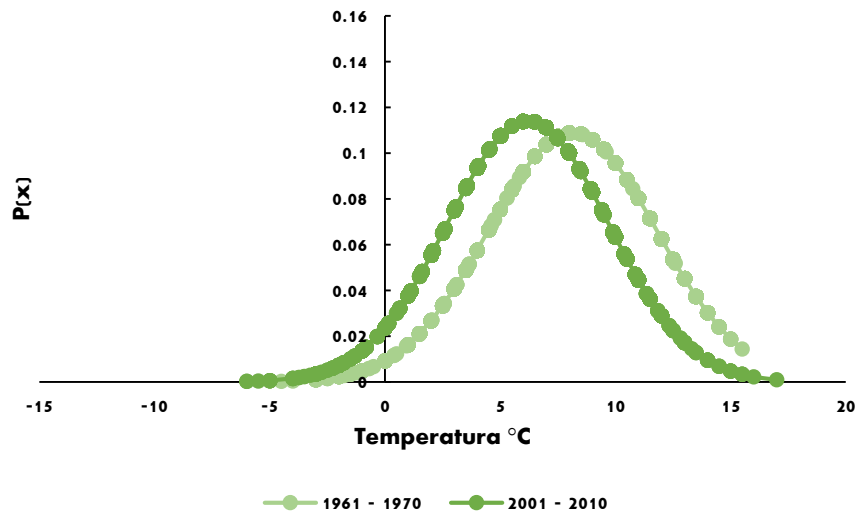
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMin

SERIE 1

PRESA TAXIMAY



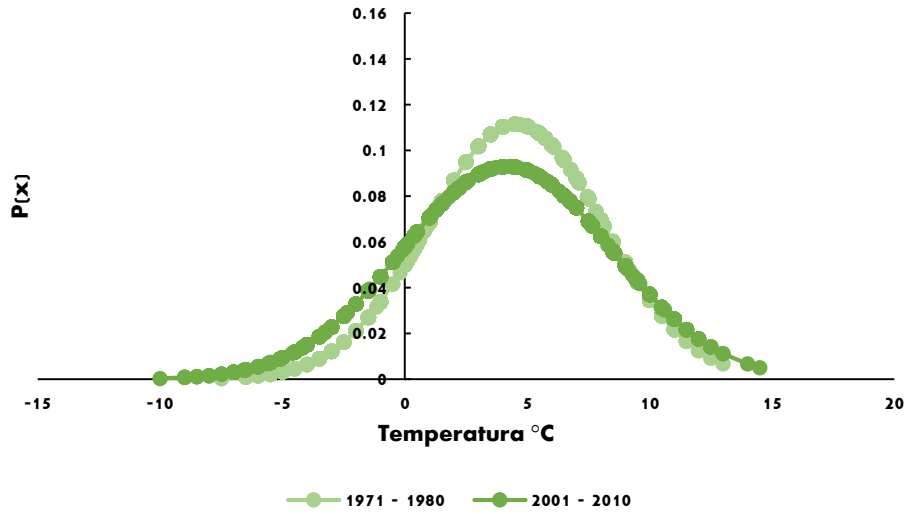
MOLINITO BLANCO



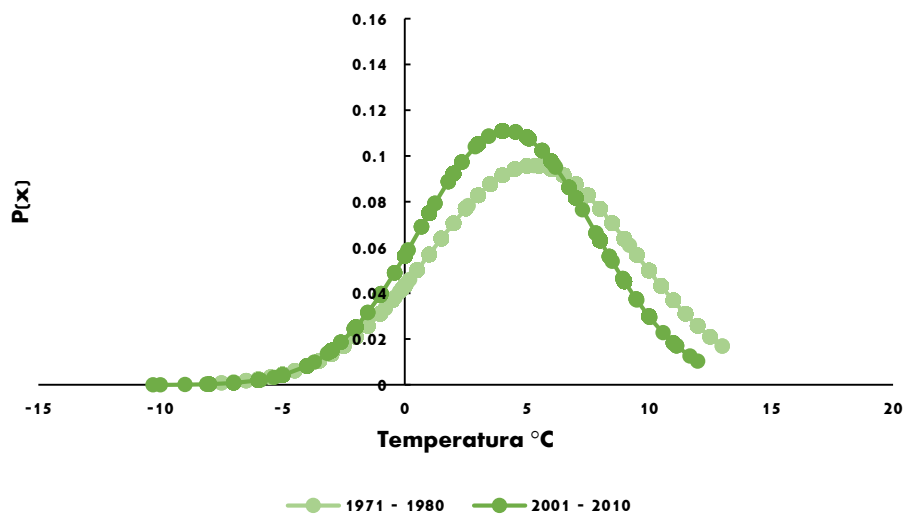
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMin

SERIE 3

EJIDO DE LLANO GRANDE

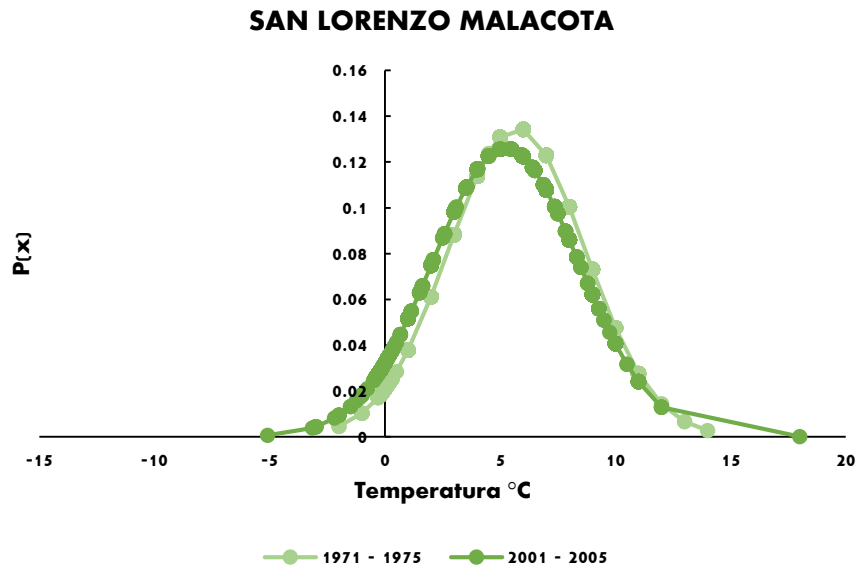
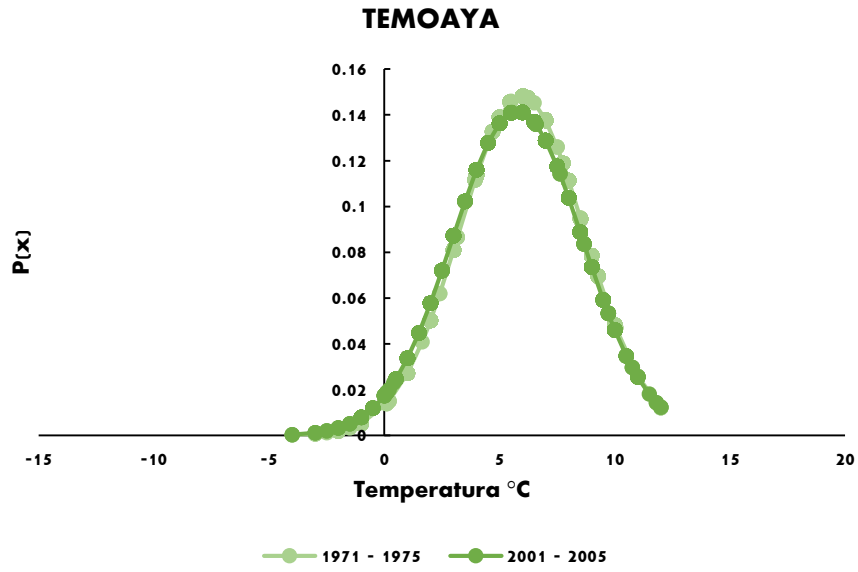


SAN BERNABÉ



ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMin

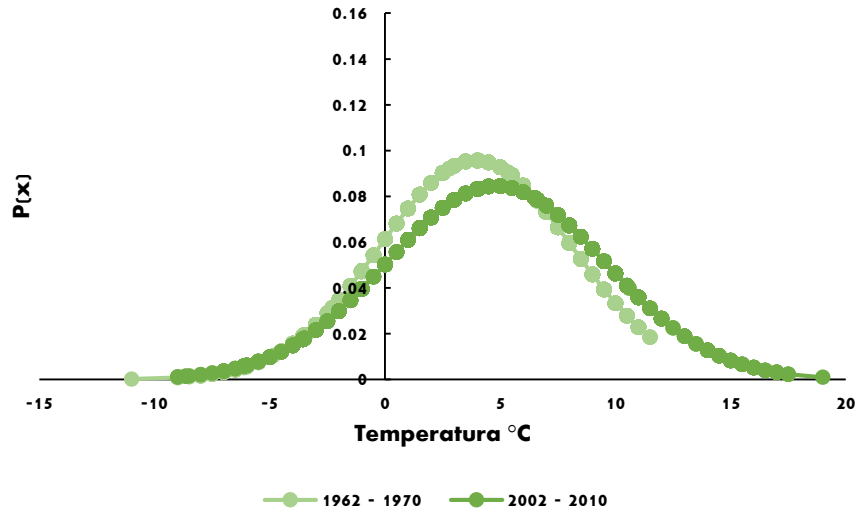
SERIE 4



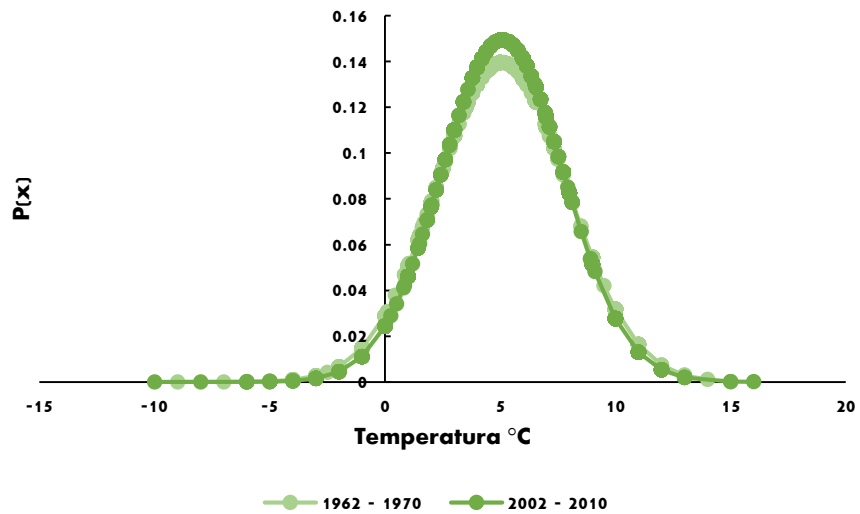
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMin

SERIE 5

PRESA EL TIGRE

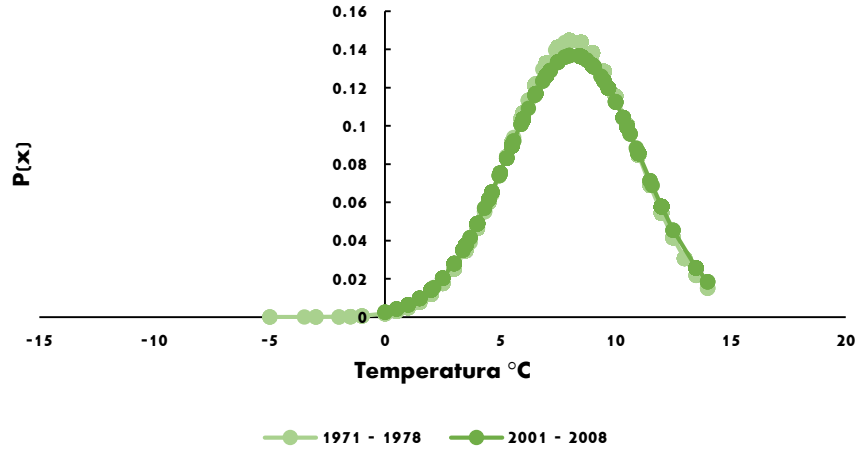


JIQUIPILCO

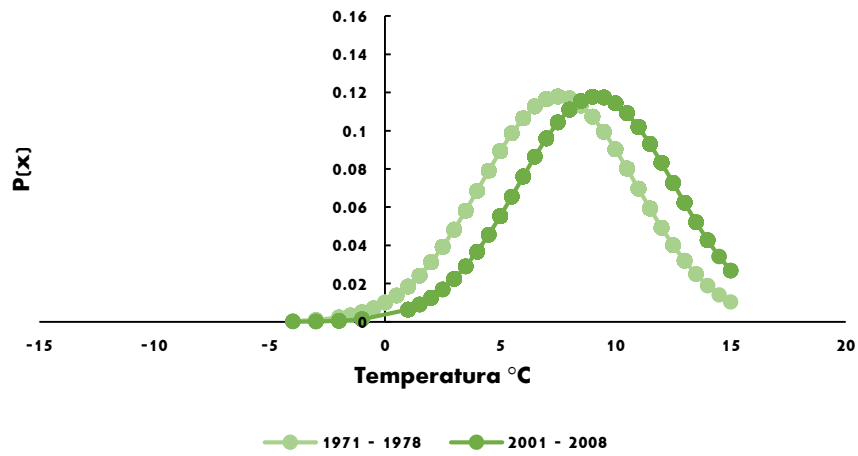


ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMin
SERIE 6

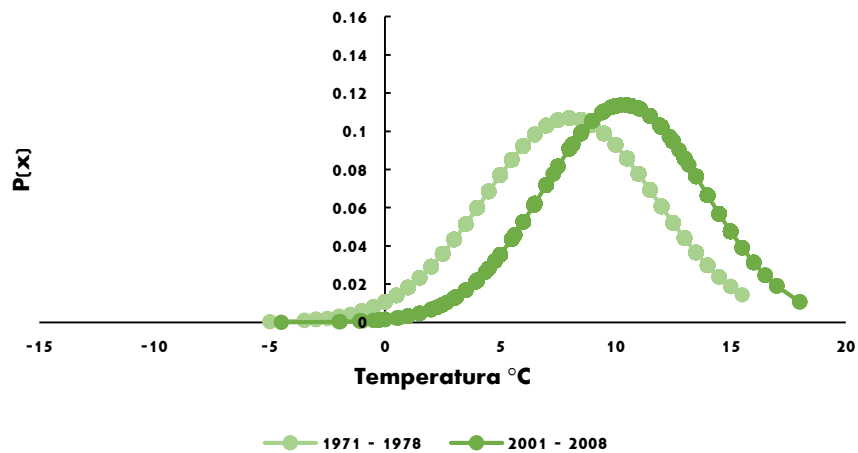
DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL



MOLINITO



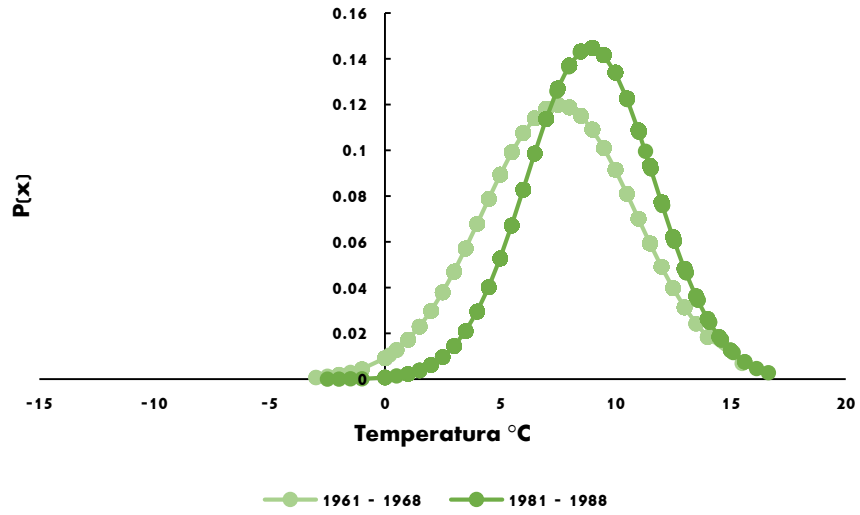
TOTOLICA SAN BARTOLO



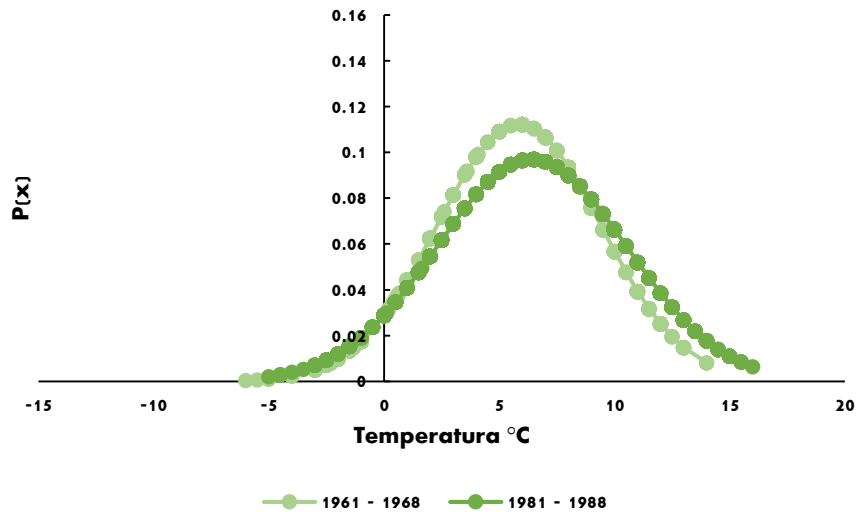
ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMin

SERIE 7

PRESA ANSALDO



PRESA TACUBAYA



ANEXO 5. Cambios en medias y valores extremos de la TemMin

SERIE 8

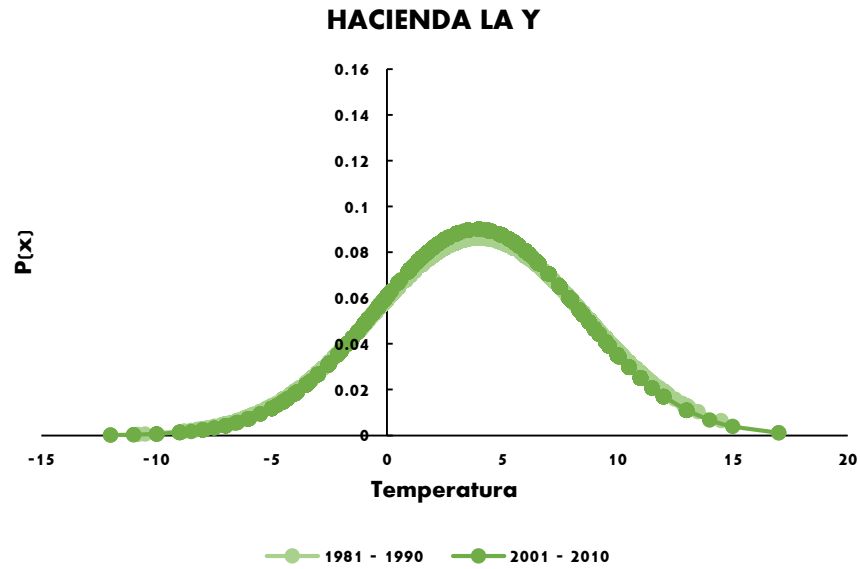
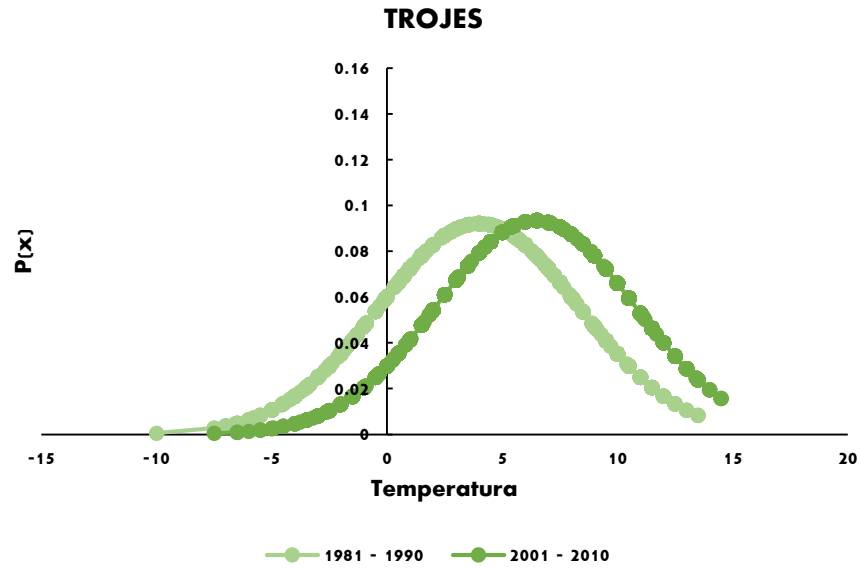
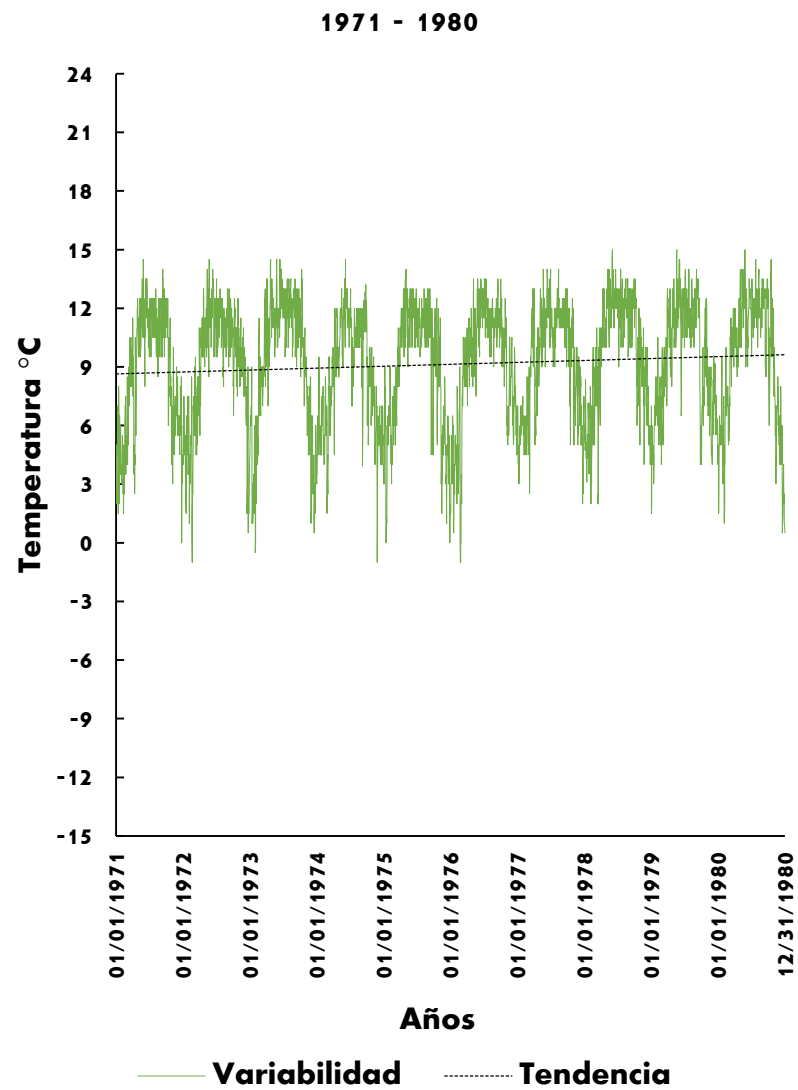
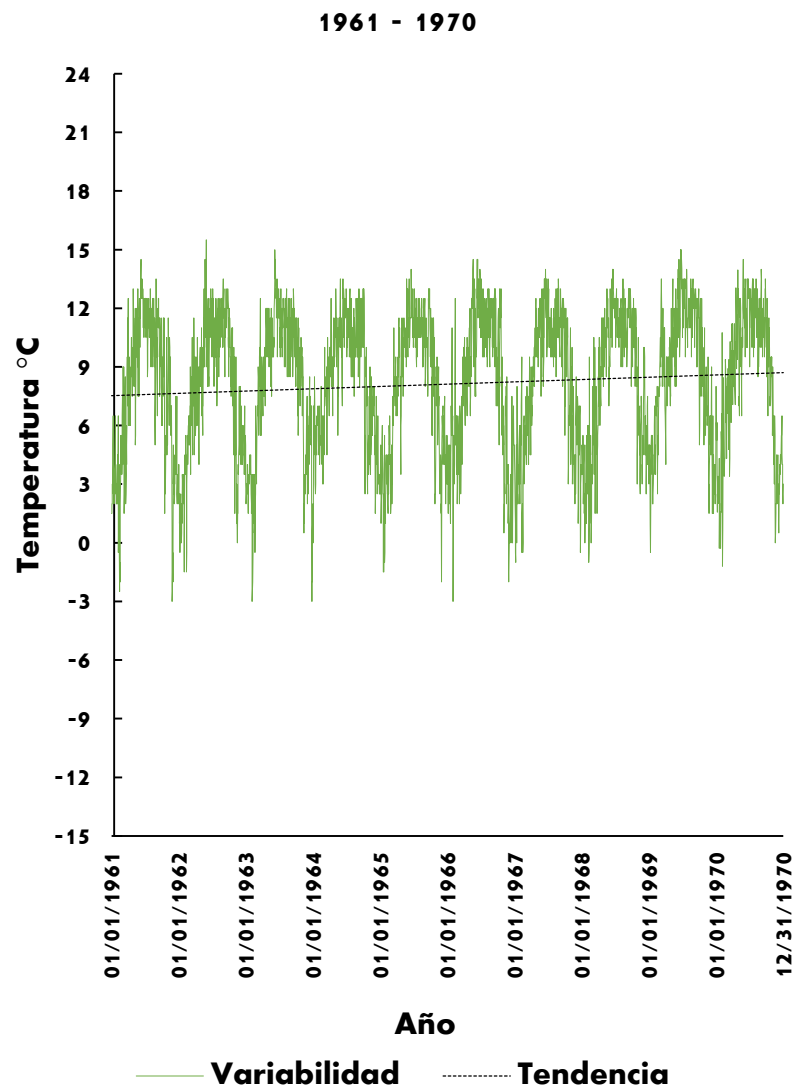
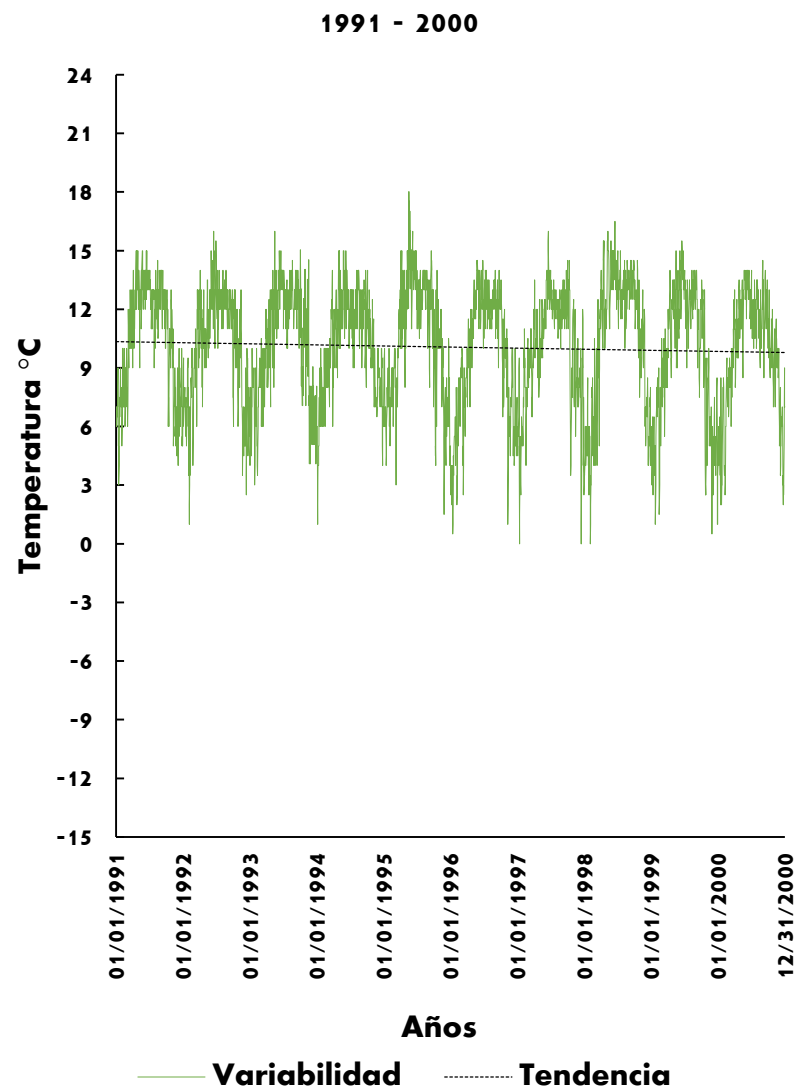
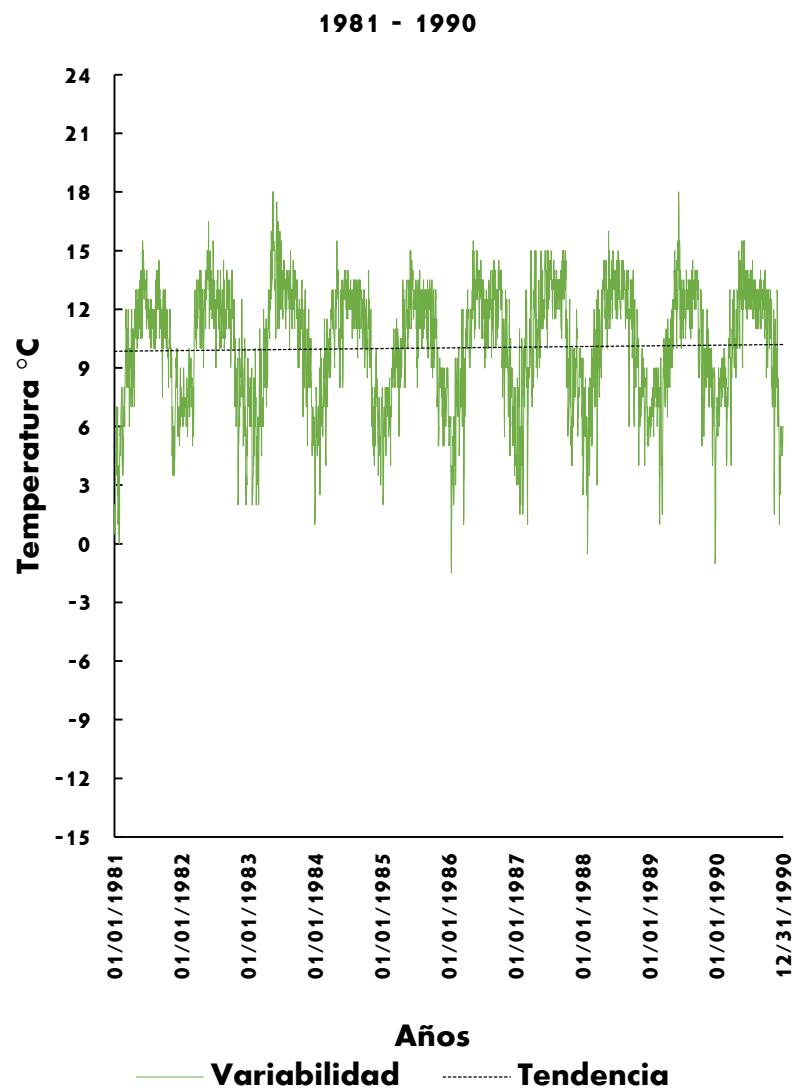


Figura 5b. Cambios en medias y valores extremos de la temperatura mínima diaria en series cortas, comparación entre los años del primer y último periodo.

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

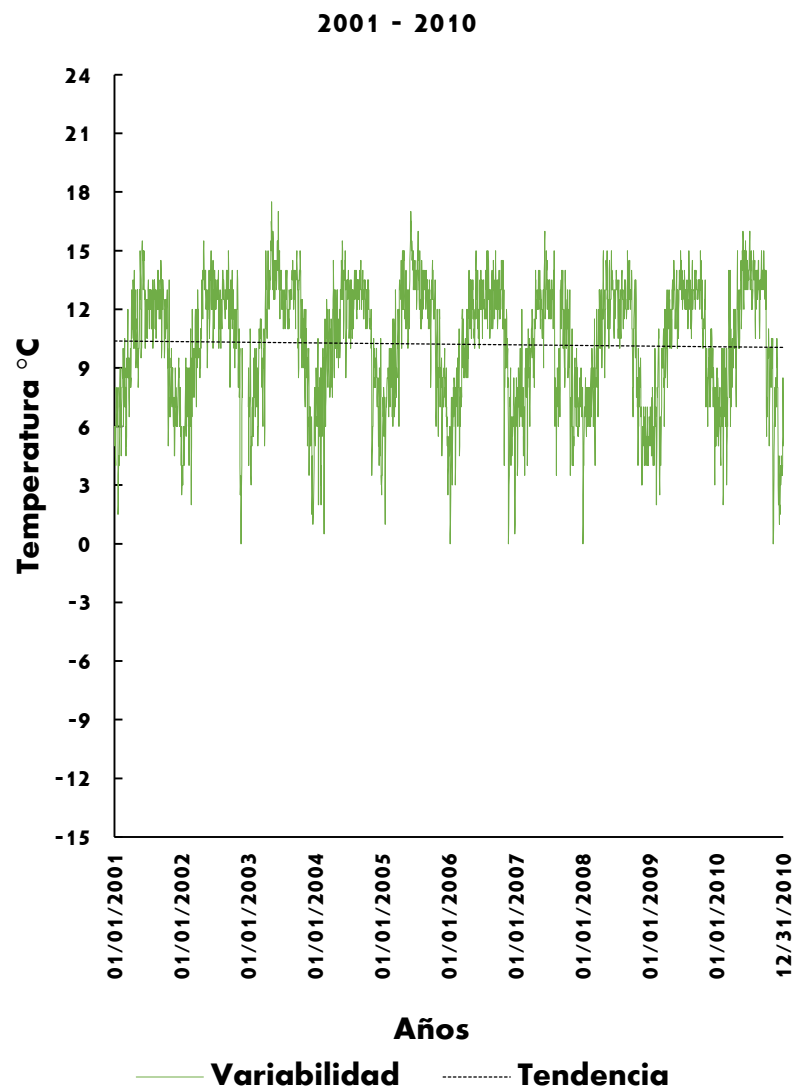
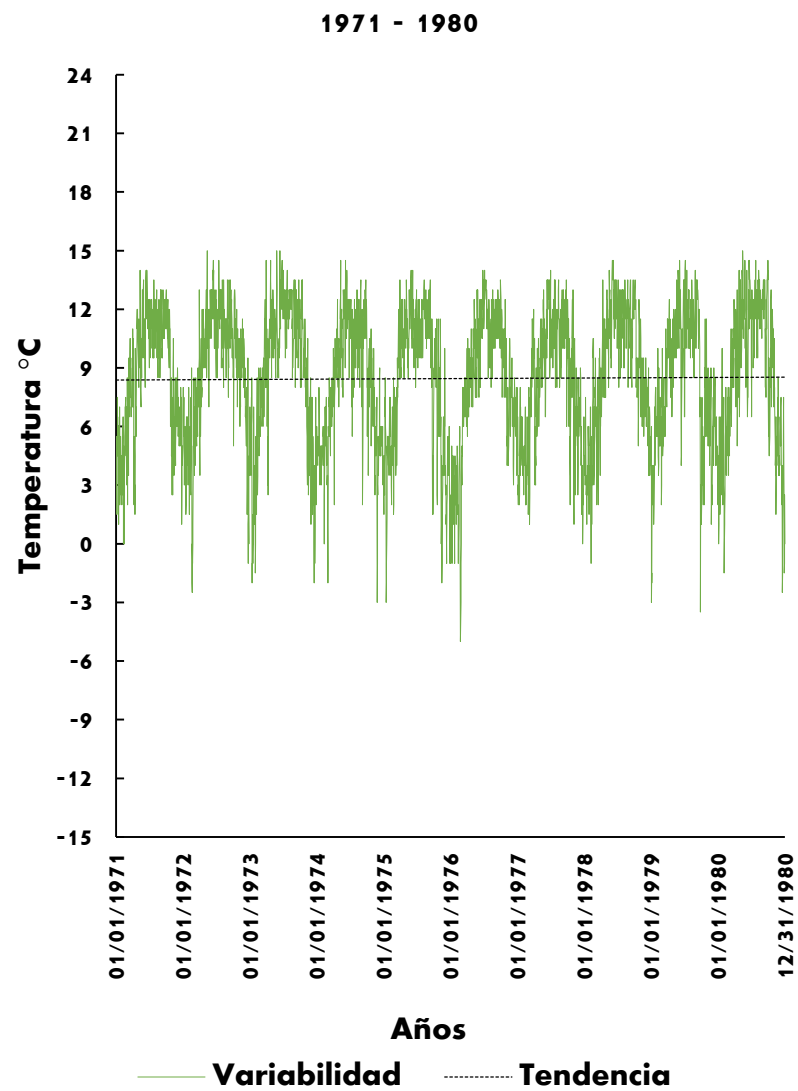
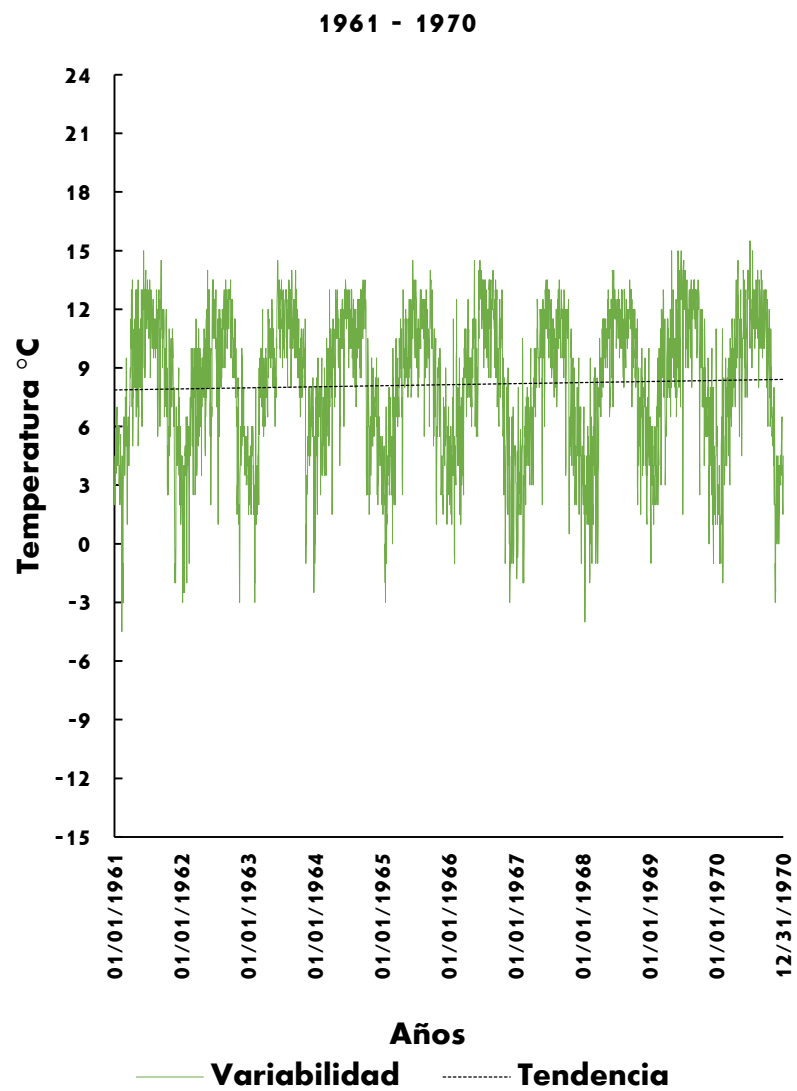
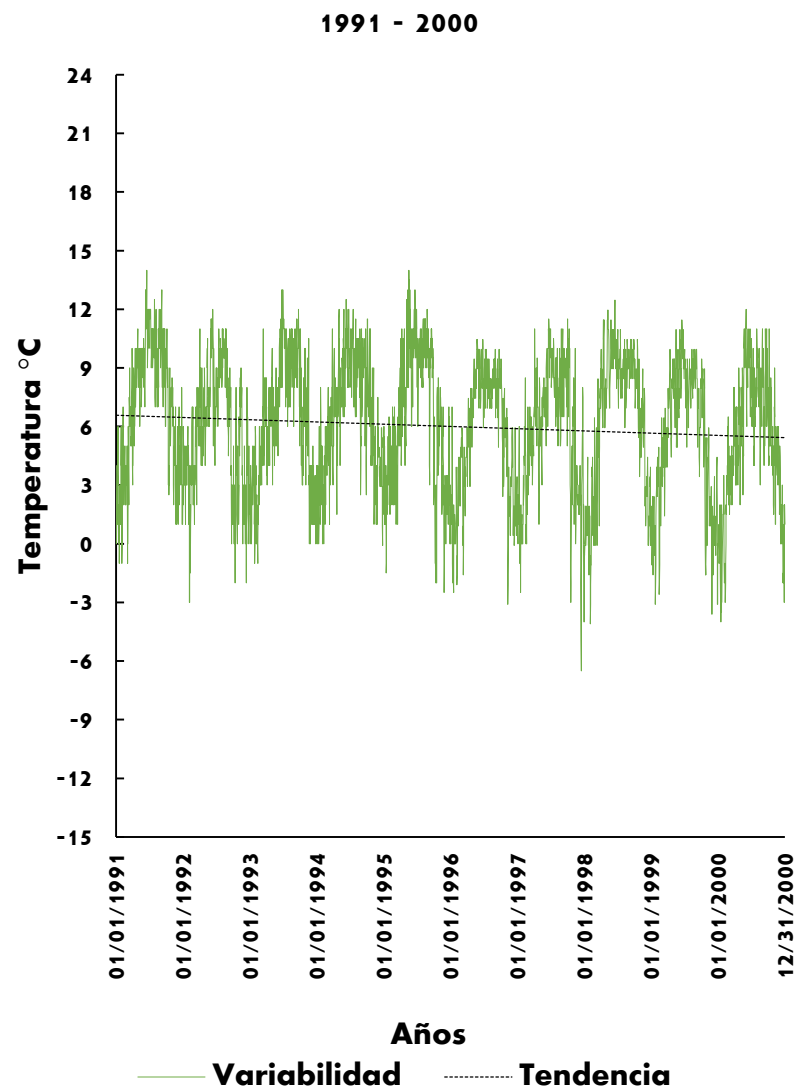
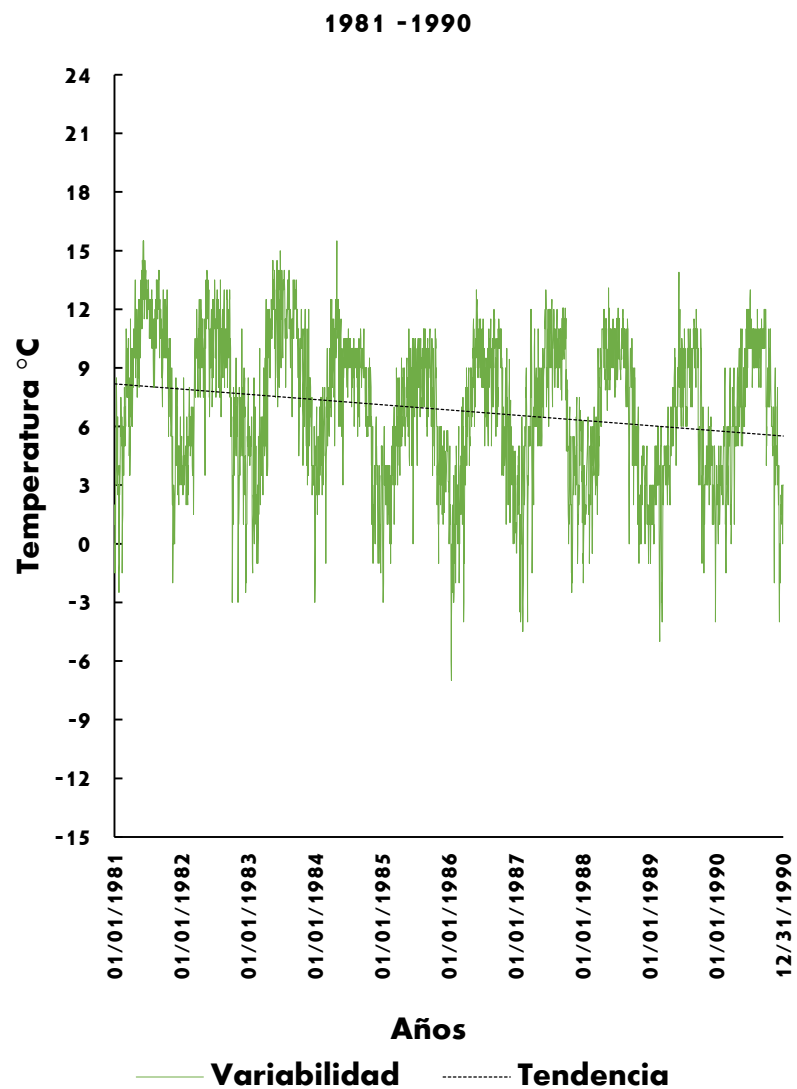


Figura 6a. Serie 1: Distribución temporal de temperatura mínima diaria por décadas de la estación Presa Taximay (1961 – 2010).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

