



**Universidad Autónoma del
Estado de México**
**Facultad de Planeación Urbana
y Regional**



Estudio de los efectos de la variabilidad climática en el corredor florícola del sur del Estado de México.

Por

Brayan Sánchez Alvirde

Tesis para obtener el título de

Licenciado en Ciencias Ambientales

Directores de tesis

Dr. en U. Fermín Carreño Meléndez

Dr. en C. S. Javier Jesús Ramírez Hernández

Septiembre, 2018

Reconocimientos

Al Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable (CEDeS) por permitirme realizar el trabajo en sus instalaciones.

A la SEP por el apoyo económico otorgado a través del programa de becarios del proyecto de investigación “Estudio de los Efectos del Cambio Climático en el Corredor Florícola del Sur del Estado de México” del cuerpo académico **Desarrollo Sustentable, Sociedad y Ambiente** con financiamiento de la convocatoria 2017 **Fortalecimiento de Cuerpos Académicos**.

Dedicatorias

Brandon Hernández Cárdenas.....

Donde quiera que estés mis
logros y mi corazón van contigo,
hasta pronto amigo.

Agradecimientos

A mis padres en primer lugar por darme todo el apoyo que necesité en la elaboración de este trabajo, por escucharme y entenderme en mis momentos difíciles y no darme la espalda a pesar de la adversidad.

A mis abuelos, tías y primos por darme los consejos necesarios para crecer como persona y apoyarme a resolver las cosas que solo no pude.

Dana, gracias por acompañarme en este proceso y ayudarme en lo que pudiste.

A mis amigos y compañeros de generación por fomentar la competencia.

Dr. Alan, gracias por la confianza, el tiempo, los consejos y la amistad.

Dr. Javier, gracias por todo el apoyo que me dio en la elaboración del trabajo, por su orientación y tiempo para revisarme.

Dr. Fermín, gracias por darme la confianza para realizar el trabajo y por su apoyo en todo el proceso.

Índice

Listado de tablas	7
Listado de figuras	7
Listado de gráficas	7
Listado de Planos	7
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Esquema de investigación	14
Pregunta de Investigación	14
Objetivos	14
Generales	14
Específicos	14
Capitulo I. Conceptualización y Referenciación de la variabilidad climática	15
1.1 Variabilidad climática y cambio climático	15
1.2 Conceptualización	17
1.2.1 Clima	18
1.2.2 Temperatura	19
1.2.3 Precipitación	20
1.2.4 Sistemas de Información geográfica (SIG)	20
1.2.5 Geoestadística	21
1.2.6 Interpolación	21
1.2.7 Floricultura	21
1.3 Trabajos relacionados a la variabilidad climática en el mundo	22
1.3.1 Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981 – 2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita Norte de Santander, Colombia	22
1.3.2 Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el distrito metropolitano de Quito	23
1.3.3 Variabilidad climática y cambio climático en Honduras	24
Capítulo II. Contextualización de la problemática y caracterización del medio físico y social de los municipios pertenecientes al corredor florícola del sur del Estado de México	27
2.1 Contextualización del problema	28
2.2 Caracterización del medio físico	34
2.2.1 Ubicación	34
2.2.2 Altura	35
2.2.3 Clima	36
2.2.4 Edafología	39
2.2.5 Pendiente	45
2.2.6 Hidrología	48
2.3 Caracterización del medio social	53

2.3.1	Uso del suelo	55
2.3.2	Características económicas	57
Capítulo III.	Marco Metodológico del análisis de la variabilidad climática en el corredor florícola del sur del Estado de México	67
3.1	Metodología	68
Capítulo IV.	Resultados y Análisis	78
4.1	Resultados	79
4.1.2	Temperatura	79
4.1.2.1	Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 1980 – 1990	79
4.1.2.2	Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 1990 – 2000	80
4.1.2.3	Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 2000 – 2005	81
4.1.2.4	Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 2005 – 2010	82
4.1.2.5	Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 2010 – 2015	83
4.1.2.6	Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 1980 – 2015	84
4.1.3	Precipitación	85
4.1.3.1	Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 1980 - 1990	86
4.1.3.2	Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 1990 – 2000	87
4.1.3.3	Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 2000 – 2005	88
4.1.3.4	Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 2005 – 2010	89
4.1.3.5	Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 2010 - 2015	90
4.1.3.6	Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 1980 - 2015	91
4.2	Efectos de la variabilidad climática en los municipios del corredor florícola del sur del Estado de México	92
4.2.1	Coatepec Harinas	92
4.2.2	Tenancingo	94
4.2.3	Villa Guerrero	95
Propuestas		98
Generales		98
Específicas		98
Coatepec Harinas		98
Tenancingo		98
Villa Guerrero		99
Conclusiones		100
Bibliografía		101
Anexo cartográfico		105

Listado de tablas

Tabla 1. Superficie de los municipios del corredor florícola (Km ²)	35
Tabla 2. Clasificación climática en los municipios del corredor florícola	37
Tabla 3. Distribución climática en los municipios del corredor florícola	37
Tabla 4. Principales unidades de suelo en los municipios del corredor florícola	39
Tabla 5. Subunidades de suelo en los municipios del corredor florícola	41
Tabla 6. Distribución edafológica en los municipios del corredor florícola	43
Tabla 7. Clasificación de las pendientes en los municipios del corredor florícola	46
Tabla 8. Distribución de las pendientes en los municipios del corredor florícola	48
Tabla 9. Balance hídrico acuífero Tenancingo	52
Tabla 10. Localidades en los municipios del corredor florícola	54
Tabla 11. Cambio de uso de suelo de 1986 a 2016 en los municipios del corredor florícola	57
Tabla 12. Distribución ocupacional en los municipios del corredor florícola	59
Tabla 13. Distribución de valor en producción y superficie sembrada en los municipios del corredor florícola	60
Tabla 14. Superficie y valor de producción florícola en los municipios del corredor florícola	61
Tabla 15. Estaciones meteorológicas en los municipios del corredor florícola	69

Listado de figuras

Figura 1. Relación de conceptos	17
Figura 2. Relación de los GEI y el Efecto Invernadero	29
Figura 3. Metodología	67

Listado de gráficas

Gráfica 1. Variación de la temperatura global 1880-2013	28
Gráfica 2. Emisiones antropógenas anuales de GEI totales por grupos de gases 1970-2010	30
Gráfica 3. Crecimiento poblacional de 1990 al 2010 en los municipios del corredor florícola	53

Listado de planos

Plano 1. Ubicación de los municipios del corredor florícola	34
Plano 2. Elevación de los municipios del corredor florícola	36
Plano 3. Clima de los municipios del corredor florícola	38
Plano 4. Edafología de los municipios del corredor florícola	44
Plano 5. Pendientes de los municipios del corredor florícola	47
Plano 6. Subcuencas hidrológicas, Cuenca R. Grande de Amacuzac	50
Plano 7. Uso de suelo 1986 de los municipios del corredor florícola	55

Plano 8. Uso de suelo 2016 de los municipios del corredor florícola	56
Plano 9. Ubicación de las estaciones meteorológicas en los municipios del corredor florícola	71
Plano 10. Temperatura Promedio Anual 2015 en los municipios del corredor florícola y sus alrededores	73
Plano 11. Temperatura Promedio Anual 2015 en los municipios del corredor florícola	74
Plano 12. Temperatura Promedio Anual 2010 en los municipios del corredor florícola	75
Plano 13. Variabilidad climática entre los años 2015 y 2010 en los municipios del corredor florícola	76
Plano 14. Variabilidad de temperatura del periodo 1980 – 1990 en los municipios del corredor florícola	79
Plano 15. Variabilidad de temperatura del periodo 1990 – 2000 en los municipios del corredor florícola	80
Plano 16. Variabilidad de temperatura del periodo 2000 – 2005 en los municipios del corredor florícola	81
Plano 17. Variabilidad de temperatura del periodo 2005 – 2010 en los municipios del corredor florícola	82
Plano 18. Variabilidad de temperatura del periodo 2010 – 2015 en los municipios del corredor florícola	83
Plano 19. Variabilidad de temperatura del periodo 1980 – 2015 en los municipios del corredor florícola	84
Plano 20. Temperatura promedio anual 1980	85
Plano 21. Temperatura promedio anual 2015	85
Plano 22. Variabilidad de precipitación del periodo 1980 – 1990 en los municipios del corredor florícola	86
Plano 23. Variabilidad de precipitación del periodo 1990 – 2000 en los municipios del corredor florícola	87
Plano 24. Variabilidad de precipitación del periodo 2000 – 2005 en los municipios del corredor florícola	88
Plano 25. Variabilidad de precipitación del periodo 2005 – 2010 en los municipios del corredor florícola	89
Plano 26. Variabilidad de precipitación del periodo 2010 – 2015 en los municipios del corredor florícola	90
Plano 27. Variabilidad de precipitación del periodo 1980 – 2015 en los municipios del corredor florícola	91
Plano 28. Precipitación total anual 1980	92
Plano 29. Precipitación total anual 2015	92

Resumen

La variabilidad climática y el cambio climático son fenómenos relacionados muy estrechamente de acuerdo con Peña Q. & Riaño H. (2016), Russo (2016) Serrano Vicenti, *et al.* (2012) y Useros Fernández (2013) sus efectos son agravados por las actividades antrópicas que emiten Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, causando alteraciones en los patrones de temperatura y precipitación, afectando a las actividades agrícolas, entre ellas la floricultura. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar los efectos de la variabilidad climática en el corredor florícola del sur del estado de México. Se realizó un análisis de las variables de temperatura y precipitación para el periodo de 1980 – 2015, a través de procesos de interpolación tomando como referencia la metodología de Alzate, *et al.* (2015), los datos empleados fueron obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional. Los resultados obtenidos muestran un rango de variabilidad de temperatura ubicado entre -1.94°C y 7.49°C y la variabilidad de precipitación entre -67.67 mm y 25.95 mm. Los efectos son distintos en cada uno de los municipios dadas las condiciones del medio físico que presenta cada uno y la variabilidad de temperatura y precipitación, se encontró una relación entre la variabilidad climática y el valor de producción, mostrando que, a mayor variabilidad climática, menor valor de producción.

Palabras clave: variabilidad climática, corredor florícola, Estado de México.

Abstract

Climate variability and climate change are related phenomena very closely according to Peña Q. & Riaño H. (2016), Russo (2016) Serrano Vicenti, *et al.* (2012) and Useros Fernández (2013) its effects are aggravated by anthropic activities that emit Greenhouse Gases (GHG) into the atmosphere, causing alterations in temperature and precipitation patterns, affecting agricultural activities, including floriculture. The objective of this work is to study the effects of climatic variability in the floricultural corridor of the south of the state of Mexico. An analysis of the temperature and precipitation variables for the period of 1980 - 2015 was carried out, through interpolation processes taking as a reference the methodology of Alzate, *et al.* (2015), the data used were obtained from the National Meteorological System. The results obtained show a range of temperature variability located between -1.94°C and 7.49°C and the variability of precipitation between -67.67 mm and 25.95 mm . The effects are different in each of the municipalities given the conditions of the physical environment that each presents and the variability of temperature and precipitation, a relationship was found between the climatic variability and the value of production, showing that, the greater the climatic variability, lower production value.

Keywords: climatic variability, flower corridor, Estado de Mexico.

Introducción

La variabilidad climática es definida como las fluctuaciones en las variables climatológicas durante periodos de diversa duración en donde los valores se encuentran por encima o por debajo de los valores presentados en largos periodos de tiempo (IDEAM - UNAL, 2018). La variabilidad climática y el cambio climático tienen una relación muy estrecha de acuerdo con Peña Q. & Riaño H. (2016), Russo (2016) Serrano Vicenti, *et al.* (2012) y Useros Fernández (2013).

Las causas de la variabilidad climática responden principalmente al crecimiento poblacional, el aumento en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y procesos naturales de la Tierra. Sus efectos son muy diversos, desde el cambio de patrón en la lluvia hasta el incremento en la intensidad de las tormentas, huracanes, etc (Peña Q. & Riaño H., 2016).

La floricultura es una actividad agrícola en la cual los cultivos principales son las flores. El Estado de México cuenta con condiciones climáticas ideales para la práctica de la floricultura, especialmente en la zona sur del estado. La región compuesta por Coatepec Harinas, Tenancingo y Villa Guerrero, de acuerdo con Carrillo, *et al.* (2017) y Ramírez & Avitia-Rodríguez (2017) es conocida como corredor florícola del sur del estado. La actividad florícola requiere de condiciones climáticas específicas por lo cual es muy vulnerable a la variación de temperatura y precipitación, por lo que la variabilidad climática es una constante amenaza para los productores de la región, los efectos son resentidos por el valor de producción.

La información empleada para en análisis de las variables de temperatura y precipitación en el corredor florícola se obtuvo de las estaciones climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional, a través de la construcción de una base de datos con información mensual para los años: 1980, 1990, 2000, 2005, 2010 y 2015. Se retomó la metodología de Alzate, *et al.* (2015) quienes analizan las variables climáticas a través de procesos de interpolación IDW (Inverse Distance Weighting) y un proceso de algebra de mapas para obtener la variación de temperatura y precipitación para diferentes periodos de tiempo.

Los resultados muestran un rango de variación de temperatura entre -1.94°C y 7.49°C y un rango de variación de precipitación entre -67.67 mm y 25.95 mm, datos correspondientes al análisis entre los años 1980 y 2015. Los valores negativos responden a disminuciones mientras los positivos a incrementos. De este modo se obtuvieron datos de variación para los periodos 1980-1990, 1990-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 y 1980-2015, en cada uno de los periodos la variación térmica mostró zonas de calentamiento y enfriamiento que coinciden con los patrones de variabilidad de precipitación, los cuales muestran aumento de precipitación en las zonas de enfriamiento y disminución en las zonas de calentamiento.

El análisis realizado para cada municipio muestra como el más vulnerable a los efectos de la variabilidad climática es Coatepec Harinas, coincidiendo con el último lugar que ocupa en cuanto al valor de producción, mientras que Villa Guerrero es el municipio menos vulnerable y es también el mayor productor florícola de la región.

El presente documento se estructuró en cuatro capítulos, cada uno de ellos aborda una parte esencial para el desarrollo del proyecto, a través de cada capítulo se aportan bases para llegar al análisis de los resultados.

El primer capítulo consta de la revisión literaria, la cual permite al lector comprender de mejor manera los conceptos centrales de la investigación, relacionar las variables y conocer el panorama general del tema en otros lugares del mundo.

El desarrollo del segundo capítulo consta de dos partes, la primera de ella es un primer acercamiento a la problemática que se enfrenta en el mundo con respecto a la variabilidad climática y el cambio climático, esto se hace partiendo de lo general a lo particular, es decir, dando inicio con el mundo y terminando en el Estado de México. La segunda parte del capítulo II desarrolla la caracterización del medio físico y social del corredor florícola del sur del Estado de México. Es importante conocer las características de la región de interés, pues esto permite interpretar el conjunto de datos de mejor manera, así como relacionar variables que puedan influir

en el comportamiento de la temperatura y precipitación, así entender los posibles efectos causados por dichos procesos.

En el tercer capítulo se presenta la metodología empleada para el análisis de la información alusiva a las variables centrales de la investigación y se muestran algunos ejemplos de los productos generados, aquí se detalla desde la obtención de los datos, hasta el proceso de modelado de la información.

El capítulo cuatro muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología y realiza una interpretación de los posibles efectos para cada municipio.

Finalmente se realizan una serie de propuestas para combatir los efectos de la variabilidad climática en la zona de estudio, partiendo de lo general y concluyendo con propuestas específicas por municipio.

En el anexo cartográfico se muestra el conjunto de planos que sirvieron como base para elaborar los productos finales de variabilidad climática. Se trata de mapas de distribución de la temperatura para los diferentes años analizados, así como precipitación y es un conjunto de 12 planos que fueron la base de la investigación.

Esquema de Investigación

Pregunta de investigación

¿Qué comportamiento la variabilidad climática (expresada en precipitación y temperatura) ha presentado y cuáles han sido sus efectos en el corredor florícola del sur del Estado de México?

Objetivos

General

Estudiar los efectos de la variabilidad climática en el corredor florícola del sur del Estado de México.

Específicos

- Realizar la contextualización de la problemática y la caracterización de los municipios pertenecientes al corredor florícola.
- Identificar la existencia de la variabilidad climática en la zona de estudio.
- Delimitar la ubicación espacial de las zonas más vulnerables a los efectos de la variabilidad climática.

Capítulo I. Conceptualización y referenciación de la variabilidad climática

Este capítulo tiene como fin brindar la fundamentación teórica necesaria para la realización del trabajo, la presente investigación tiene como concepto principal: variabilidad climática, la cual es abordada a través de la referencia teórica, la cual arroja palabras que se considera importante definir para lograr comprender todos los aspectos del presente trabajo.

Los conceptos se agrupan en dos categorías para simplificar su análisis, el primero contiene definiciones que ayudan a la comprensión de las causas generales del trabajo y de sus variables. El segundo se constituye de conceptos alusivos a procesos metodológicos y de análisis.

Dentro del primer grupo se encuentra: clima, precipitación, temperatura, y floricultura. Todos ellos debido a que forman parte del tema principal de la investigación, así como las variables independientes. En el segundo se ubican las definiciones de: sistemas de información geográfica e interpolación, esto debido a que fueron las herramientas y procesos principales de la investigación.

Los documentos relacionados a la variabilidad climática utilizados como referentes teóricos fueron retomados de otros países de Latinoamérica como Colombia, Ecuador, Honduras, entre otros, debido a que en México las investigaciones con relación al tema son escasas.

Esta condición ofrece además de sustento al trabajo una visión global de la problemática a estudiar y de las condiciones bajo las cuales la variabilidad climática es analizada.

1.1 Variabilidad climática y cambio climático

La variabilidad climática de acuerdo con IDEAM – UNAL (2018) es definida como las fluctuaciones de las variables climatológicas durante periodos de diversa duración, en donde los valores se encuentran por encima o por debajo de las

condiciones presentadas en largos periodos de tiempo. Serrano Vicenti, *et al.* (2012) define el fenómeno como los cambios sobre el clima que dependen de condiciones atmosféricas extremas que exceden en mucho a los promedios estándares. Russo (2016) indica que la variabilidad climática es una medida del rango en que los elementos climáticos como temperatura y precipitación varían de un año a otro.