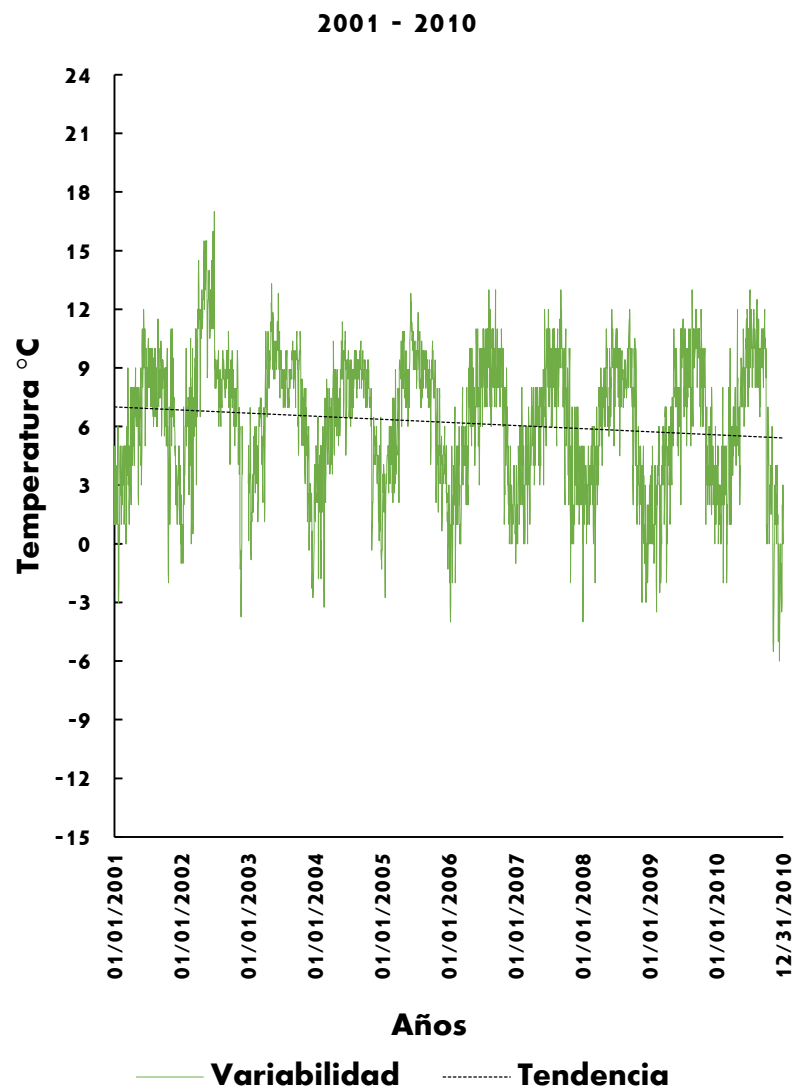
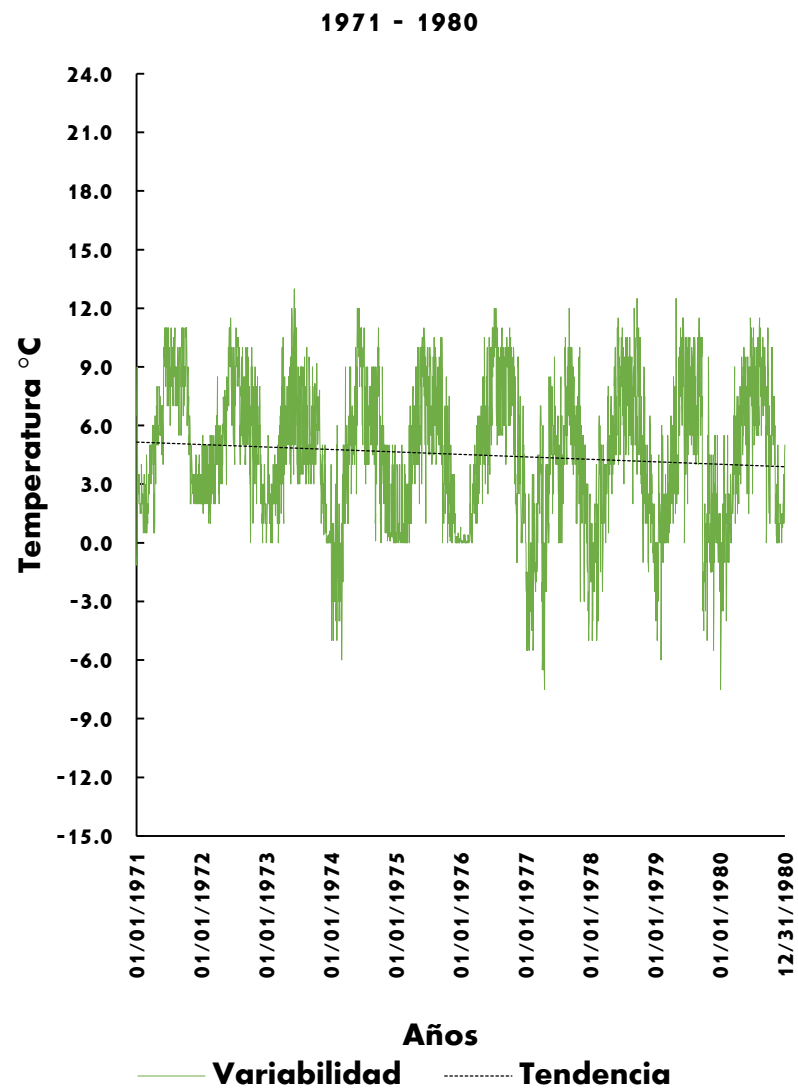
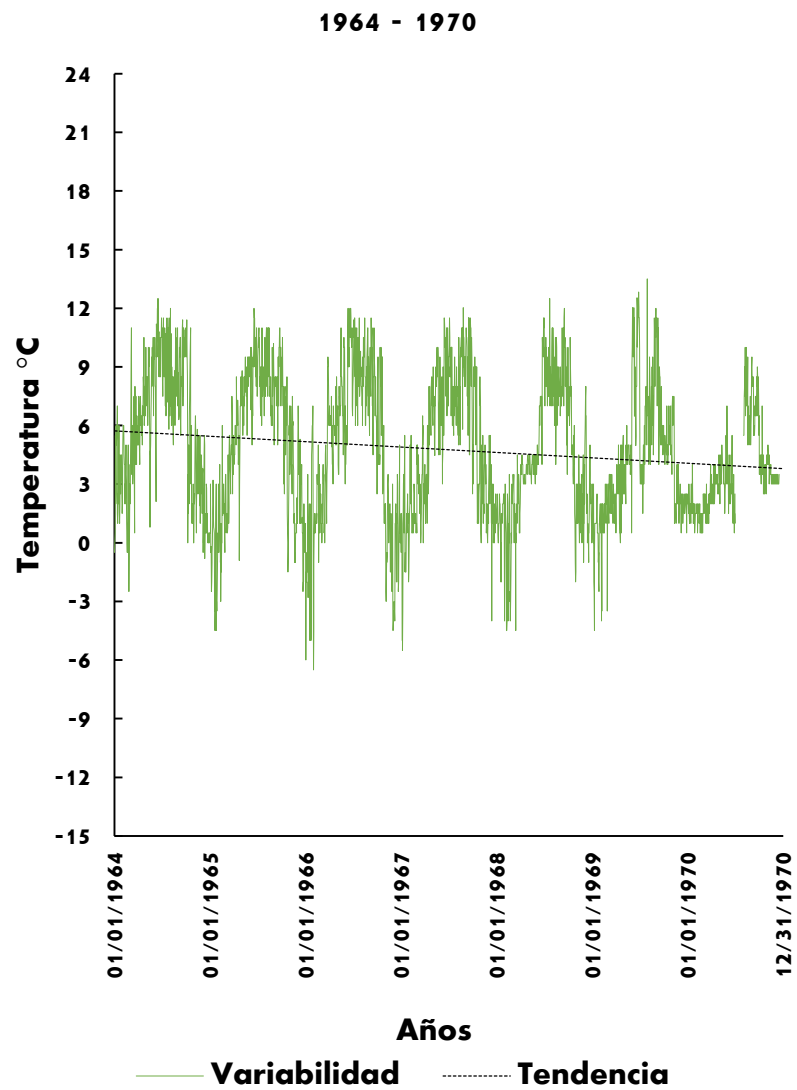
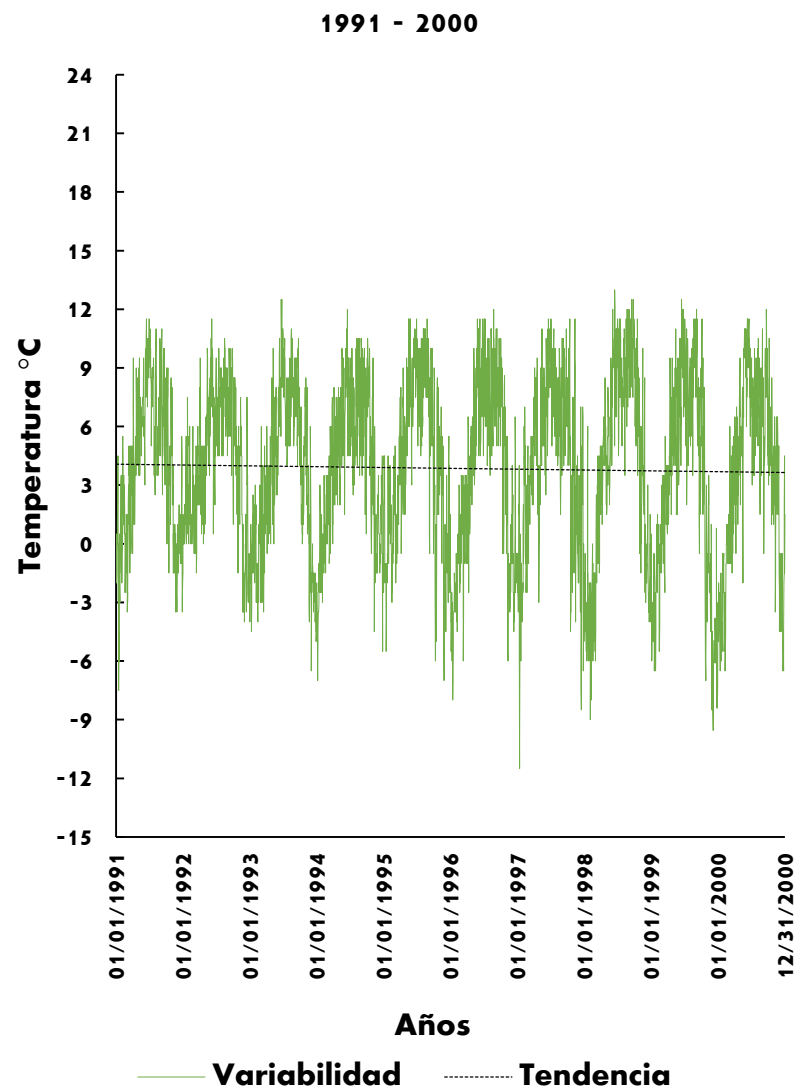
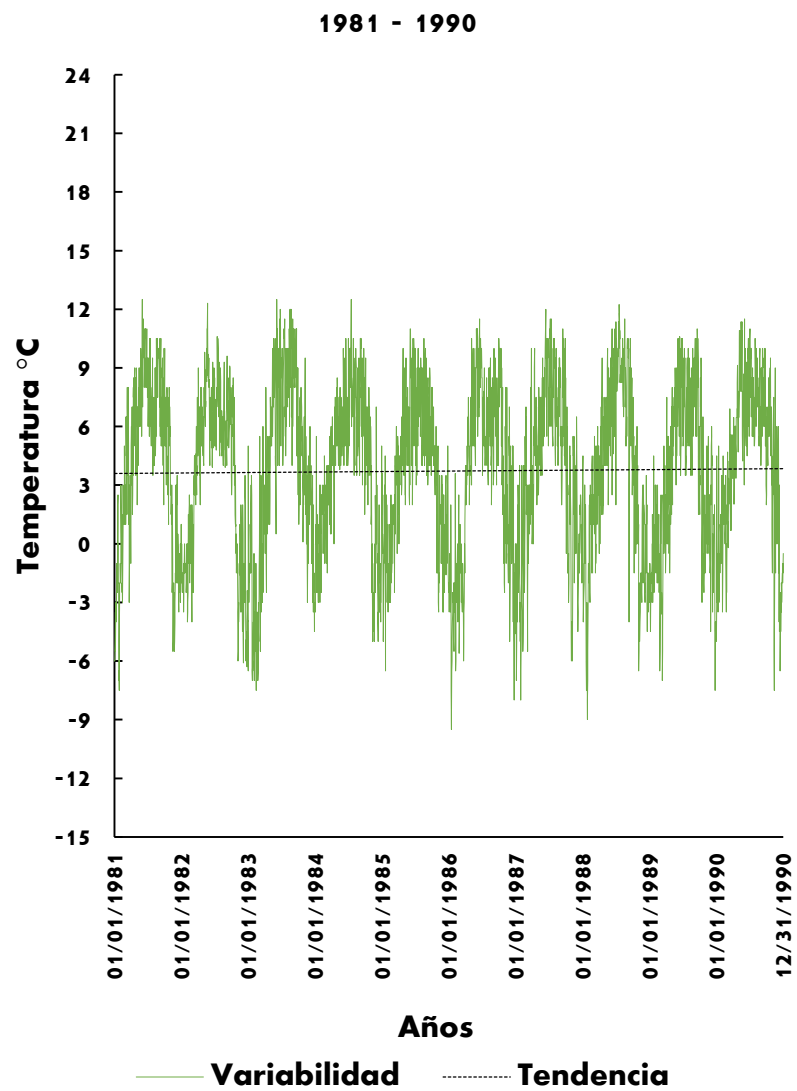


Figura 6b. Serie 1: Distribución temporal de temperatura mínima diaria por décadas de la estación Molinito Blanco (1961 – 2010).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

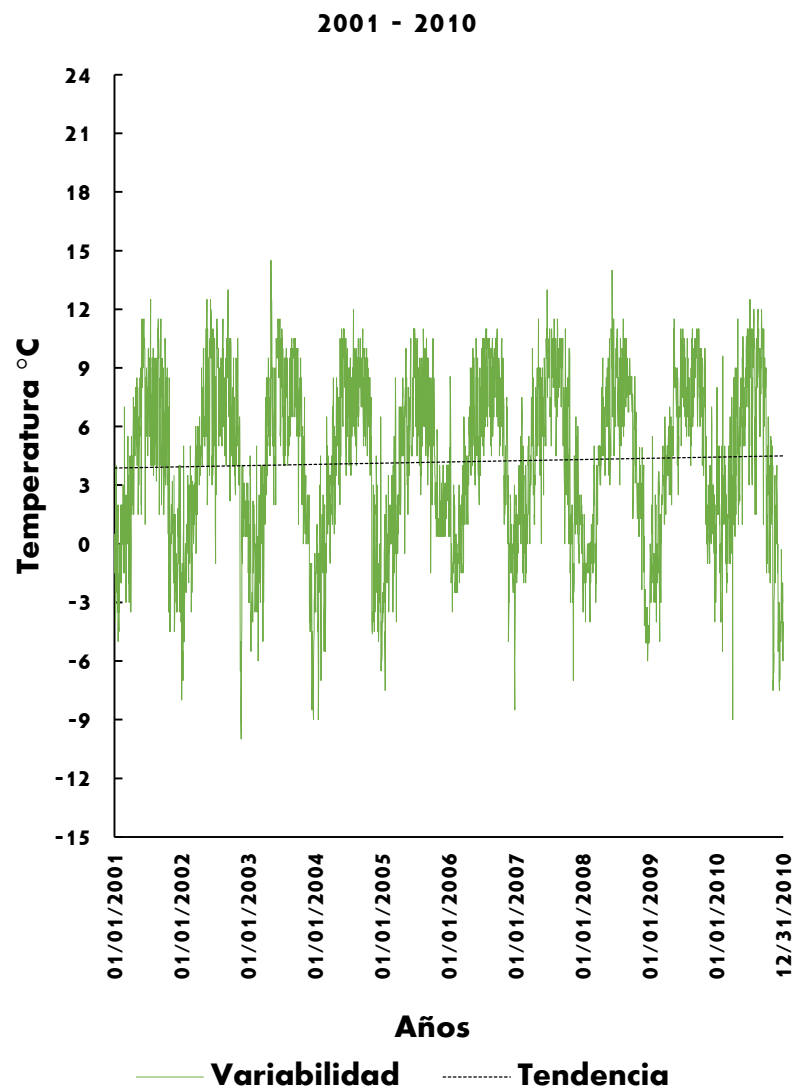
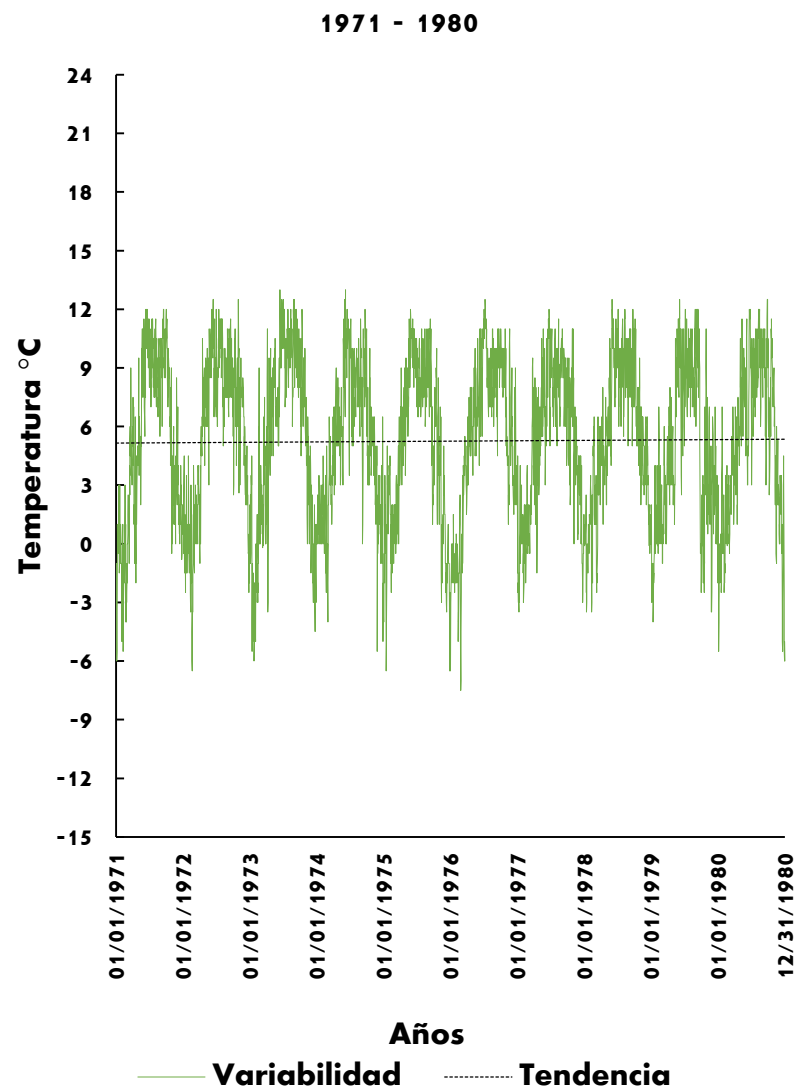
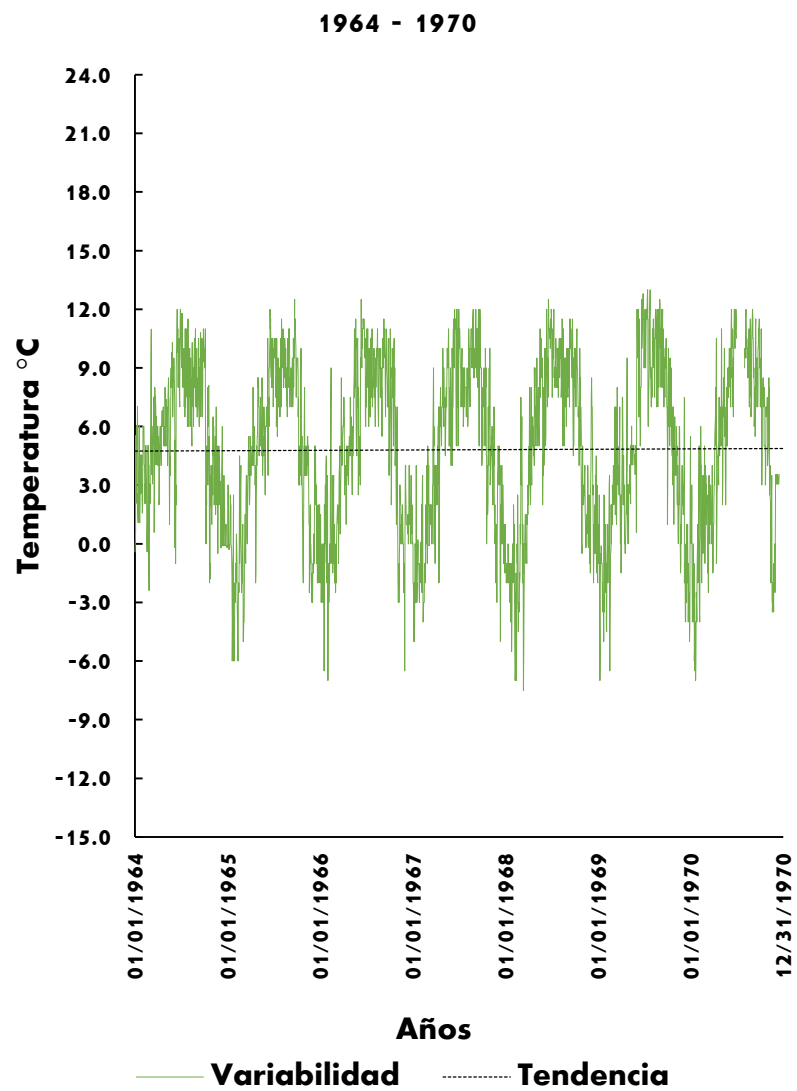
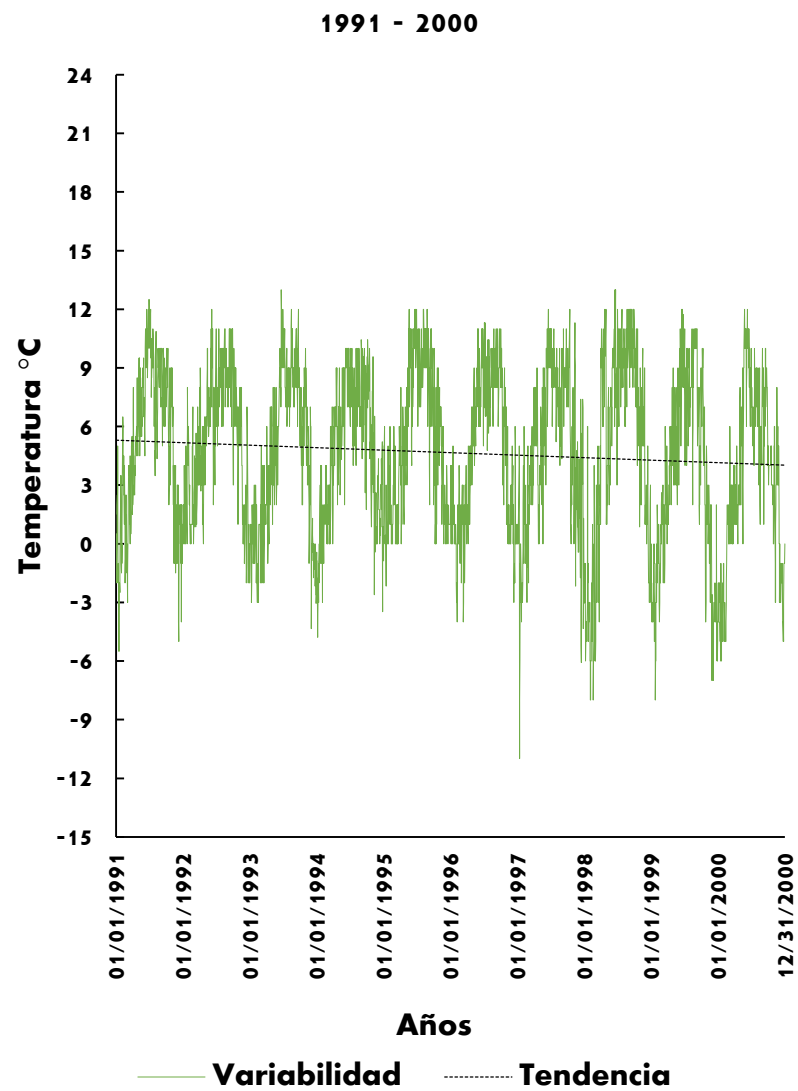
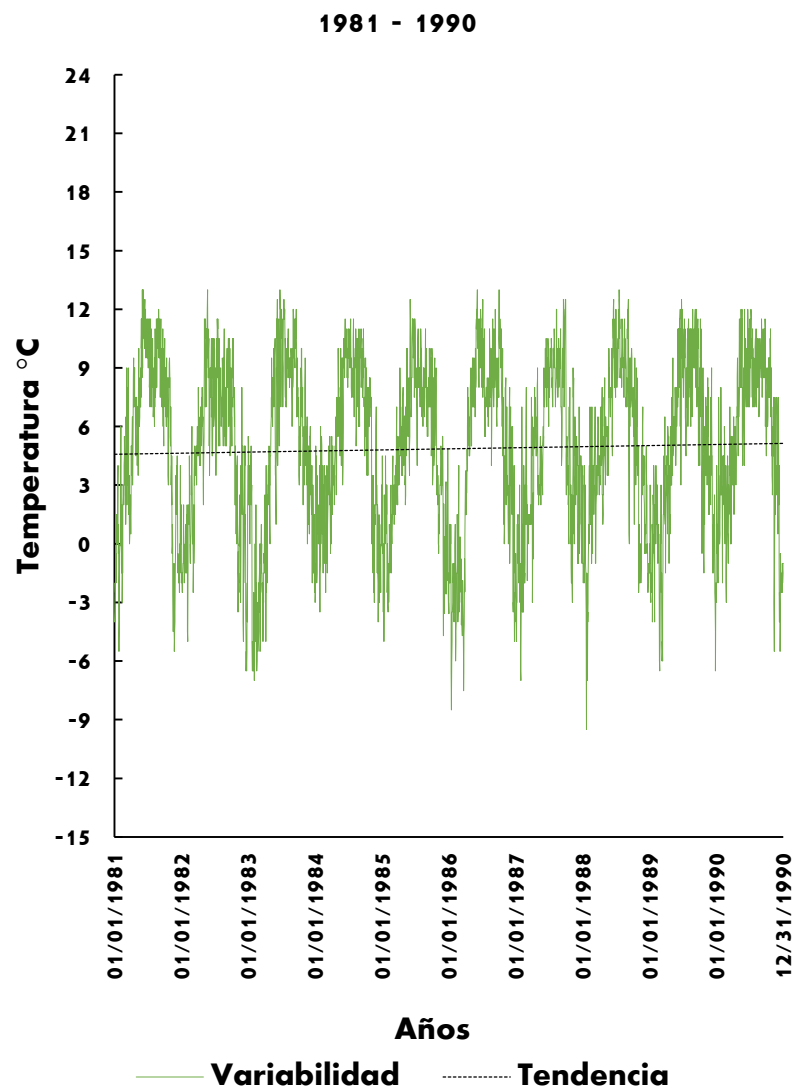


Figura 6c. Serie 3: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Ejido de Llano Grande (1964 – 2010).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

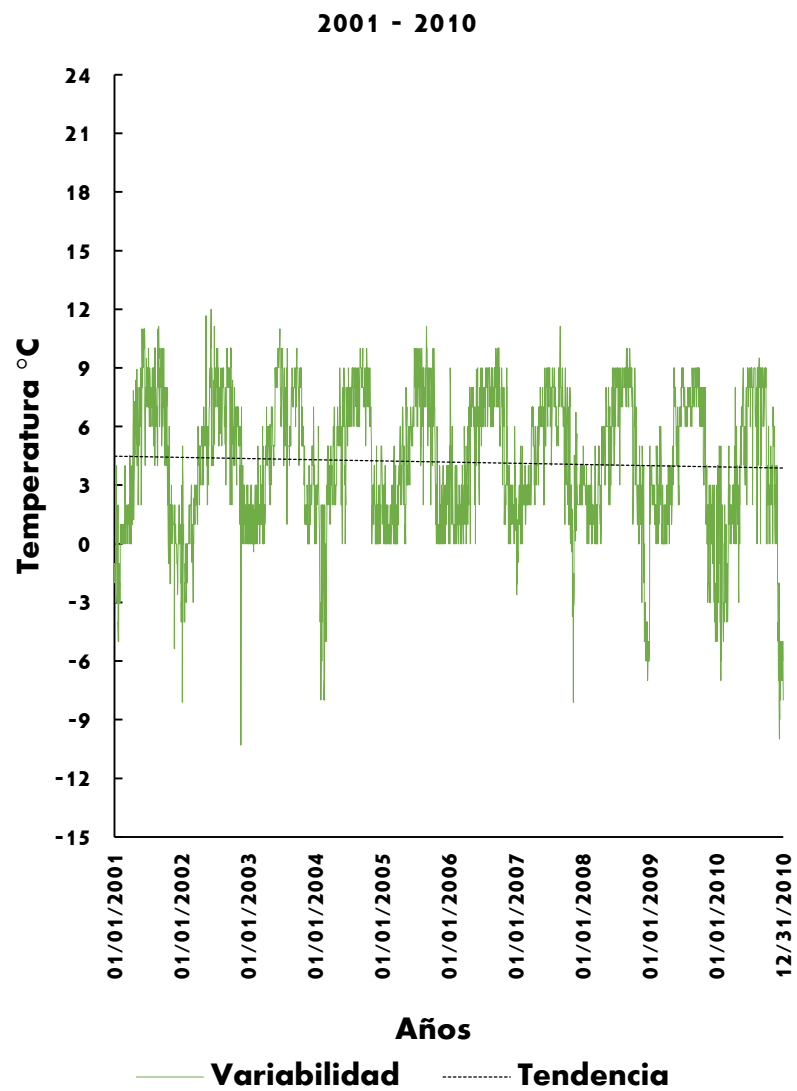
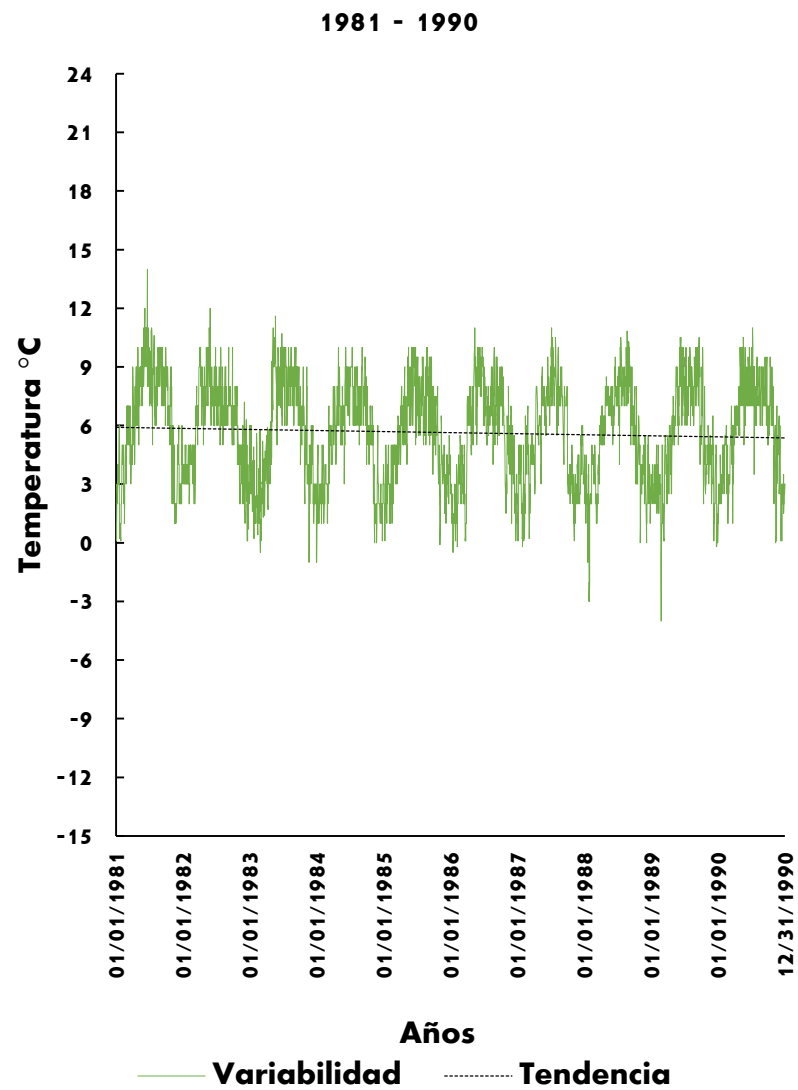
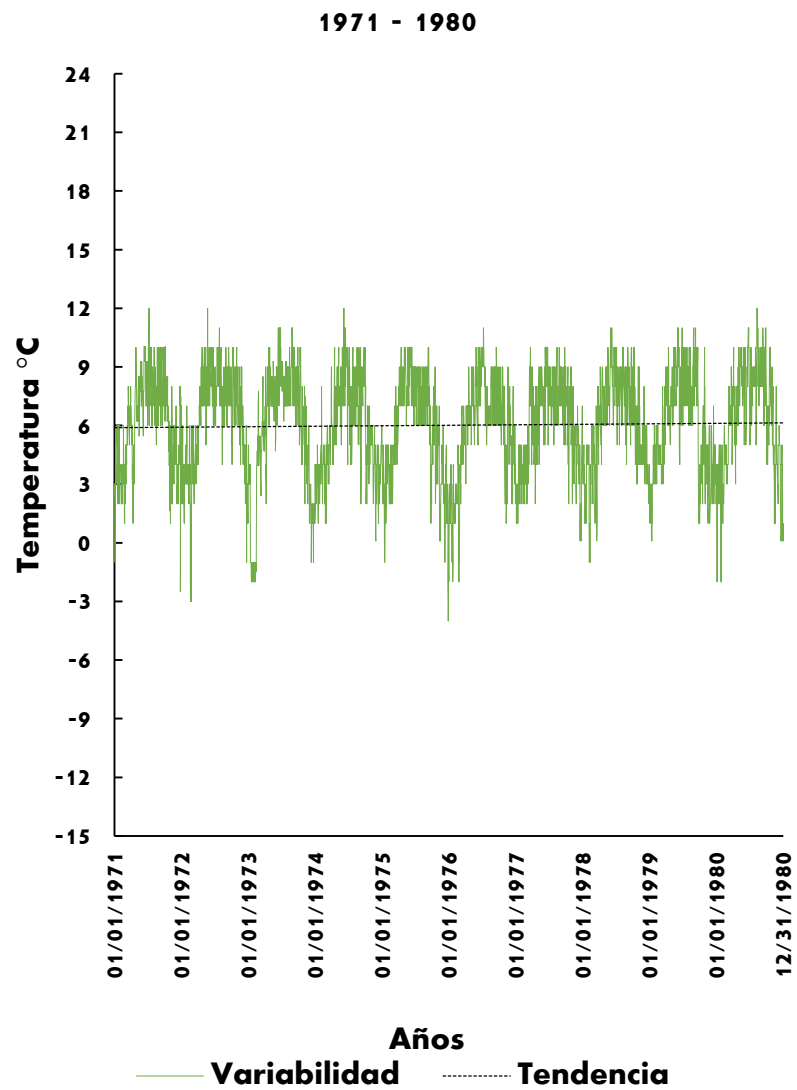


Figura 6d. Serie 3: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación San Bernabé (1964 – 2010).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

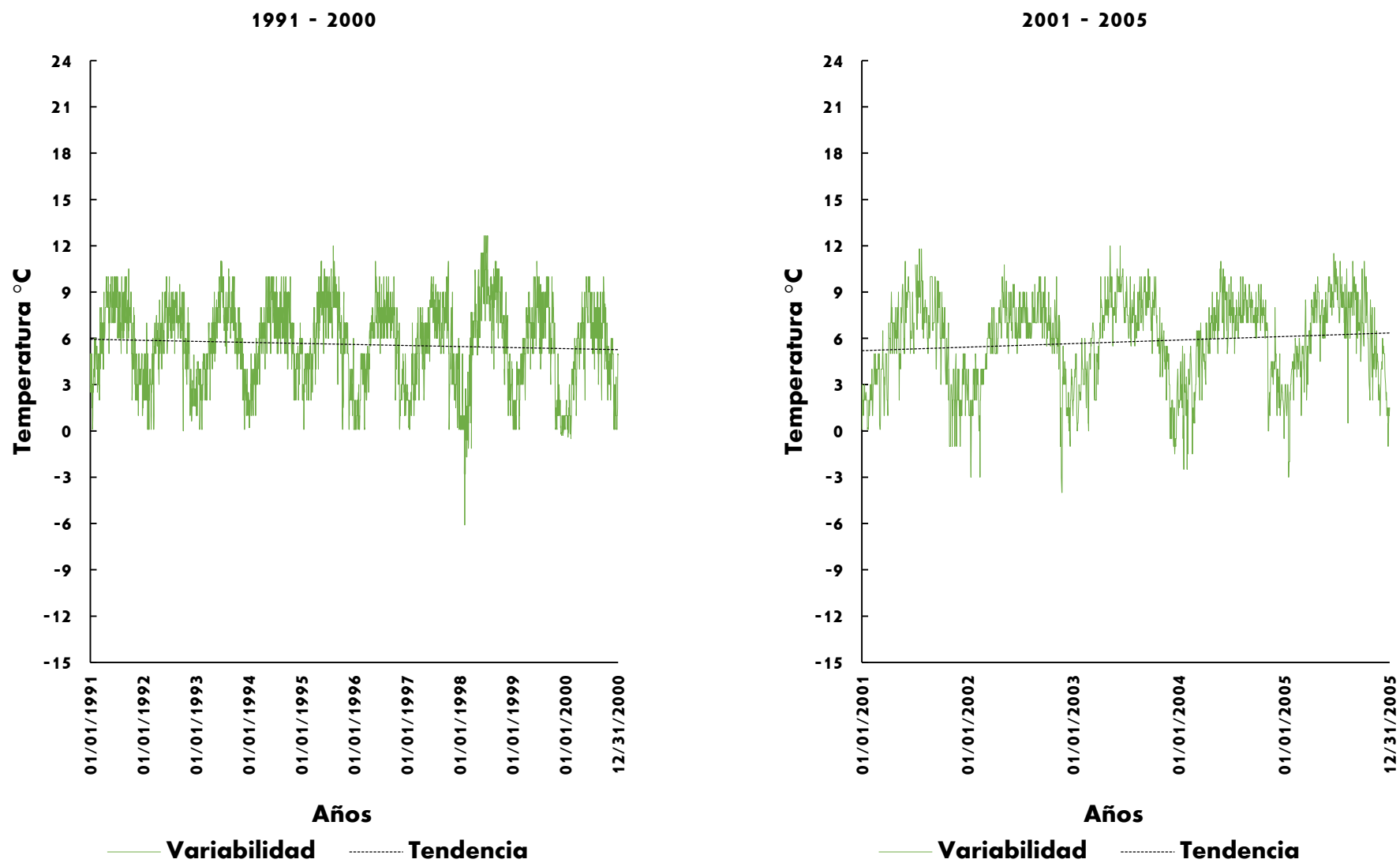
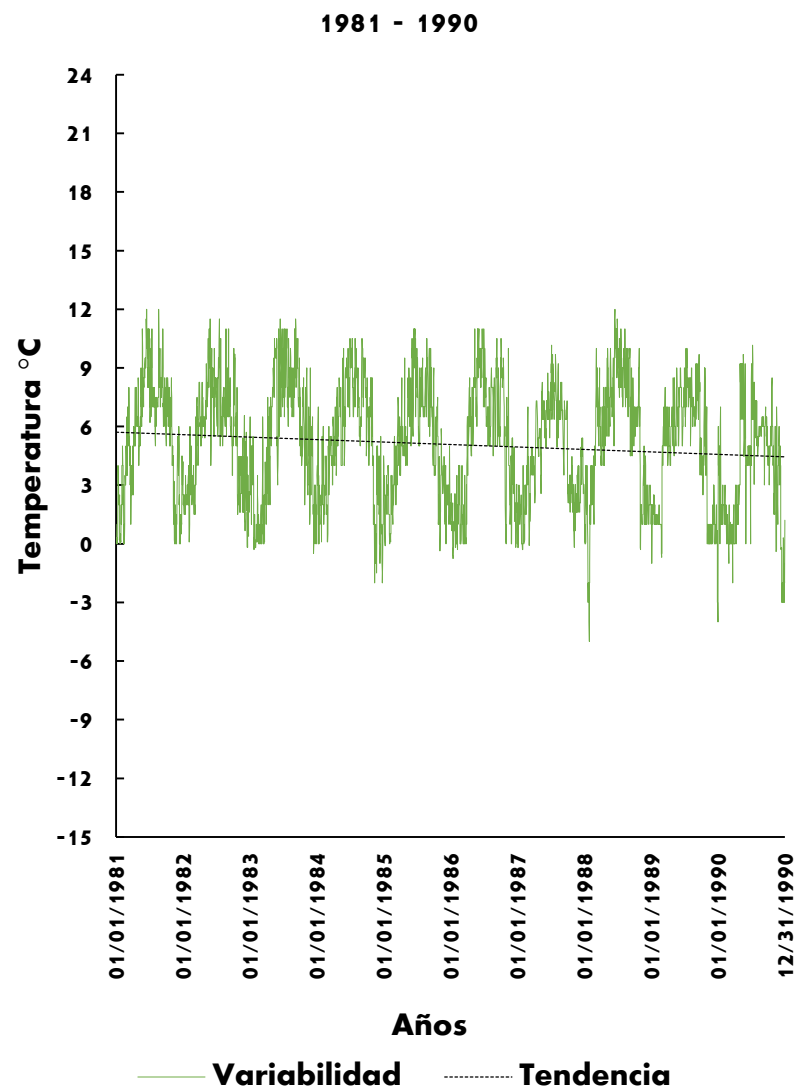
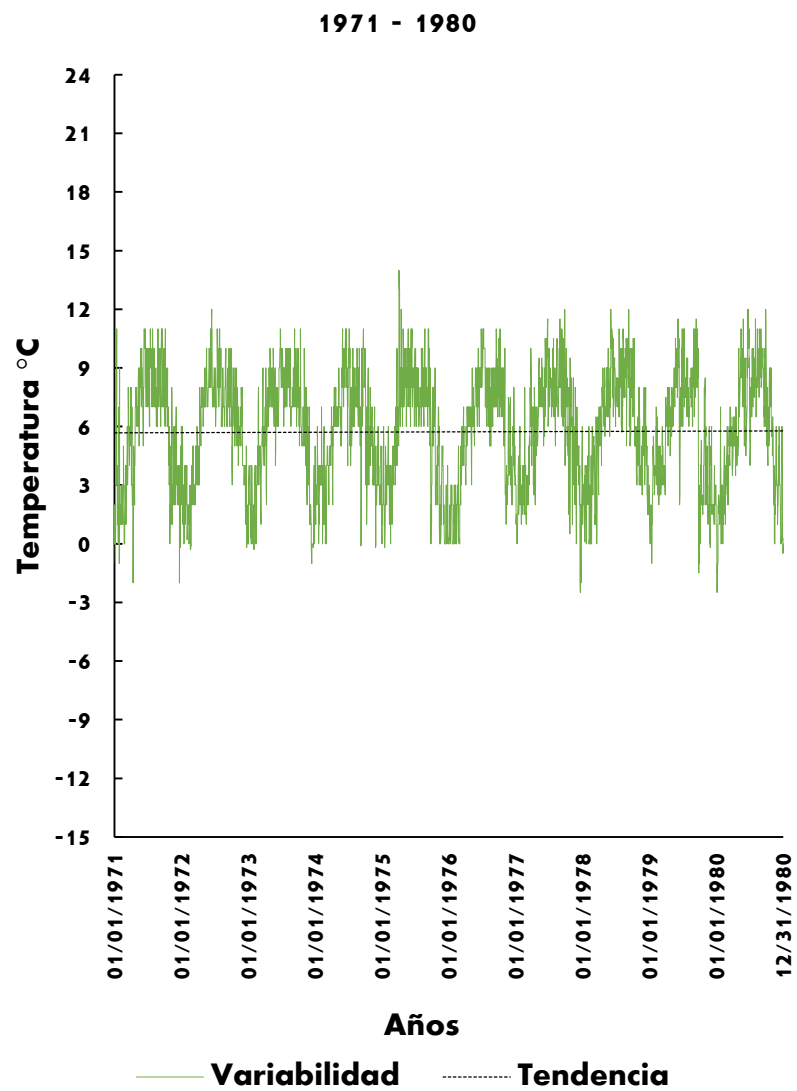


Figura 6e. Serie 4: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Temoaya (1971 – 2005).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