Las definiciones de estos autores relacionan estrechamente a este fenómeno con el cambio climático global, el cual es definido por Serrano Vicenti, *et al.* (2012) como una modificación del clima duradera y significativa con respecto a un historial climático, tanto a escala regional como global y sobre variados parámetros meteorológicos. Russo (2016) lo define como el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima durante períodos de tiempo comparables.

Hablar de variabilidad climática no es posible sin tomar en cuenta al cambio climático, pues de acuerdo a estas definiciones se entiende que la variabilidad climática es un proceso previo al calentamiento global. De esta manera las causas de ambos fenómenos se asocian, así como su estudio.

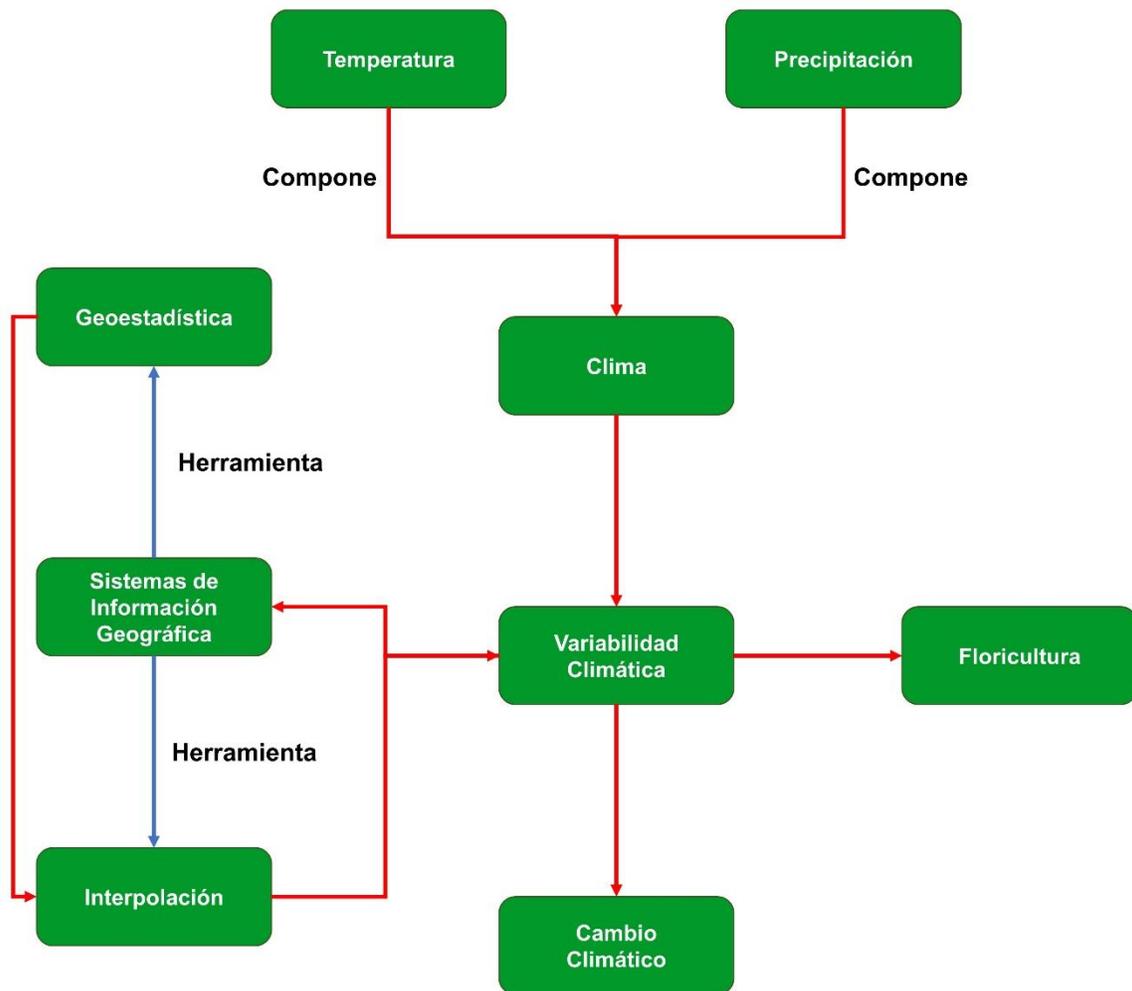
El origen del cambio climático se analiza desde dos perspectivas, la primera de ellas incluye a los efectos de origen natural, que de acuerdo con Useros Fernández (2013) son: la radiación solar, la órbita terrestre, la deriva continental, los gases volcánicos, las corrientes oceánicas y la latitud. Por otro, lado las causas de origen antropogénico según Russo (2016), son el tamaño de la población humana, el consumo de los recursos per cápita y las tecnologías utilizadas para producir y consumir los recursos.

Serrano Vicenti, *et al.* (2012), indican que los fenómenos que producen contrastes en el clima pueden ser frentes fríos, periodos de secas, huracanes, perturbaciones tropicales, las cuales responden a la alteración química atmosférica producto de la presencia de Gases de Efecto Invernadero en el mundo.

Las alteraciones en el clima originan la variabilidad climática, y de acuerdo con Peña Q & Riaño H. (2016) existen distintos tipos según el periodo de tiempo de análisis, los cuales son: a) variabilidad intraestacional, que refiere un análisis entre estaciones (primavera, verano, otoño e invierno); b) variabilidad interanual, corresponden a las fluctuaciones en periodos de más de un año; y c) variabilidad interdecadal, se emplea para ciclos de más de diez años.

1.2 Conceptualización

Figura 1. Relación de conceptos



Fuente. Elaboración propia con base en referentes teóricos.

1.2.1 Clima

El clima es la combinación de temperatura, precipitación, vientos, humedad y presión en la atmósfera, que fluctúan con cierta regularidad en torno de valores medios para cada lugar en particular. Los factores de localización más importantes que afectan el clima local son latitud, altitud, relieve, vientos predominantes, corrientes oceánicas y continentalidad. Como estos elementos varían de un área a otra, la noción de clima global se define con base en promedios de las temperaturas regionales (Rivera Herrejón, 2013).

La primera clasificación climática fue elaborada por Köppen (1936), la cual describe los climas del mundo empleando dos variables: temperatura y precipitación. Esta clasificación tiene cinco grandes grupos climáticos, los cuales son: Tropical lluvioso (A), seco (B), templado lluvioso (C), boreal (D) y frío o polar (E), cada uno recibe una letra mayúscula, La variable empleada para realizar esta clasificación es la temperatura.

Posteriormente cada grupo climático tiene subclasificaciones que los diferencian, el primer subgrupo, responde a características de precipitación, para especificar sus características se asigna una letra minúscula delante del grupo climático, esto para los grupos: A (tropical lluvioso), B (seco), C (templado lluvioso) y D (boreal). El grupo E (frío o polar) cuenta únicamente con una subdivisión de acuerdo al límite de temperatura.

Finalmente, el tercer parámetro para determinar un clima es el régimen térmico el cual se emplea en los grupos B, C y D, los cuales tienen tantas similitudes que hacen necesario ser muy específico en las características de cada uno. De igual manera se le asigna otra letra minúscula.

Esta clasificación fue modificada por García (2004) quien se ha encargado durante diversas ediciones de analizar los datos climáticos del país para ser aún más específico en la determinación del clima en las diversas regiones de la república, dichas modificaciones agregan algunas variables, respondiendo a variaciones y/u

oscilaciones de temperatura y precipitación, dicha modificación es empleada por INEGI para elaborar cartas climatológicas.

Los factores formadores empleados en la investigación son temperatura y precipitación, debido a que no se tienen las herramientas para hacer uso de los demás factores formadores del clima.

1.2.2 Temperatura

Temperatura es la propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico, el concepto deriva de medir el grado de caliente o frío relativo y de la observación de que las variaciones de calor sobre un cuerpo producen una variación de su temperatura, mientras no se produzca la fusión o ebullición (Inzunza, 2006)

El principal factor que produce cambios de temperatura en el aire sobre el planeta es la variación en el ángulo de incidencia de los rayos solares, que depende de la latitud, es por ello que las zonas cercanas al ecuador son cálidas y la temperatura disminuye mientras más se acerca a los polos.

La medición de la temperatura se expresa en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)¹ o grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)² las cuales son las más unidades más comunes. La información se registra en estaciones meteorológicas, ubicadas alrededor del mundo, estas estaciones miden temperaturas máximas, mínimas o tomas registros continuos del tiempo (termogramas). Con esas mediciones se pueden realizar cálculos estadísticos para descripciones climatológicas generales como: temperaturas medias (anuales, diarias, mensuales o estacionales), valores extremos (máximas y mínimas), amplitudes térmicas (diferencia entre valor máximo y mínimo), desviaciones estándar, etc.