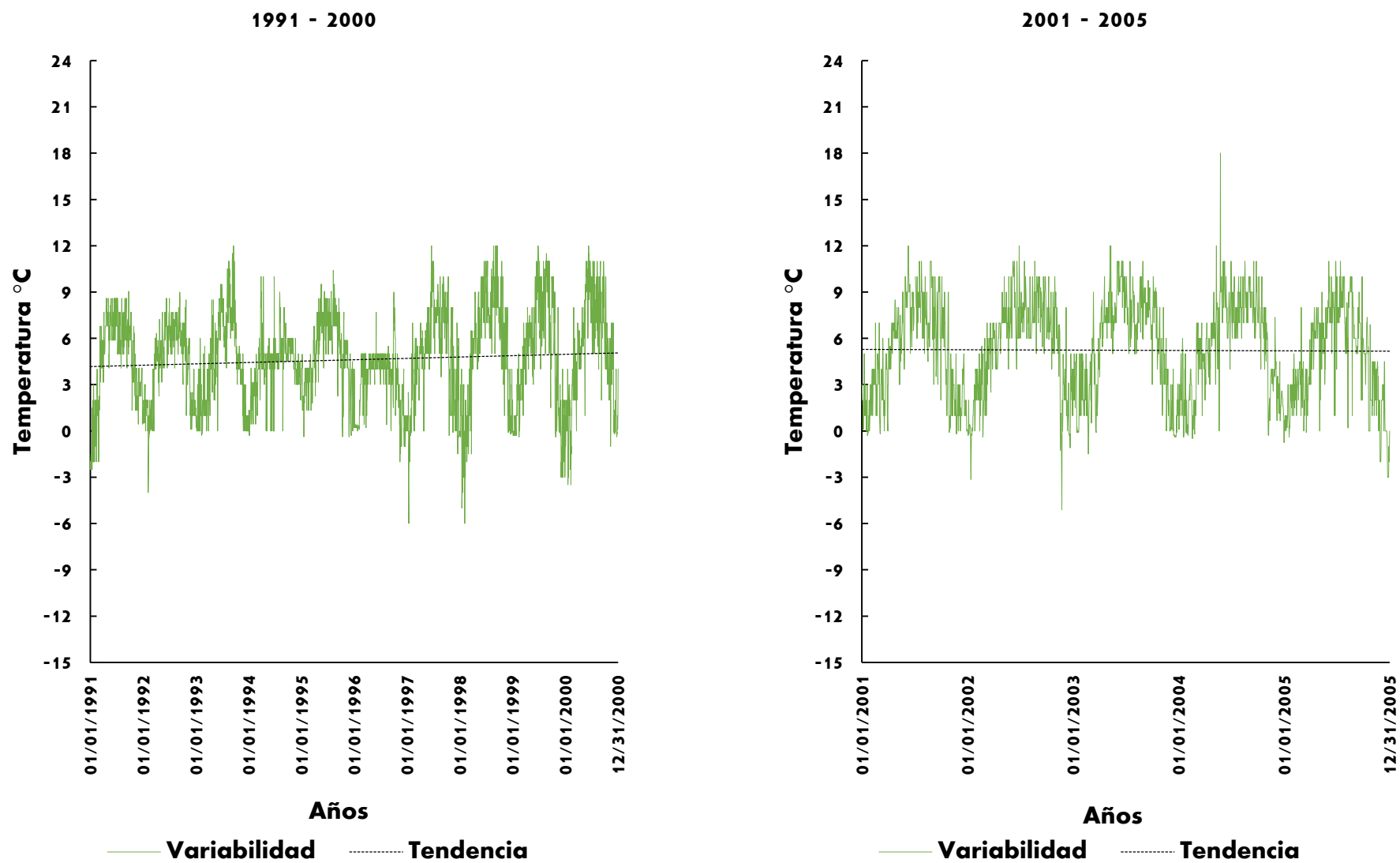
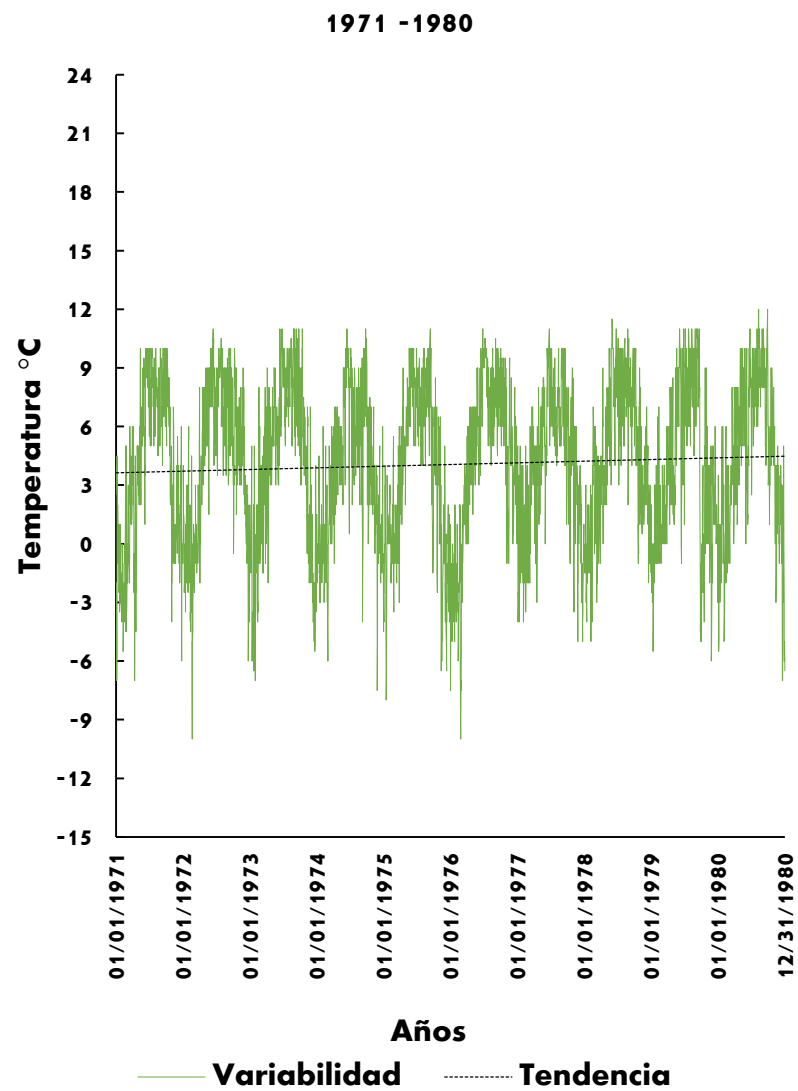
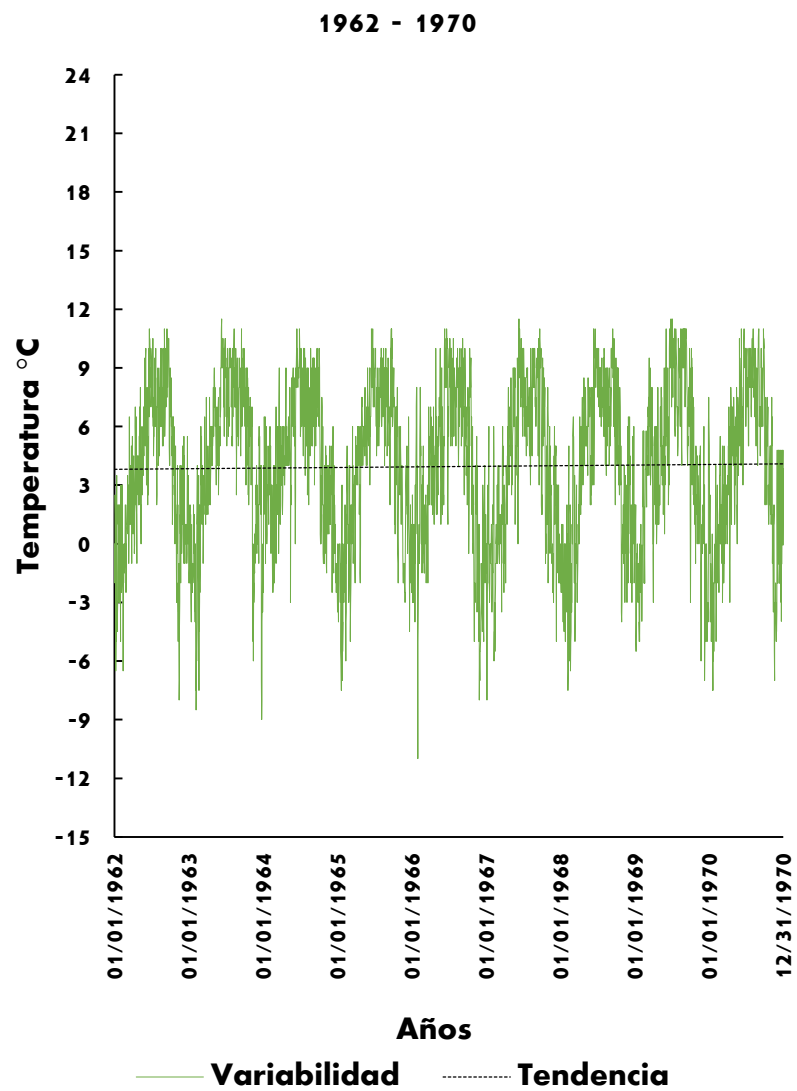
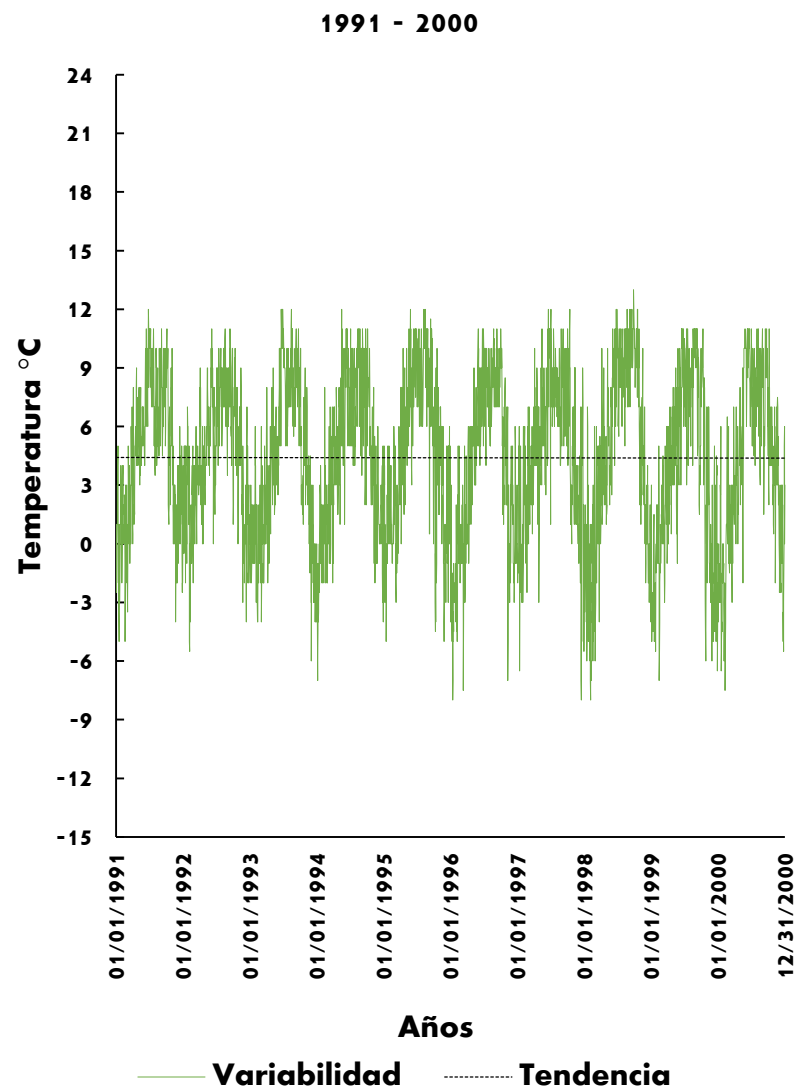
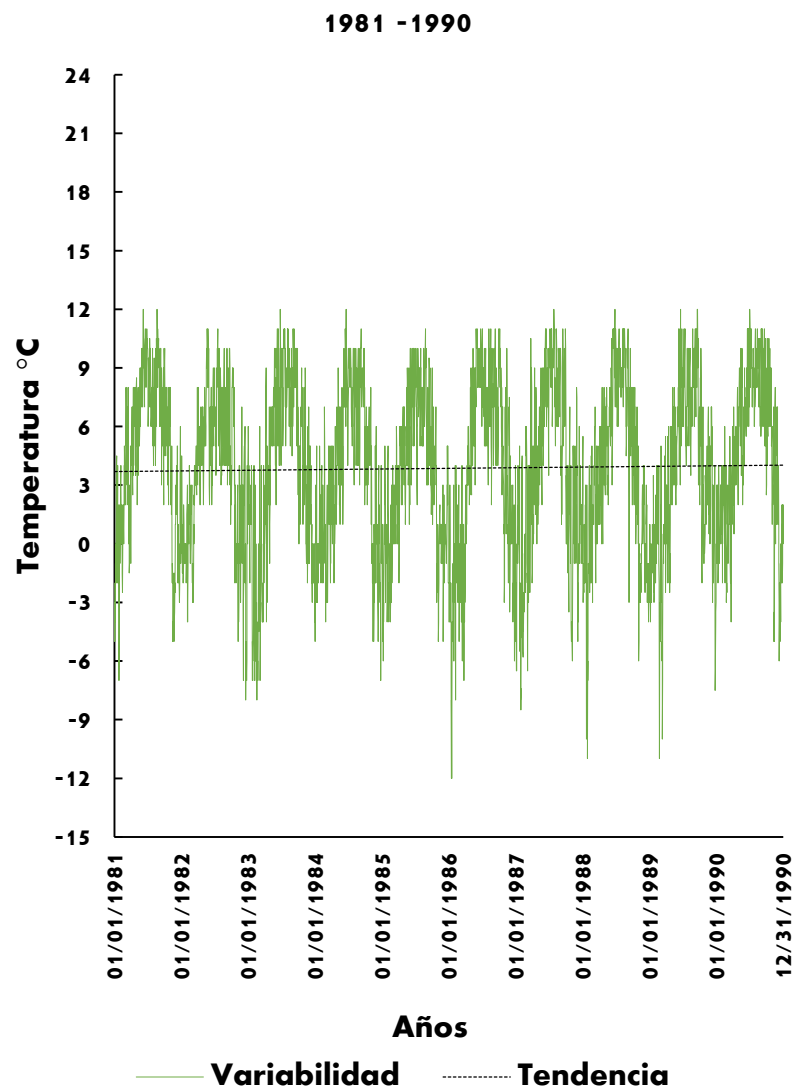


Figura 6f. Serie 4: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación San Lorenzo Malacota (1971 – 2005).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

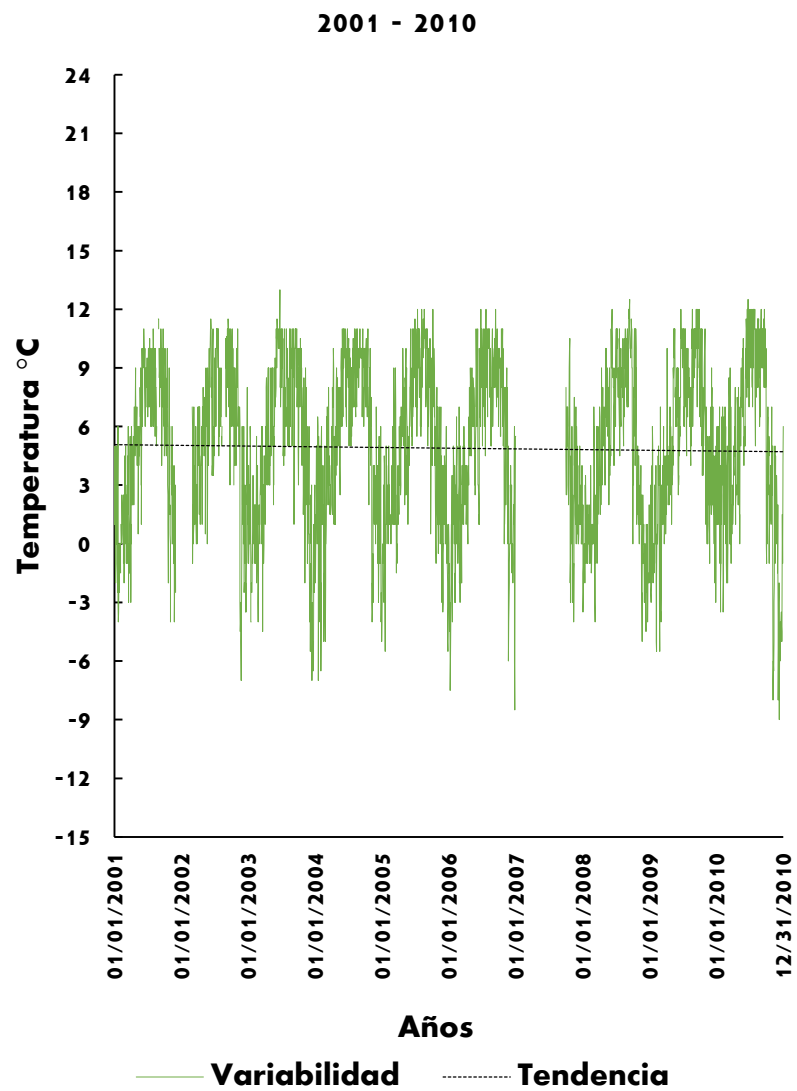
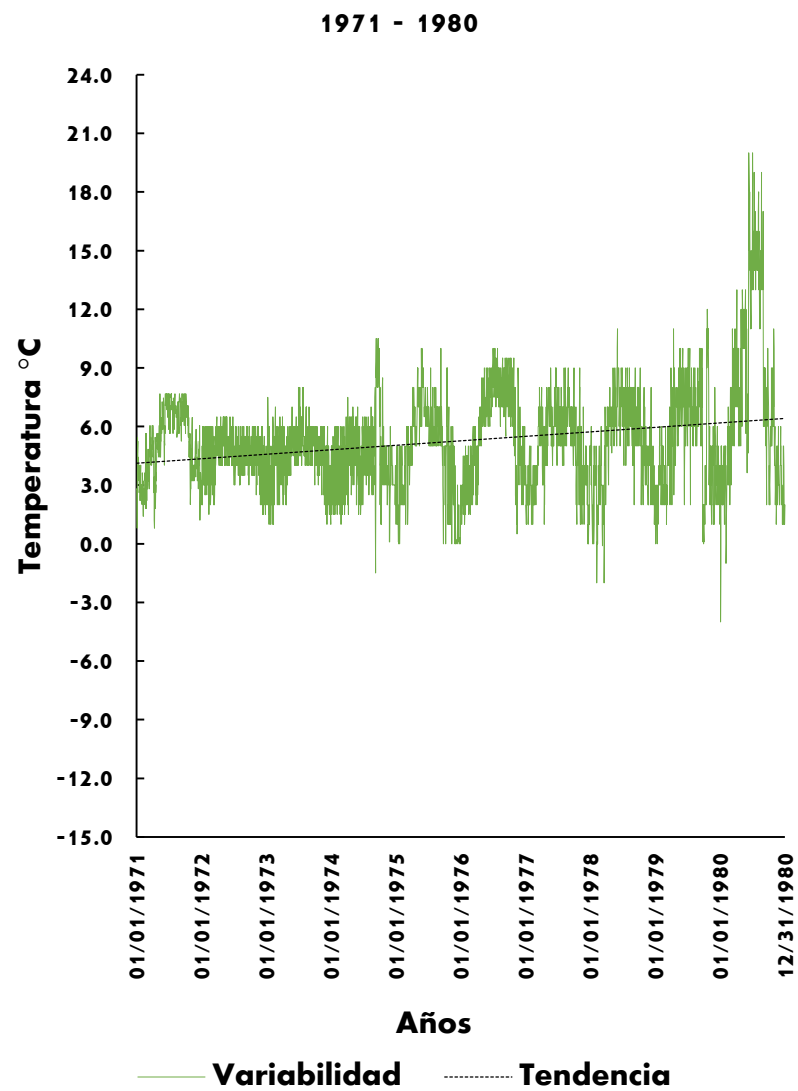
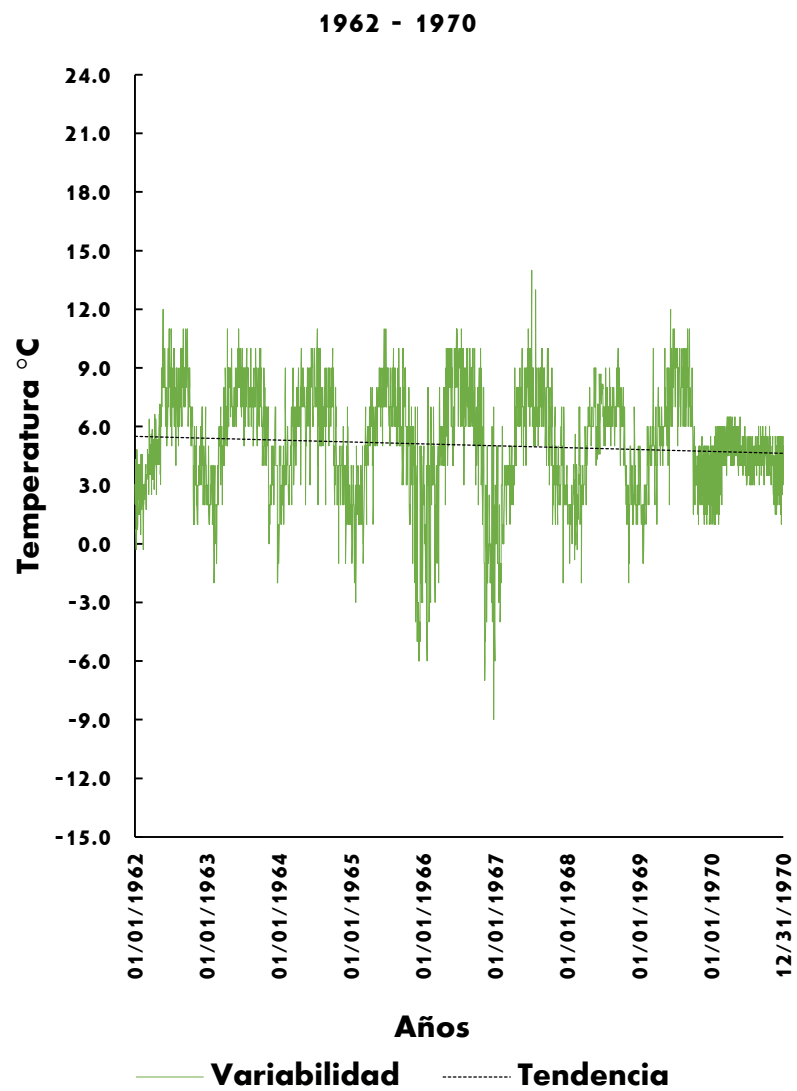
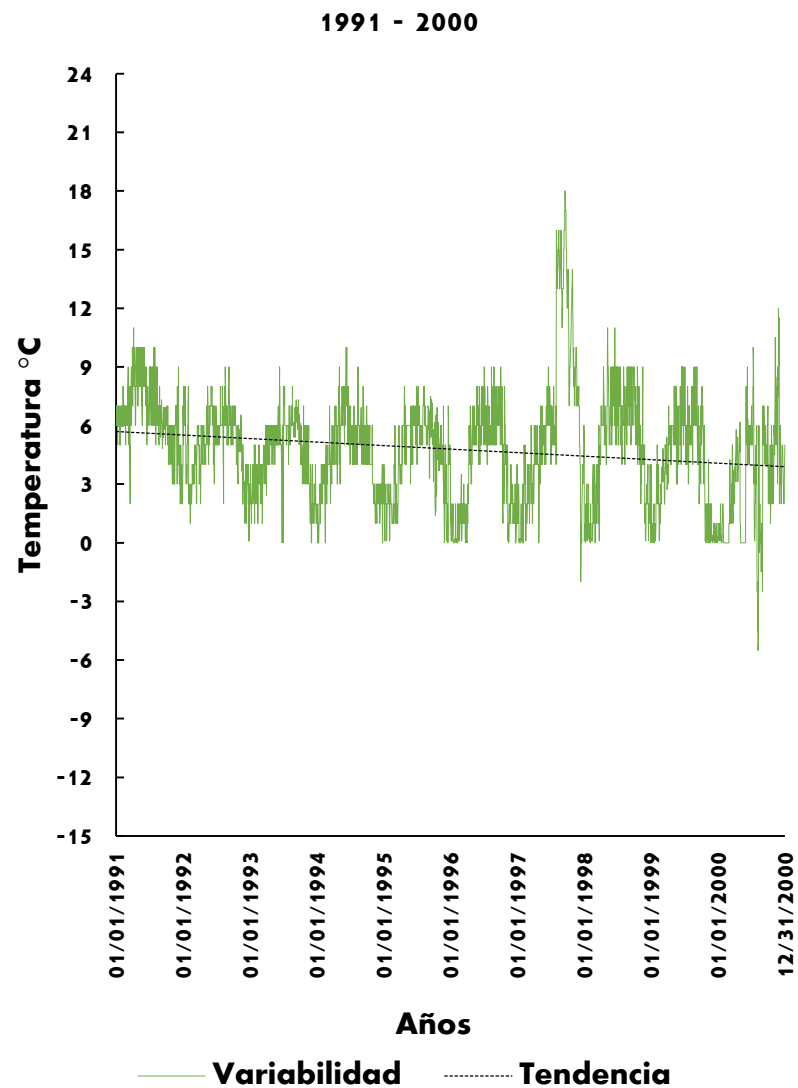
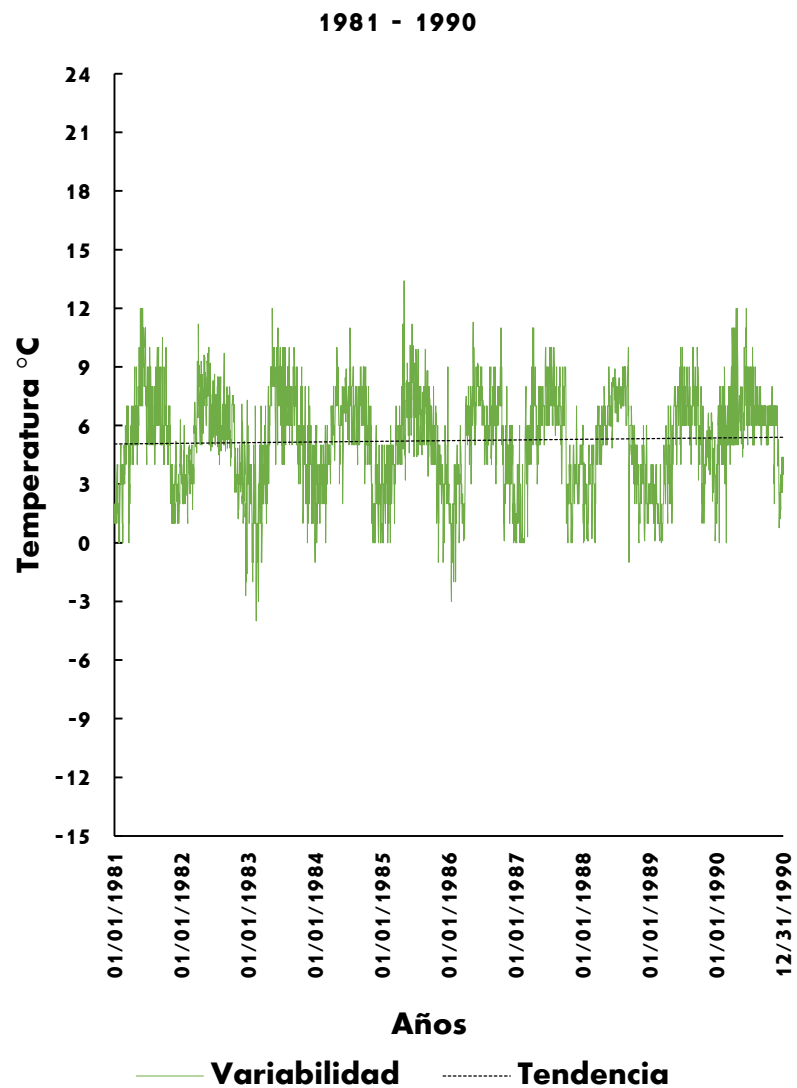


Figura 6g. Serie 5: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Presa El Tigre (1962 – 2010).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

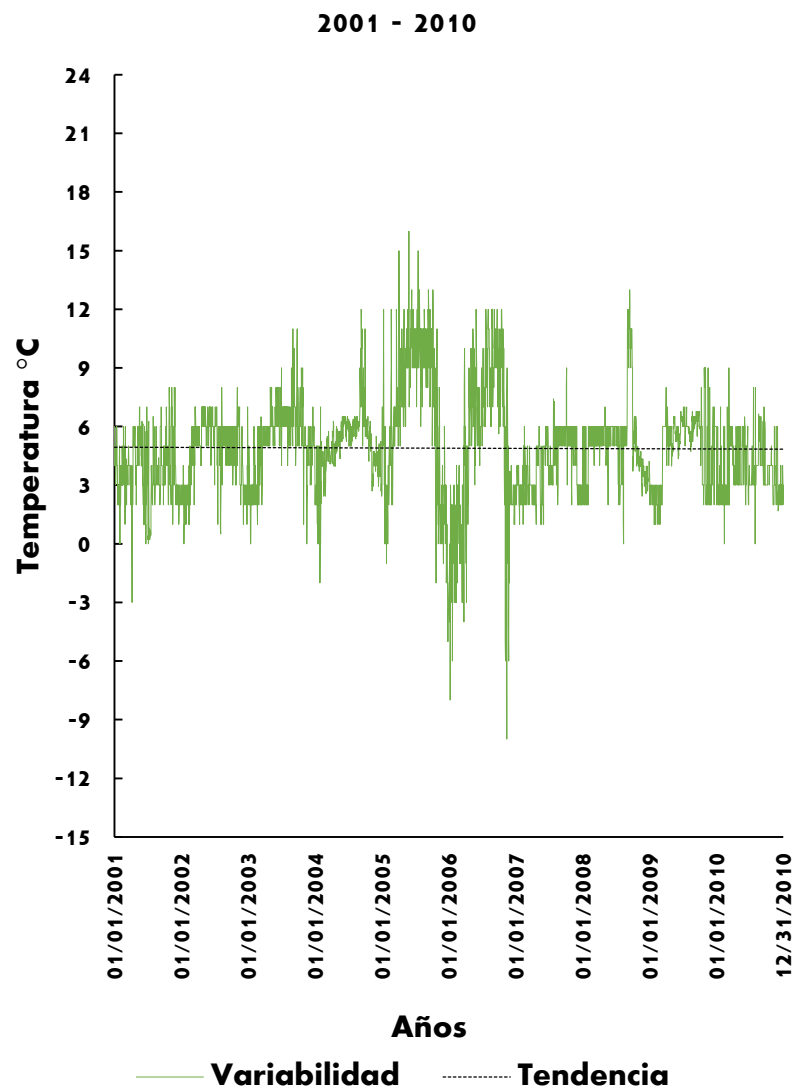
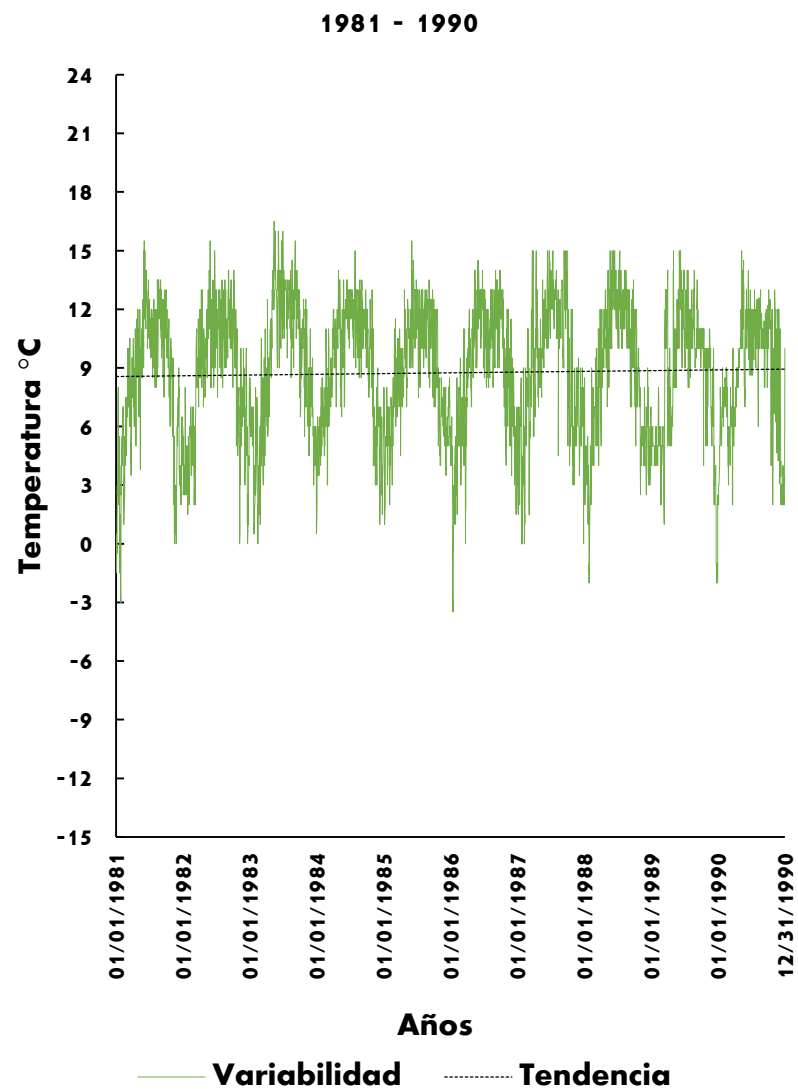
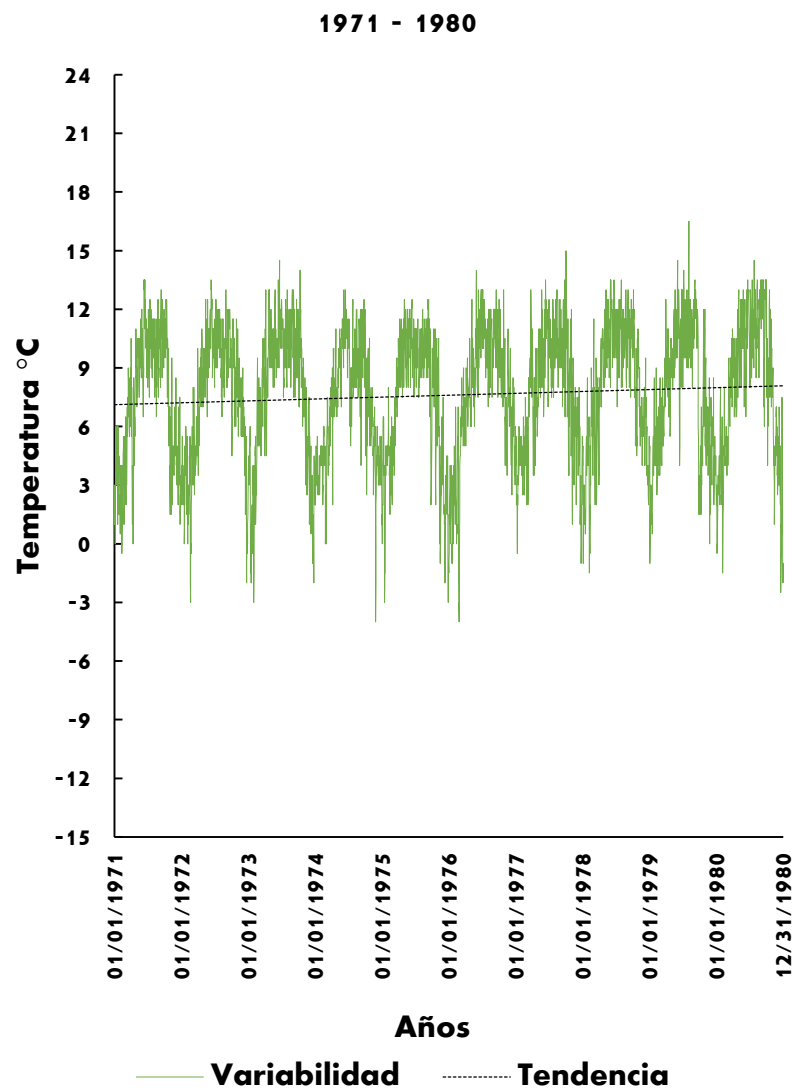


Figura 6h. Serie 5: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Jiquipilco (1962 – 2010).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

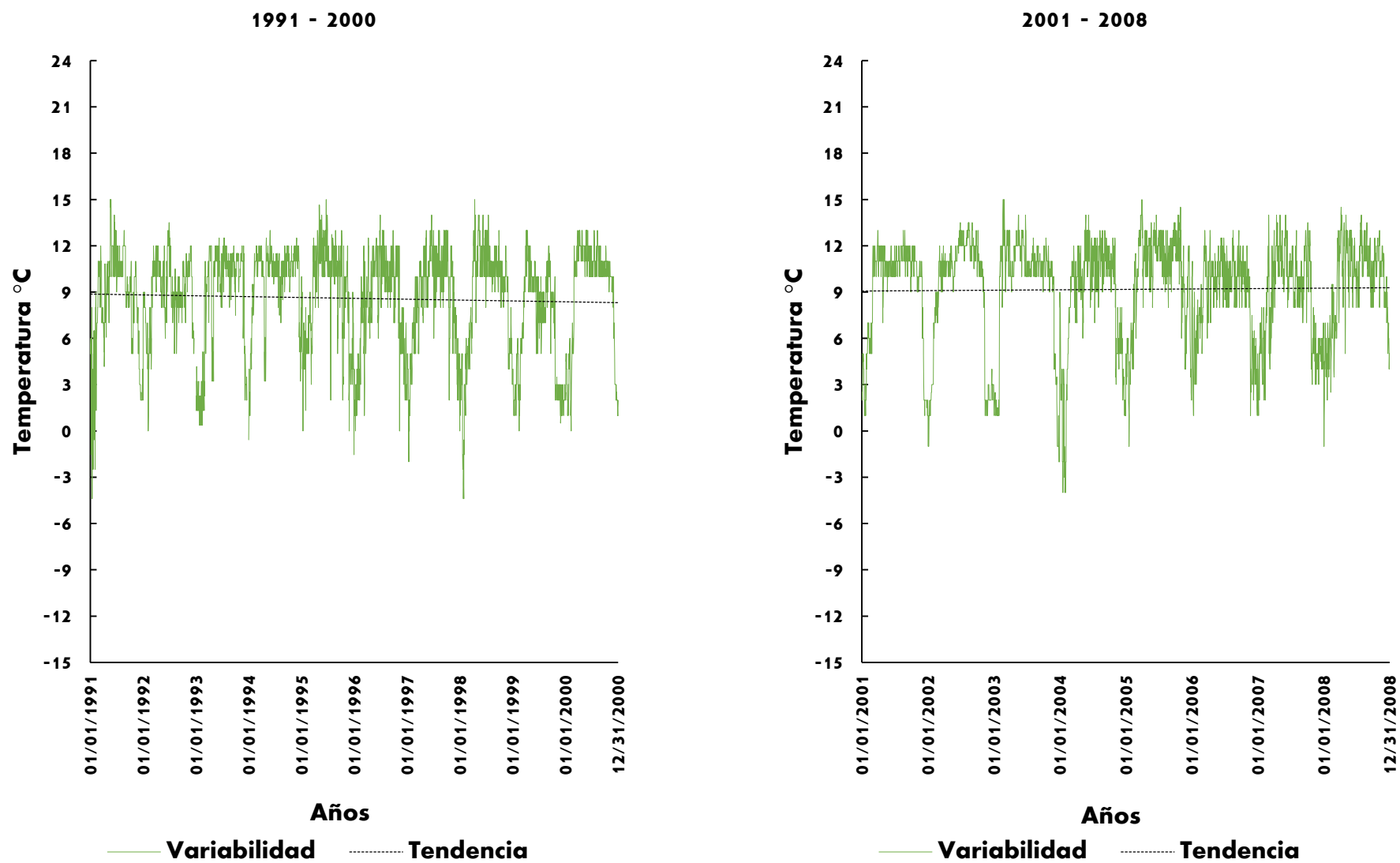
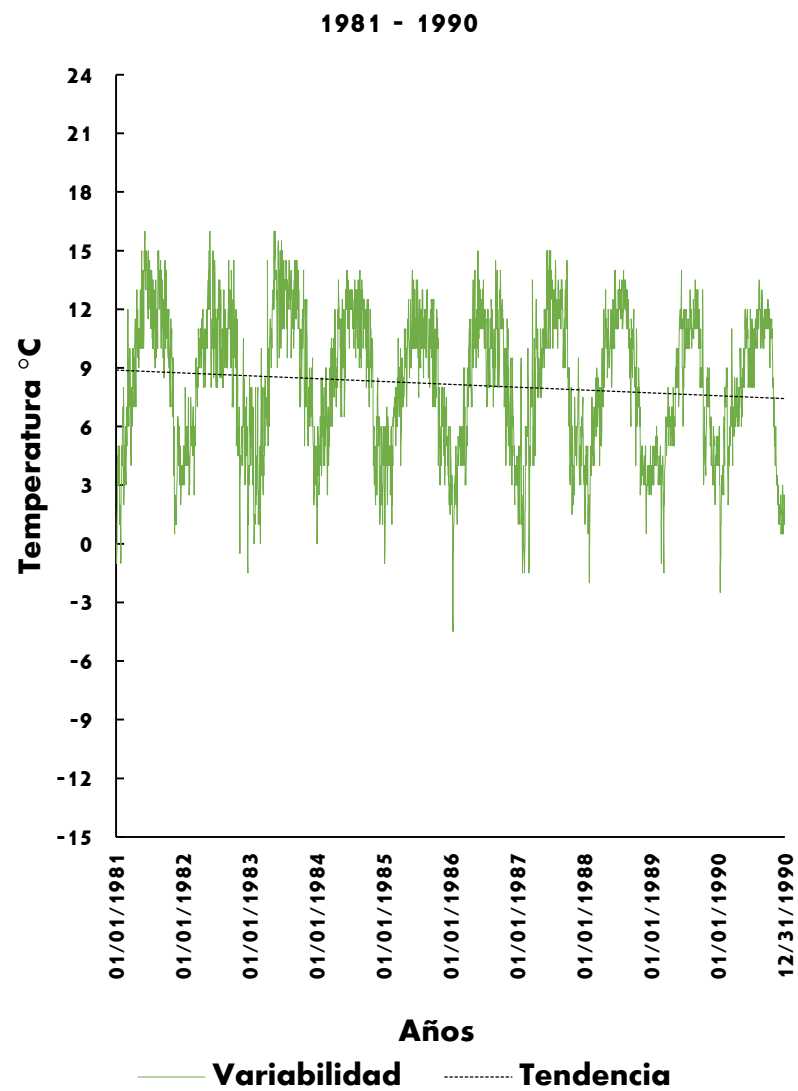
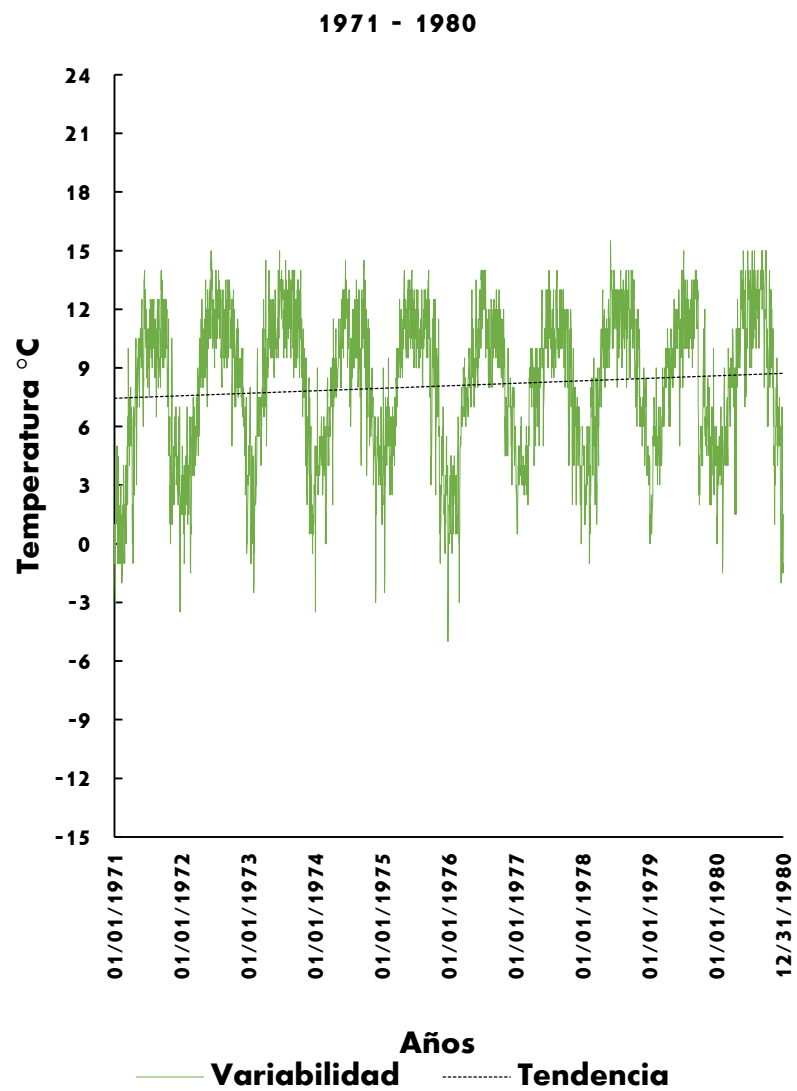


Figura 6i. Serie 6: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Molinito (1971 – 2008).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

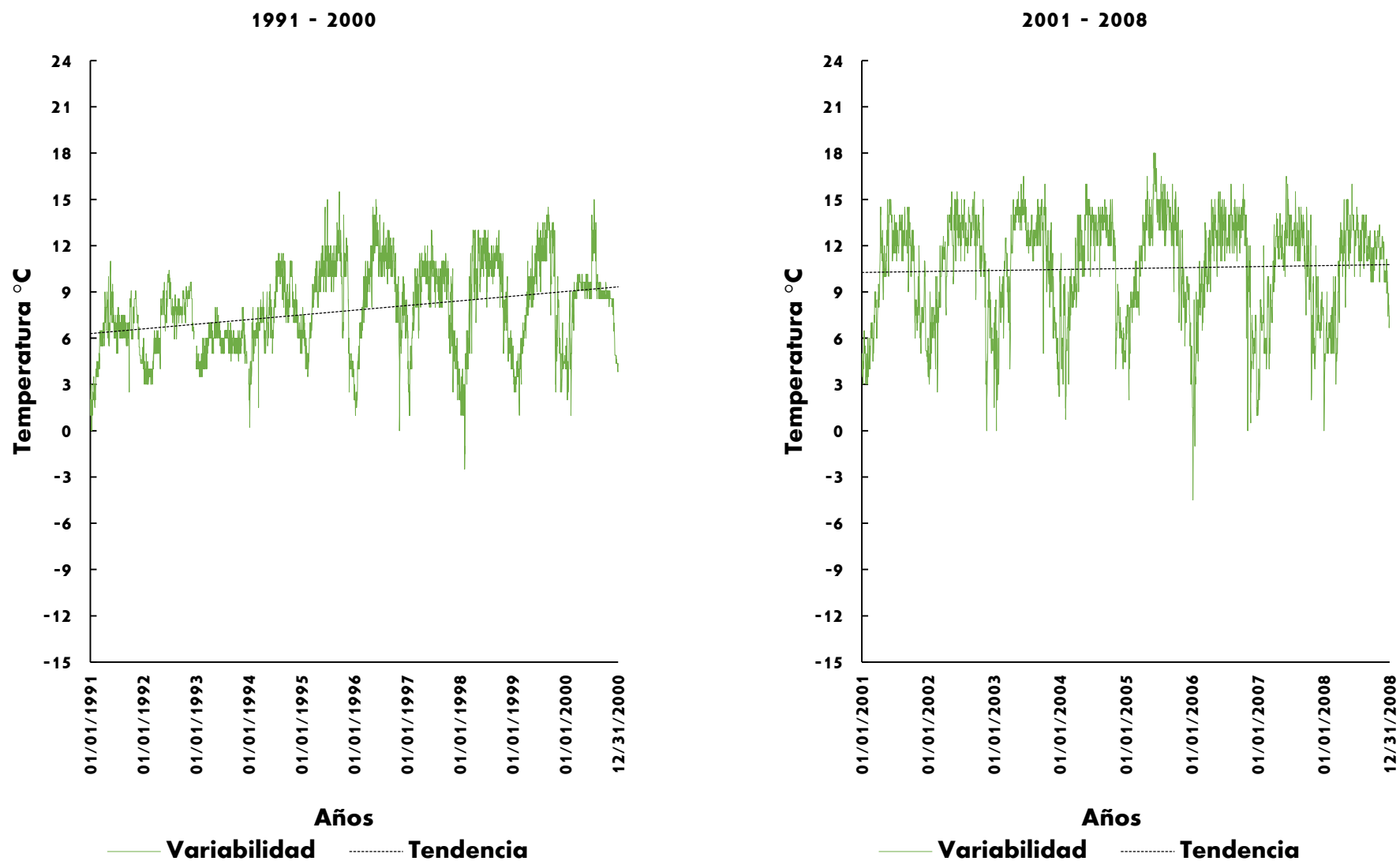
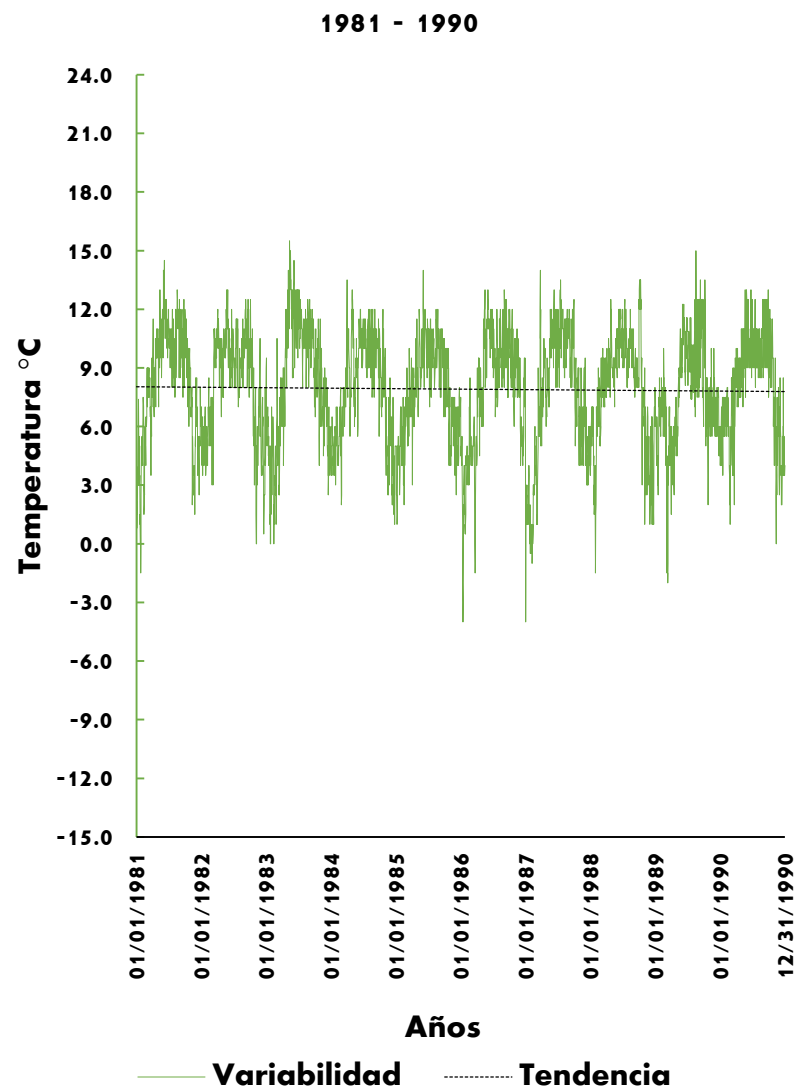
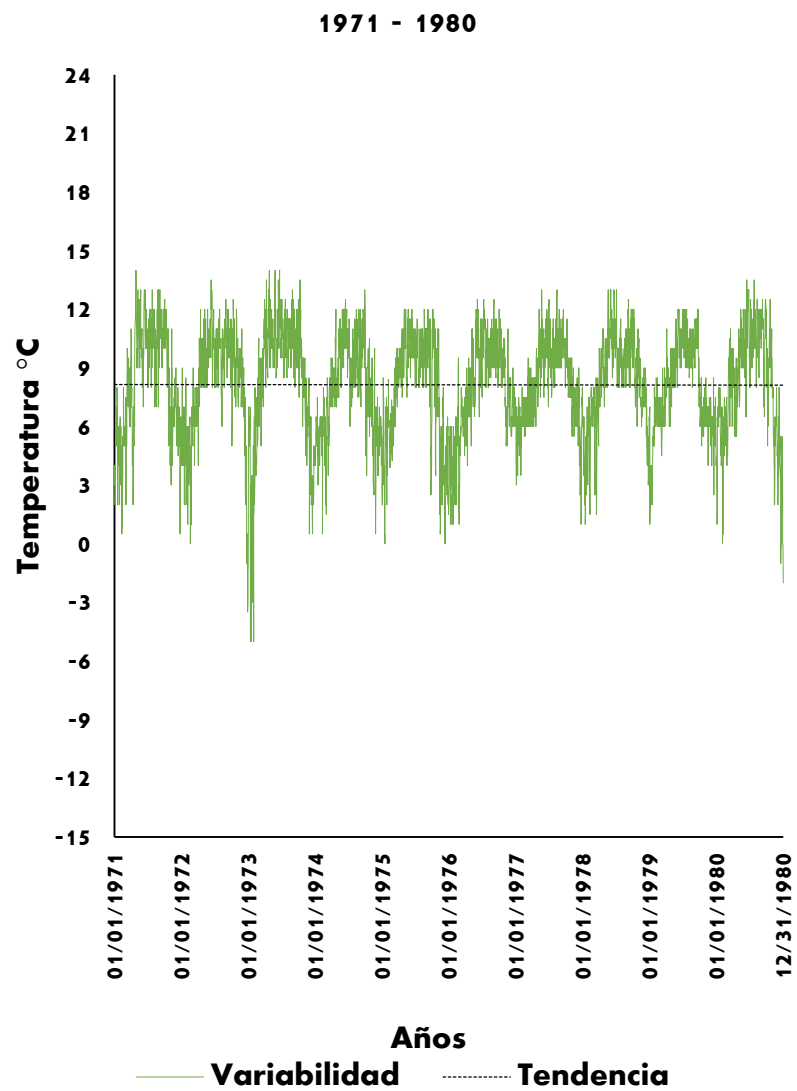


Figura 6j. Serie 6: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Totolica San Bartolo (1971 – 2008).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

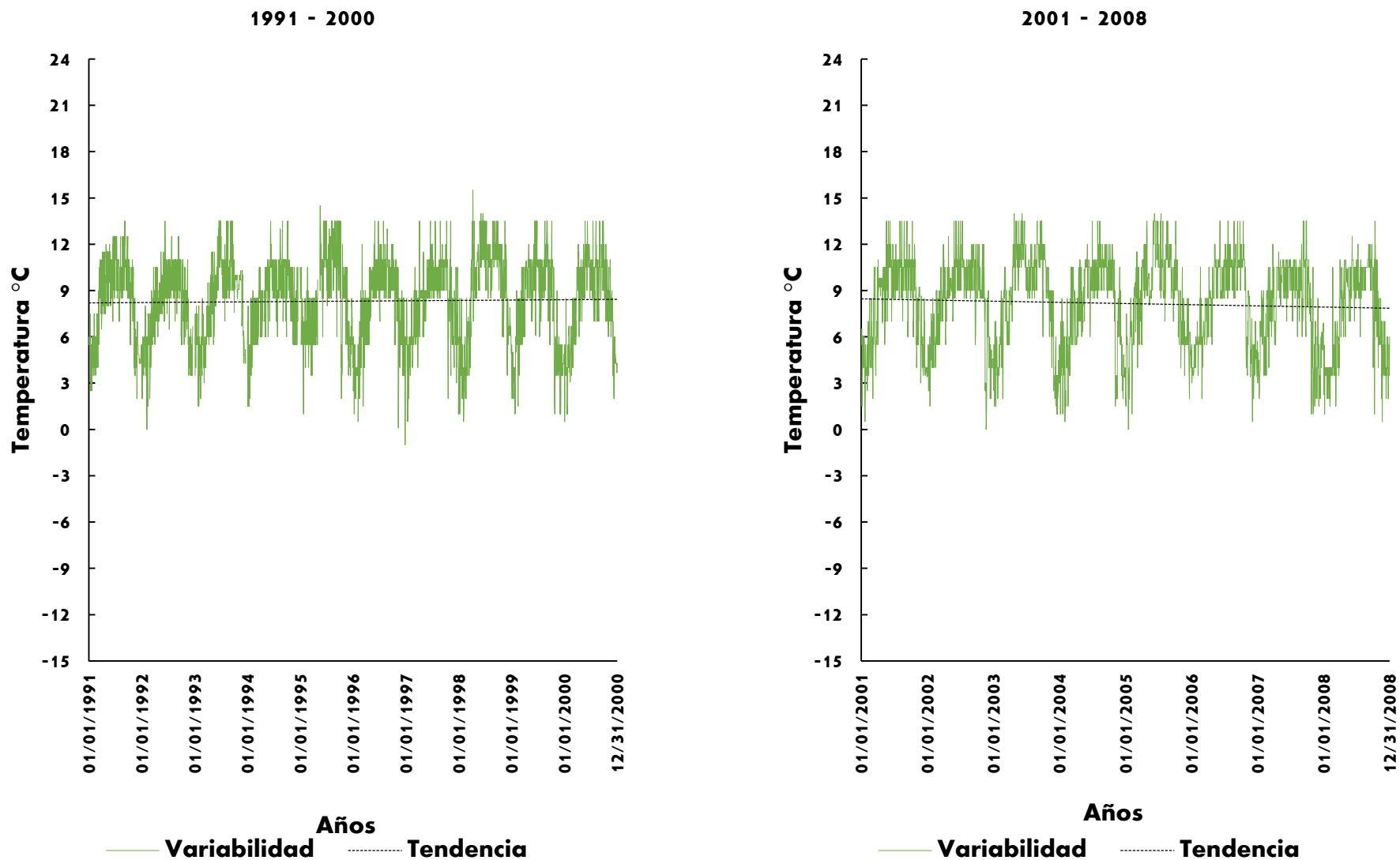
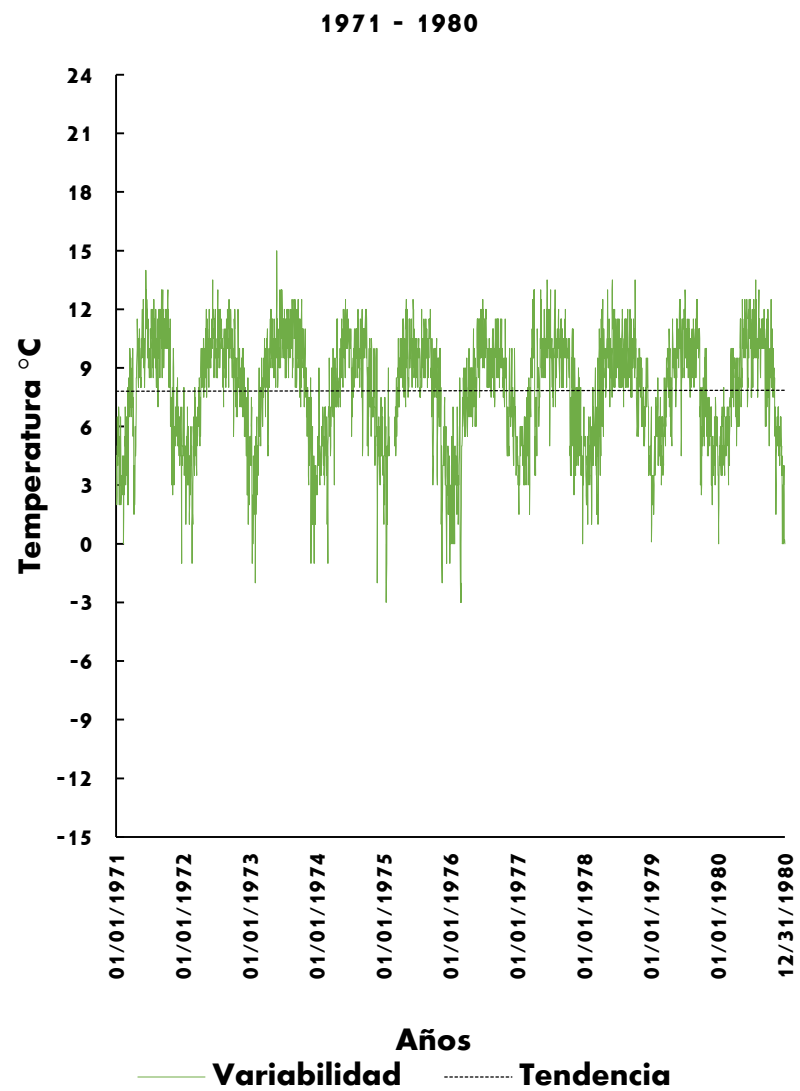
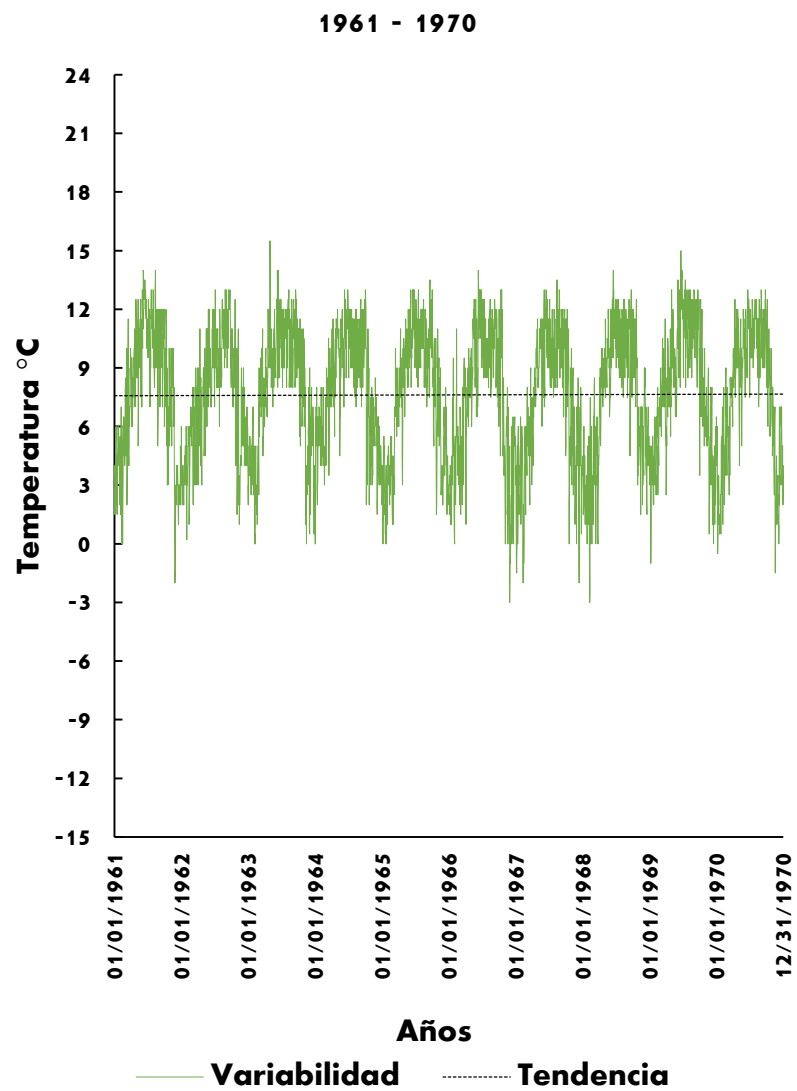


Figura 6k. Serie 6: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Desviación Alta al Pedregal (1971 – 2000).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

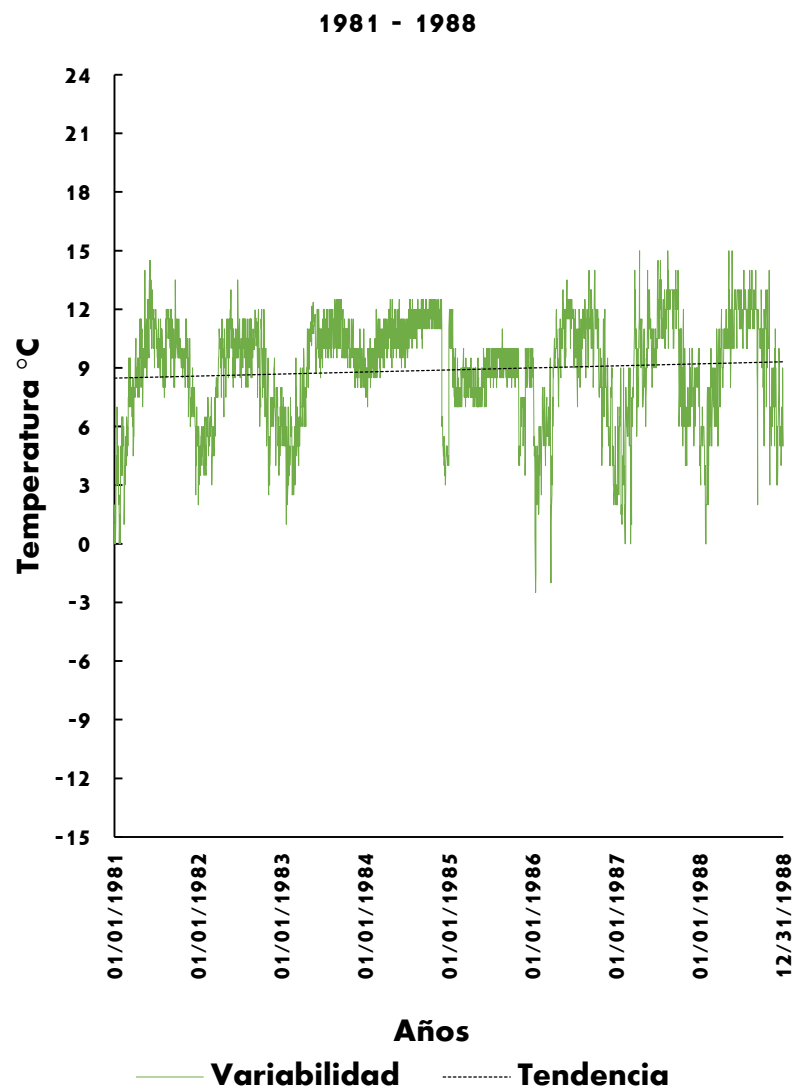
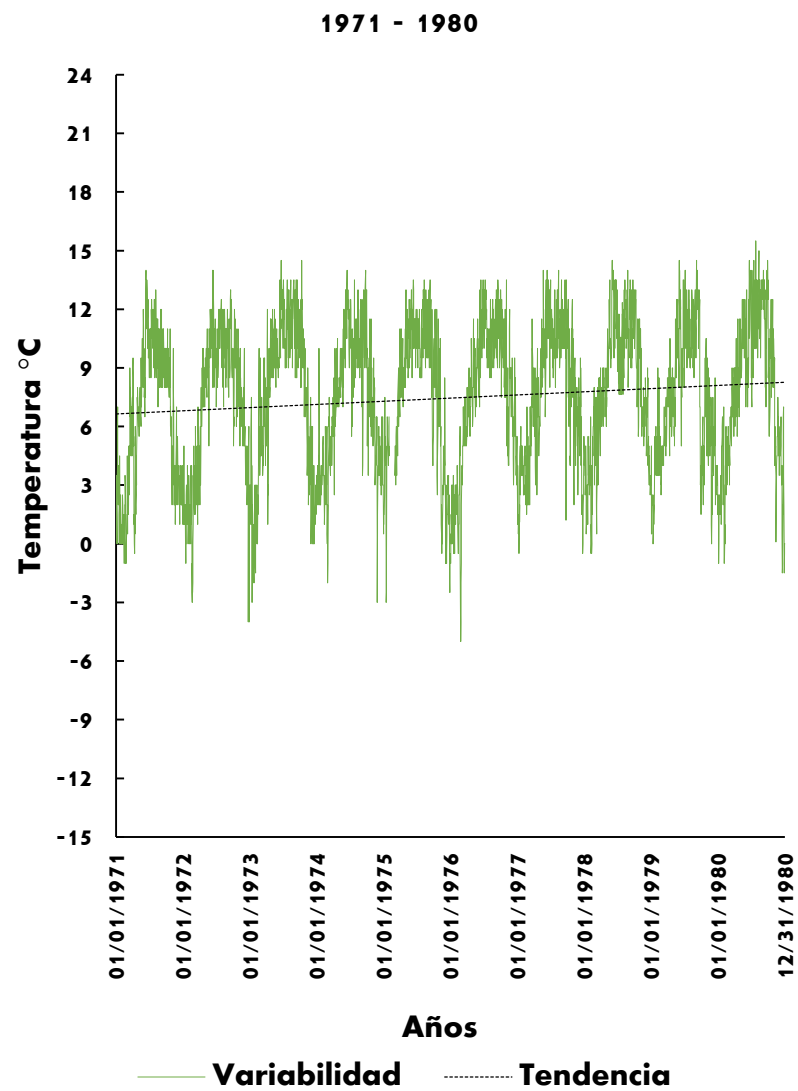
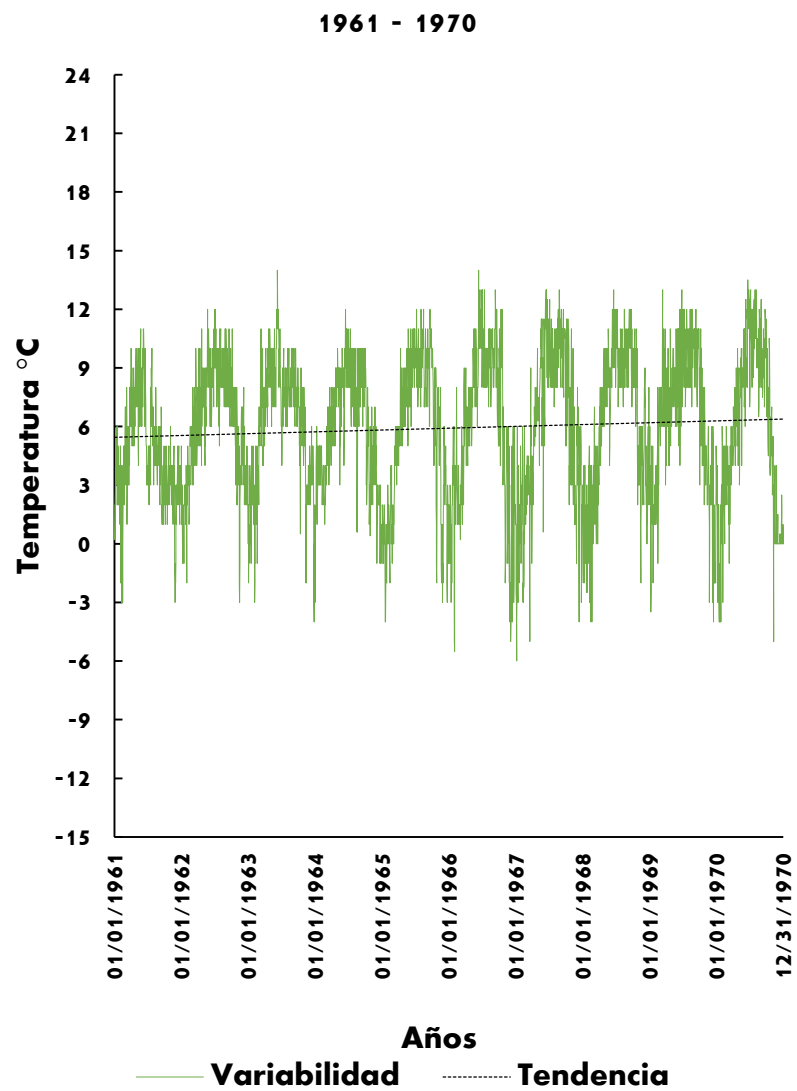


Figura 6I. Serie 7: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Presa Ansaldo (1961 – 1988).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

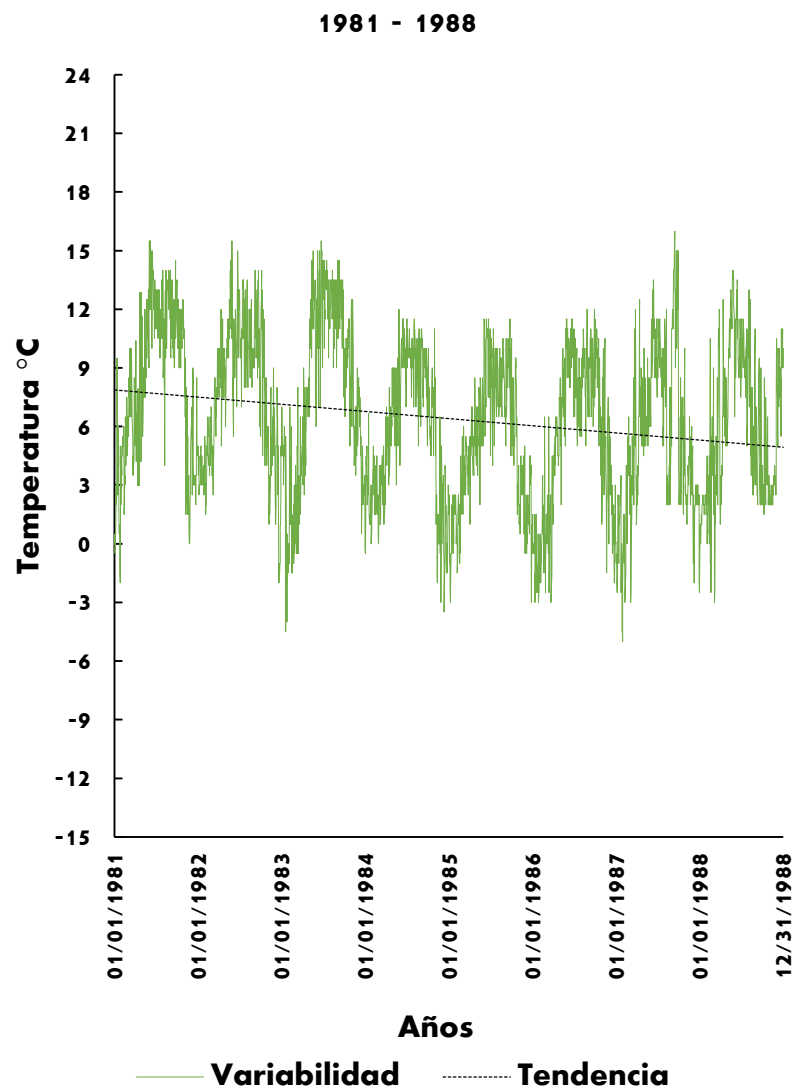
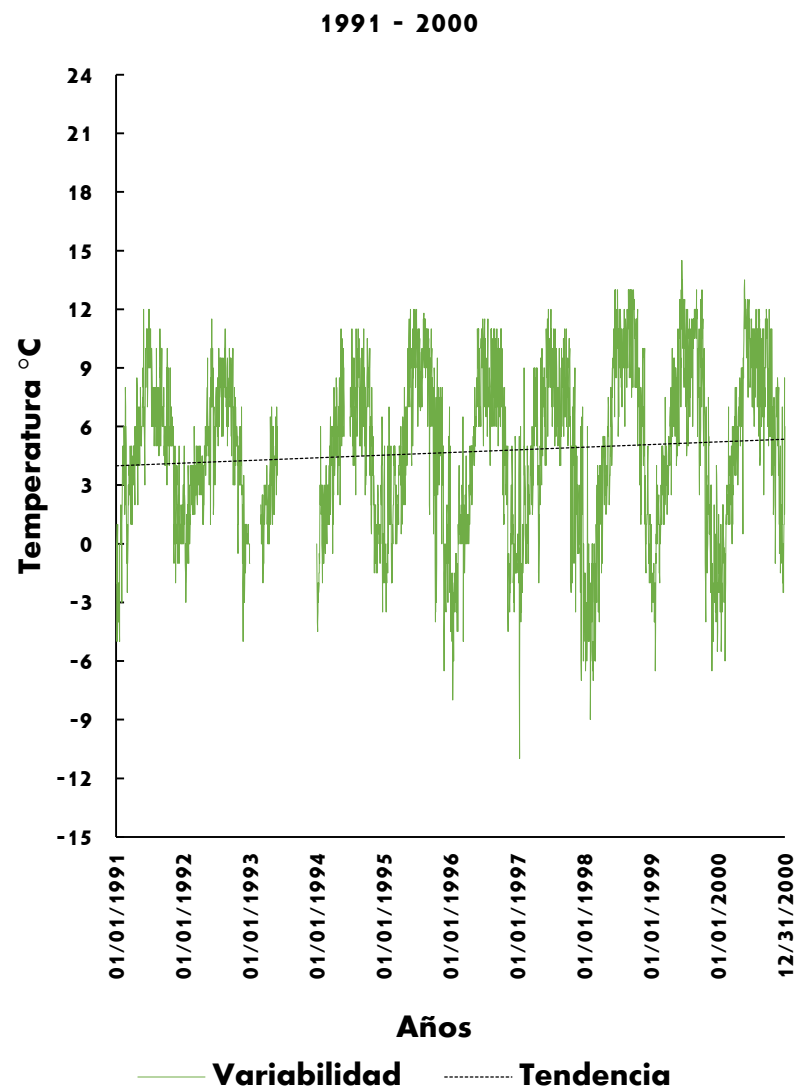
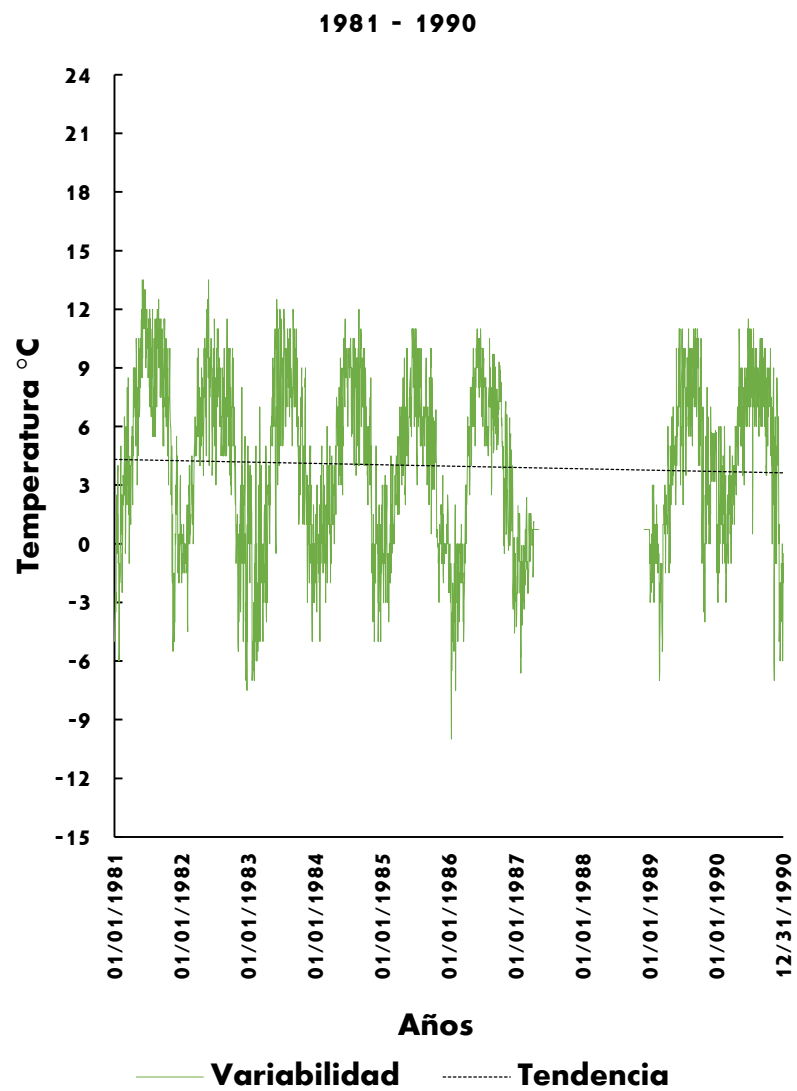


Figura 6m. Serie 7: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Presa Tacubaya (1961 – 1988).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

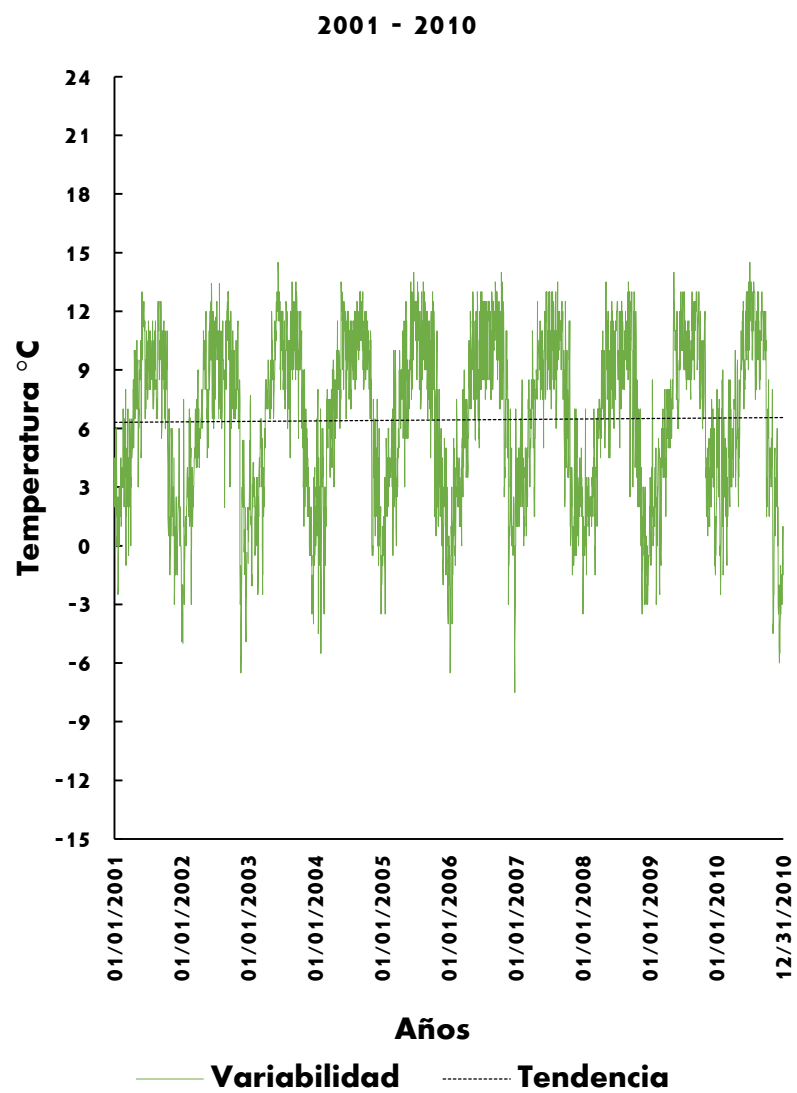
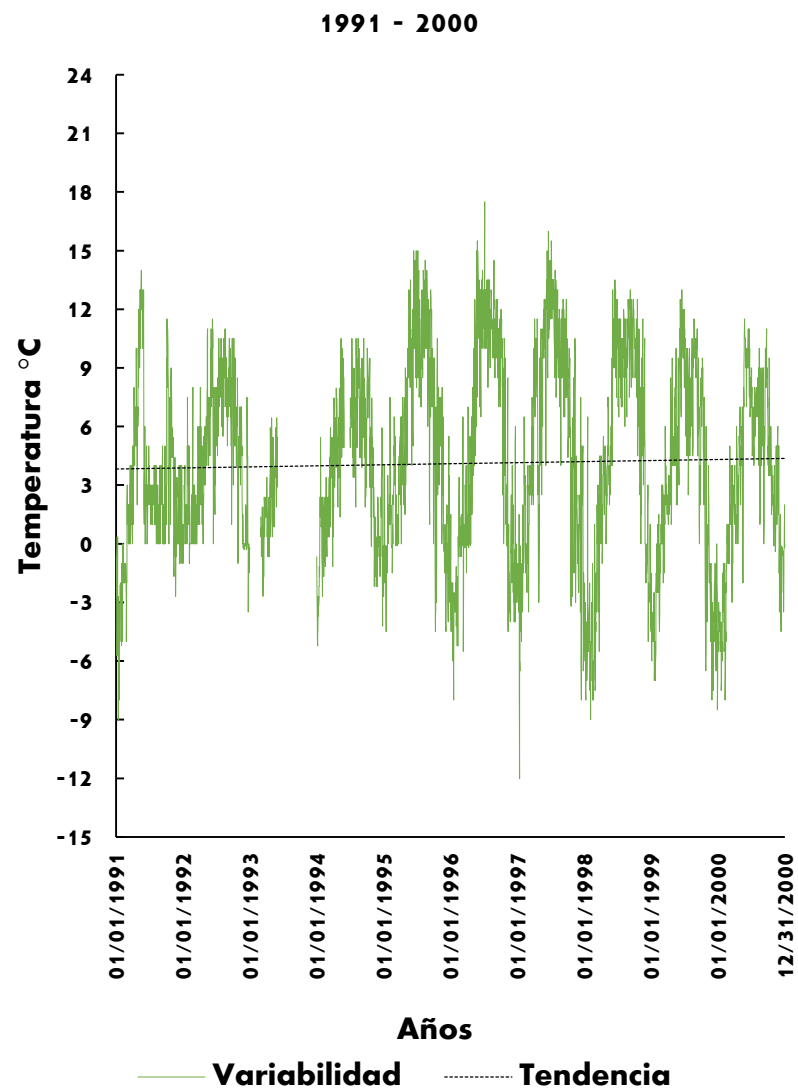
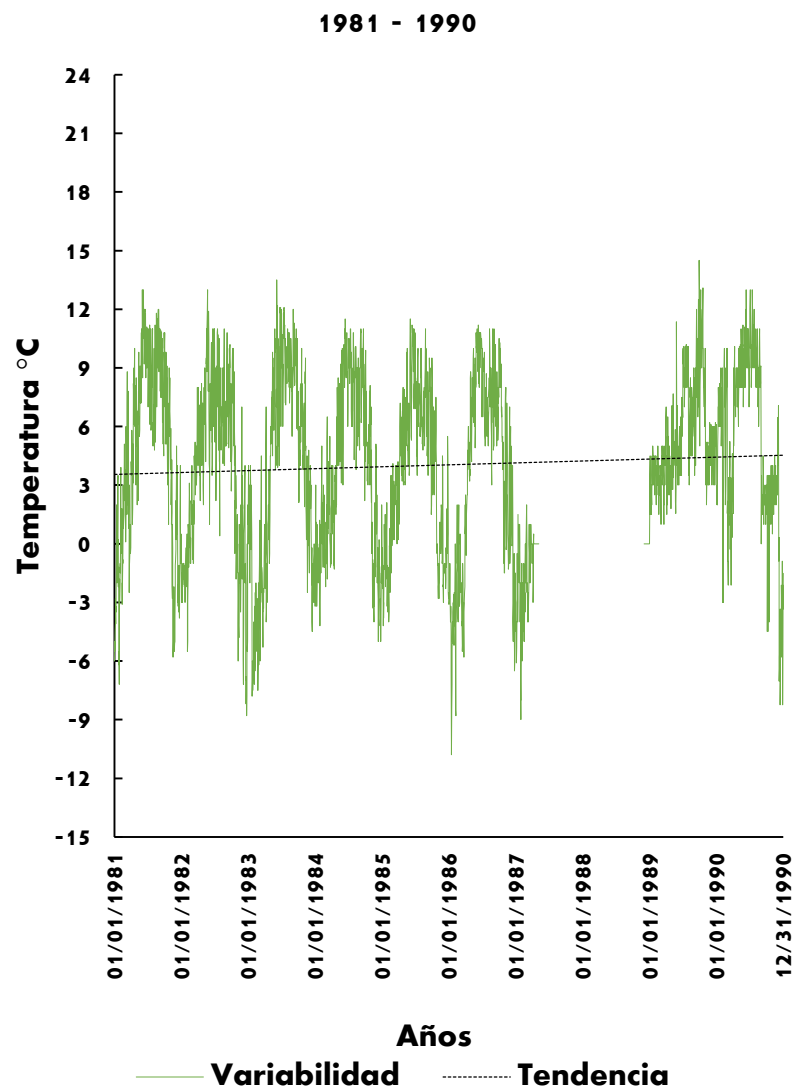


Figura 6n. Serie 8: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Trojes (1981 – 2010).

ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas



ANEXO 6. Distribución temporal de la TemMin por décadas

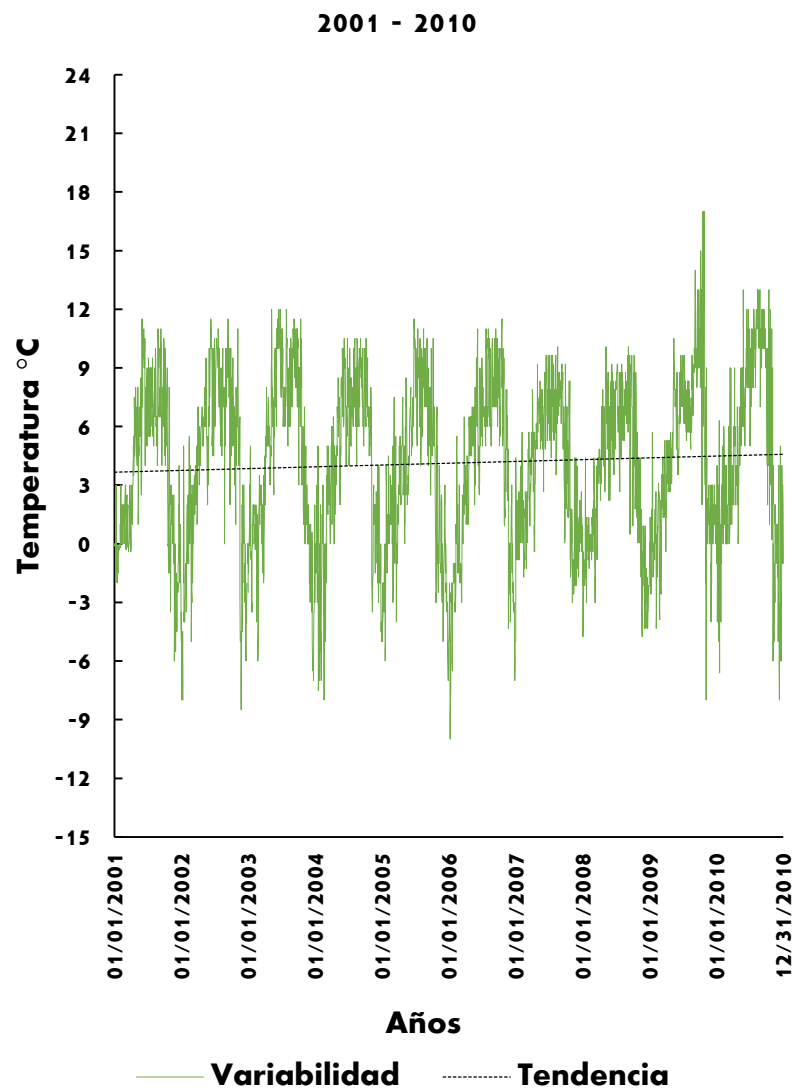
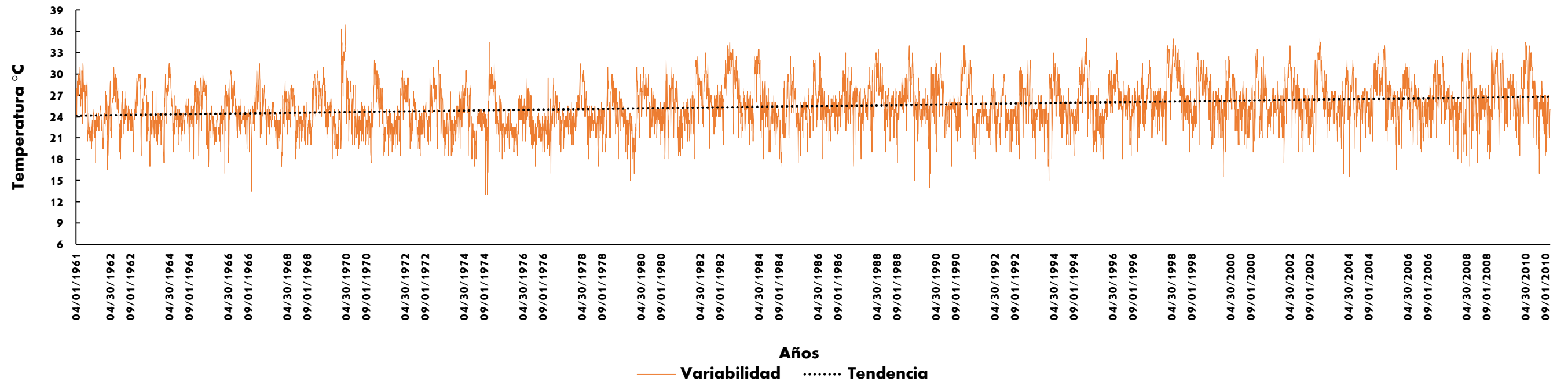


Figura 6ñ. Serie 8: Distribución temporal de temperatura mínima por décadas de la estación Hacienda la Y (1981 – 2010).

ANEXO 8. Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

MOLINITO BLANCO



PRESA EL TIGRE

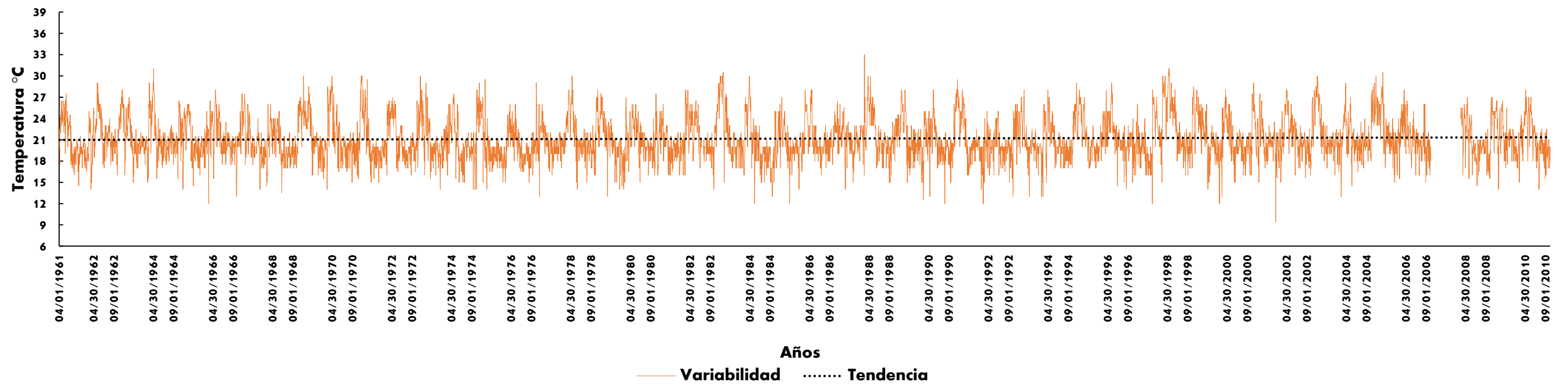


Figura 8a. Serie A: Distribución temporal de la temperatura máxima diaria de la época lluviosa del año, de las estaciones Molinito Blanco y Presa El Tigre (1961 – 2010).

ANEXO 8. Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

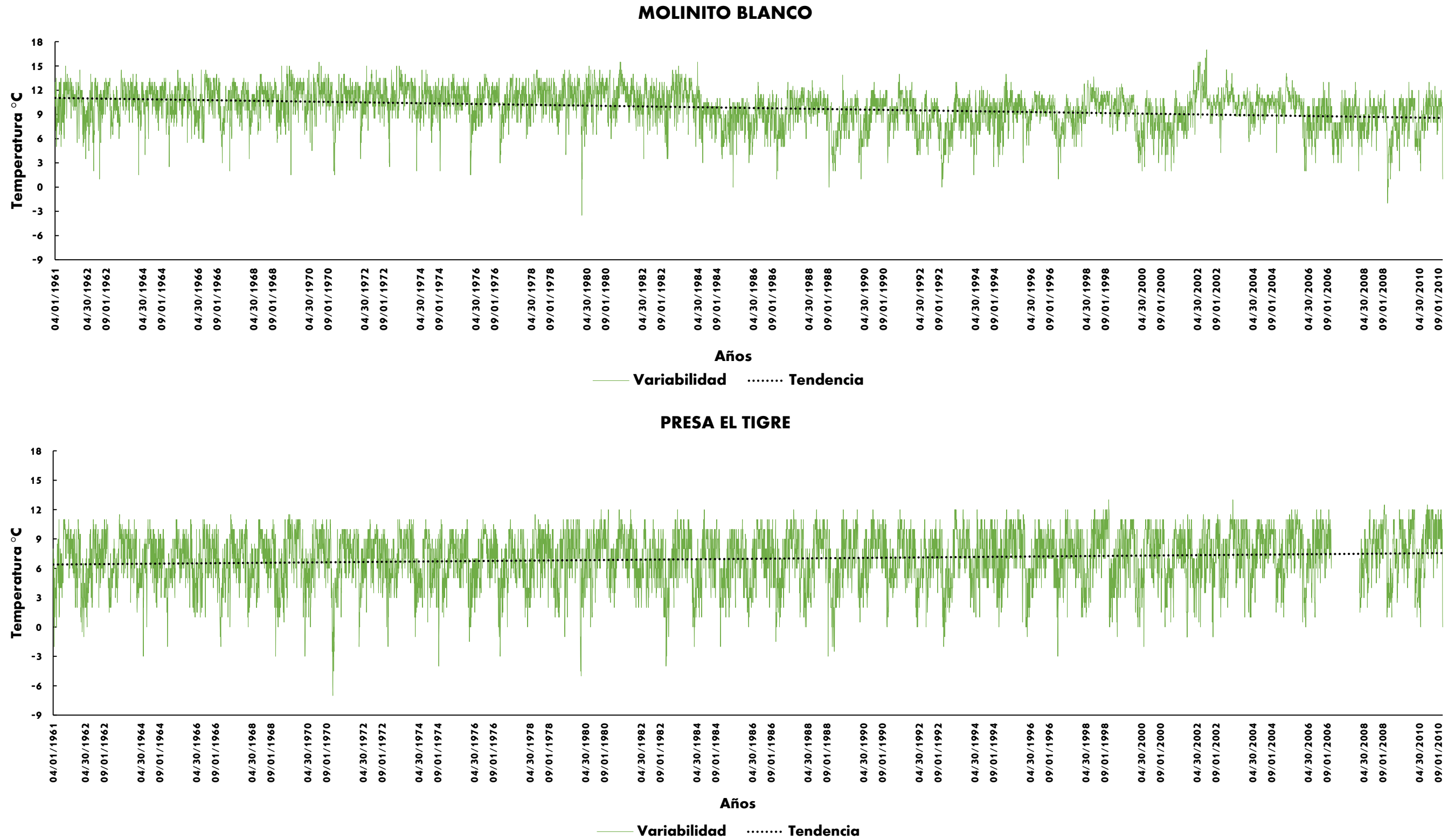


Figura 8b. Serie A: Distribución temporal de la temperatura mínima diaria de la época lluviosa del año, de las estaciones Molinito Blanco y Presa El Tigre (1962 – 2010).

ANEXO 8. Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

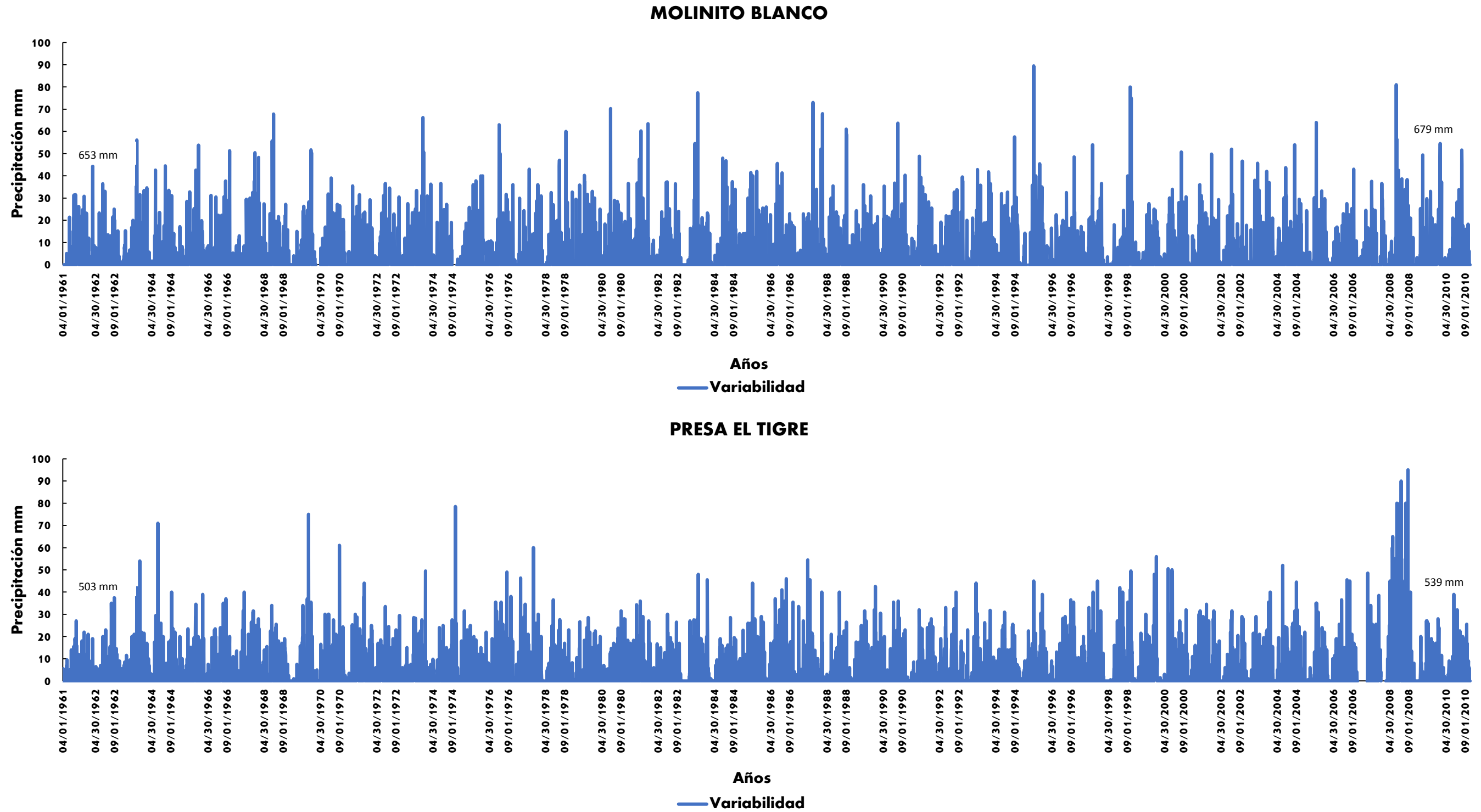


Figura 8c. Serie A: Distribución temporal de la precipitación diaria de la época lluviosa del año, de las estaciones Molinito Blanco y Presa El Tigre (1961 – 2010).