¹ Escala de medición más difundida en el mundo, empleada para mediciones de rutina, en superficie y en altura, su punto de fusión del hielo es a 0°C y el de ebullición del agua pura a nivel del mar 100°C (Inzunza, 2006).

²La escala Fahrenheit, junto con la escala Celsius son las más comunes a diferencia de tener números positivos para temperaturas más bajas. Punto de fusión del hielo 32°F y punto de ebullición del agua 212°F (Inzunza, 2006).

1.2.3 Precipitación

La precipitación es definida como cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo. (Sánchez San Román, 2018). Existen diversos tipos de precipitación: ciclónicas, que son provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón, la mayor parte del volumen de precipitación recogido en una cuenca se debe a este tipo de precipitaciones; de convección, se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente, son las tormentas de verano; y las orográficas, que se presentan cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar una barrera montañosa.

La intensidad de la precipitación se calcula mediante la cantidad de agua sobre el tiempo y generalmente se expresa en milímetros/hora. Aunque en otros casos únicamente se encuentra expresado en milímetros, principalmente cuando se obtienen promedios mensuales o anuales.

1.2.4 Sistemas de información geográfica (SIG)

Sistema de información geográfica se define como un conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real (INEGI, 2014). Estos sistemas trabajan de manera cíclica, ya que todos parten de recopilar datos, capturarlos, analizarlos y finalmente darles un uso para la toma de decisiones.

Olaya (2014) define los SIG como un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.

La popularización de las tecnologías y esfuerzos de desarrollo llevados a cabo por un amplio abanico de ciencias beneficiarias por los SIG, todos han contribuido a redefinir la disciplina e incorporar elementos impensables de acuerdo con Olaya (2014), por lo cual es considerada como una herramienta multidisciplinaria.

1.2.5 Geoestadística

Se refiere al conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para el estudio de variables numéricas distribuidas en el espacio (González, et al., 2007). La geoestadística actualmente es una herramienta muy útil para explicar la variación de propiedades en el espacio y se emplean para analizar sitios geográficos que no tienen información.

Su uso se fundamenta en el cálculo de la semivarianza y el semivariograma, los cuales constituyen las herramientas principales de un cuerpo de desarrollos matemáticos conocidos como la teoría de las variables regionalizadas (Royle, 1980) citado por (González, et al., 2007).

El análisis de las variables climáticas (temperatura y precipitación), se encuentran en datos estadísticos, por ello es correcto hacer su análisis debe mediante estos métodos.

1.2.6 Interpolación

Son estimaciones de los valores de cada punto, a partir de los datos existentes que se encuentran en su entorno (Martínez García, 2012). Esto significa la estimación de las características de la superficie calculado a través de puntos.

Toda interpolación parte de dos coordenadas, X & Y, y de información en una tercera coordenada (Z) la cual determina la construcción de los diferentes modelados, según Picó Vicente (2005).

1.2.7 Floricultura

De acuerdo con Ramírez & Avitia-Rodríguez (2017), la floricultura es una actividad del sector agropecuario, específicamente del sector agrícola, la cual genera altos ingresos en comparación a cultivos tradicionales de baja productividad.

Morsigue, *et al.* (2012) indican que no hay fecha exacta del inicio de la floricultura, pero sus orígenes datan a las civilizaciones antiguas como la sumeria y egipcia,

donde en diversas piezas dibujados sobre vasijas de barro muestran la apreciación que tenían por las flores.

Dentro de sus productos de la floricultura además de la flor se encuentran un conjunto de productos relacionados ya sean insumos o producto relacionado, tales como plantas vivas, bulbos, cebollas, tubérculos, raíces tuberculosas, turiones y rizomas, así como follaje, hojas, ramas y además partes de las plantas, según Ramírez & Avitia-Rodríguez (2017).

1.3 Trabajos relacionados a la variabilidad climática en el mundo

1.3.1 Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981 – 2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita Norte de Santander, Colombia

El presente trabajo tuvo como objetivo fundamentar teóricamente la estructura metodológica relacionada al cálculo del cambio climático, analizar la variabilidad climática en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita e identificar las medidas iniciales de adaptación al cambio climático y a la variabilidad climática, de acuerdo con Alzate, *et al.* (2015).

En dicho estudio los autores identificaron la relación del cambio climático y la variabilidad climática a través de la detección y cuantificación de tendencias de cambio en las series de tiempo de temperaturas y precipitaciones registradas por estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). El trabajo fue realizado empleando la información de 60 estaciones, de 170 disponibles, las cuales contaban con información para un mínimo de 30 años dentro de dicho periodo (Alzate, *et al.*, 2015).

Para cuantificar las tendencias detectadas y estimar la magnitud de las alteraciones climáticas en los últimos años emplearon la estadística no-paramétrica y un proceso de interpolación a través del método de Distancia Inversa Ponderada (IDW, por sus siglas en inglés), para modelar la distribución espacial de las tendencias climáticas en la zona de estudio (Alzate, *et al.*, 2015).

Posteriormente realizaron un análisis para cada estación y obtuvieron la tendencia de aumento de temperatura y precipitación, lo cual estructuraron en una base de datos con las tendencias y finalmente realizaron una interpolación de datos mediante el método IDW, con el cual obtuvieron un mapa para temperatura y un mapa para precipitación, agrupando los datos de acuerdo a los datos obtenidos. (Alzate, et al., 2015)

Finalmente realizaron una comparación de fluctuaciones por cada estación, esto debido al interés de ver los cambios que había de acuerdo a cada fenómeno, en este caso el niño y la niña. Sus resultados arrojaron un incremento gradual de temperatura de entre 0.1°C y 0.4°C por década y de 0 a 250 mm por década para precipitación. (Alzate, et al., 2015)

1.3.2 Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el distrito metropolitano de Quito

El objetivo de Serrano Vicenti, *et al.* (2012) fue establecer el impacto que ha tenido el cambio climático y la variabilidad climática sobre el Distrito Metropolitano de Quito y sus alrededores en los últimos años, a través de un análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios.

Los autores tomaron datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) a través de su red de estaciones meteorológicas, en total emplearon 52 estaciones, dentro y fuera del distrito de Quito, las cuales cumplieron con la condición de tener datos de por lo menos 30 años de antigüedad, a excepción de una con 27 años y una con 29. Las variables utilizadas por los investigadores fueron: precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, heliofanía efectiva mensual, humedad relativa mensual, evaporación potencial y nubosidad media mensual. Los datos fueron obtenidos previamente homogenizados y con control de calidad (Serrano Vicenti, et al., 2012)

Los resultados obtenidos arrojaron la afirmación de un incremento gradual de temperatura, para precipitación no fue igual dado que el incremento fue muy bajo, esto en periodos de 10 años cada uno, posteriormente los investigadores realizaron un análisis más detallado sobre las tendencias de los meses de marzo y agosto, con lo cual demostraron la fluctuación interestacional de temperatura y precipitación (Serrano Vicenti, et al., 2012)

Finalmente, generaron cartografía a partir de los datos de las temperaturas máximas y mínimas, para observar la variación en cada una de ellas, sus resultados muestran que el aumento de temperatura en las temperaturas mínimas es mayor que en las temperaturas máximas en determinadas regiones. El aumento de temperatura es entre 0.1°C y 1.25°C para las temperaturas máximas y para las mínimas el aumento oscila entre 0.3°C y 0.67°C (Serrano Vicenti, et al., 2012).

1.3.3 Variabilidad climática y cambio climático en Honduras

Este trabajo tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad climática de Honduras ante fenómenos de la variabilidad climática y elaborar escenarios de cual podría ser el clima futuro, de acuerdo con Argeñal (2010). El autor analizó la variabilidad climática a través de comparar las condiciones climáticas de temperatura y precipitación bajo la influencia de diversos fenómenos como la niña y el niño en sus diversas fases.

La investigación empleó los datos de 67 estaciones hidrometeorológicas de Honduras con series mayores a 30 años de longitud y en algunos casos tomó datos desde 1951 hasta 2008, los datos empleados fueron diarios. El modelado de los datos estadísticos, se realizó a través de un proceso de interpolación mediante el método Kriging. Los mapas de temperatura que realizó el autor fueron obtenidos de una base de datos elaborada por Hijmans (2005).

Posteriormente realizó una separación de los totales mensuales de precipitación, agrupándolos en períodos correspondientes a la caracterización de los eventos cálidos y fríos de acuerdo a rangos elaborados por el investigador. A manera de

análisis se formularon escenarios de cambio climático regionalizados de las variables climáticas, precipitación, temperatura y presión atmosférica. Los escenarios fueron realizados para diversos años, desde 2020 hasta 2090, esto con el fin de ofrecer mapas de zonas vulnerables en un futuro (Argeñal, 2010).

El autor concluye que el fenómeno del niño provoca una disminución de lluvia durante casi toda la temporada lluviosa especialmente en los meses de agosto y octubre alcanzando un déficit cercano al 60%, cuando el fenómeno es débil llueve temprano en junio y la temperatura incrementan en 6°C, cuando se presenta el fenómeno de la niña débil la precipitación disminuye de noviembre a marzo, lo cual genera un aumento de temperatura. Finalmente, los escenarios arrojan información que indica que el aumento de temperatura para 2020 será de 0.8°C en caso de continuar con los patrones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y para el ultimo escenario en 2090 el aumento será de 4°C y la precipitación disminuiría entre un 60 y 70% del total actual (Argeñal, 2010).

El fenómeno de variabilidad climática es un fenómeno provocado por la acción natural de los procesos de la Tierra, así como las actividades humanas, principalmente las relacionadas a la generación de Gases de Efecto Invernadero, las cuales se reflejan en forma de cambio climático, el cual es analizado en largos periodos de tiempo, a diferencia de la variabilidad climática, la cual se puede analizar en la escala de tiempo que se prefiera.

Los conceptos están relacionados de acuerdo a la incidencia que tiene cada uno en la investigación, los cuales pueden ser elementos o herramientas de otros conceptos, como el clima, el cual es determinado por los fenómenos de variabilidad y cambio climático y que es formado por temperatura y precipitación, variables que serán estudiadas. La geoestadística e interpolación forman parte de los sistemas de información geográfica, herramienta de análisis a utilizar.

La comprensión de los diversos conceptos empleados para definir el núcleo de la investigación permitirá al lector entender la relación de las variables, así como la determinación de los métodos de análisis de la información.

Los trabajos relacionados a la variabilidad climática se utilizaron en algunos casos como referentes teóricos, en algunos otros ayudaron a fundamentar la construcción y empleo de diversos métodos de análisis a través de los cuales se analizará la información.

Capítulo II. Contextualización de la problemática y caracterización del medio físico y social de los municipios pertenecientes al corredor florícola del sur del Estado de México

El objetivo de este capítulo es dar un panorama general de la problemática central, la variabilidad climática y cuáles son las principales consecuencias en las principales actividades productivas del mundo, del país y particularmente del Estado de México, esto como respuesta al tema central de la tesis, que es el corredor florícola del sur del Estado.

En la primera parte del capítulo se contextualiza el estado actual de la variabilidad climática en el mundo, así como del cambio climático, las principales fuentes contaminantes y su incidencia en los fenómenos de análisis.

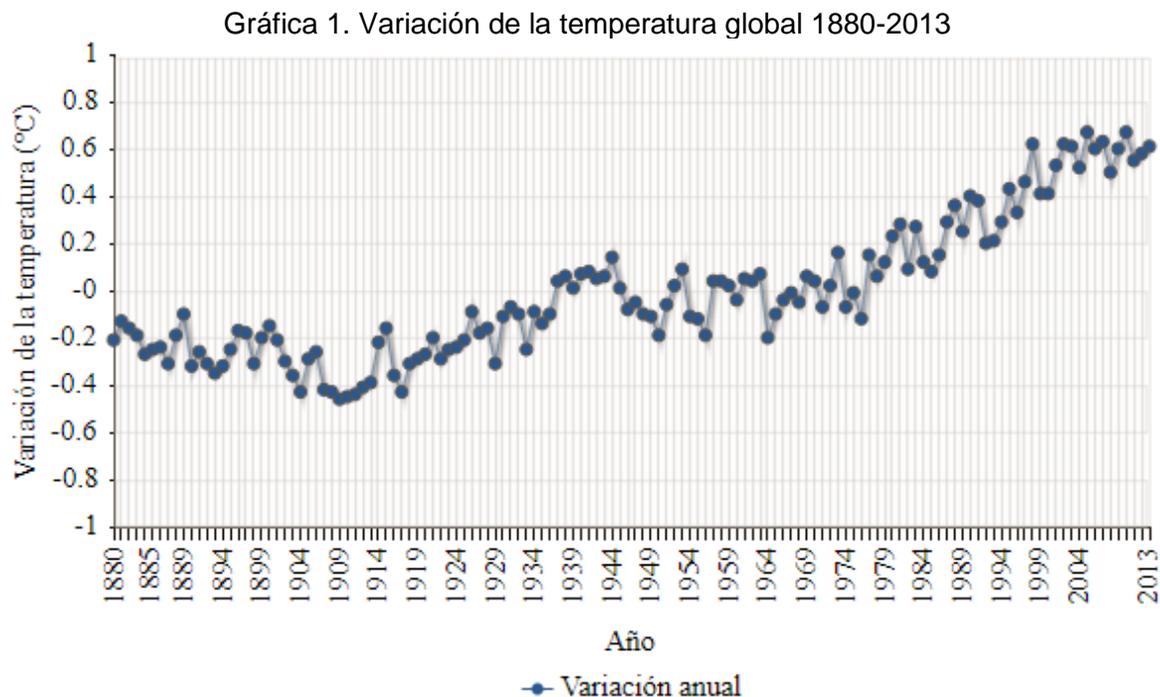
En la segunda parte del capítulo se dará una perspectiva de las afectaciones a la agricultura como principal actividad productiva del mundo, enfatizando en las condiciones de la floricultura en México y en el Estado de México.

En la tercera parte del capítulo se realiza una caracterización geográfica, edafológica, hidrológica y climatológica de la zona de estudio, esto con el fin de conocer las características de la zona para entender los diferentes procesos físicos, demográficos y económicos que ocurren dentro del corredor florícola del Estado de México. Para la elaboración de esta parte del capítulo se emplearán métodos cartográficos, los cuales ayudarán a comprender de mejor manera el medio físico de la zona de estudio.

Finalmente, se describen las características sociales y económicas de la región, mediante datos poblacionales, además de datos de uso de suelo y actividades económicas de la zona, abordando principalmente las características de las actividades agrícolas, especialmente la actividad florícola.

2.1 Contextualización del problema

La variabilidad en el clima terrestre es un proceso natural, que a lo largo de la vida del planeta se han presentado diversas alteraciones en el clima que respondieron a procesos propios de su época. Hoy en día el problema al que la humanidad se enfrenta no es la variación del clima, se trata de la rapidez con la que los cambios se han dado en las últimas décadas.



Fuente: SEMARNAT, 2013

El gráfico 1 muestra la variación climática global en un periodo de 130 años, permitiendo entender los procesos que nuestro planeta ha sufrido, y como la temperatura cambia año con año. A partir de 1970, la temperatura sigue una tendencia de incrementos, caso contrario a los años anteriores, cuando se presentó un periodo de aumento y un periodo de enfriamiento, por lo cual la temperatura parecía regularse gradualmente de acuerdo con SEMARNAT (2013).

Es posible encontrar diversas razones para explicar este cambio en el patrón de la variación de temperatura. Entre ellas se puede hablar del crecimiento poblacional, el aumento de emisiones contaminantes, sin embargo, todas las causas que

encontramos responden directamente al cambio en los patrones de producción y de consumo de acuerdo con Russo (2016).

La economía global está construida bajo el régimen del sistema capitalista en el cual las personas e instituciones tienen como propósito la generación de riqueza, de acuerdo con Russo (2016), esto ha llevado al mundo a modificar los patrones de producción, en los que se prioriza la producción en masa para reducir los tiempos y costos de producción, generando mayores ganancias, lo cual es el principal objetivo.

Dicho proceso de industrialización ha provocado un incremento en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), en donde se incluyen: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y los llamados flúor cloro carbonos (CF's). De acuerdo con Sánchez-Cohen *et al.* (2008) los GEI son esenciales para el mantenimiento de la vida en la superficie del planeta, debido a que evitan que la radiación solar recibida por la superficie terrestre se regrese al espacio, lo que mantiene al mundo "habitabile".

Figura 2. Relación de los GEI y el Efecto Invernadero

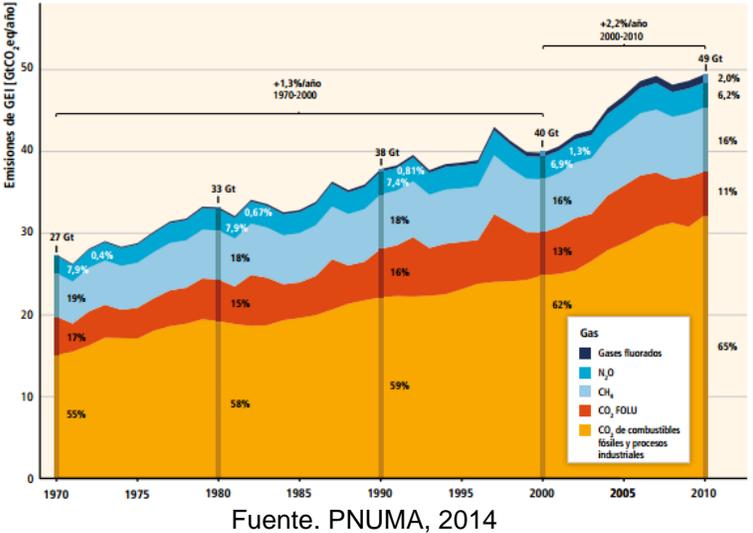


Fuente. Colegio de Ciencias Agrícolas (2010)

Los GEI generan en la atmósfera un proceso conocido como Efecto Invernadero, el cual, de acuerdo con el Colegio de Ciencias Agrícolas (2010), provoca que entre más energía de la que sale, debido a que los GEI hace que la radiación solar rebote al intentar salir al espacio, dejando la energía atrapada dentro de la atmósfera causando alteraciones de temperatura, dicho fenómeno se muestra en la figura 2.