ANEXO 8. Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

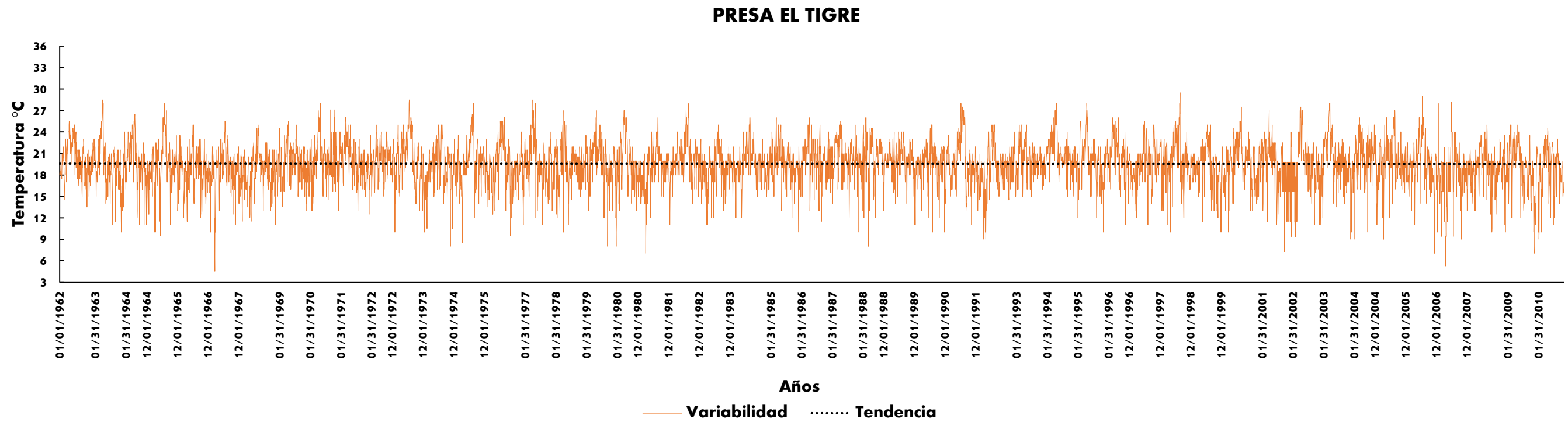
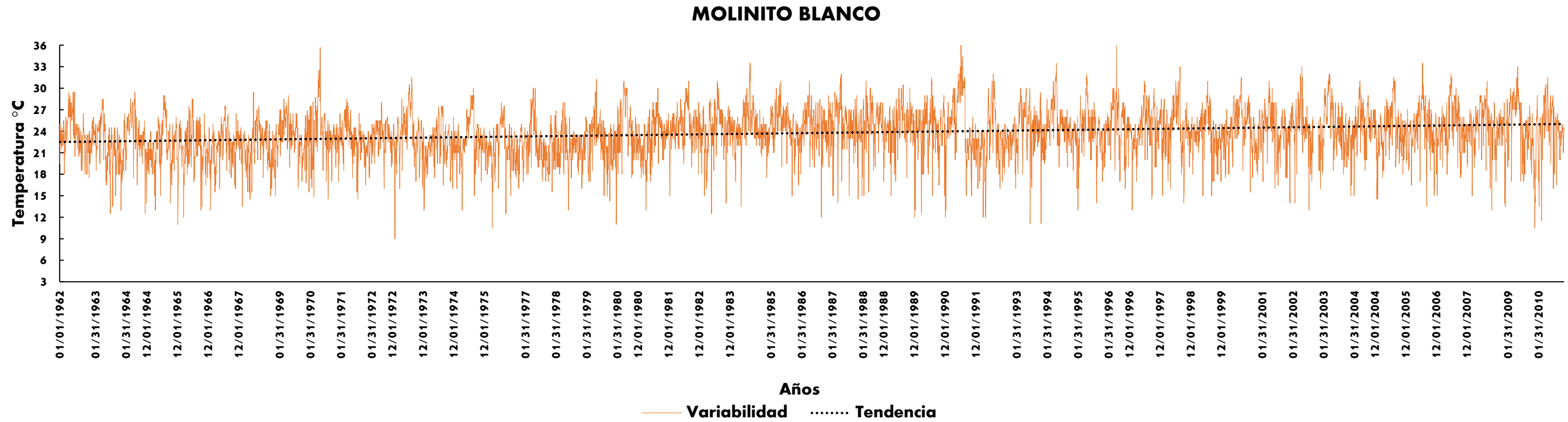


Figura 8d. Serie A: Distribución temporal de la temperatura máxima diaria de la época seca del año, de las estaciones Molinito Blanco y Presa El Tigre (1962 – 2010).

ANEXO 8. Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

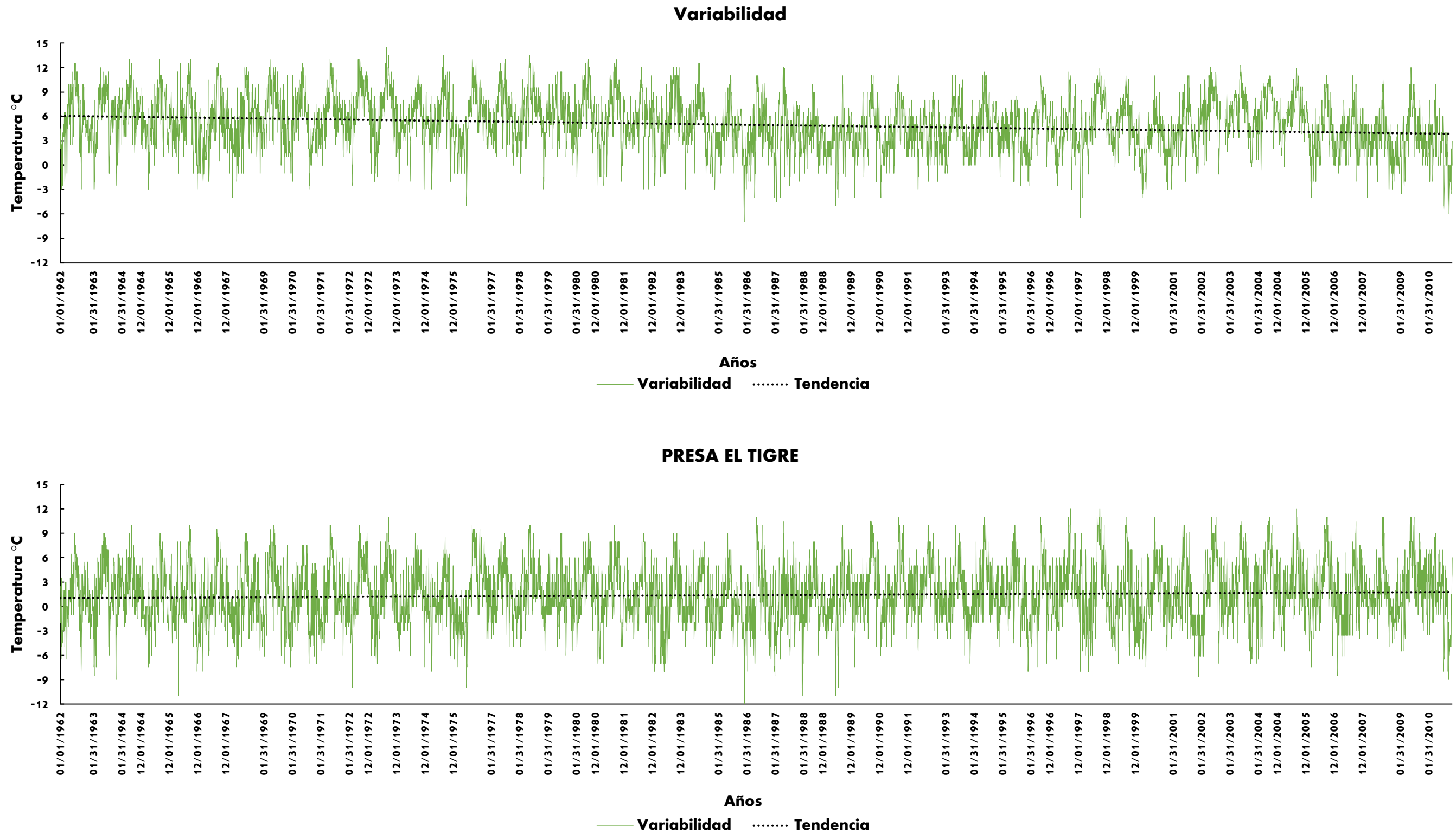


Figura 8e. Serie A: Distribución temporal de la temperatura mínima diaria de la época seca del año, de las estaciones Molinito Blanco y Presa El Tigre (1962 – 2010).

ANEXO 8. Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

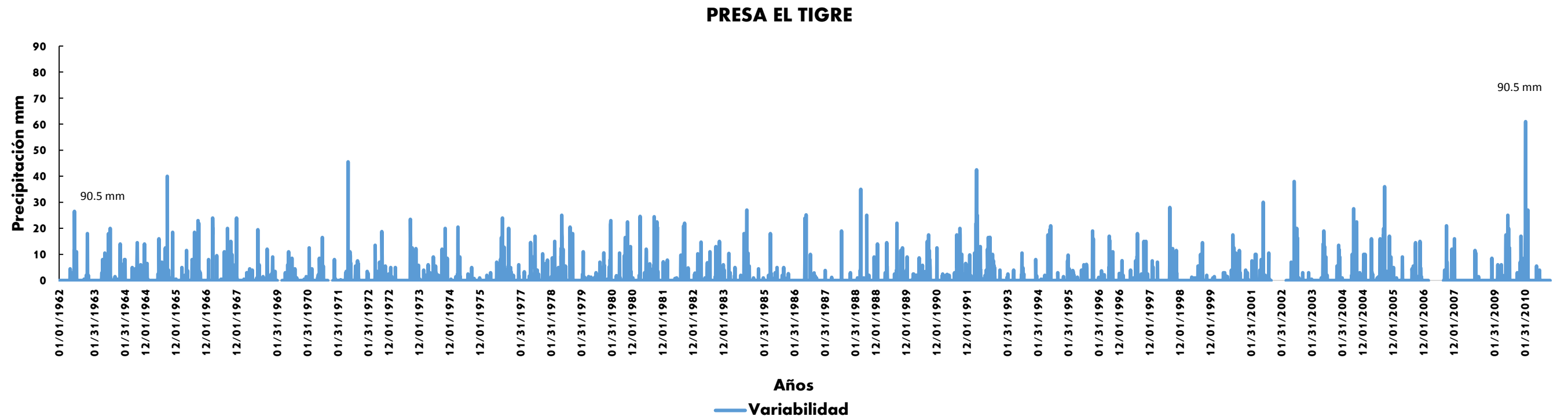
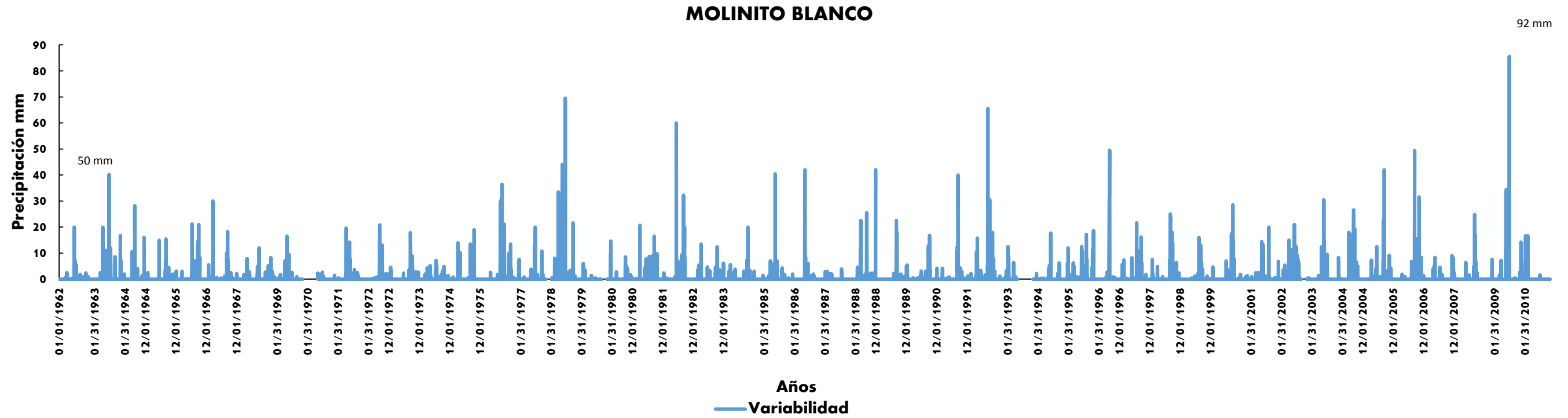


Figura 8f. Serie A: Distribución temporal de la precipitación diaria de la época seca del año, de las estaciones Molinito Blanco y Presa El Tigre (1961 – 2010).

ANEXO 9. Serie B: Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

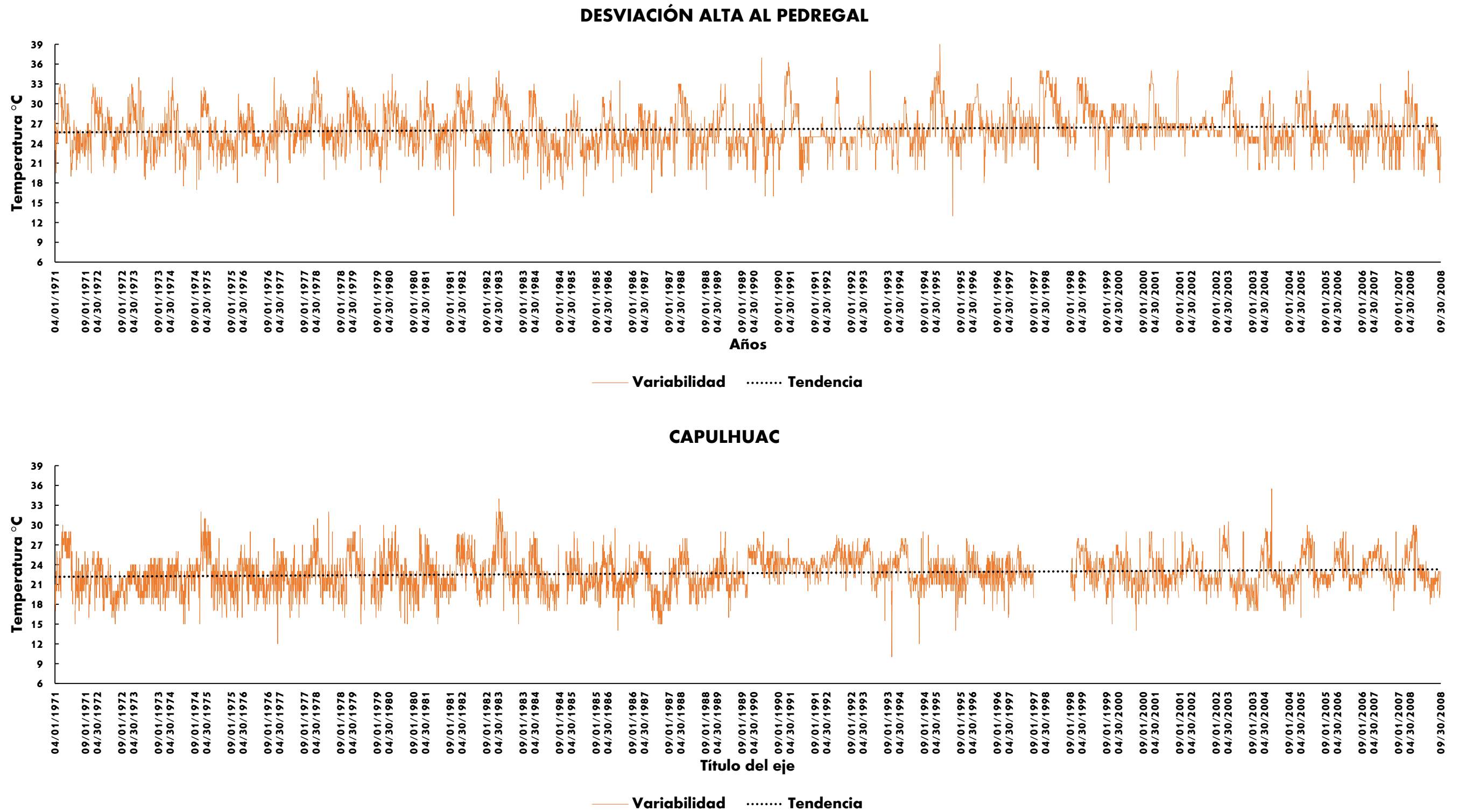


Figura 9a. Serie B: Distribución temporal de la temperatura máxima diaria de la época lluviosa del año, de las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Capulhuac (1971 – 2008)

ANEXO 9. Serie B: Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

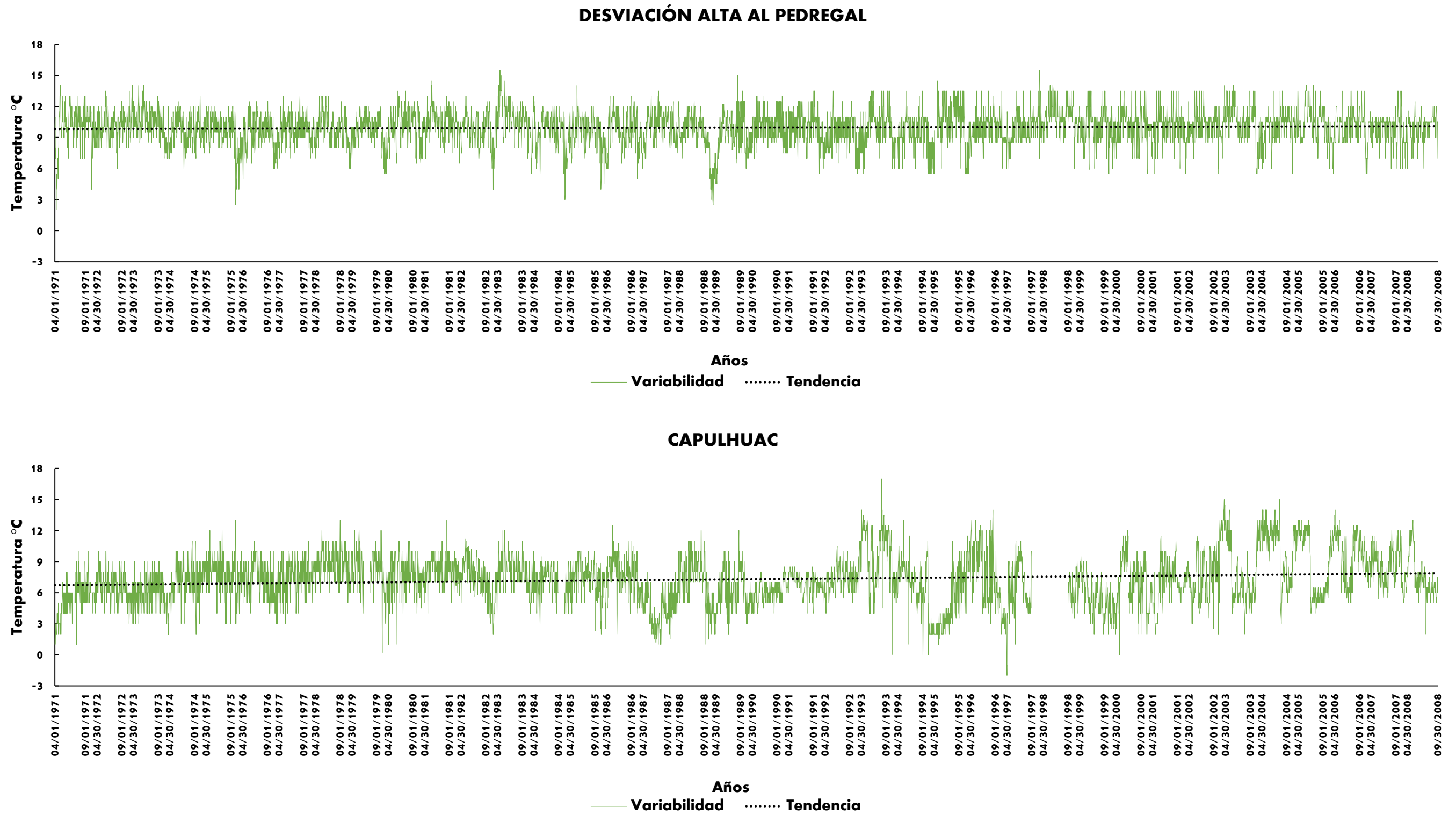


Figura 9b. Serie B: Distribución temporal de la temperatura mínima diaria de la época lluviosa del año, de las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Capulhuac (1971 – 2008)

ANEXO 9. Serie B: Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

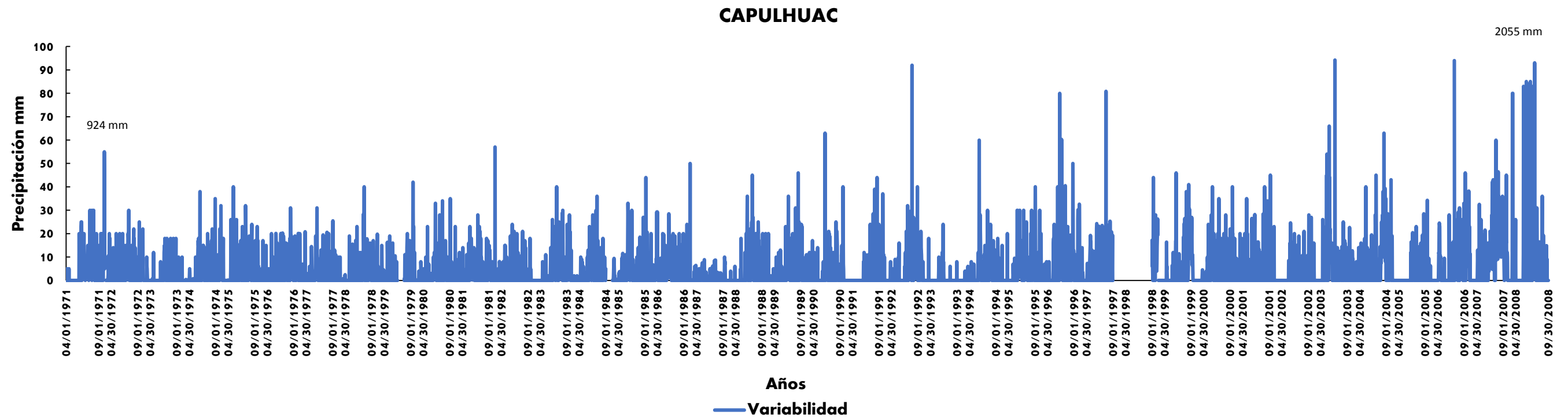
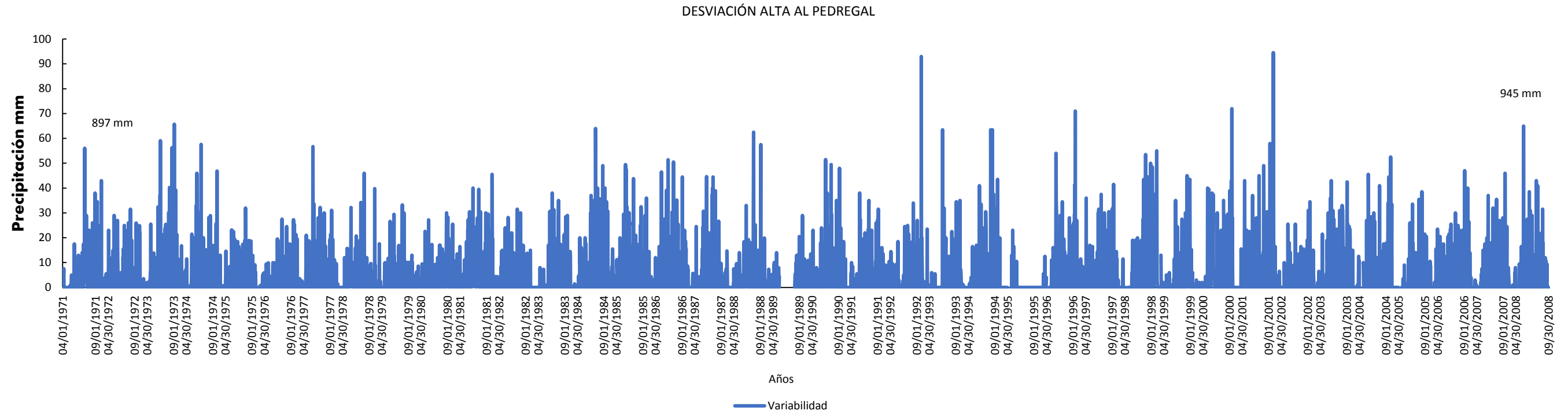


Figura 9c. Serie A: Distribución temporal de la precipitación diaria de la época lluviosa del año, de las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Capulhuac (1971 – 2008).

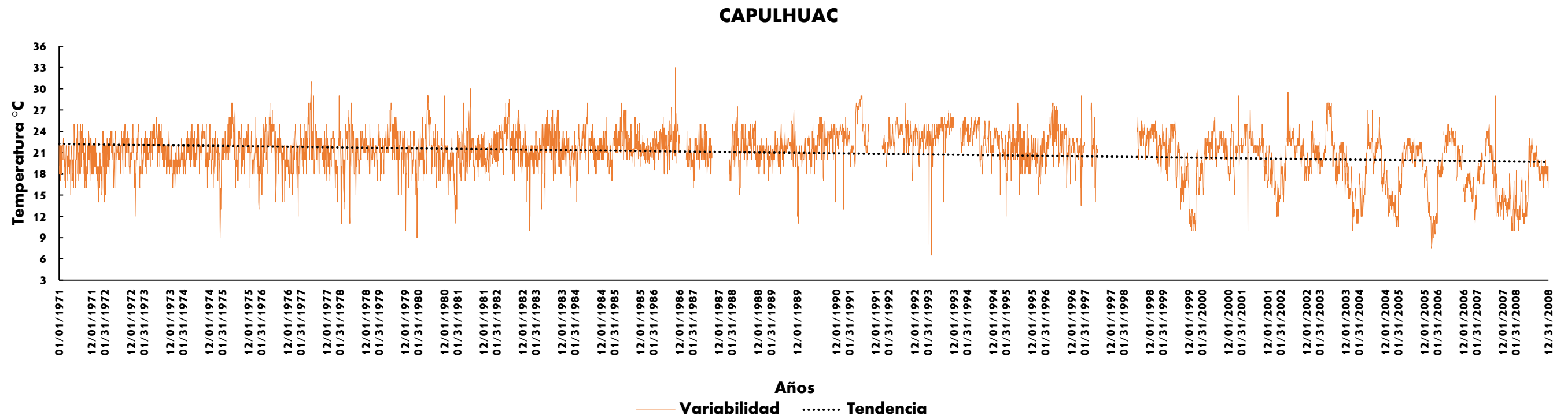
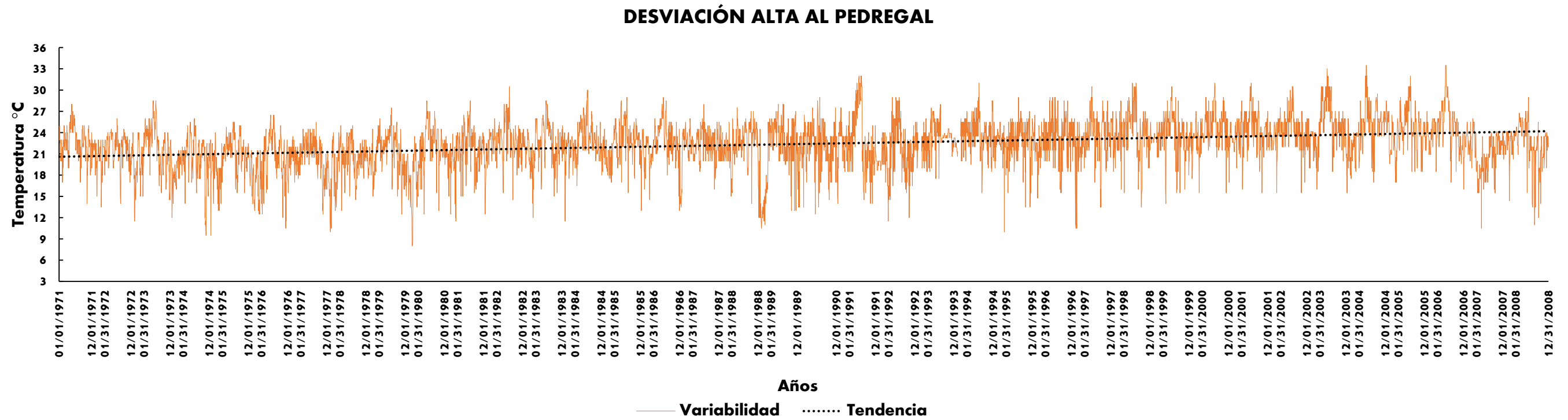


Figura 9d. Serie B: Distribución temporal de la temperatura máxima diaria de la época seca del año, de las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Capulhuac (1971 – 2008)

ANEXO 9. Serie B: Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

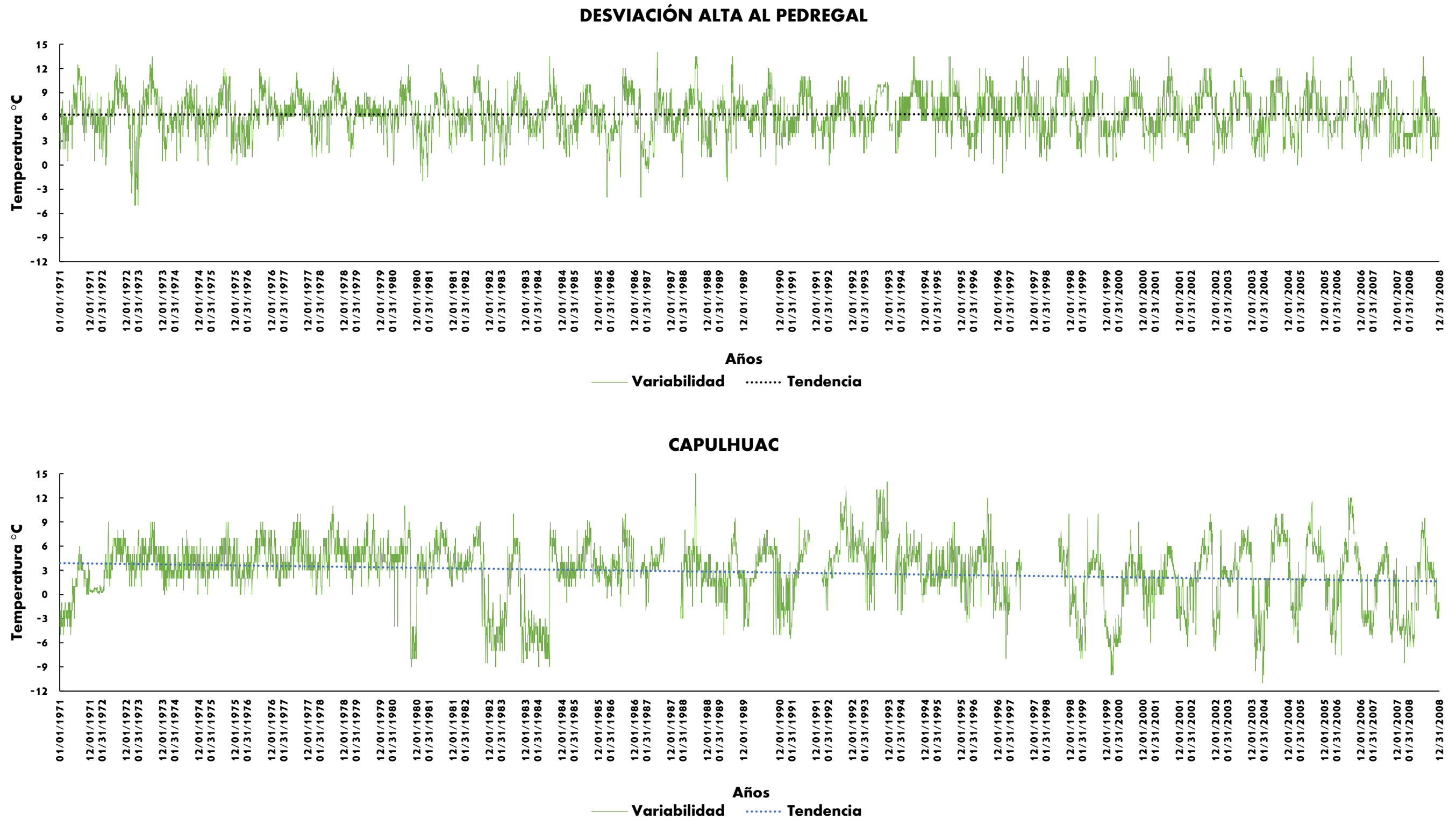
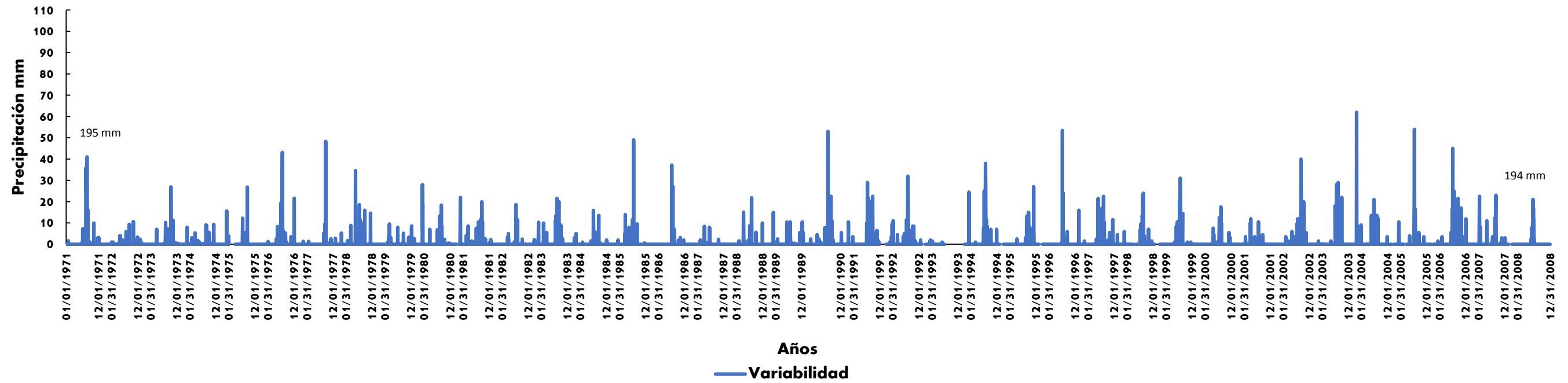


Figura 9e. Serie B: Distribución temporal de la temperatura mínima diaria de la época seca del año, de las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Capulhuac (1971 – 2008)

ANEXO 9. Serie B: Distribución temporal de la TemMax, TemMin y PrecDia de las épocas lluviosa y seca del año

DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL



CAPULHUAC

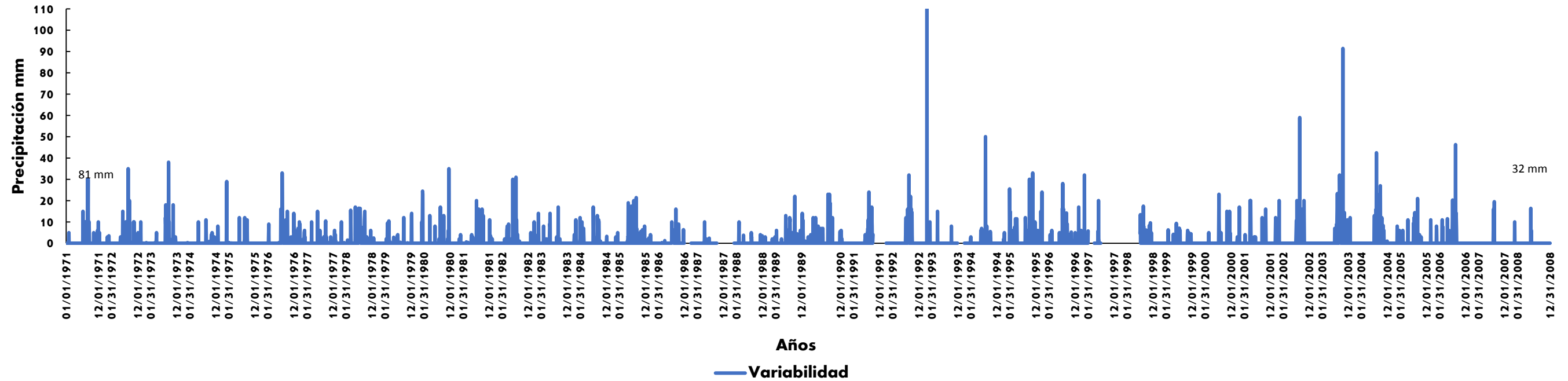
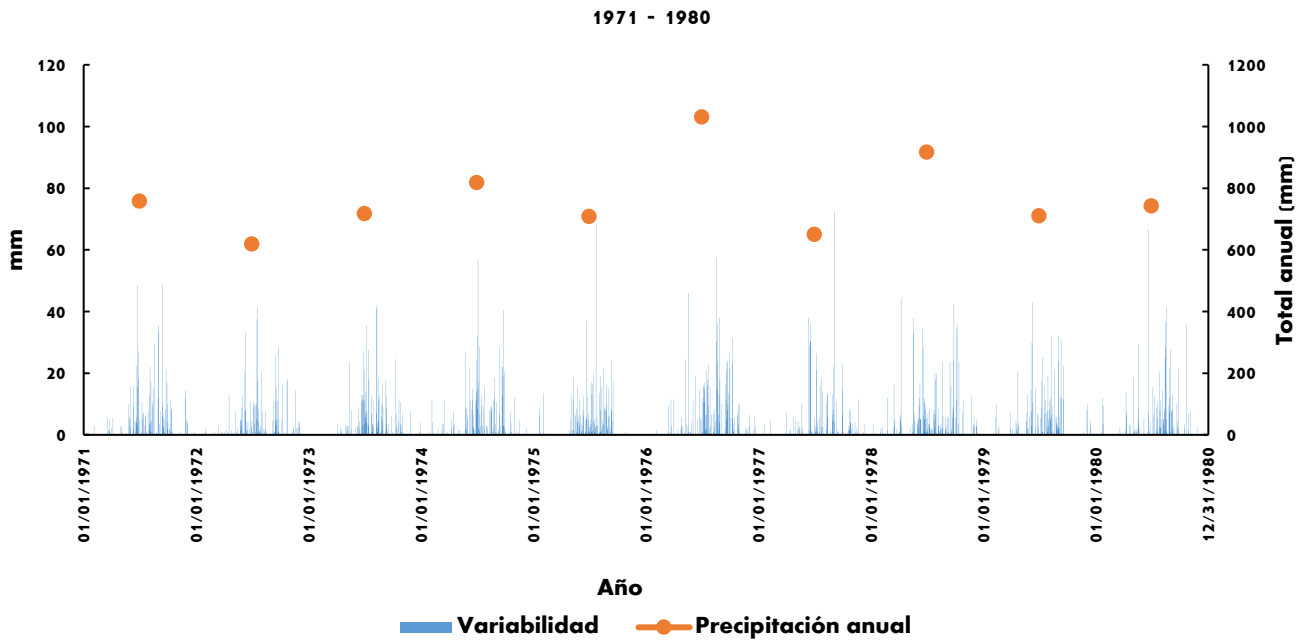
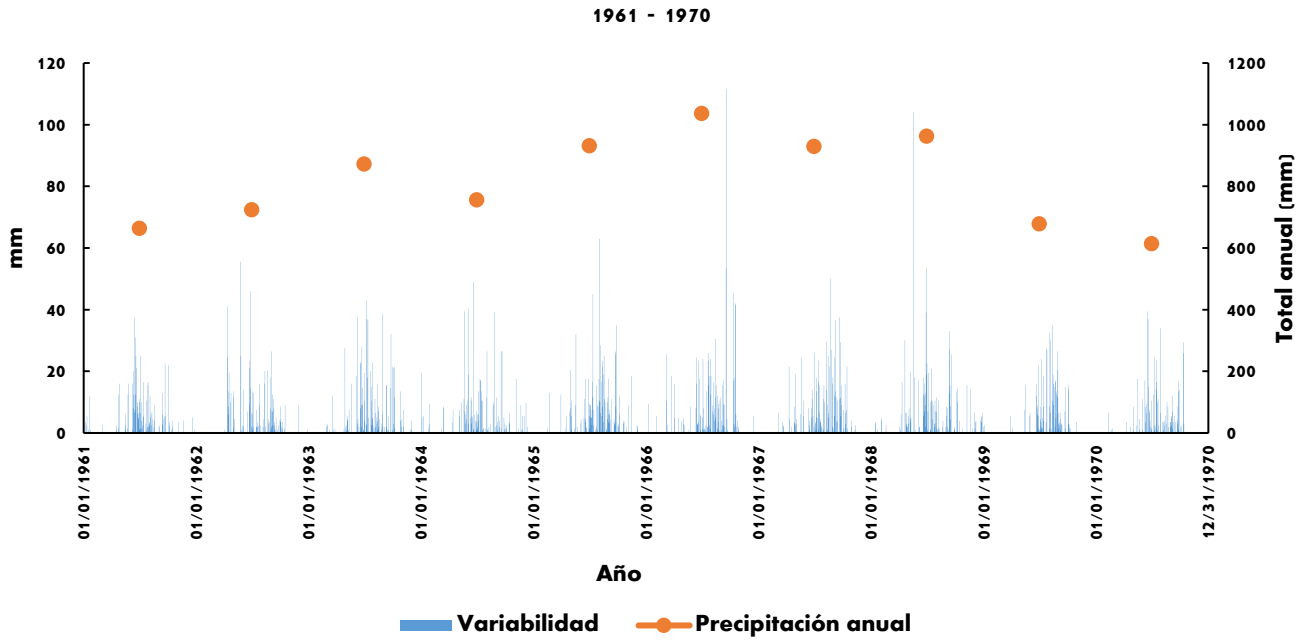
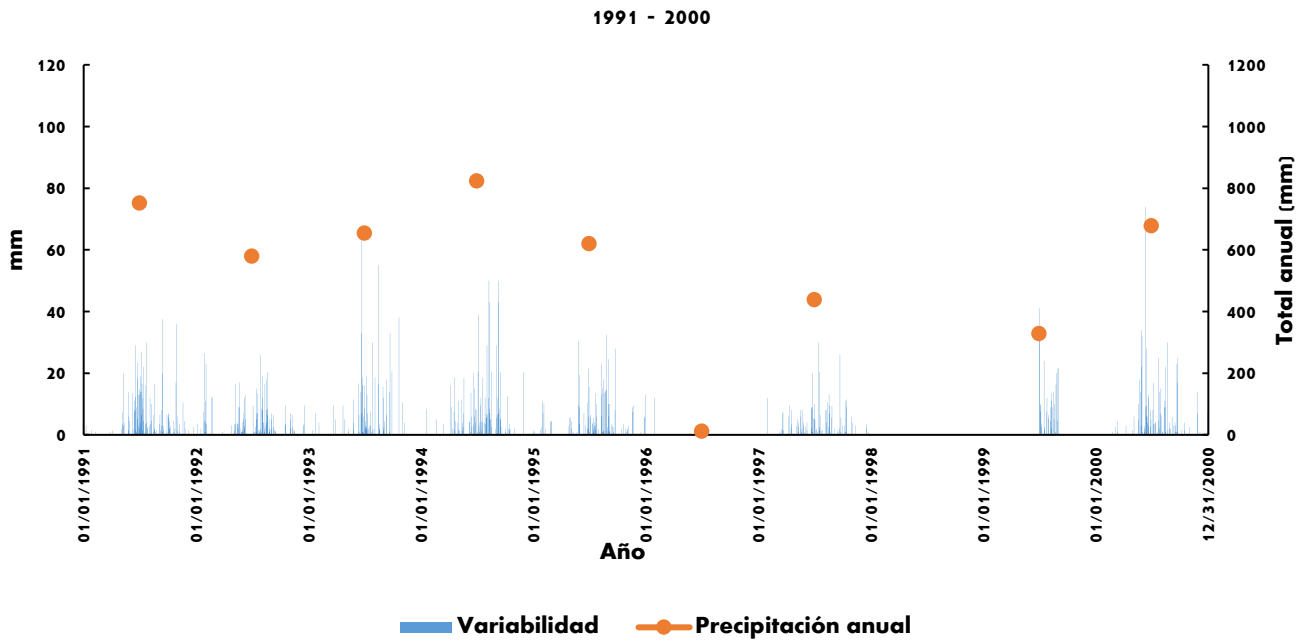
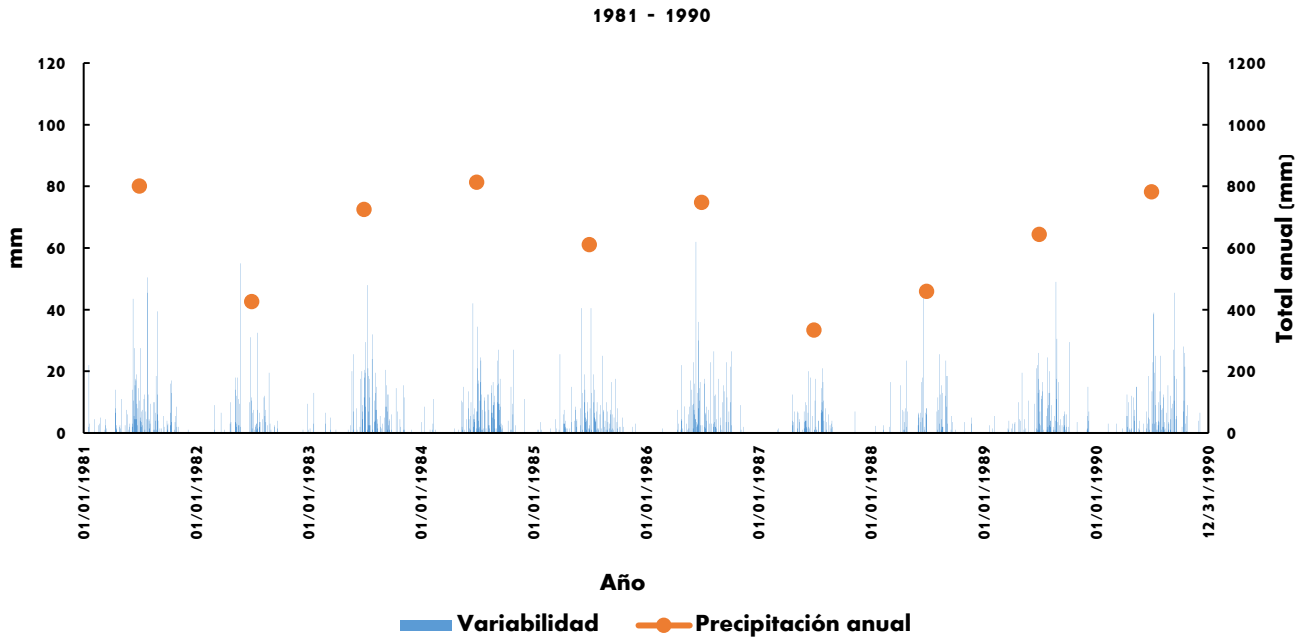


Figura 9f. Serie A: Distribución temporal de la precipitación diaria de la época seca del año, de las estaciones Desviación Alta al Pedregal y Capulhuac (1971 – 2008).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