La industrialización provoca que las cantidades presentes de estos gases se incrementen de manera alarmante en los últimos años, propiciado aumentos anómalos en temperatura, afectando a los procesos físicos y bióticos. La situación actual de los principales GEI con respecto a la época preindustrial se encuentra 30% arriba para el dióxido de carbono, 15% para el metano y otros GEI no existían en esa época.

Gráfica 2. Emisiones antropógenas anuales de GEI totales por grupos de gases 1970-2010



La actual temperatura promedio de la superficie terrestre es la mayor en los últimos años y ha aumentado 0.6°C en el último siglo, diversos investigadores, por ejemplo, Masera (2006) indica que de continuar con la misma tendencia en los próximos 100 años la concentración de dióxido de carbono aumentará entre 75% y 350% respecto al nivel preindustrial y la temperatura del planeta se incrementaría entre 1.4 y 5.8°C.

Este elevado incremento en la temperatura causaría grandes alteraciones al clima global, pues el régimen de precipitación presentará grandes variaciones regionales

y mezclado con la disminución de los glaciares, el nivel del mar crecerá entre 0.1 y 0.9 metros, reduciendo la masa continental de acuerdo con Masera (2006). La variabilidad climática, supone entonces, consecuencias sobre actividades que obtengan productos primarios, pues el clima global no será estable.

La agricultura representa para el mundo la actividad económica más importante y necesaria de todas, pues de ella depende la mayor parte de la obtención de alimento, que es la primera necesidad del hombre. Altieri & Nicholls (2009) hablan de una preocupación por parte de la comunidad científica debido a la amenaza que representa el cambio climático global, pues los factores climáticos indispensables para el crecimiento de los cultivos, tales como la precipitación y la temperatura serán severamente afectados por este fenómeno.

Masera (2006) indica otras consecuencias de este fenómeno, las cuales son: aumento en la incidencia de plagas, enfermedades como la malaria, cuya distribución depende de la temperatura; pérdida de biodiversidad y cambios en la productividad de los ecosistemas, la reducción en las cosechas de cereales y el incremento de escases de agua. Además, se presentarán mayores inundaciones, sequías, huracanes, entre otros fenómenos, de acuerdo con Ordaz, *et al.* (2010).

Las consecuencias se resentirán más en ambientes frágiles ocupados principalmente por agricultores de subsistencia, esto afectará gravemente a la economía global, pues provocará un aumento en los índices de pobreza mundial y un desabasto de productos de primera necesidad en diversas regiones del mundo. La consecuencia de un desabasto alimentario se traduce en más emisiones contaminantes, pues se tendrán que transportar alimentos de un lado a otro, incrementando costos por traslado y generando emisiones de GEI (Altieri & Nicholls, 2009).

De acuerdo con Hemada & Ghini (2011) la distribución de las plagas y patógenos son fijados por la distribución, la susceptibilidad y el manejo de los cultivos, los vectores y otros organismos relacionados con la enfermedad, las plagas y el medio ambiente favorable, esto sugiere que la presencia de plagas se verá alterada por

los patrones de variabilidad climática, es decir, que plagas que no se conocen en alguna región pasaran a ser parte de los sistemas de producción, lo cual representa un alto riesgo para los agricultores representando costos adicionales de producción.

De acuerdo con Sánchez-Cohen *et al.* (2008) la población que subsiste de las actividades relacionadas con la agricultura de manera directa o indirecta en México es de un 23.5%, aunque esta actividad se ha visto muy afectada debido a efectos climáticos tales como sequías, precipitaciones extremas y la introducción de importantes industrias, lo cual ha reducido de un 57.4% en 1950. Estos datos arrojan que se ha presentado una tasa de disminución anual del 3.3%, amenazando gravemente la disponibilidad de alimentos en el territorio nacional.

La agricultura engloba cualquier actividad que obtenga productos por medio del cultivo de plantas, dentro de estas actividades se encuentra la floricultura, que no es más que la producción de flores para ornamento. En México el uso de la flor ha jugado un papel muy importante en el folklore, en ceremonias religiosas y públicas de toda índole (Reyes Moreno, 1998), desde le época prehispánica.

La floricultura es una actividad, la cual requiere de factores climáticos muy específicos para tener éxito, pues la flor necesita estar bajo condiciones ambientales muy específicos, entre ellos los que destaca la luz, la temperatura, la humedad relativa, además de otras condiciones edafológicas (Gallegos De León, 2010). Por estas razones es difícil que la floricultura se practique en regiones con climas extremosos.

México cuenta con características climáticas y edáficas para el desarrollo de floricultura de primer nivel y con alta calidad de a esto se agrega la cercanía con uno de los principales consumidores de flor en el mundo, Estados Unidos exportación (Tejeda-Sartorius, et al., 2015). A pesar de contar con condiciones aptas para la práctica de la floricultura, en muchas regiones del país no se ha desarrollado esta actividad.

La industria florícola ha pasado en las últimas 3 décadas de producir 10 billones de dólares a 60 billones de dólares en el mundo (van Uffelen & de Groot, 2005). Dentro de los principales países exportadores encontramos a Holanda como el principal exportador con un 52.3% del total, seguido de Colombia y Alemania (Ramírez & Avitia-Rodríguez, 2017).

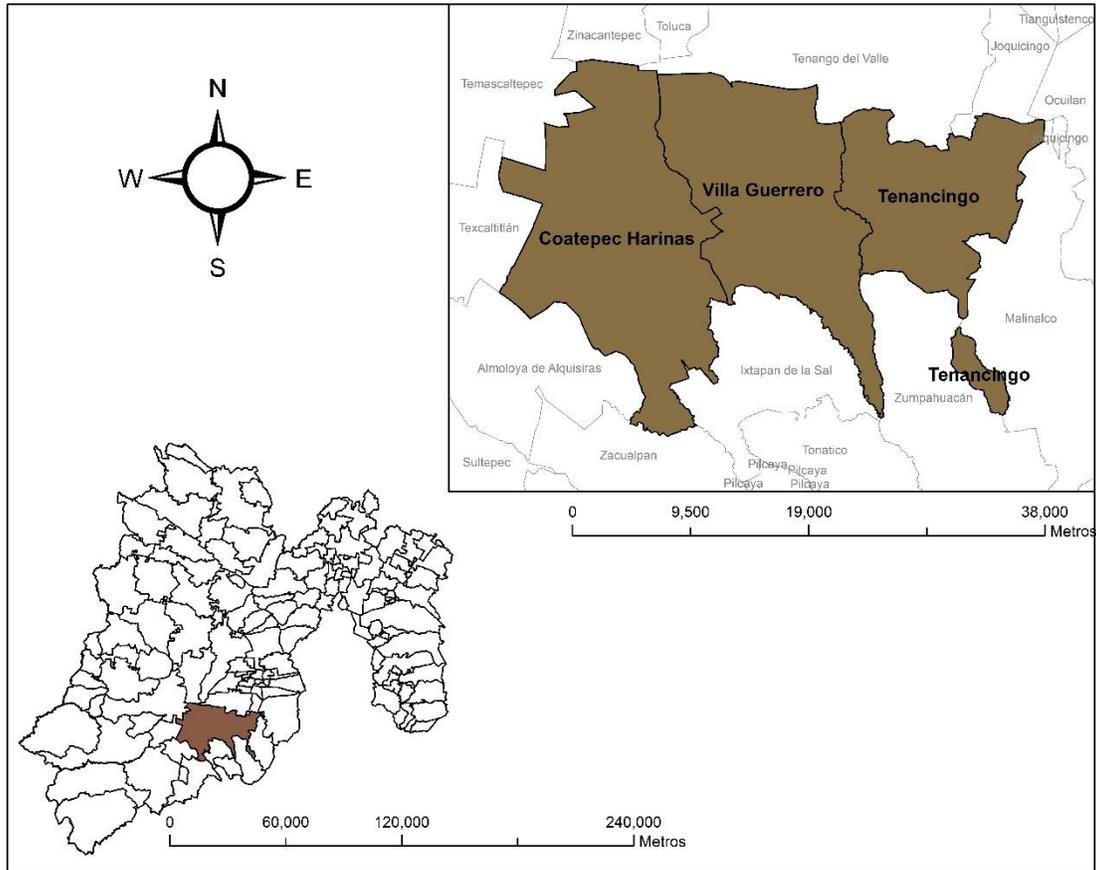
De manera global la agricultura es la actividad más afectada por la variabilidad del clima, dentro de ella existen cultivos que requieren aún más de condiciones específicas para lograr una buena producción, entre estas actividades se encuentra la floricultura. Predecir el tiempo y rendimiento de los cultivos de flores, representa para el floricultor una ventaja competitiva y una herramienta de planeación que le permite mejorar su capacidad para pre-vender, programar recursos y despachos, y mejorar tiempos para tener florecimiento en periodos de mayores ventas (Monroy, *et al.*, 2001).

El Estado de México, es el estado más importante en la producción de flor, aportando el 80% de la producción de exportación (Gomora-Jiménez, *et al.*, 2006), debido a las idóneas condiciones ambientales que se presentan, además de la inversión en tecnologías para el cultivo. Dentro del Estado de México existe una región altamente productiva llamada el corredor florícola que está integrado por los municipios Tenancingo, Coatepec Harinas y Villa Guerrero, de acuerdo con Carrillo *et al.* (2017); Ramírez *et al.* (2015), aunque otros estudios Tejeda-Sartorius *et al.* (2015) y Gomora-Jimenez *et al.* (2006) incluyen a Ixtapan de la Sal, Tonalico y Zumpahuacán.

2.2 Caracterización del medio físico

2.2.1 Ubicación

Plano 1. Ubicación de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012)

Los municipios de la zona de estudio se encuentran ubicados dentro de las coordenadas extremas $19^{\circ}04'33.5''$, $18^{\circ}48'11.7''$ N y $99^{\circ}53'10.1''$, $99^{\circ}29'27.4''$ E, dentro de la región sur del Estado de México. Los municipios con los que colindan son: Almoloya de Alquisiras, Ixtapan de la Sal, Malinalco, Joquicingo, Temascaltepec, Tenango del Valle, Texcaltitlán, Zacualpan, Zumpahuacán y Zinacantepec; todos ellos, excepto Tenango del Valle y Zinacantepec, se encuentran dentro de la región VI de la división para efectos de la planeación del desarrollo regional del estado.

La división política del Estado de México se ha modificado a lo largo del tiempo, para fines de este trabajo se tomaron en cuenta las dos últimas actualizaciones a las que se tuvo acceso, todos los municipios sufrieron cambios en sus límites (véase tabla 1).

Tabla 1. Superficie de los municipios del corredor florícola (Km²)

Municipio	Área 1995	Área 2012	Variación
Coatepec Harinas	264.17	286.42	22.25
Tenancingo	170.39	164.53	-5.87
Villa Guerrero	238.46	229.17	-9.29
Total	673.02	680.11	7.09

Fuente. Elaboración propia con base en áreas geoestadísticas municipales (INEGI, 2012) y municipios del Estado de México 1995 (Casa, 1997)

Se puede observar el comportamiento que tuvo el área de estos municipios y muestra un crecimiento general de la zona de estudio, esto gracias al gran incremento en el área de Coatepec Harinas, haciendo que la disminución de terreno de Tenancingo y Villa Guerrero no se perciba.

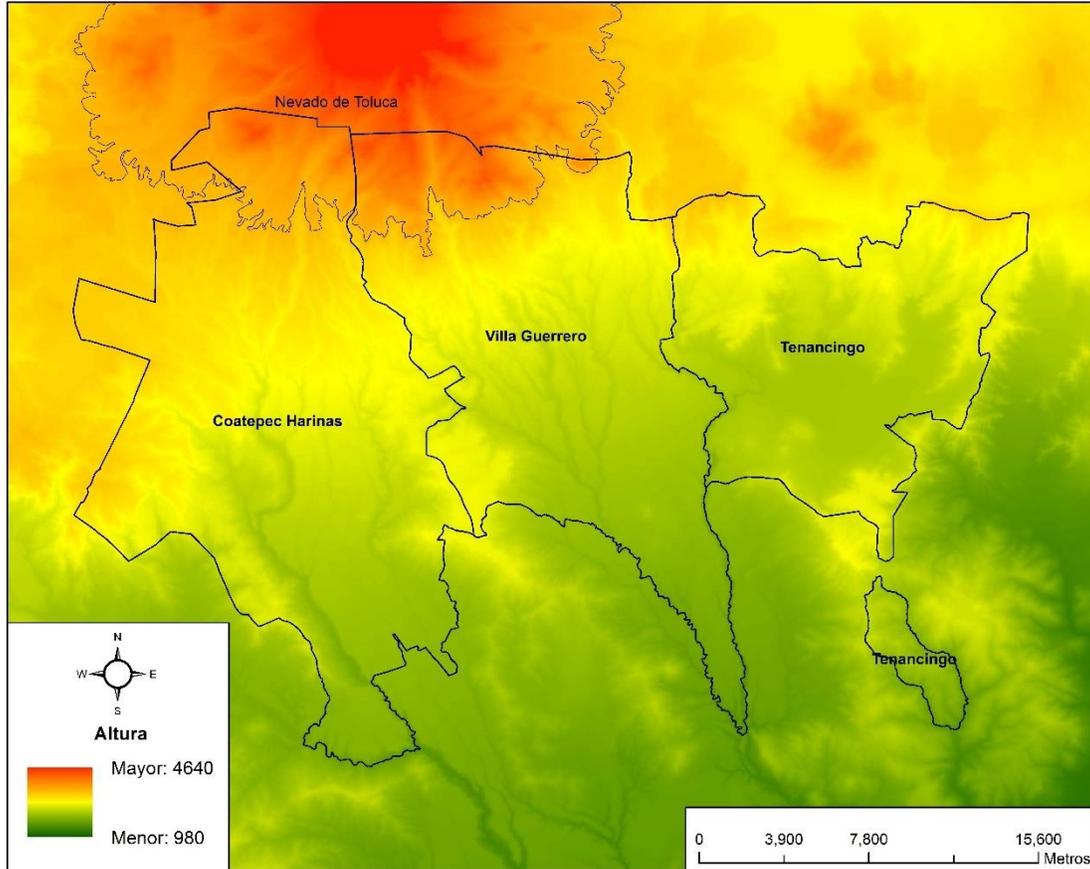
En la actualidad la superficie del Estado de México tiene un área de 22281.15 Km², mientras la zona de estudio cuenta con 680.11 Km² de extensión, por lo cual representa un 3.05% de la superficie total del Estado de México.

A continuación, se analizarán las principales condiciones del medio físico de la zona de estudio.

2.2.2 Altura

La zona de estudio se encuentra sobre distintas elevaciones, que van desde los 1480 msnm hasta los 3840 msnm, las zonas de mayor altura se encuentran ubicadas al norte de los municipios y coincide con la presencia del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, en donde se presentan elevaciones de hasta 4640 msnm.

Plano 2. Elevación de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Cartas Topográficas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1: 50,000 (INEGI, 2015), áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012) y Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2017)

Las zonas de menor altura se ubican al sur de los tres municipios (véase plano 2), se aprecia que los municipios tienen presente un marcado cambio de altitud de sur a norte, por lo cual se encontrarán diversas condiciones de biodiversidad y condiciones climáticas.

2.2.3 Clima

La variedad altitudinal que presenta la zona de estudio permite tener diversidad climática, dentro de la zona de estudio se presentan 3 climas: semicálido subhúmedo, templado subhúmedo y semifrío subhúmedo. Esta clasificación fue elaborada por (García, 2004), quien realizó una modificación a la clasificación

climática de (Köppen, 1936), la clasificación climática de la zona de estudio tiene tres tipos (véase tabla 2).

Tabla 2. Clasificación climática de la zona de estudio

Clima	Descripción
Semicálido subhúmedo.	Temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menos de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Semifrío subhúmedo.	Temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.
Templado subhúmedo.	Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

Fuente. Elaboración propia con base en (García, 1998)

La distribución climática en los municipios de la zona florícola indica que está distribuida de diferente forma en cada uno de ellos.

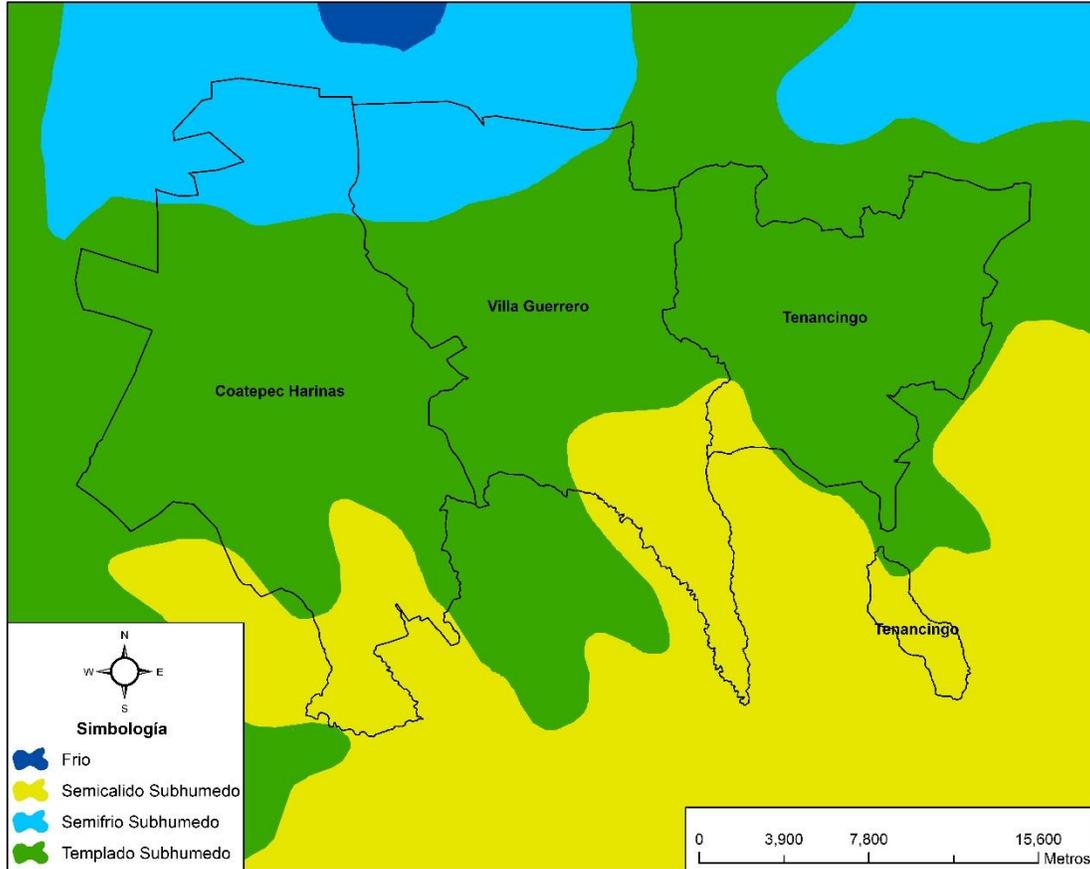
Tabla 3. Distribución climática de la zona de estudio