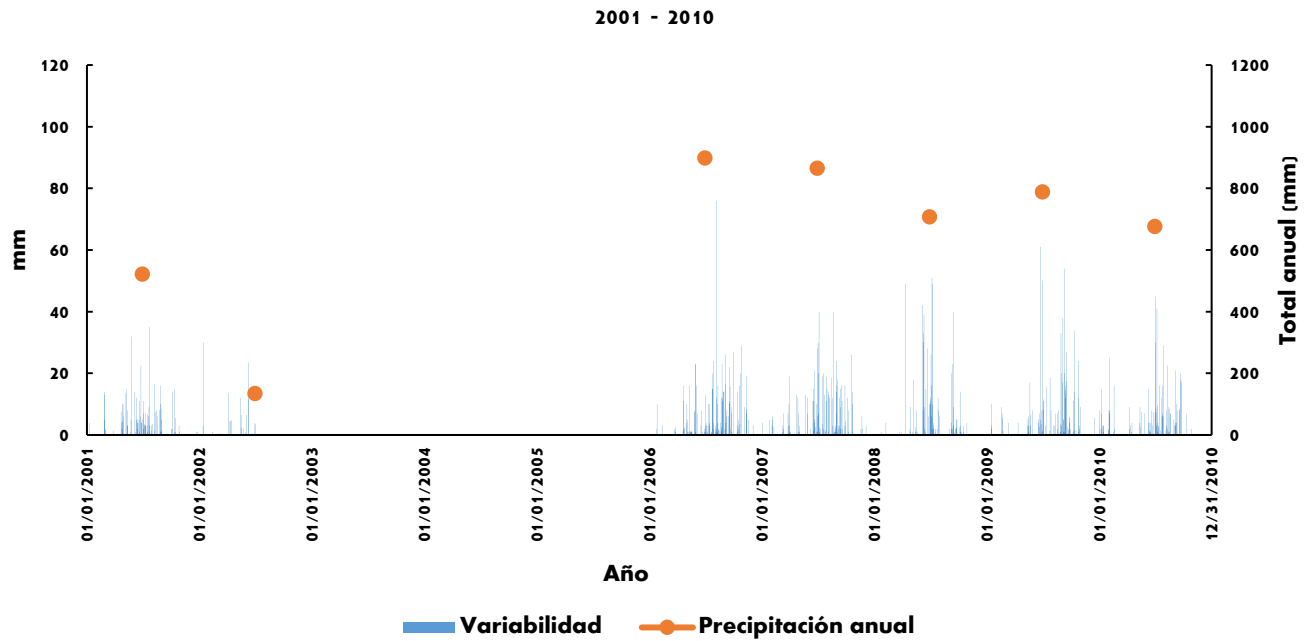
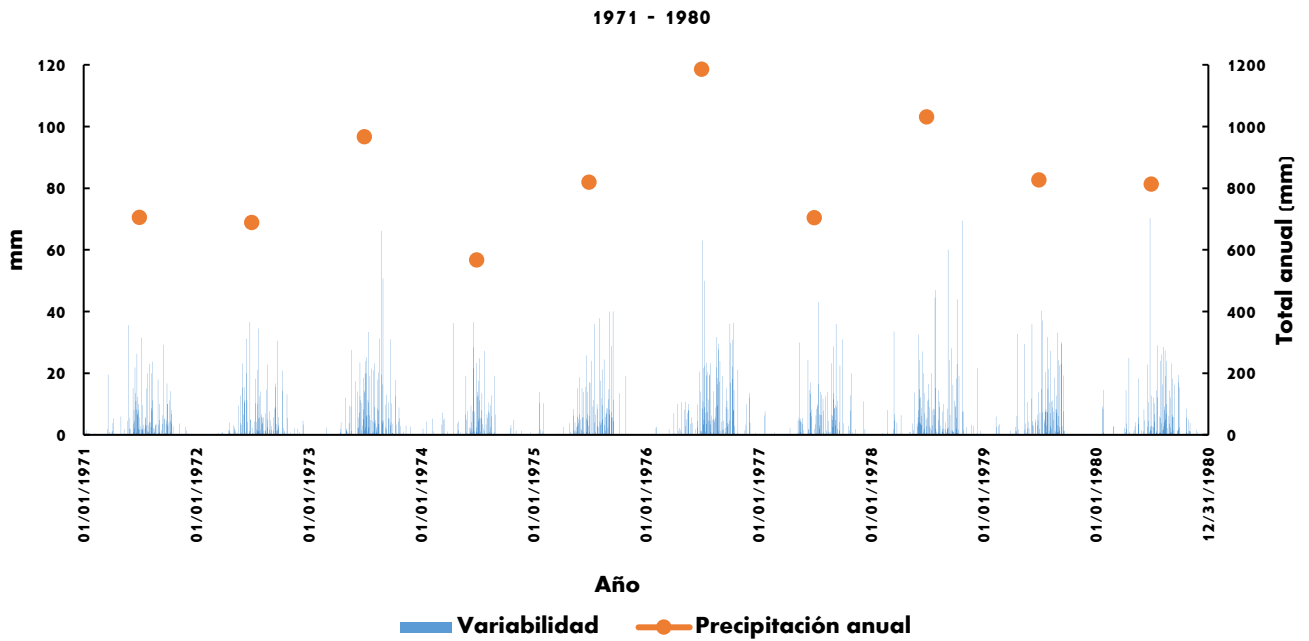
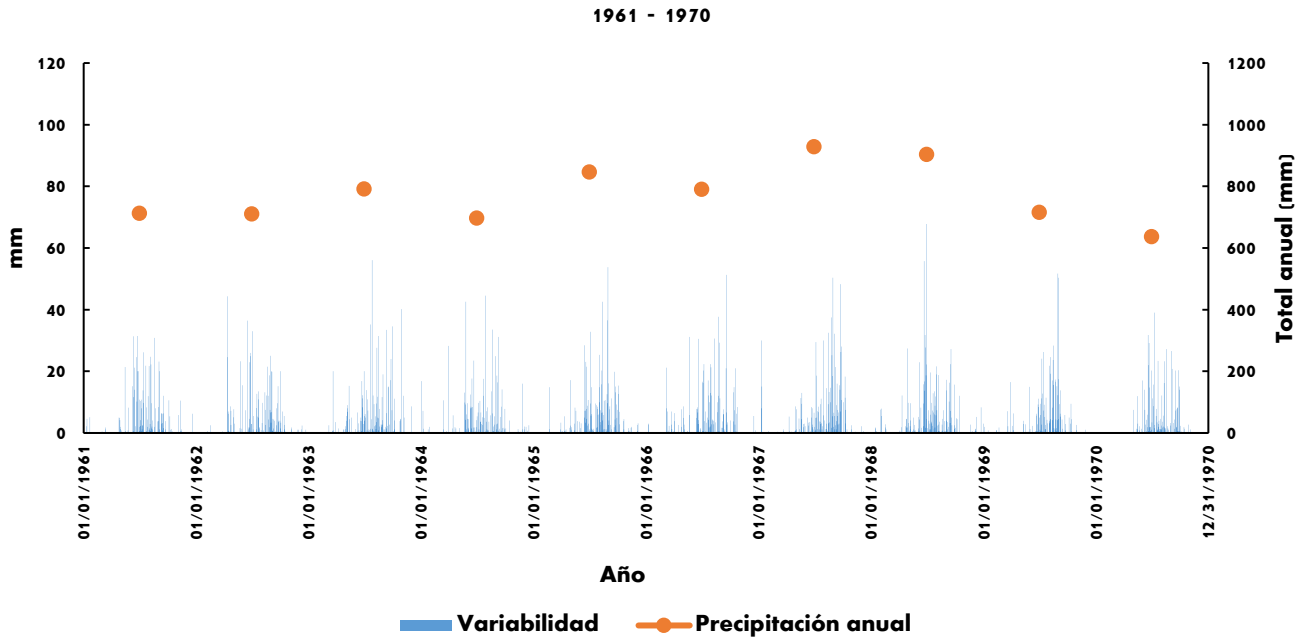
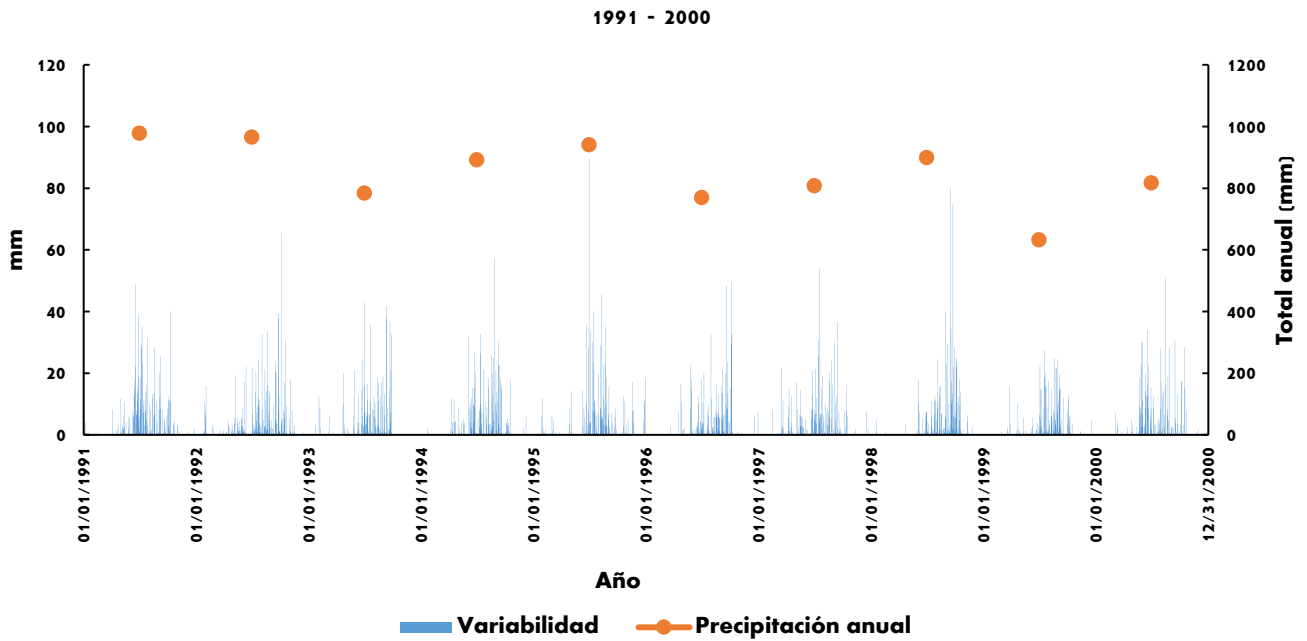
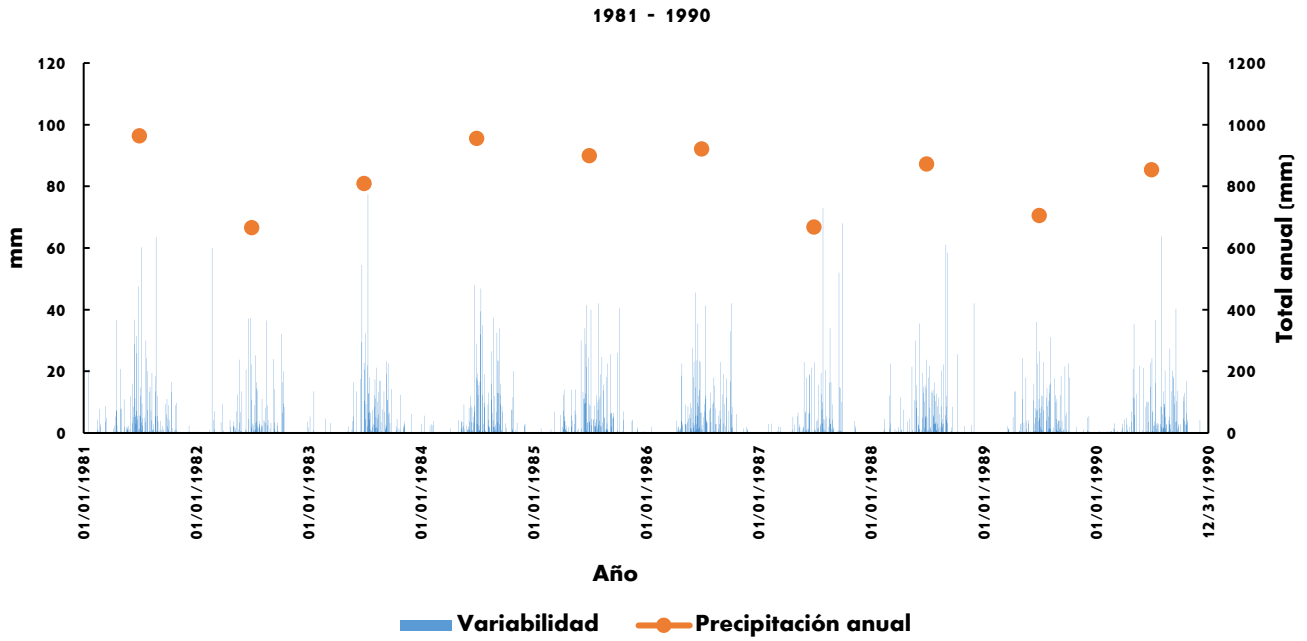


Figura 7a. Serie 1: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Presa Taximay por décadas (1961 – 2010).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

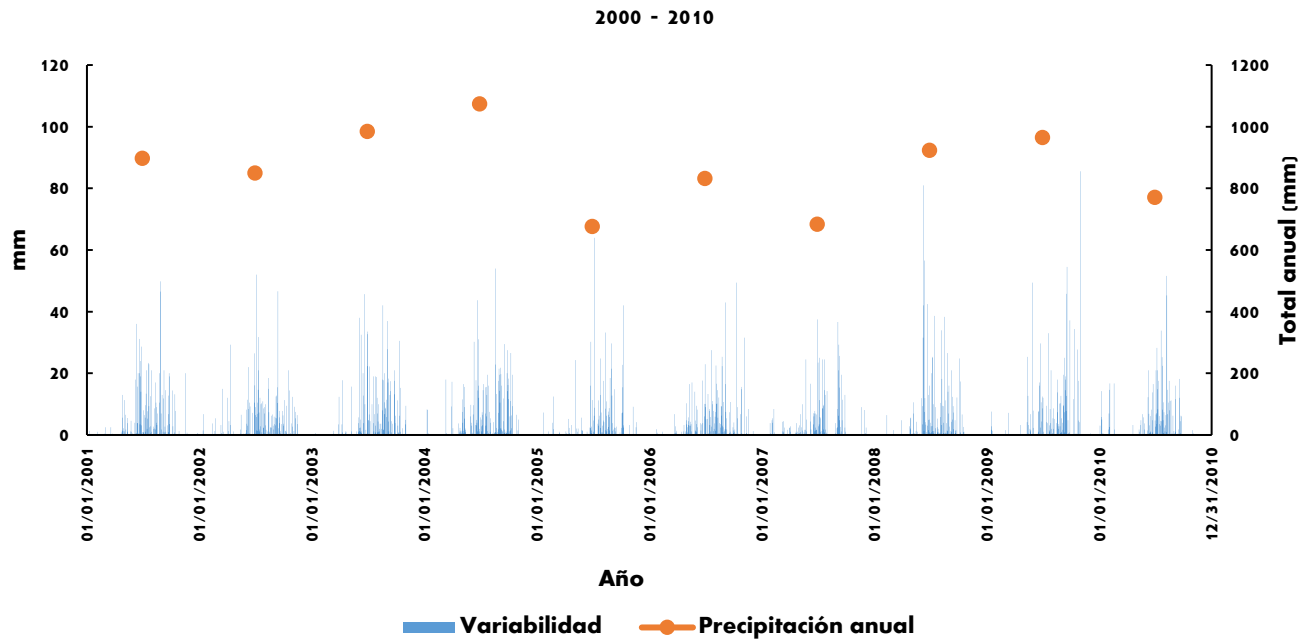
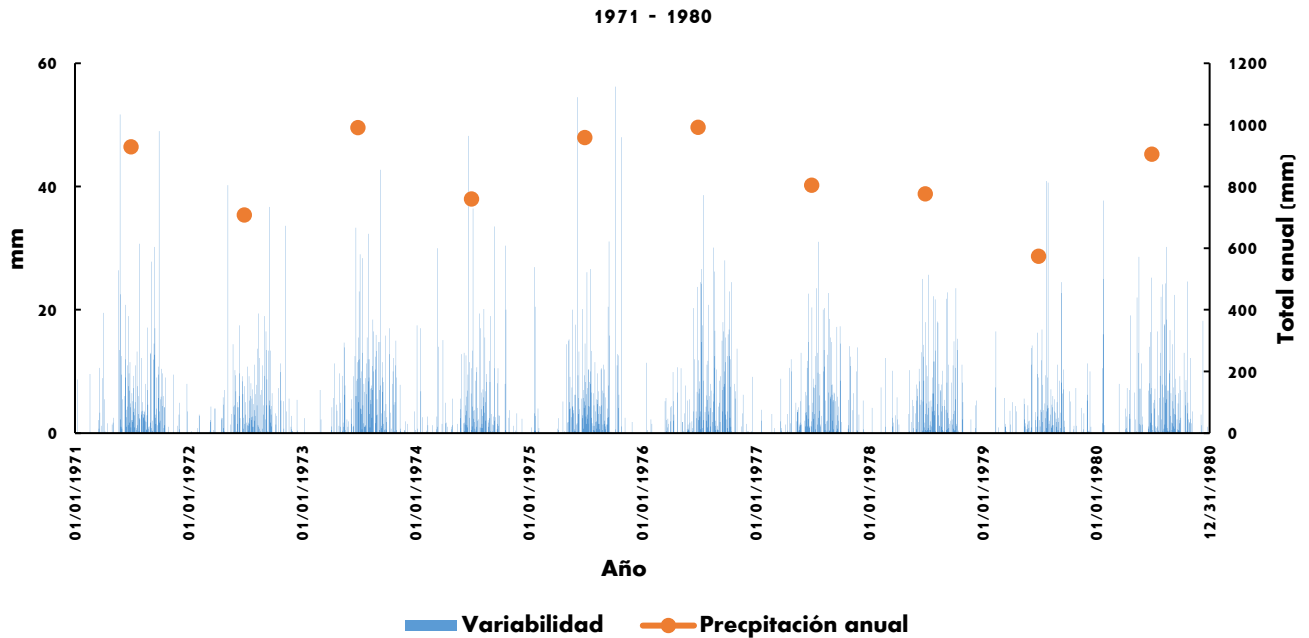
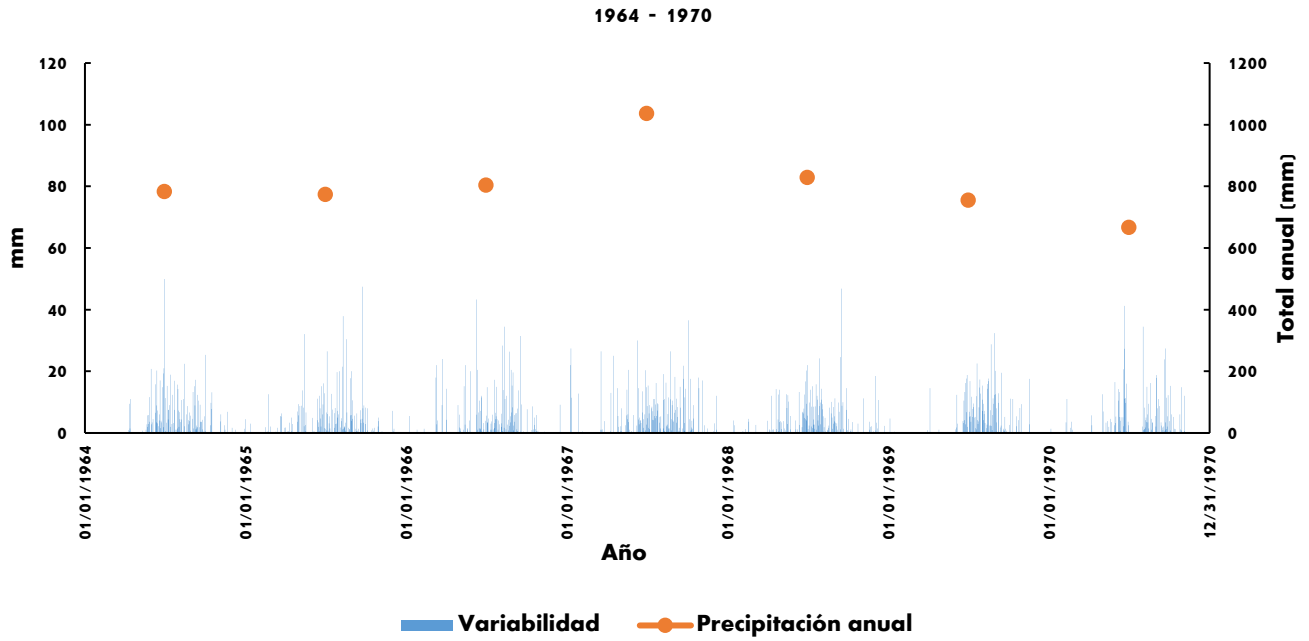
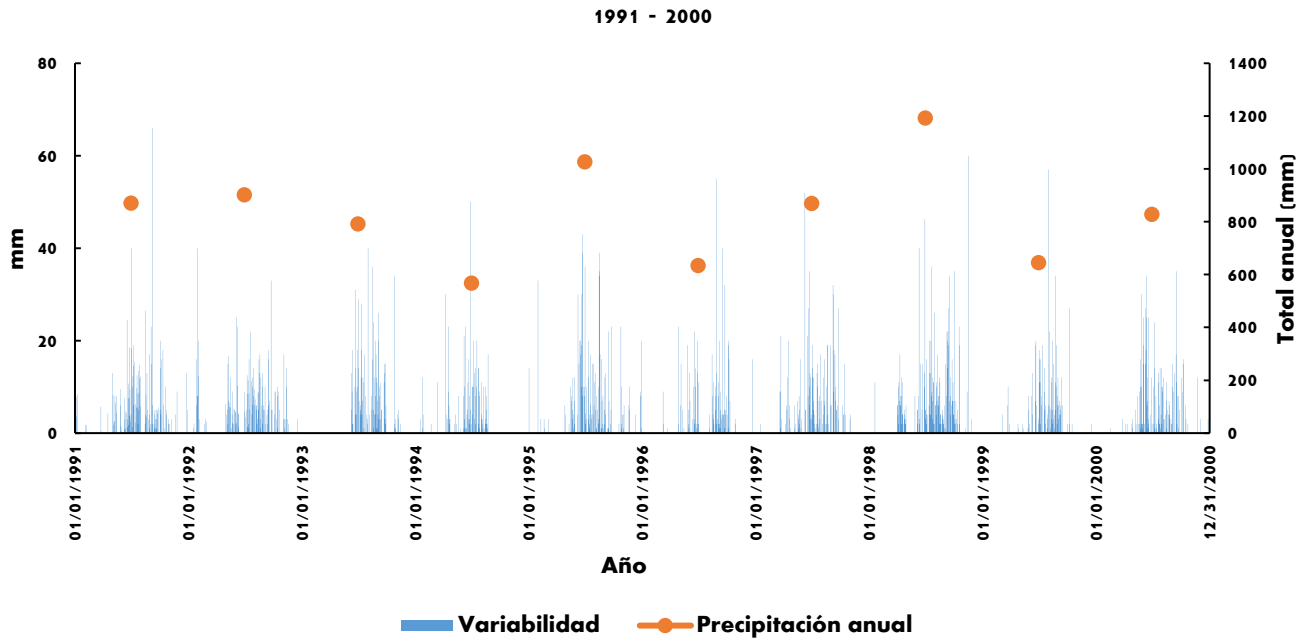
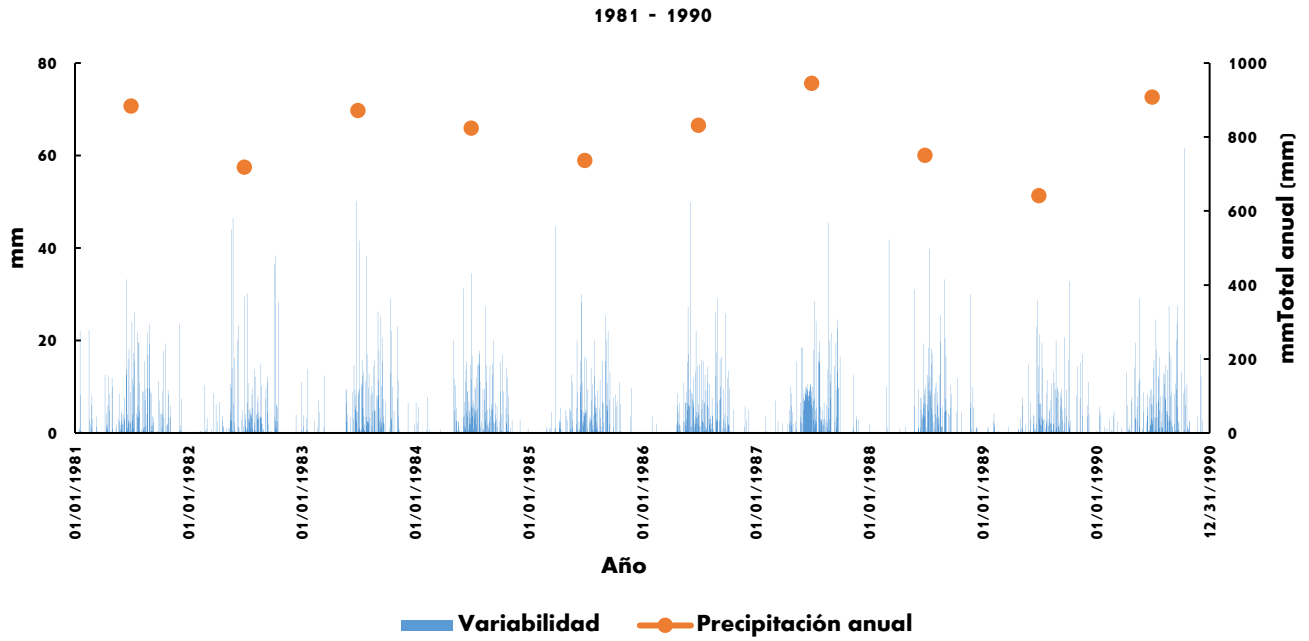


Figura 7b. Serie 1: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Molinito Blanco por décadas (1961 – 2010).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

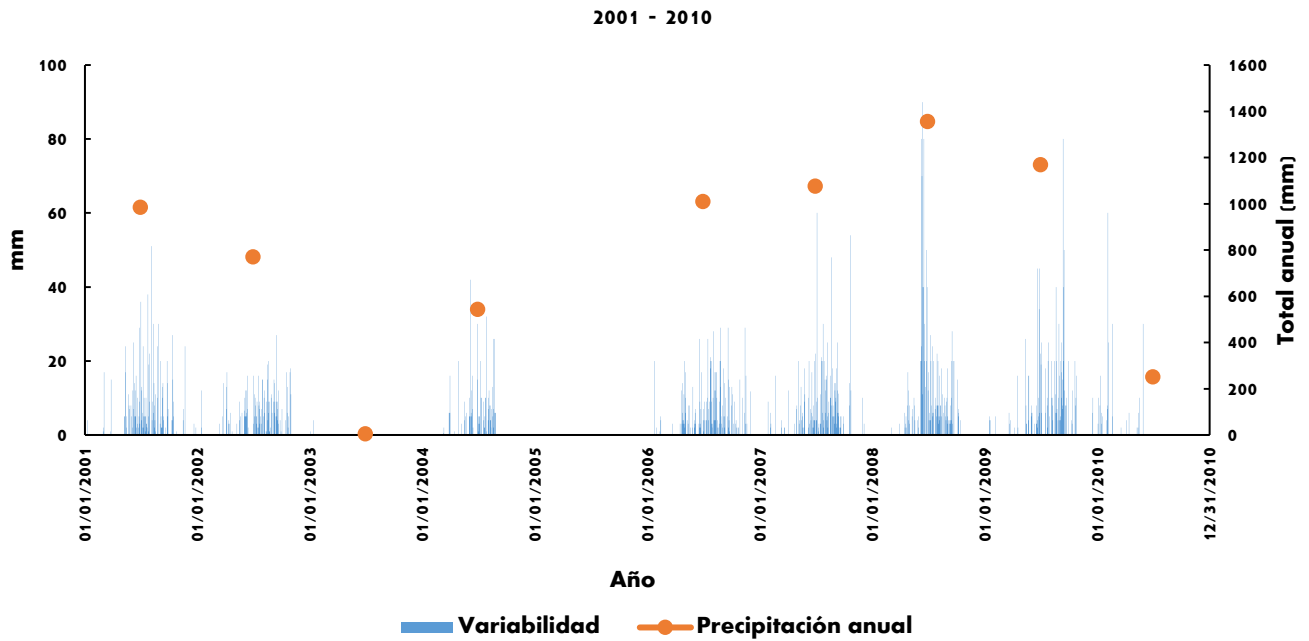
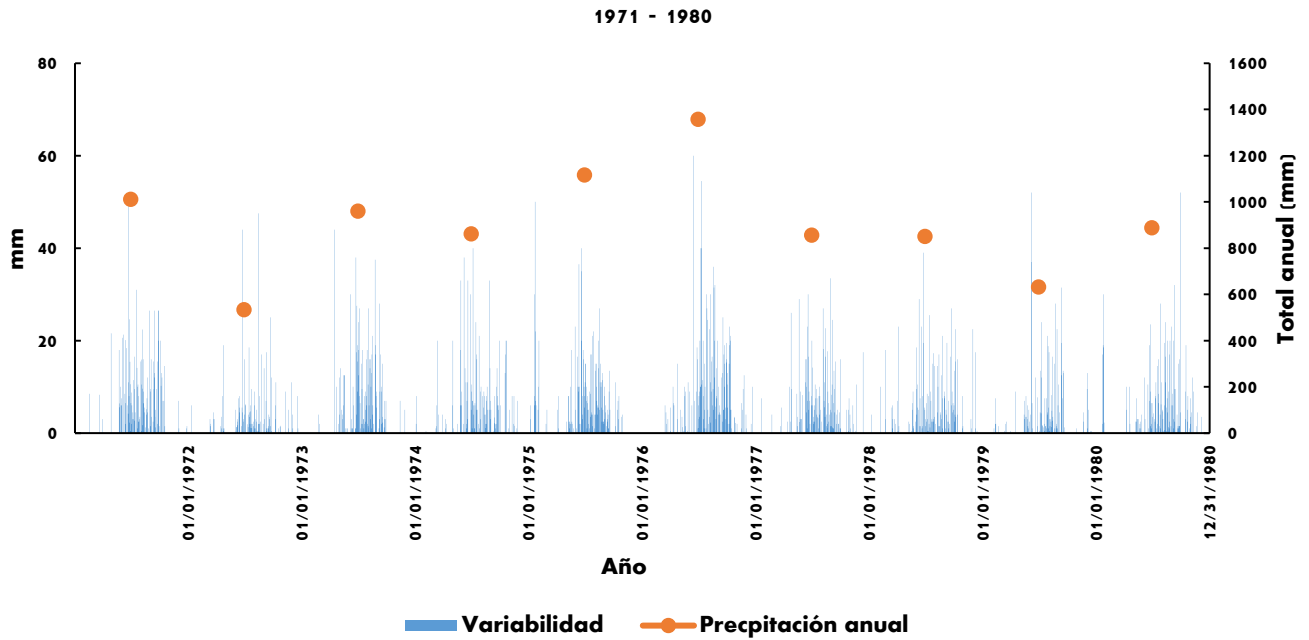
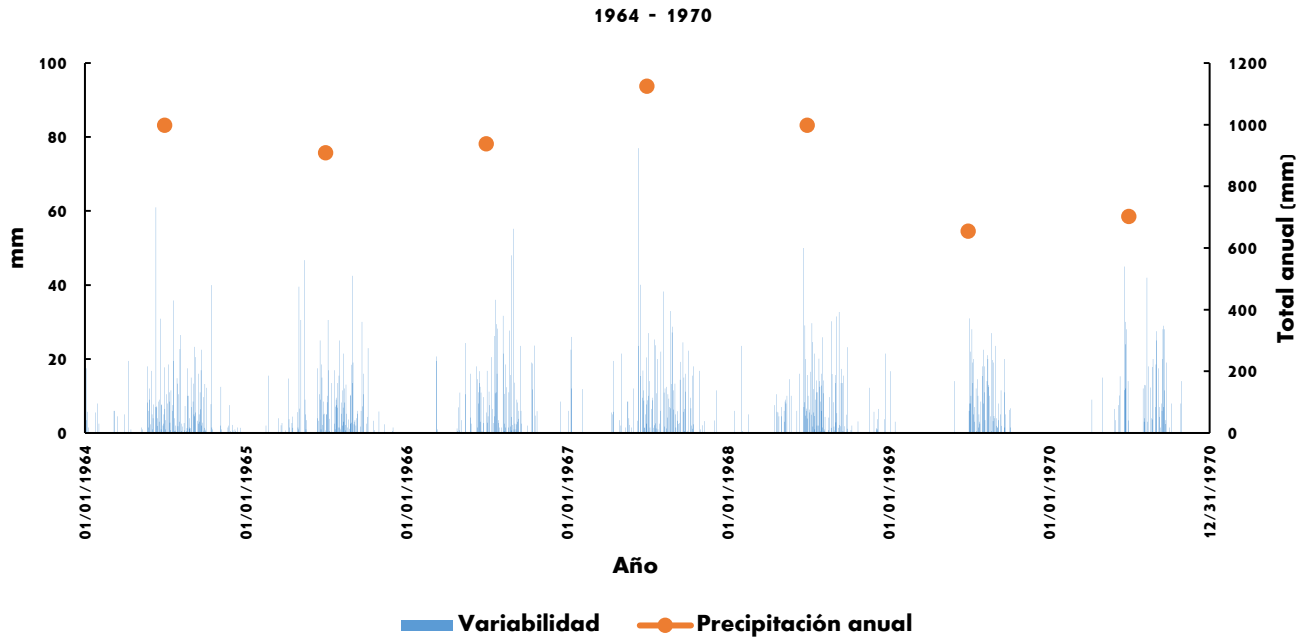
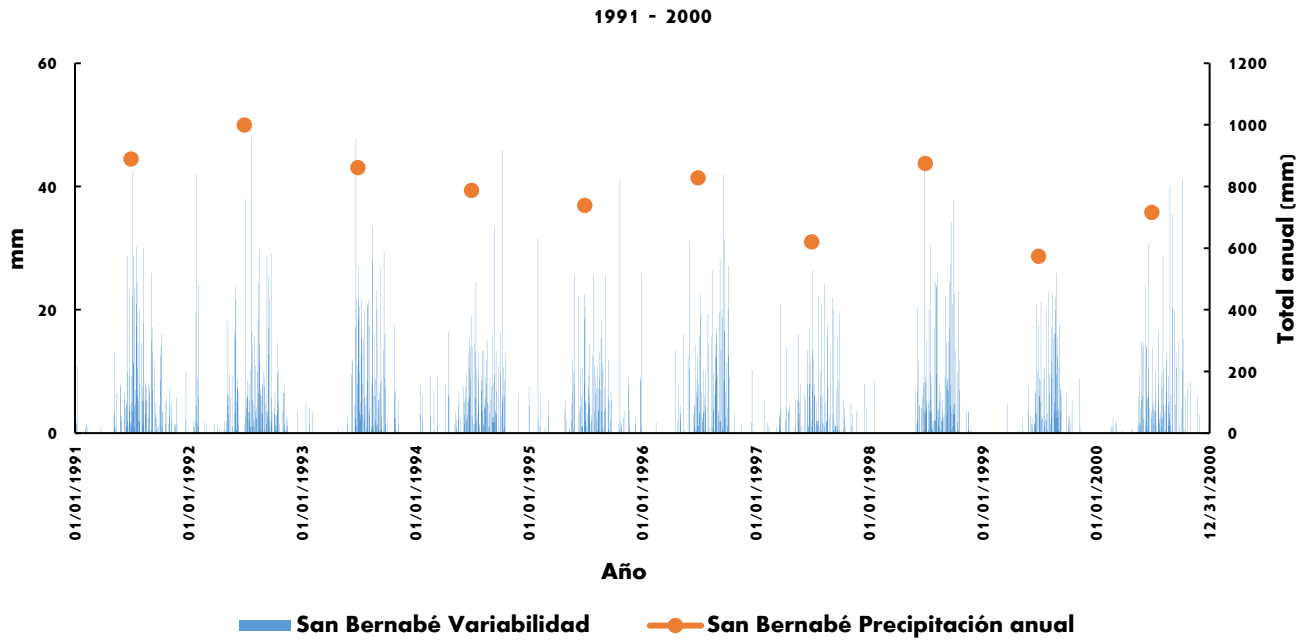
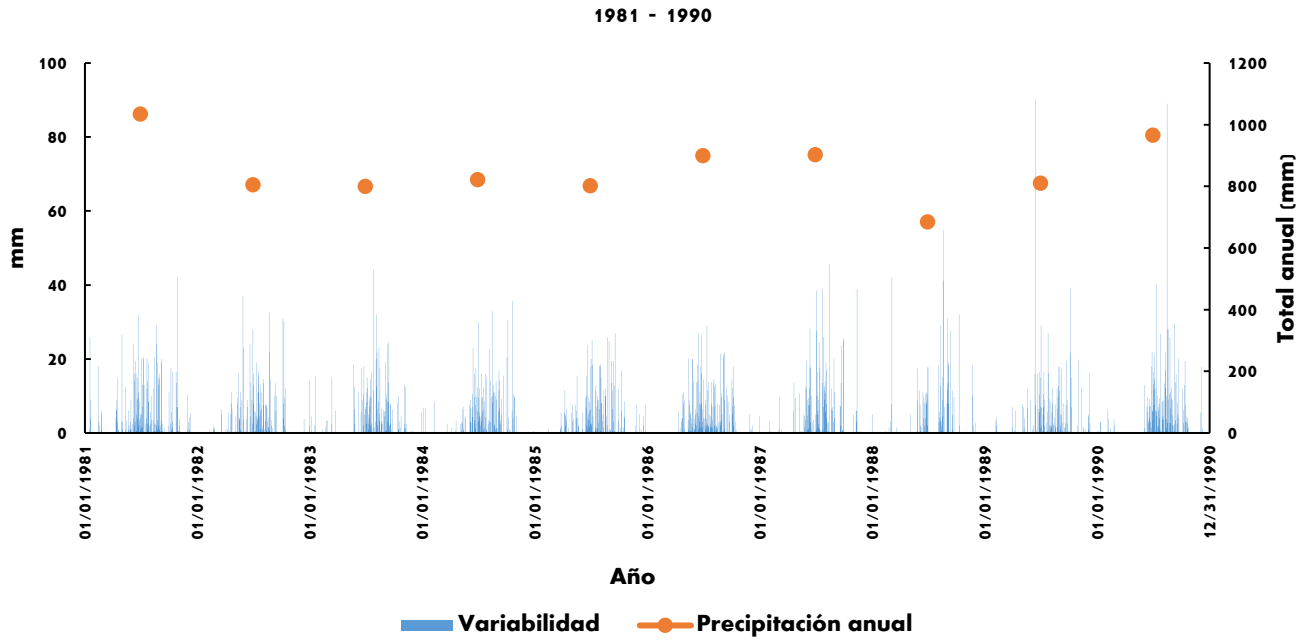


Figura 7c. Serie 3: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Ejido de Llano Grande por décadas (1964 – 2010).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

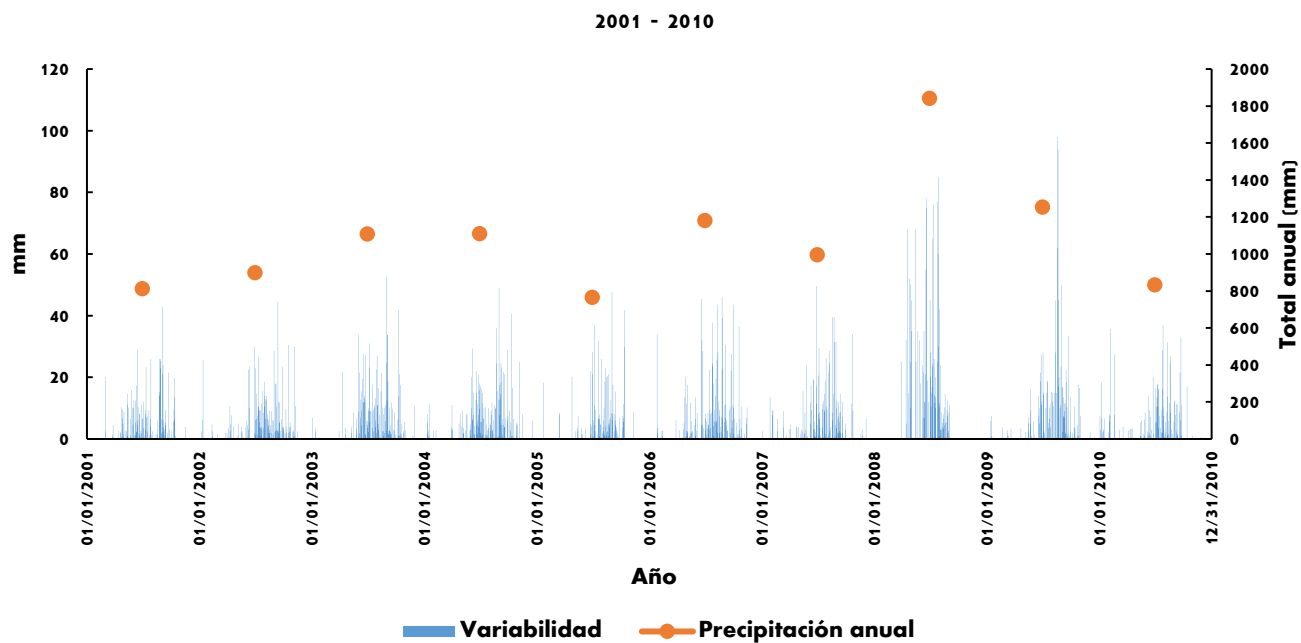
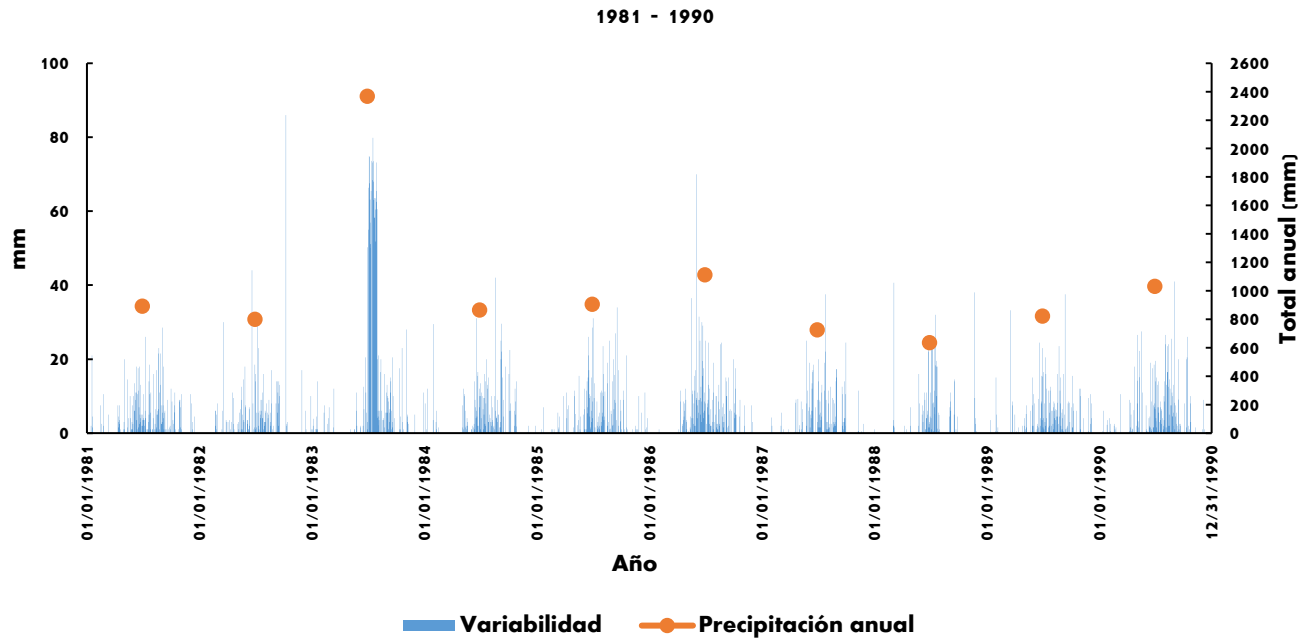
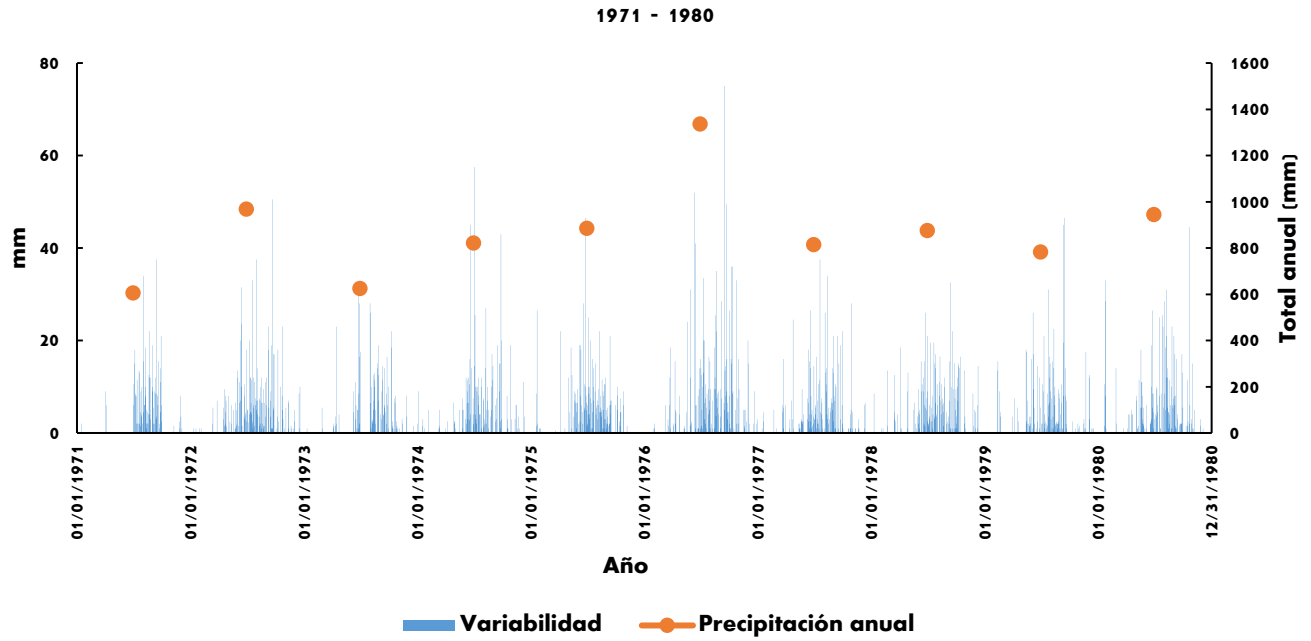


Figura 7d. Serie 3: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación San Bernabé por décadas (1964 – 2010).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

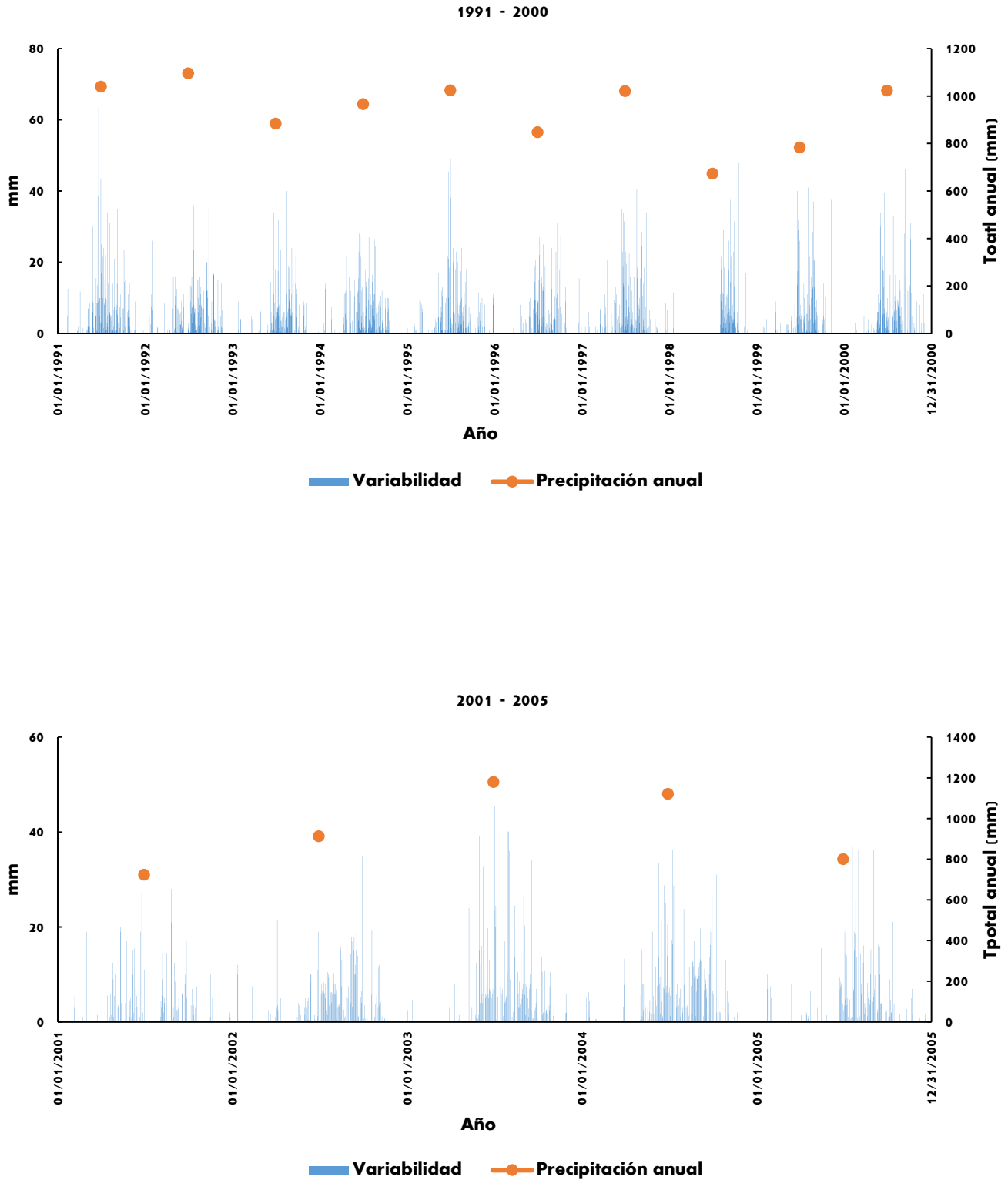
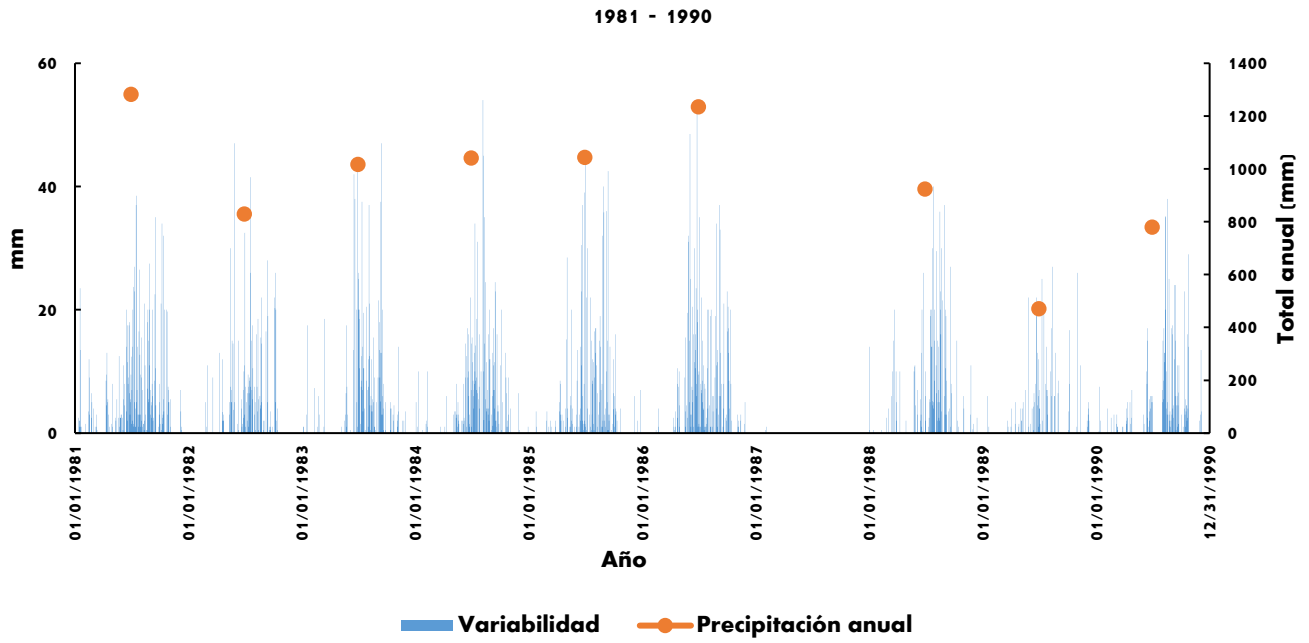
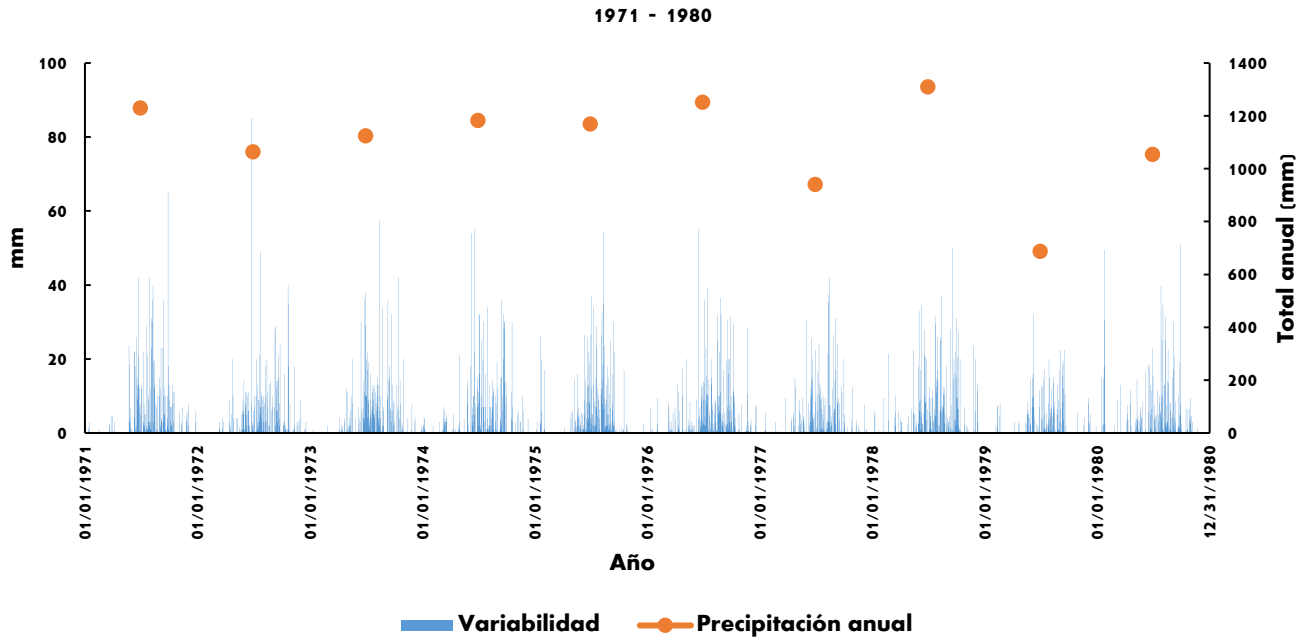


Figura 7e. Serie 4: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Temoaya por décadas (1971 – 2005).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

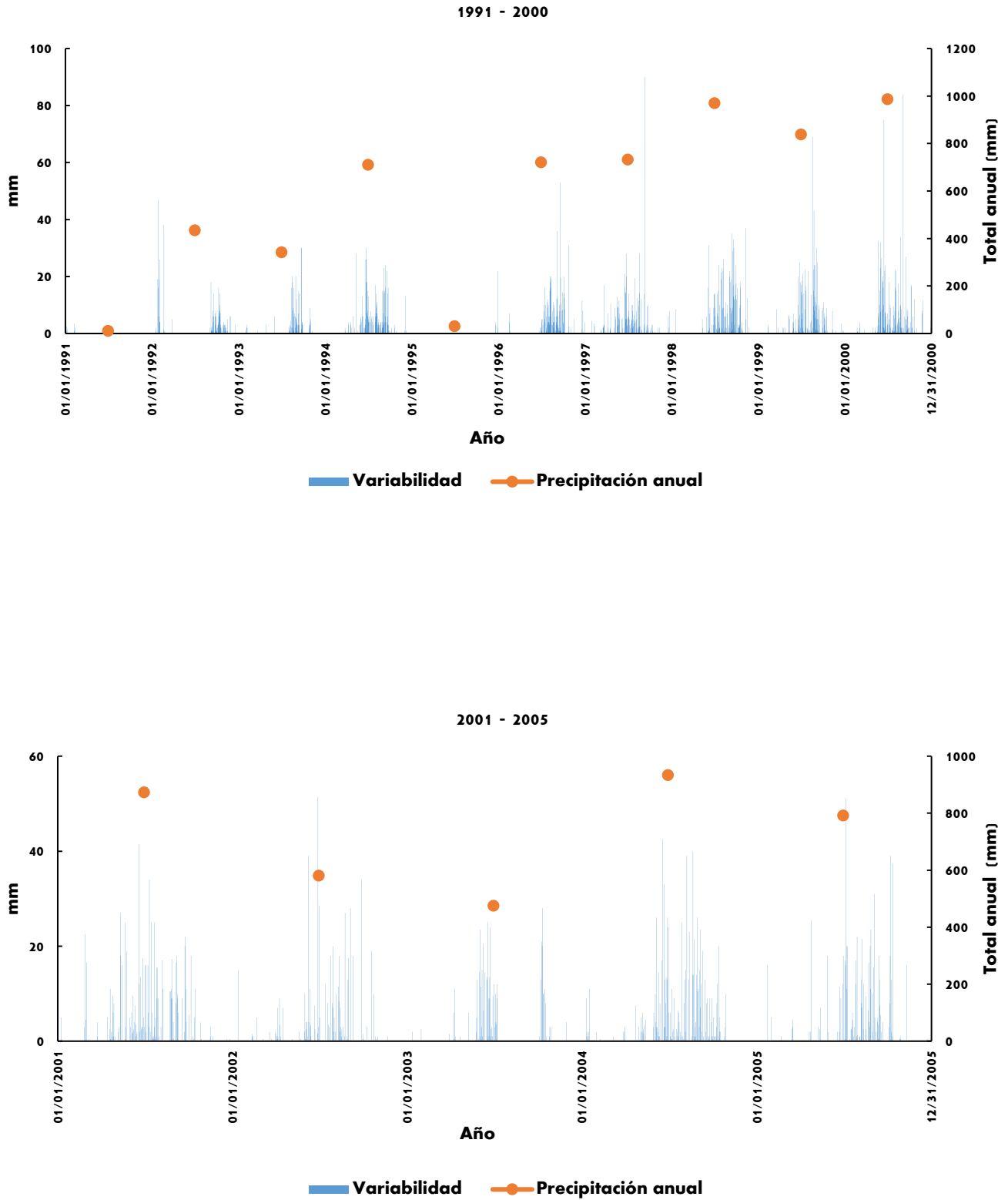
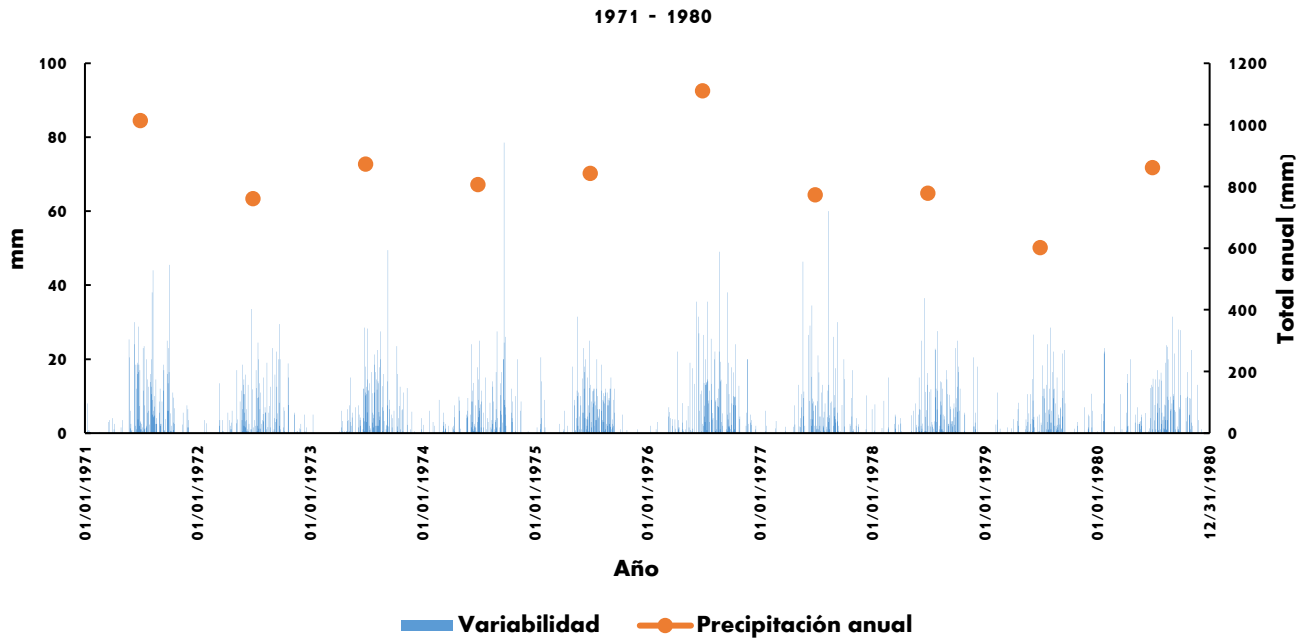
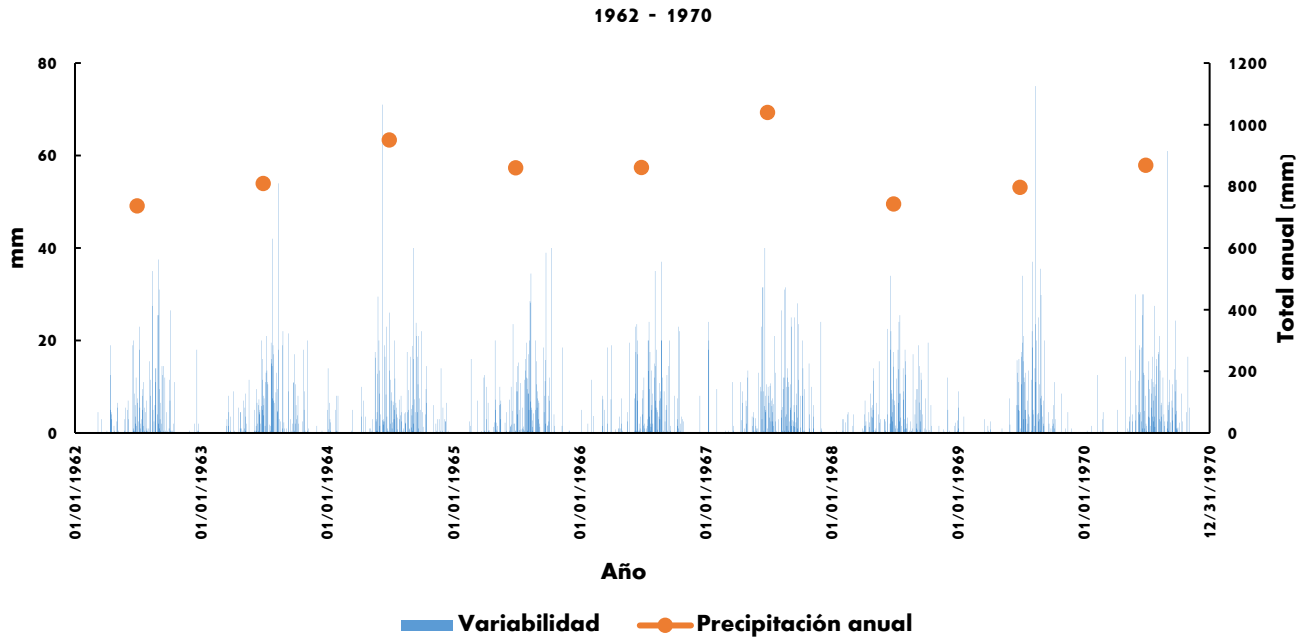
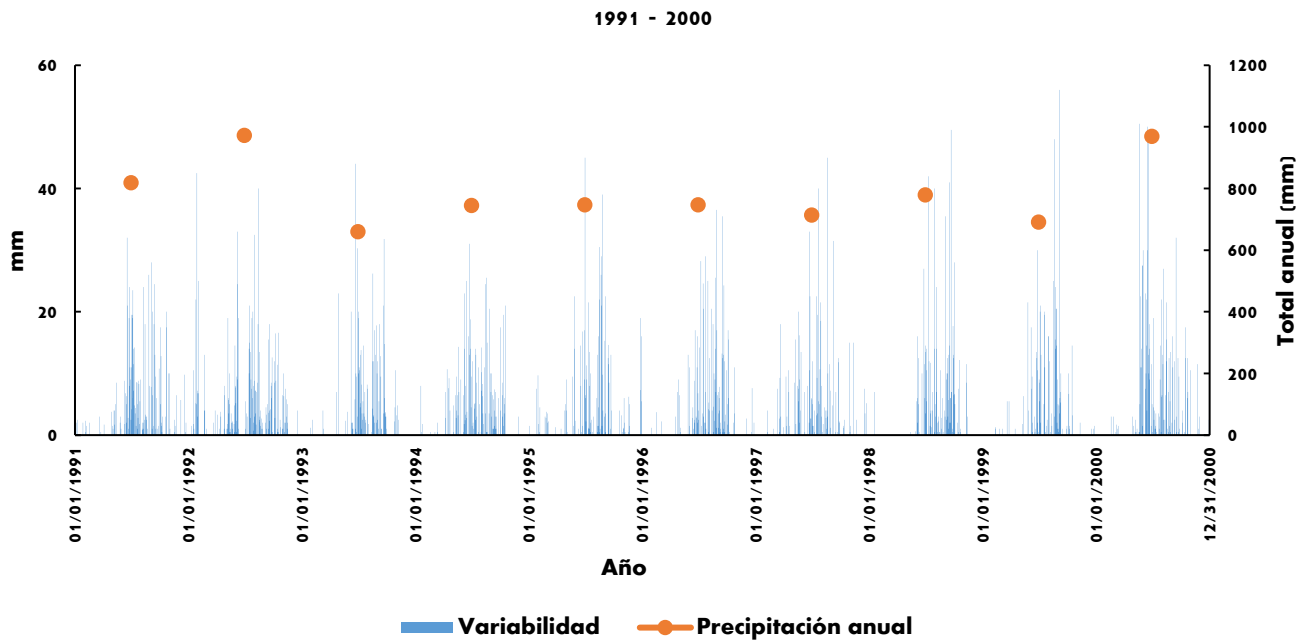
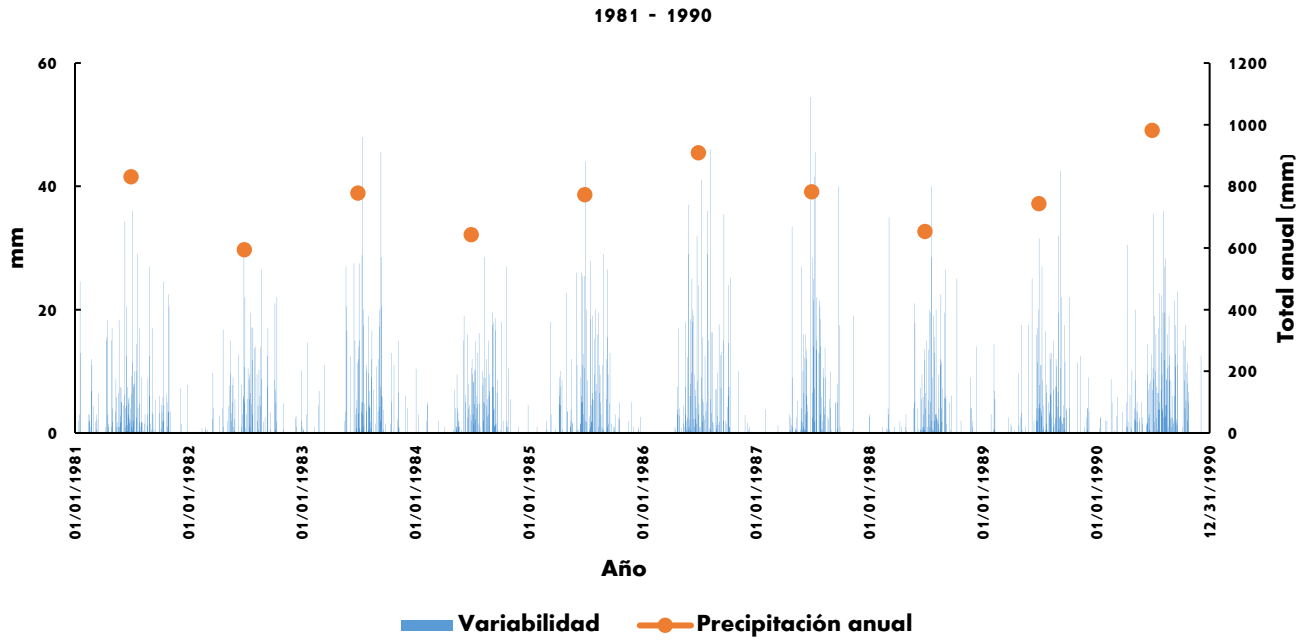


Figura 7f. Serie 4: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación San Lorenzo Malacota por décadas (1971 – 2005).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

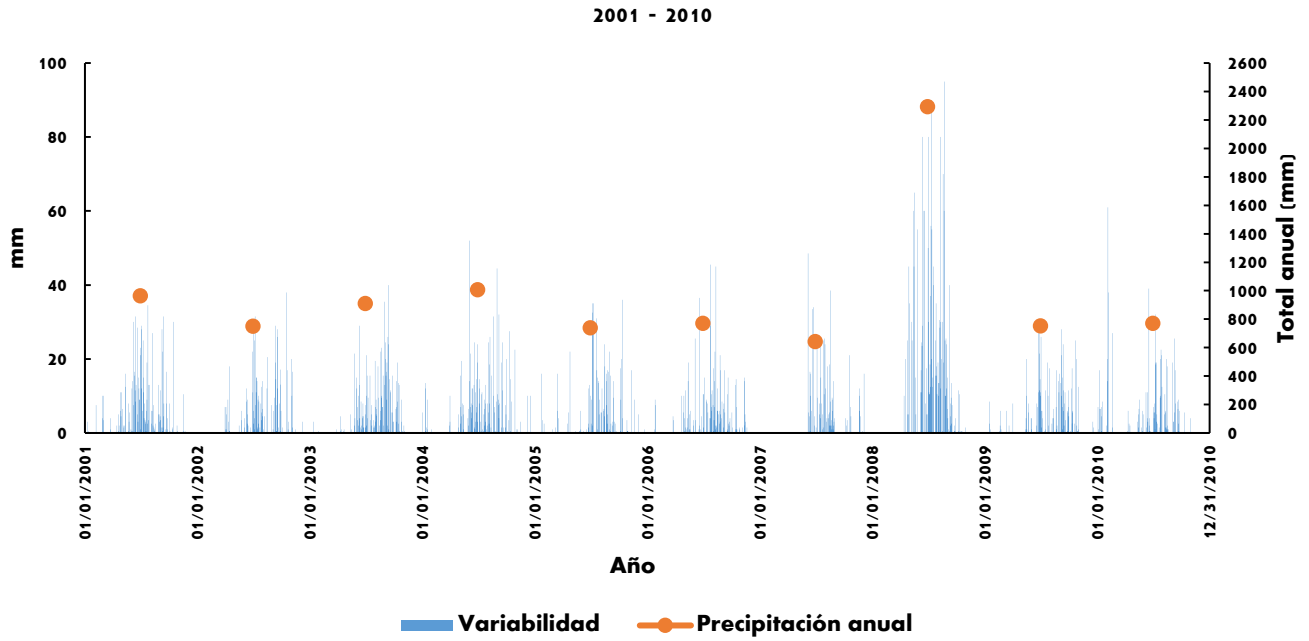
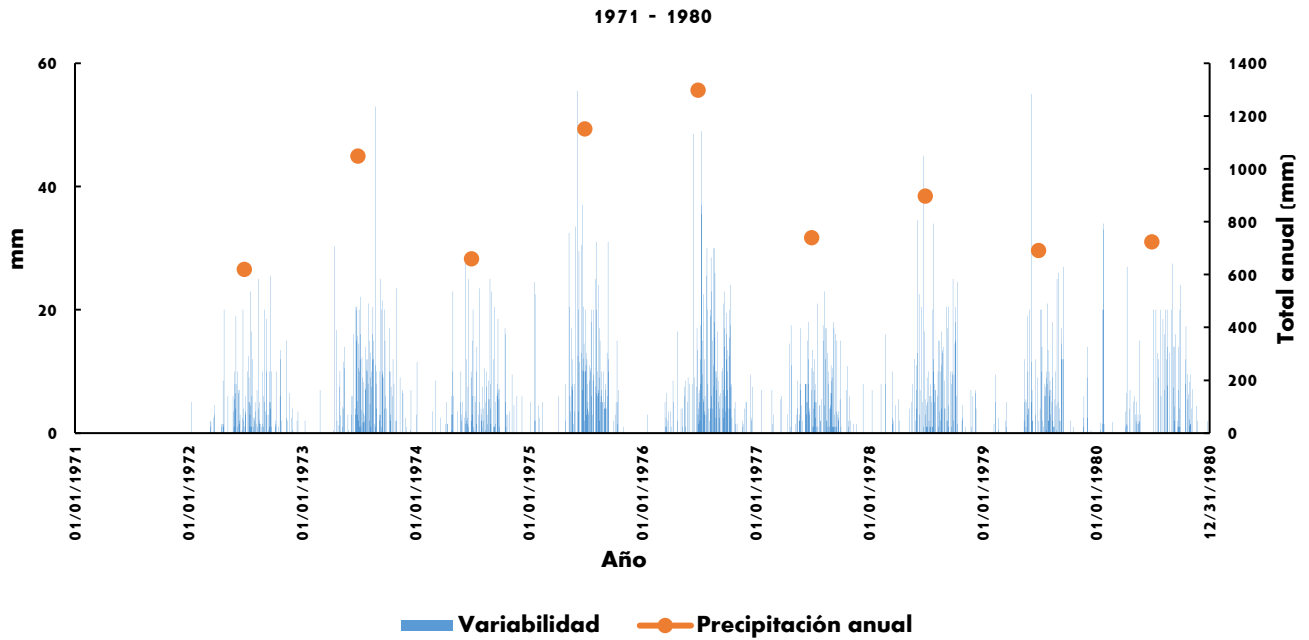
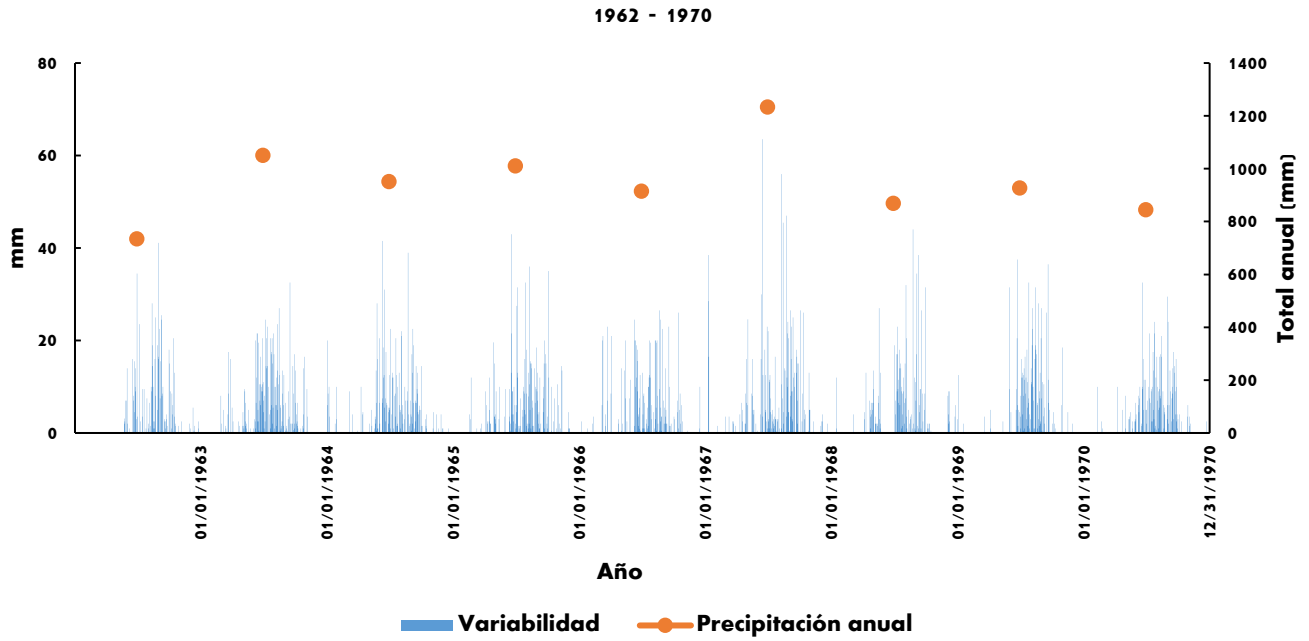
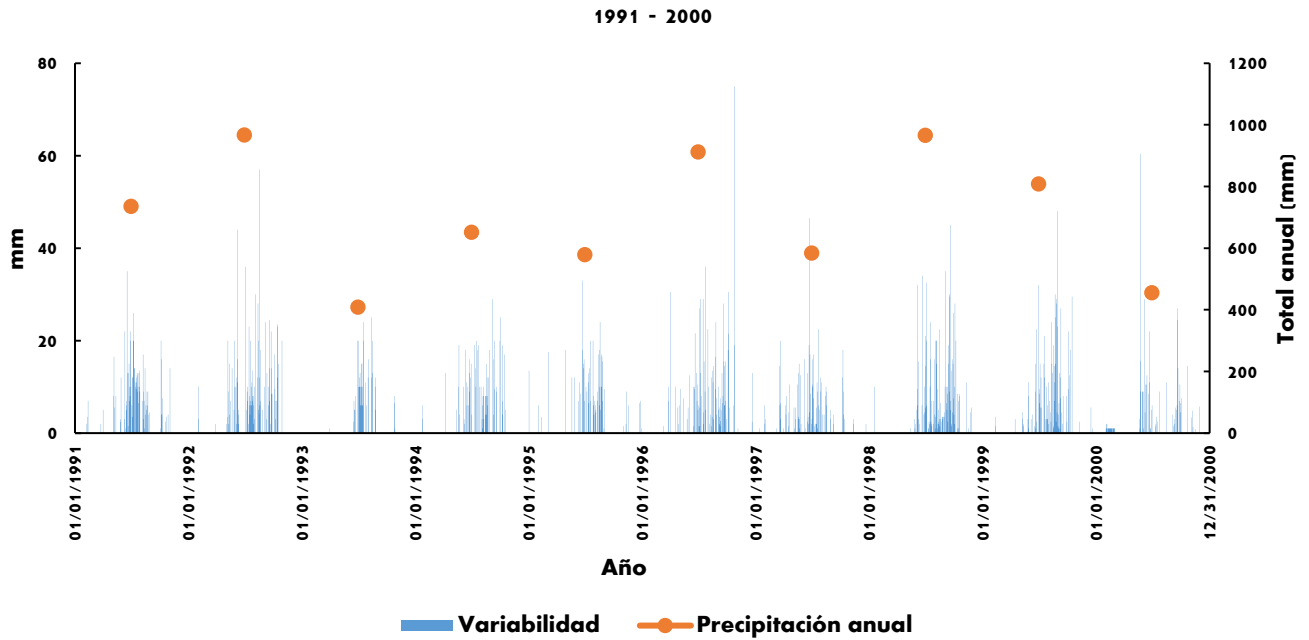
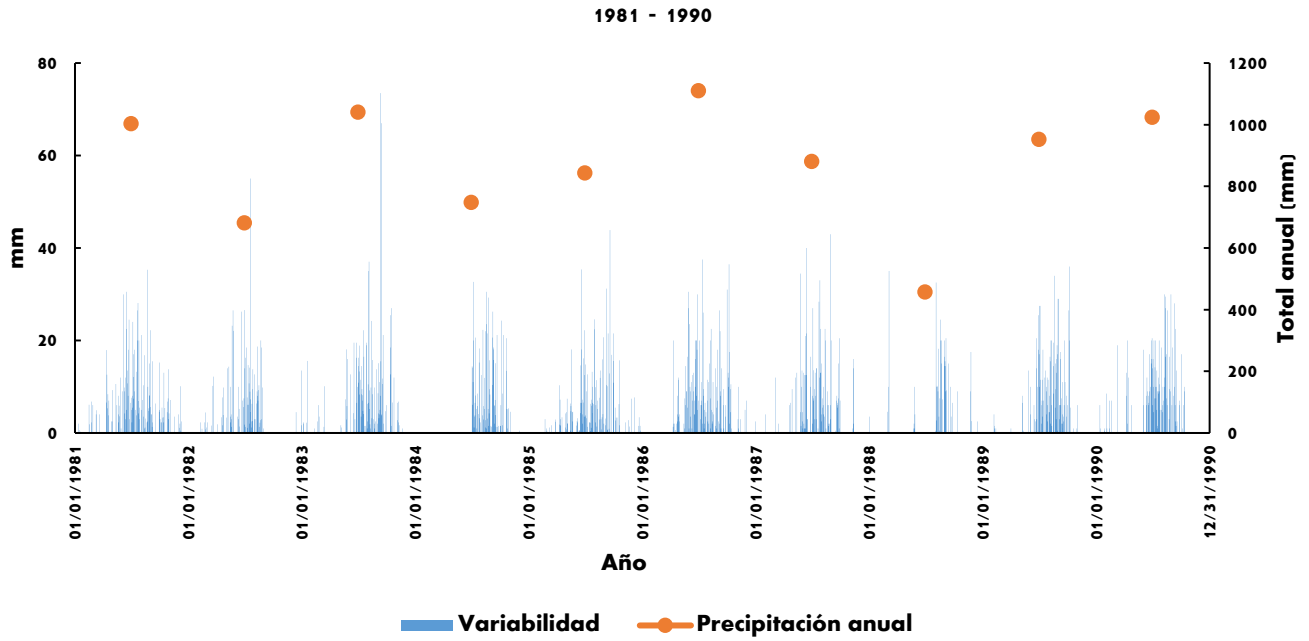


Figura 7g. Serie 5: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Temoaya por décadas (1962 – 2010).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

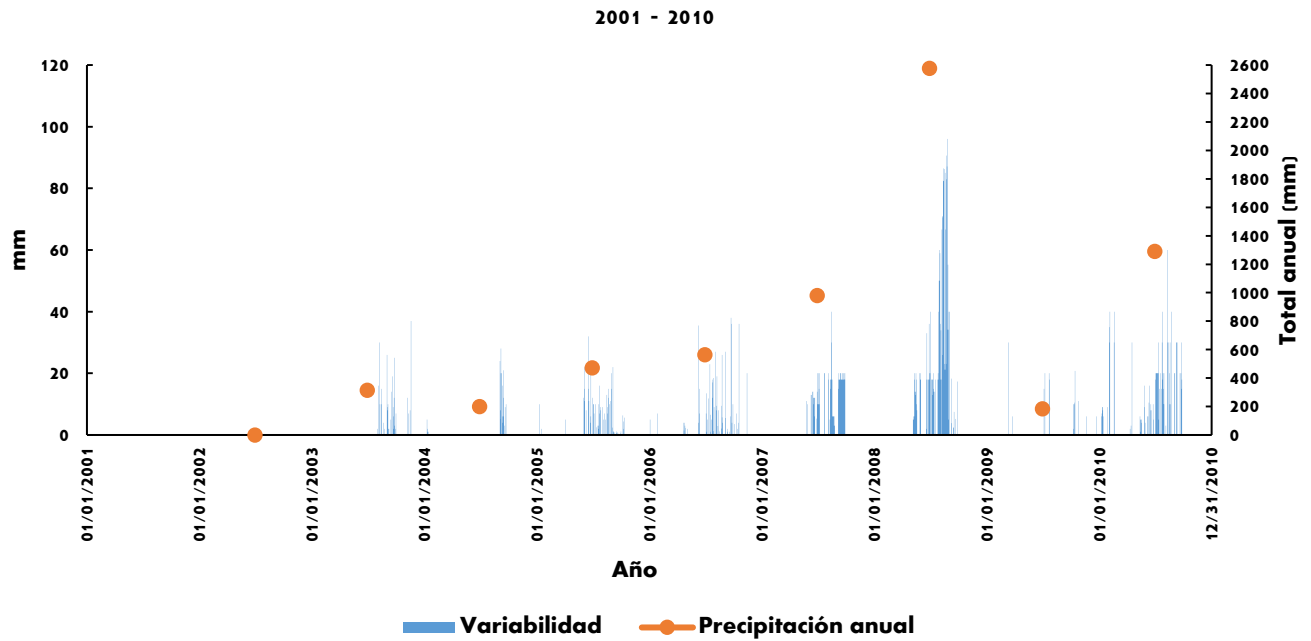
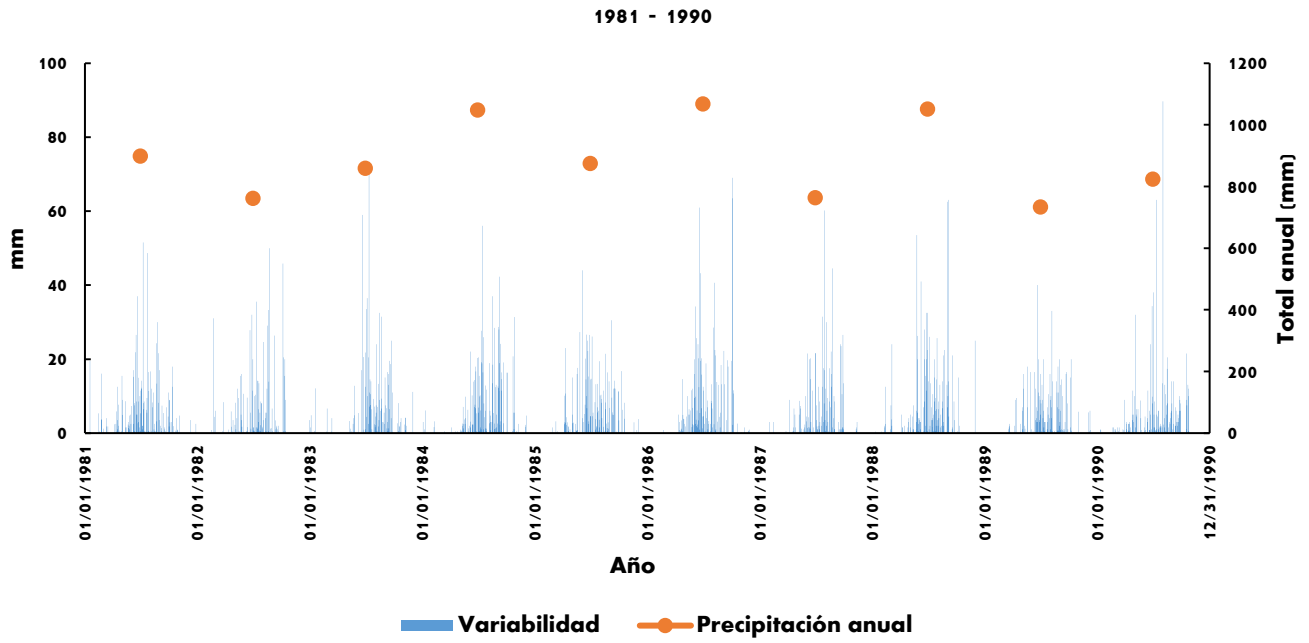
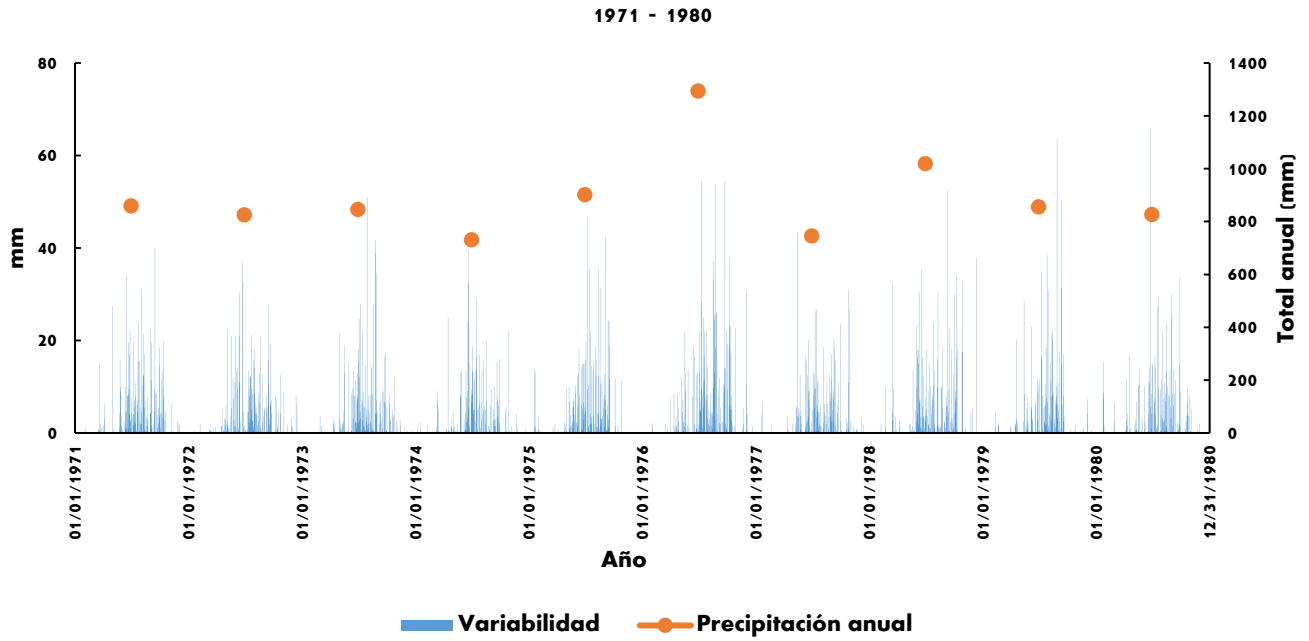


Figura 7h. Serie 5: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Jiquipilco por décadas (1962 – 2010).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

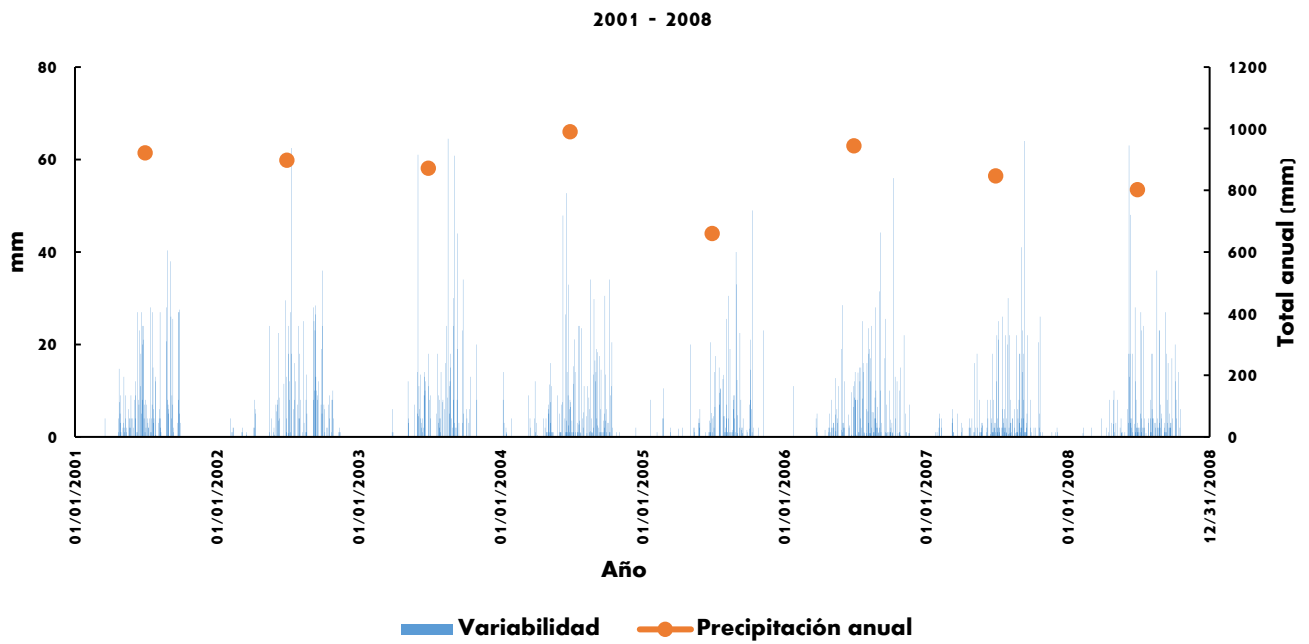
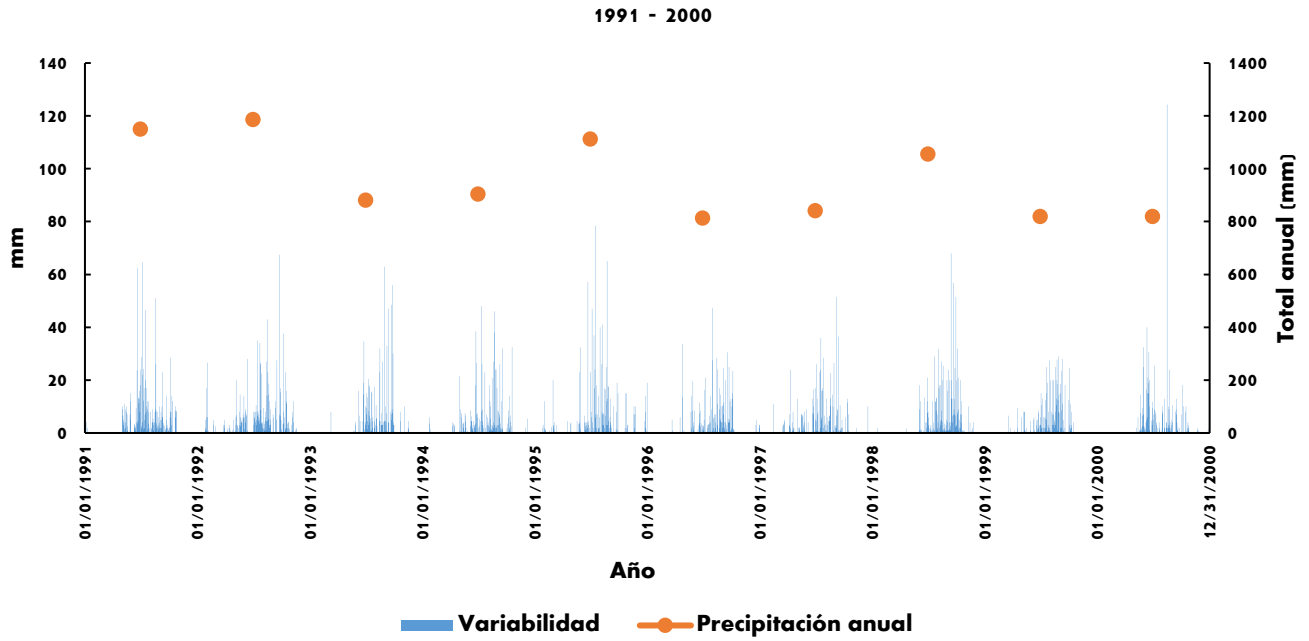
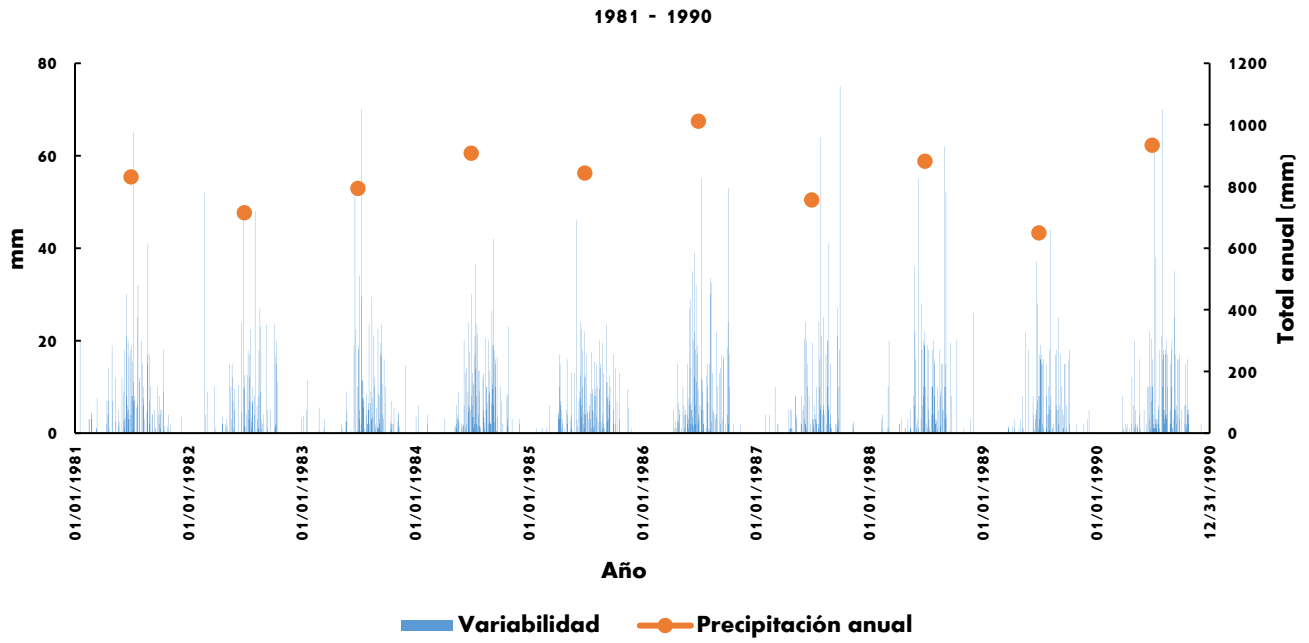
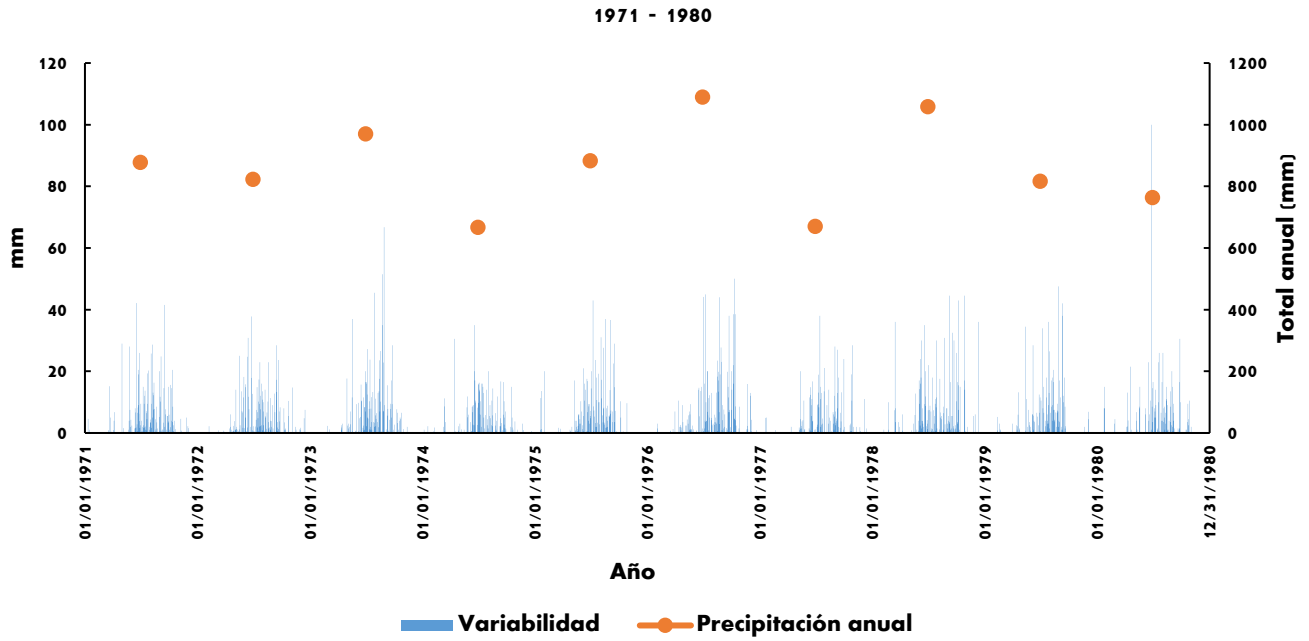


Figura 7i. Serie 6: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Molinito Blanco por décadas (1971 – 2008).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

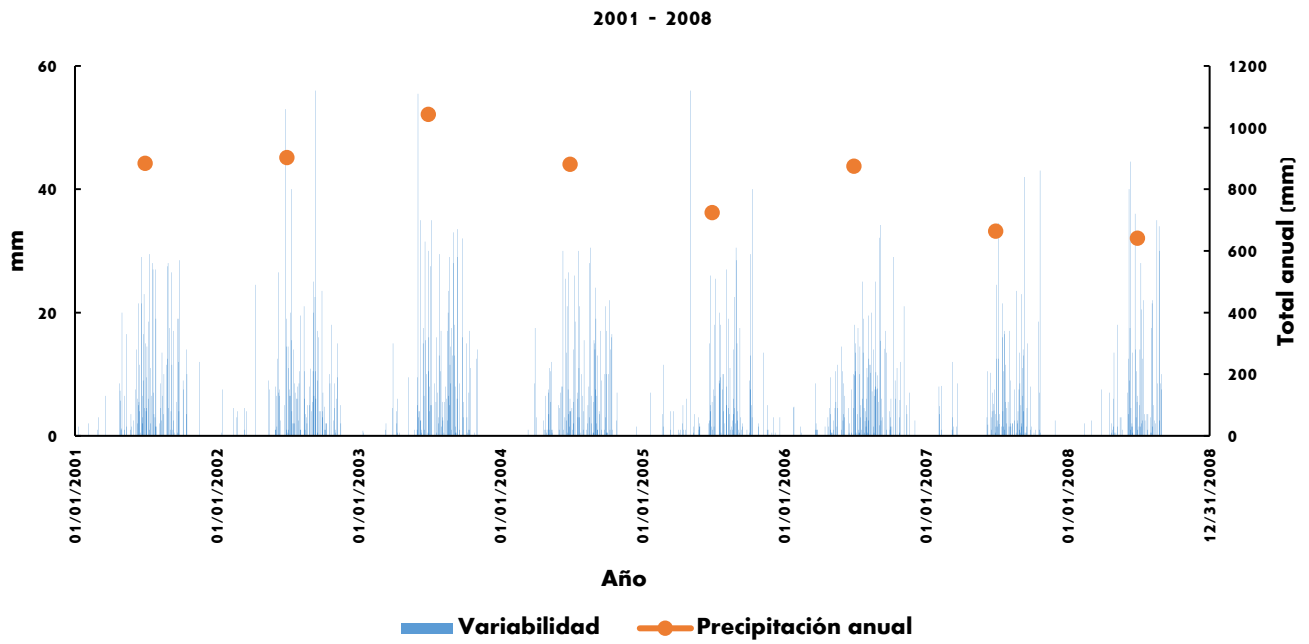
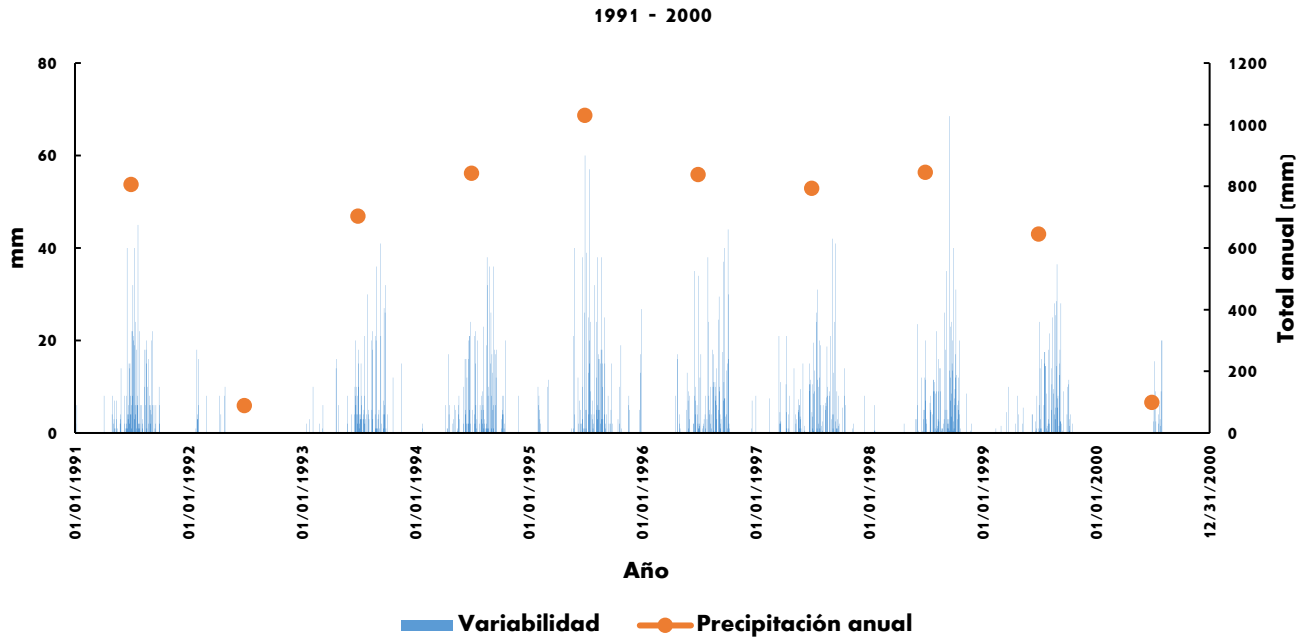
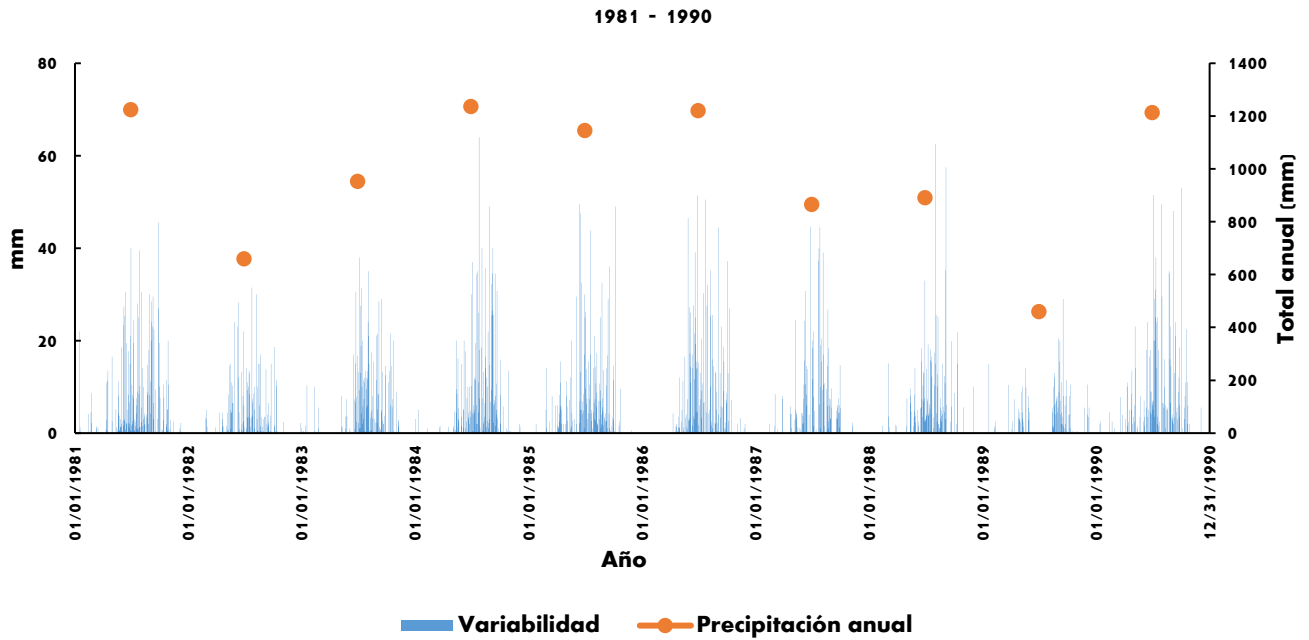
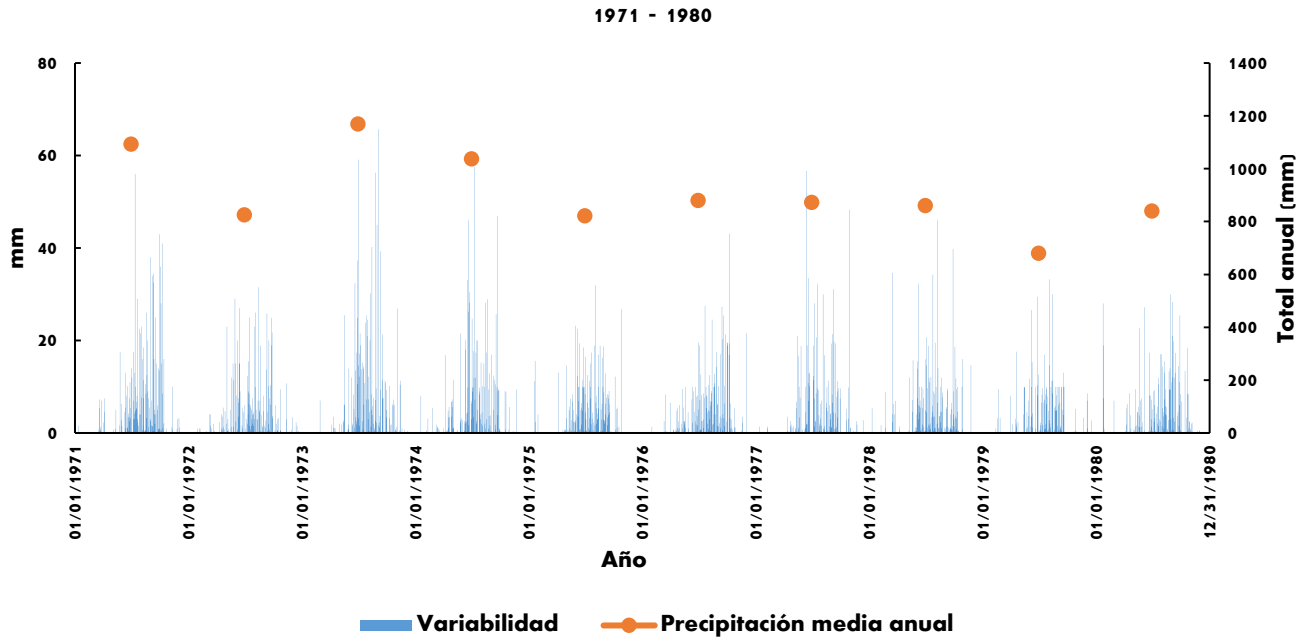


Figura 7j. Serie 6: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Totolica San Bartolo por décadas (1971 – 2008).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

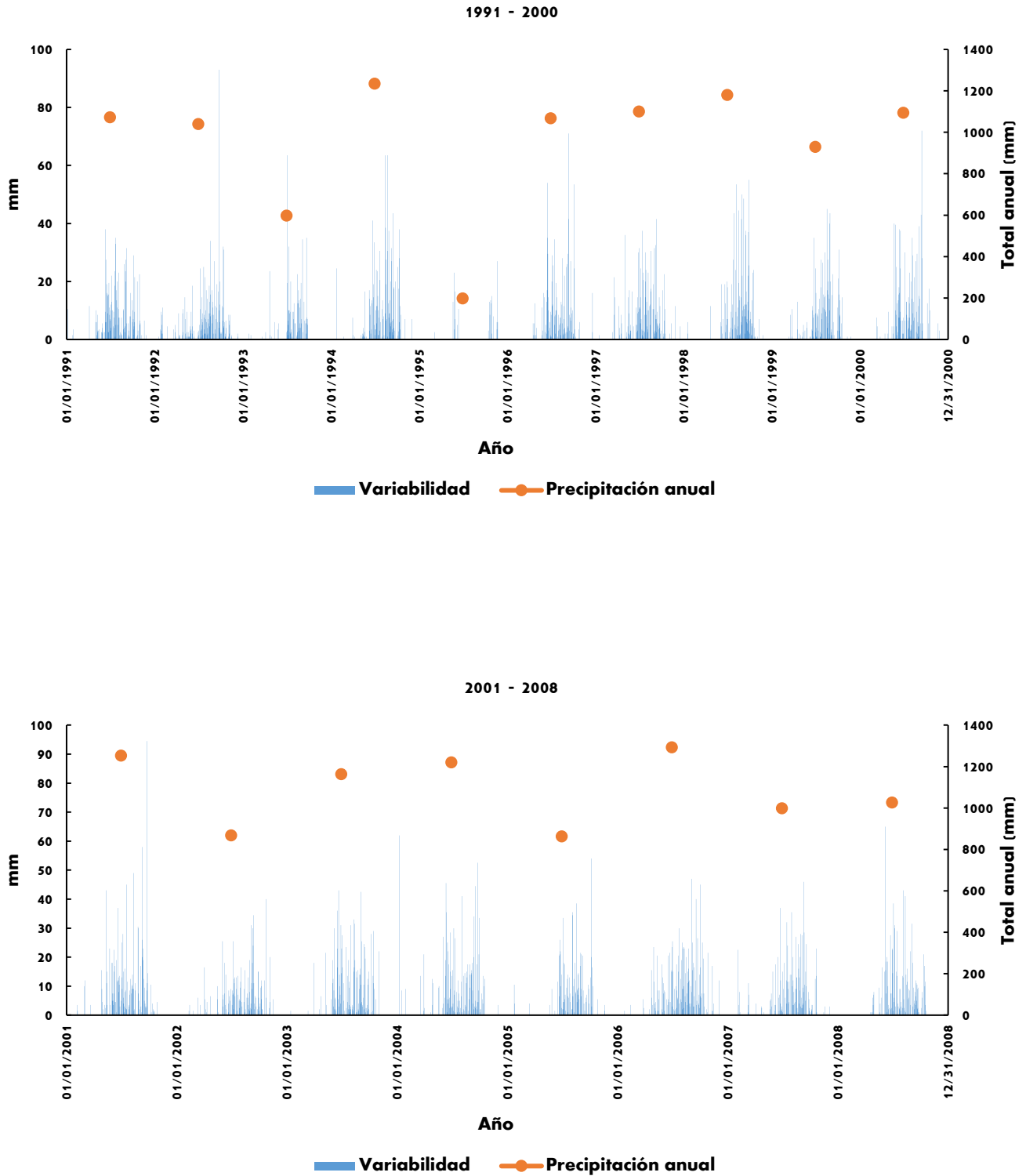
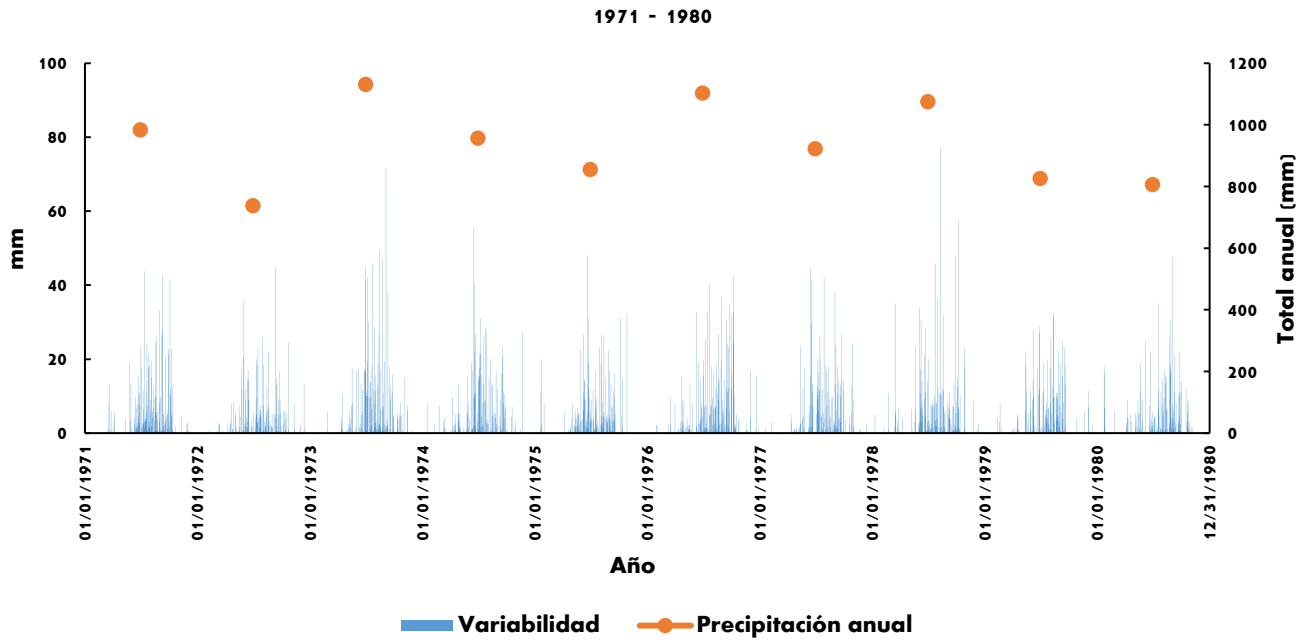
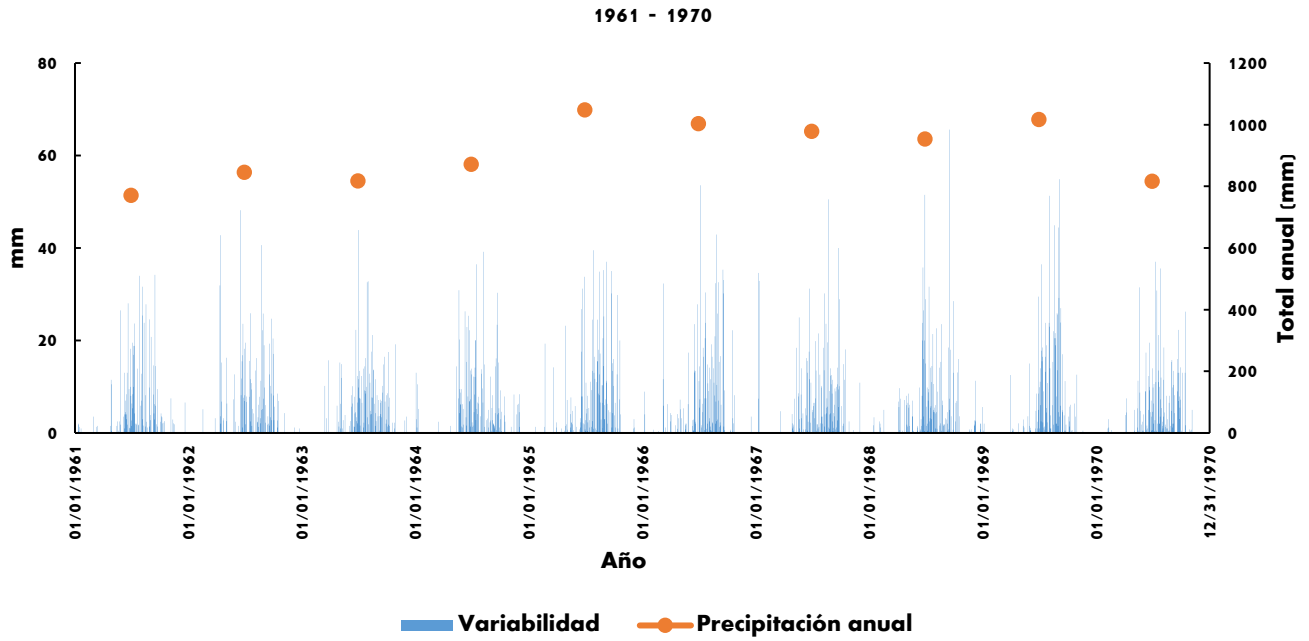


Figura 7k. Serie 6: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Desviación Alta al Pedregal por décadas (1971 – 2008).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

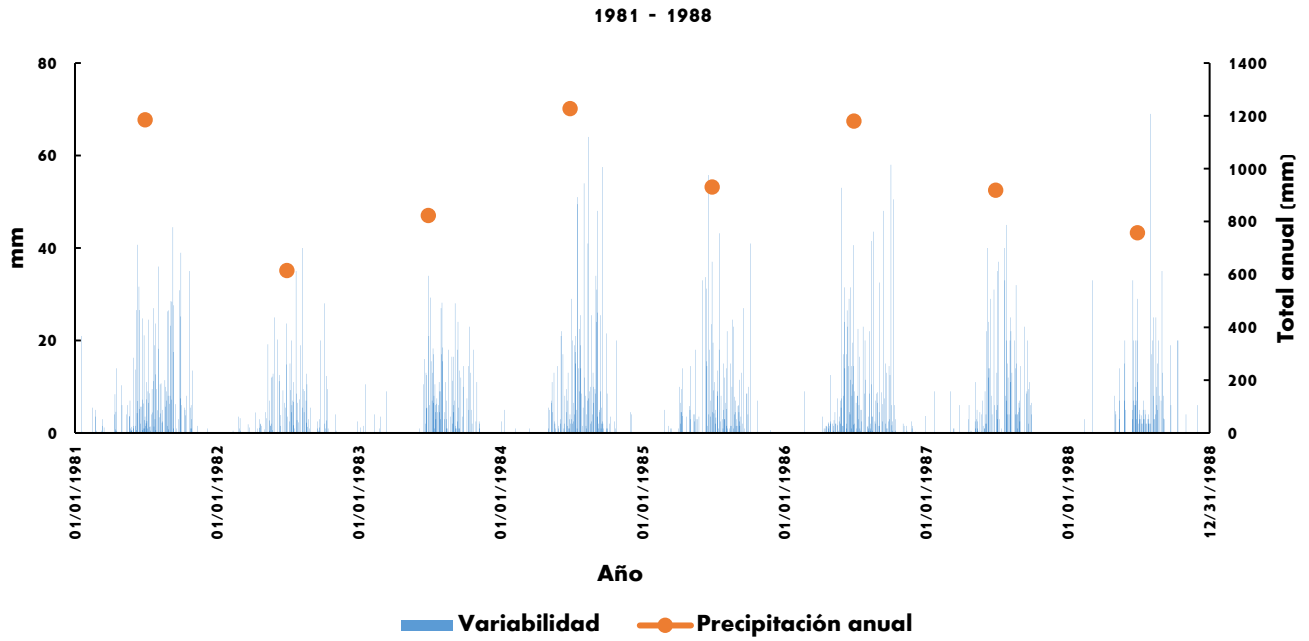
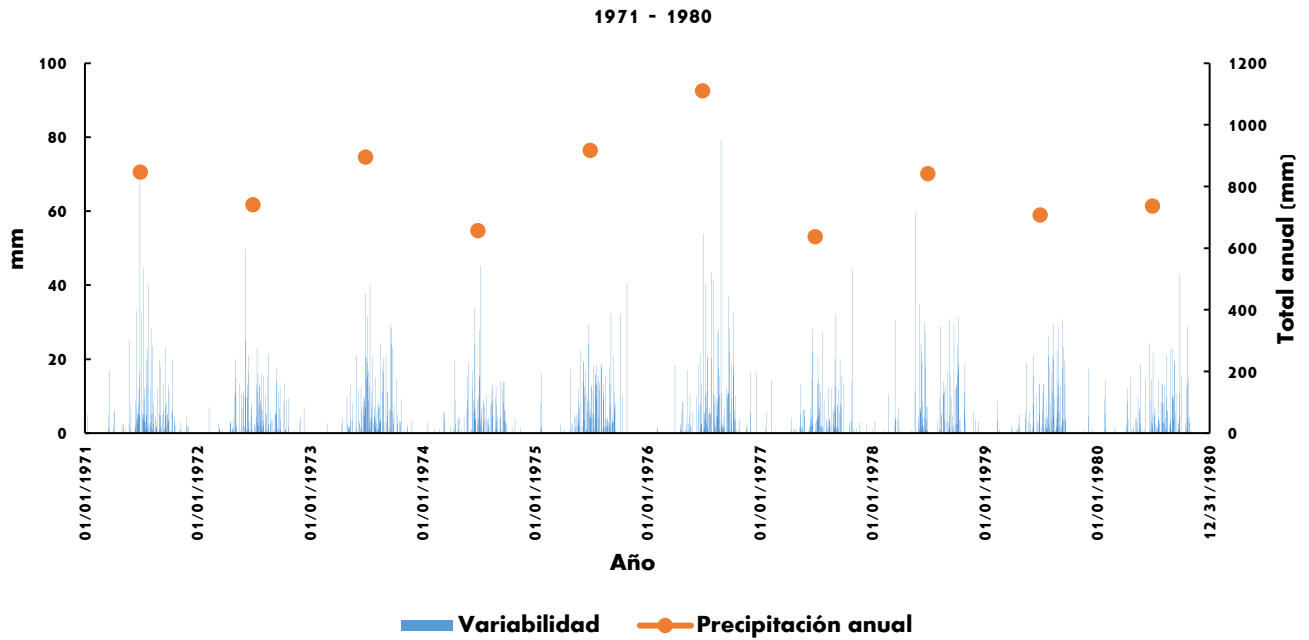
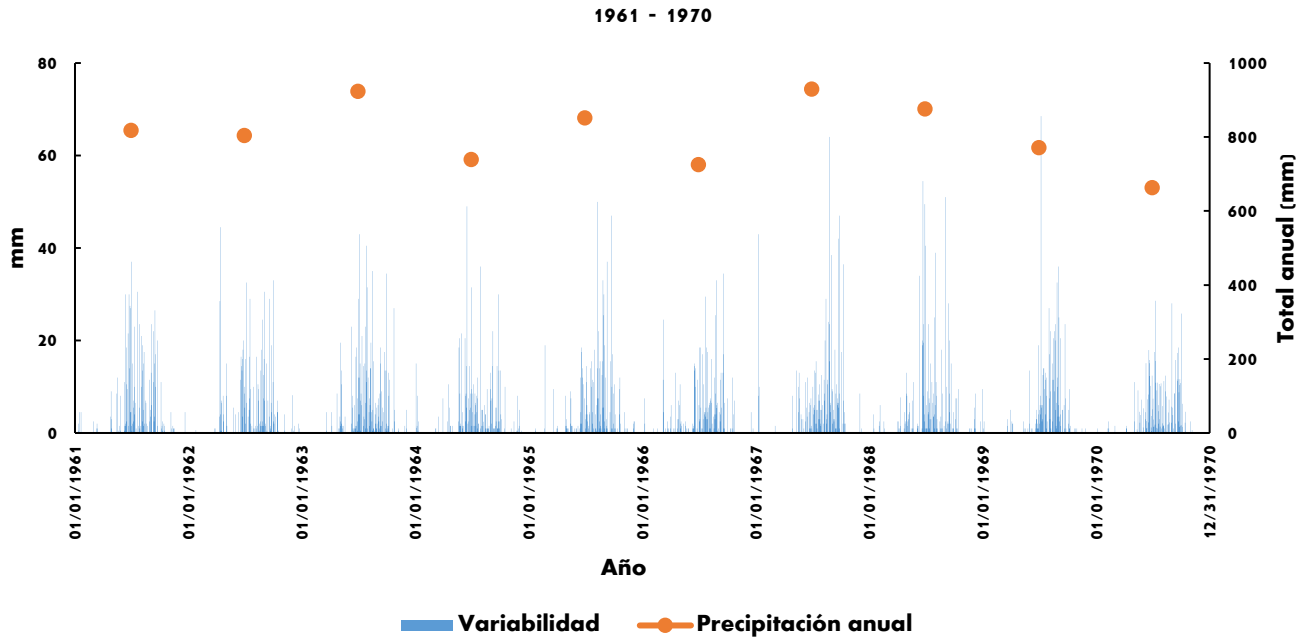


Figura 7I. Serie 7: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Presa Ansaldo por décadas (1961 – 1988).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

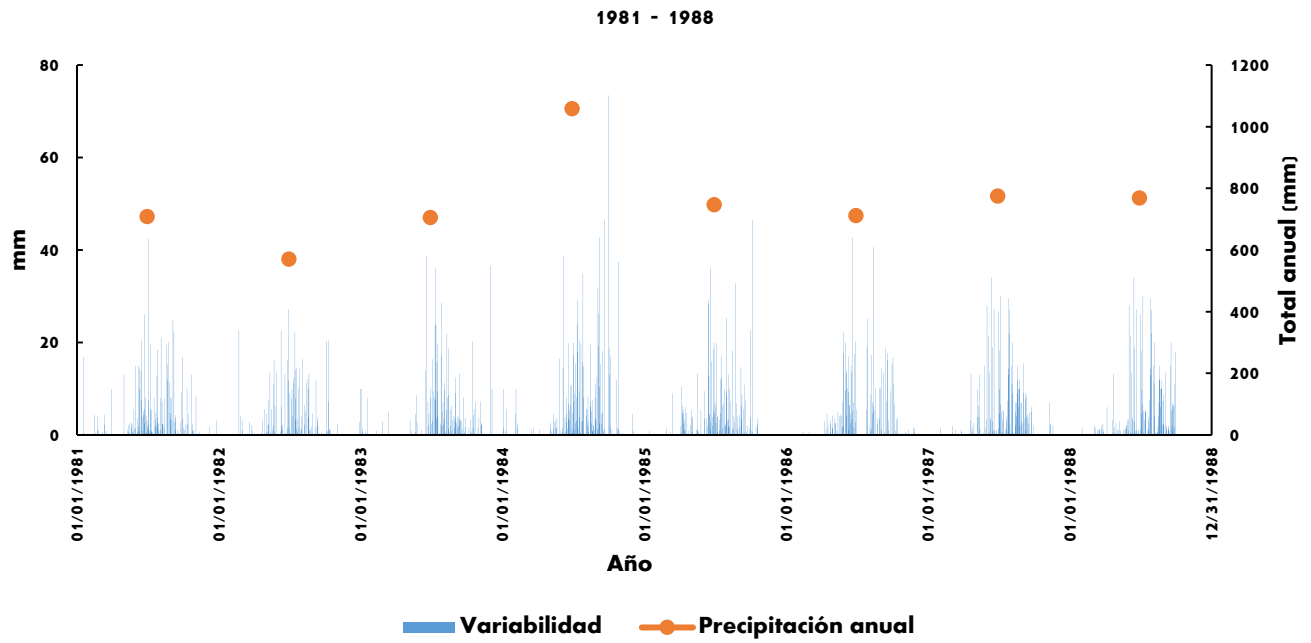
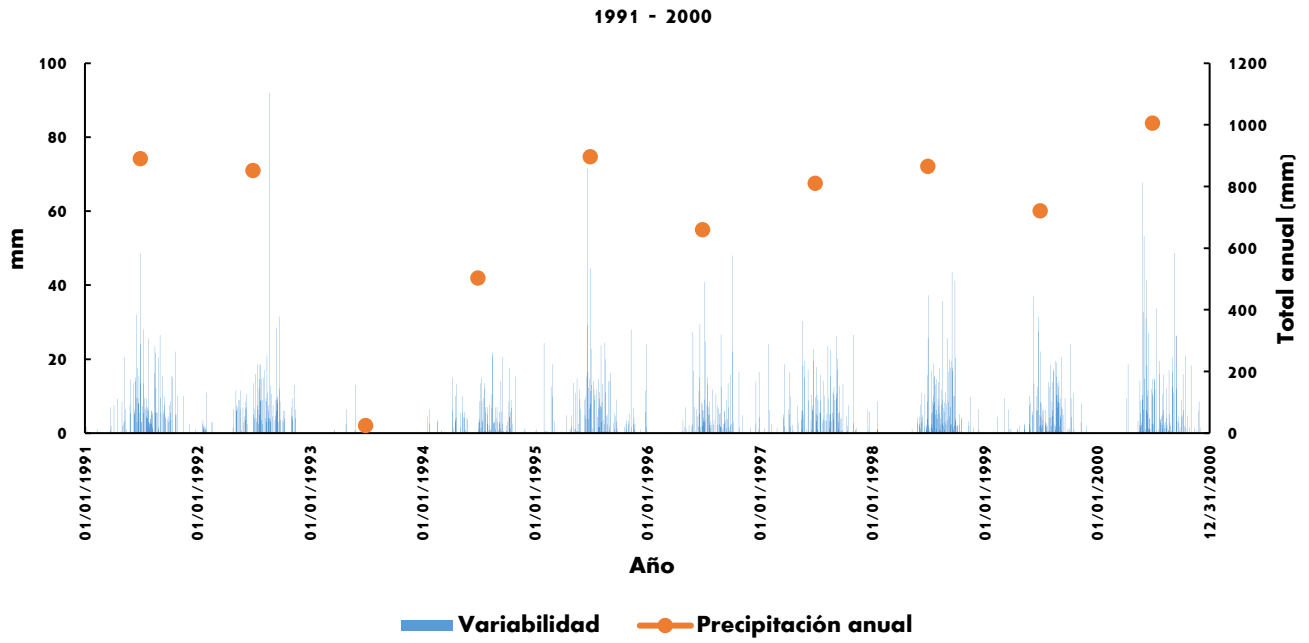
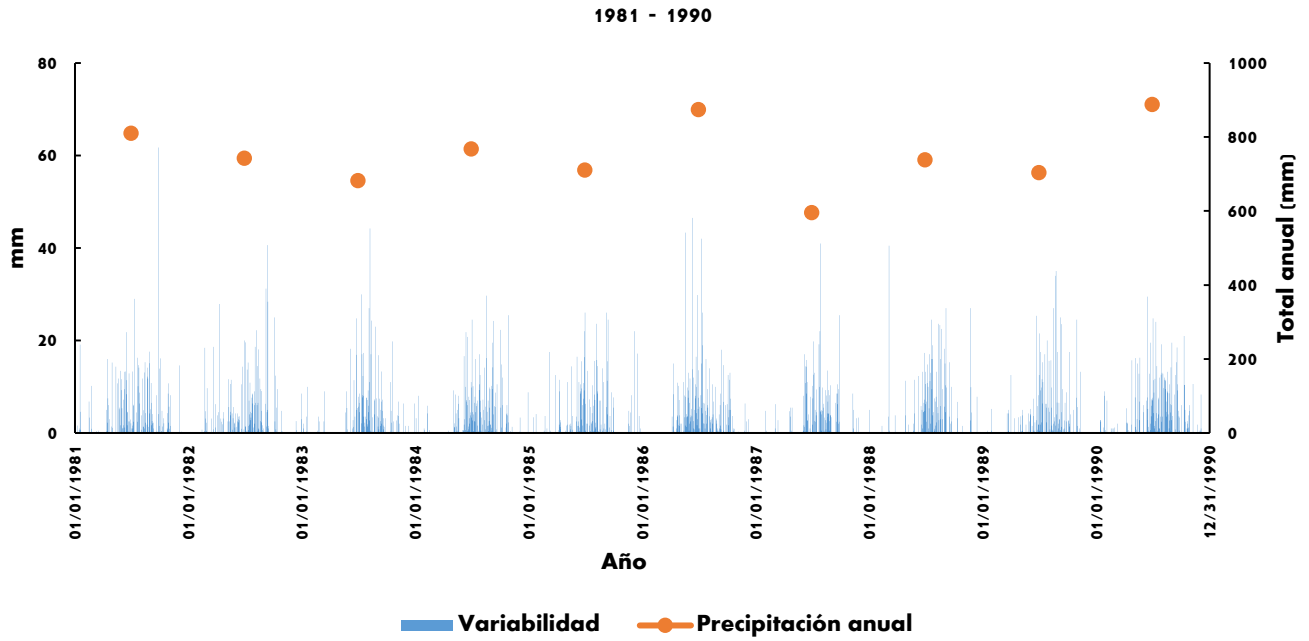


Figura 7m. Serie 7: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Presa Tacubaya por décadas (1961 – 1988).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

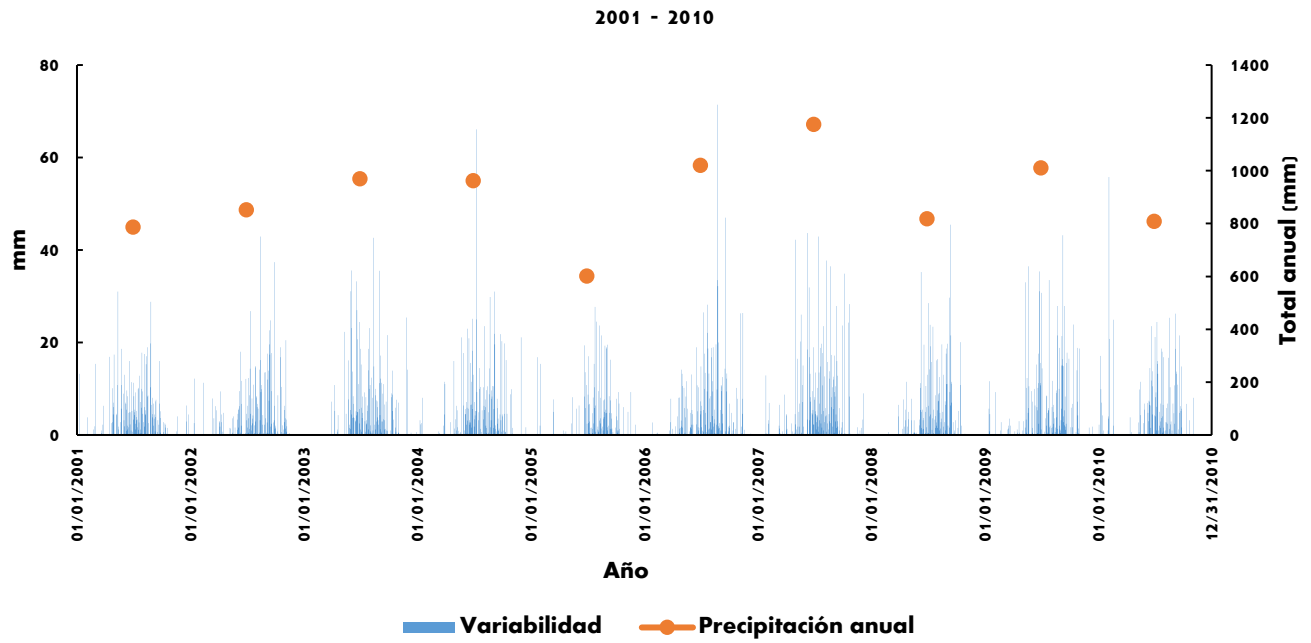
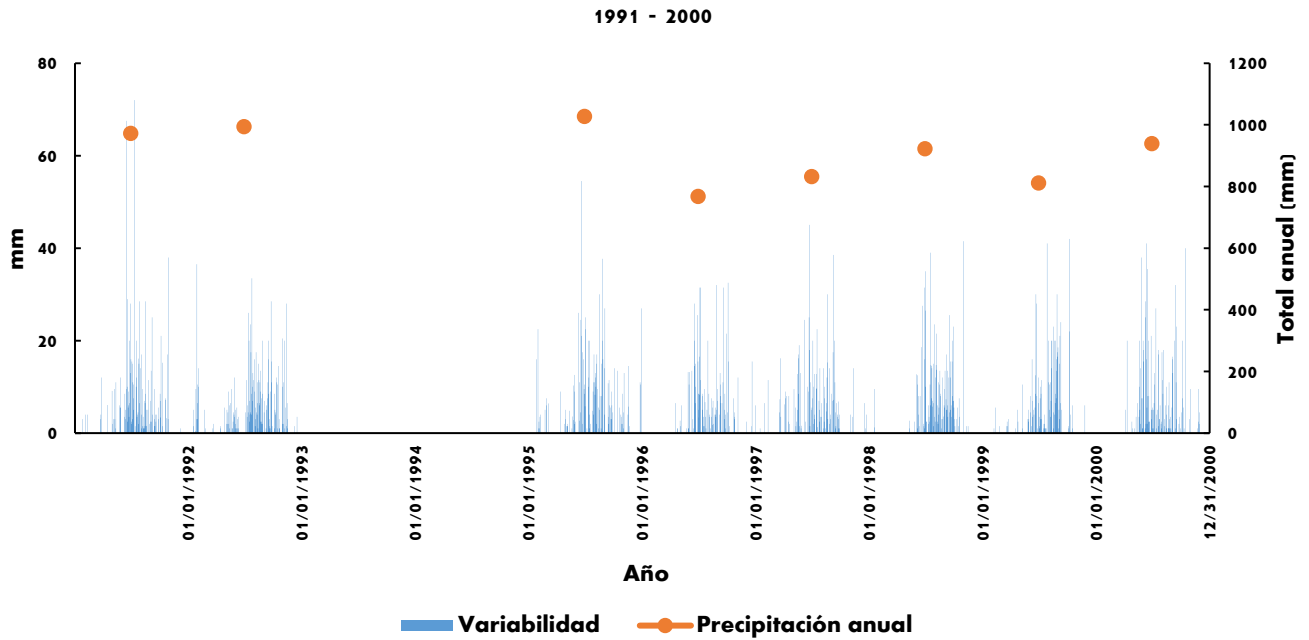
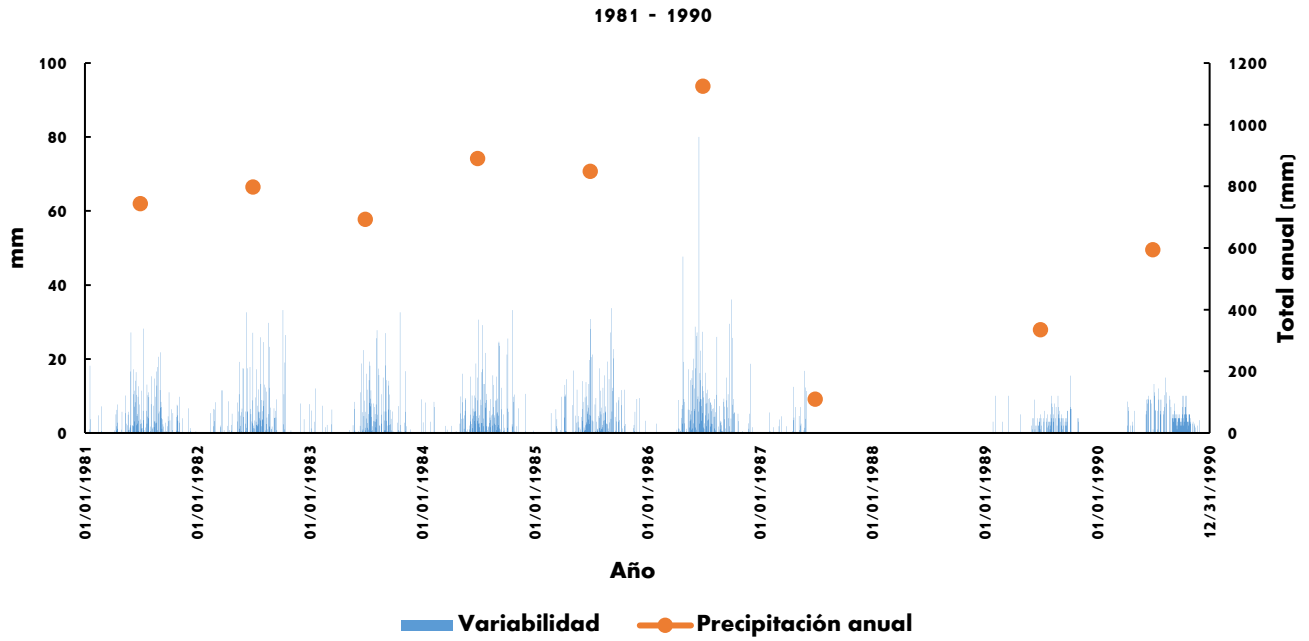


Figura 7n. Serie 8: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Trojes por décadas (1981 – 2010).

ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas



ANEXO 7. Distribución temporal de la PrecDía por décadas

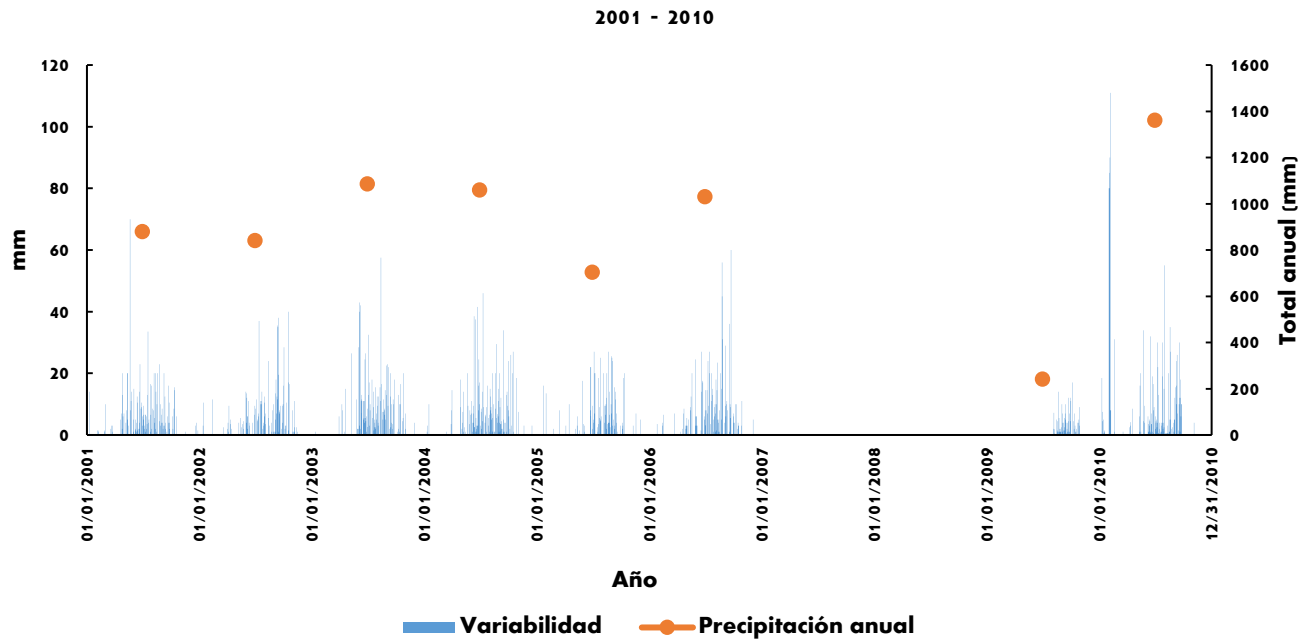


Figura 7ñ. Serie 8: Distribución temporal de la precipitación diaria anual de la estación Hacienda la Y por décadas (1981 – 2010).