Municipio	Templado subhúmedo		Semifrío subhúmedo		Semicálido subhúmedo		Total Km ²
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	
Coatepec Harinas	208.35	72.74	40.02	13.97	38.04	13.28	286.42
Tenancingo	146.88	89.28	0	0	17.64	10.72	164.53
Villa Guerrero	141.47	61.73	41.26	18	46.44	20.26	229.17
Total	496.71	73.03	81.28	11.95	102.12	15.02	680.11

Fuente. Elaboración propia con base en (García, 1998)

La ubicación de los diversos climas de la región coincide con el aumento de altura, este comportamiento se da de sur a norte, es decir, el clima más cálido se encuentra al sur de la zona de estudio, mientras el clima templado se encuentra como una zona de transición justo a la mitad, finalmente en las zonas con más altura de la zona presentan el clima más frío, ubicadas en la zona norte de la región (véase plano 3).

Plano 3. Clima de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en (García, 1998) y áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000, (INEGI, 2012)

La tabla 3 permite comprender de mejor manera el plano 3, el cual nos muestra que el clima dominante es el templado subhúmedo, con el 73.03% del total de la región, seguido del semicálido con el 15.02% y finalmente el semifrío con 11.95%, esto muestra la dominancia del clima templado, pero los porcentajes de los climas restantes son para tomar en cuenta, ya que su superficie en conjunto representa una cuarta parte del total de la zona de estudio.

Las características climáticas de la región permiten poseer una gran biodiversidad y variabilidad en la práctica de la agricultura, floricultura, entre otras actividades del sector primario.

2.2.4 Edafología

Las condiciones edafológicas, son el complemento de las condiciones climáticas para que una región sea productiva, por lo cual la edafología es un tema de interés de la investigación.

La zona de estudio se encuentra ubicada sobre una región con diversas unidades de suelo, las cuales son: Acrisol, Andosol, Cambisol, Feozem, Litosol, Luvisol, Redzina, Regosol y Vertisol.

Cada unidad de suelo tiene condiciones diferentes, por lo cual son clasificadas de acuerdo a ciertas características que presenta cada una de ellas. La tabla 4 muestra las características de las principales unidades de suelo ubicadas en la zona de estudio.

Tabla 4. Principales unidades en los municipios del corredor florícola

Unidad de suelo	Descripción
Acrisol	Son suelos ácidos y se encuentran en zonas templadas y tropicales lluviosas. Tienen acumulación de arcillas en el subsuelo. Tienen colores amarillos, rojos y amarillos claros con manchas rojas. Son muy ácidos y carecen de nutrientes. Son susceptibles a erosión y se puede practicar la agricultura de ciertos cultivos tolerantes a la acidez. (INEGI, 2004)
Andosol	Son suelos de color oscuro, constituidos principalmente de ceniza volcánica, la cual contiene grandes cantidades de alófono, lo cual los hace ligeros, además, tienen la capacidad de retener la humedad. Su principal limitante es que retienen el fósforo, el cual no puede ser absorbido por las plantas, por esta razón deben someterse a procesos de fertilización para ser utilizados para fines agrícolas. Son muy susceptibles a la erosión eólica. (INEGI, 2004)

...continuación en la siguiente página

...continuación tabla 4.

Cambisol	<p>Son suelos con al menos un horizonte subsuperficial incipiente, muestran transformación en el material parental por la formación de estructura y coloración, aumento de porcentaje de arcilla y/o remoción de carbonatos.</p> <p>(WRB, 2015)</p> <p>Son suelos jóvenes poco desarrollados y delgados colocados directamente sobre material parental, por lo cual están expuestos a la erosión. Su rendimiento varía de acuerdo a las condiciones climáticas.</p> <p>(INEGI, 2004)</p>
Feozem	<p>Son suelos que se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Tiene profundidad variable, son profundos cuando se encuentran en terrenos planos y se emplean para la agricultura. Cuando se encuentran en laderas o pendientes son menos profundos.</p> <p>(INEGI, 2004)</p>
Litosol	<p>Son suelos duros o de piedra, se encuentran principalmente en sierras, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Su profundidad es menor a 10 cm, limitada por roca, tepetate o caliche endurecido.</p> <p>Sus condiciones de fertilidad y susceptibilidad a la erosión son muy variables y depende de otros factores ambientales. Su uso dependerá del tipo de vegetación que lo cubra.</p> <p>(INEGI, 2004)</p>
Luvisol	<p>Son suelos ubicados principalmente en zonas templadas o tropicales lluviosas, su vegetación generalmente se compone de bosques o selvas. Estos suelos se caracterizan por tener abundante arcilla en el subsuelo.</p> <p>Son de colores rojos o amarillentos, aunque se encuentran también en tonos pardos que no llegan a ser oscuros. Su rendimiento agrícola es moderado en zonas templadas y alto en zonas tropicales.</p> <p>(INEGI, 2004)</p>
Redzina	<p>Son suelos que se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal.</p> <p>Generalmente son suelos arcillosos y poco profundos, por debajo de 25 cm. En zonas planas se emplean para la agricultura, pero en zonas con pendiente representan un gran peligro por la erosión.</p> <p>(INEGI, 2004)</p>

...continuación en la siguiente página

...continuación tabla 4.

Regosol	<p>Son suelos sueltos, desarrollados en materiales no consolidados que carecen de horizonte mólico o úmbrico, no son muy delgados o muy ricos en fragmentos gruesos, tampoco arenosos ni con materiales flúvicos.</p> <p>Los suelos son comunes en zonas erosionadas y zonas de acumulación, particularmente en zonas áridas, semiáridas y terrenos montañosos.</p> <p style="text-align: right;">(WRB, 2015)</p> <p>Su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.</p> <p style="text-align: right;">(INEGI, 2004)</p>
Vertisol	<p>Son suelos de arcillas pesadas con alta proporción de arcillas expandibles, por lo cual forman profundas y anchas grietas desde la superficie hacia abajo cuando se secan.</p> <p>El origen de sus arcillas esta dado por la meteorización de rocas.</p> <p style="text-align: right;">(WRB, 2015)</p> <p>Son muy fértiles, por lo que su uso agrícola es muy variado y productivo, su dureza dificulta su labranza. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.</p> <p style="text-align: right;">(INEGI, 2004)</p>

Fuente. Elaboración propia con base en Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos (WRB, 2015) y Guía para la interpretación de Cartografía (INEGI, 2004)

Algunas de estas unidades de suelo cuentan subunidades, las cuales presentan algunas condiciones específicas diferentes al resto de la unidad. Las subunidades que se encuentran en la zona de estudio son las siguientes: Acrisol Órtico, Andosol Húmico, Andosol Mólico, Andosol Ótrico, Cambisol Crómico, Cambisol Eútrico, Feozem Háplico, Feozem Lúvico, Luvisol Crómico, Luvisol Férrico, Luvisol Vértico, Regosol Eútrico, Vertisol Pélico, las cuales son descritas en la tabla 5.

Tabla 5. Subunidades de suelo en los municipios del corredor florícola

Subunidad de suelo	Descripción
Acrisol Órtico	<p>La palabra Órtico quiere decir que la unidad principal no presenta características de otras subunidades de otros tipos de suelo, por lo cual se considera que la unidad se encuentra pura.</p> <p>Nos queda que es un suelo arcilloso ácido carente de nutrientes de color rojo, amarillo u amarillo claro con manchas rojas.</p> <p style="text-align: right;">(INEGI, 2004)</p>

...continuación en la siguiente página

...continuación tabla 5.

Andosol Húmico	Húmico quiere decir <i>humus</i> en latín, que significa suelo con una capa superficial oscura y rica en materia orgánica, ácida y carente de algunos nutrientes. La definición de esta subunidad de suelo queda como un suelo arcilloso, rica en materia orgánica, carente de nutrientes y además con cierto grado de acidez. (INEGI, 2004)
Andosol Mólico	Mólico refiere a suelos con una capa suave, oscura, fértil y rica en materia orgánica. La subunidad queda definida como suelos de origen volcánico, con una capa suave y fértil, a diferencia del resto de la unidad, que se necesita fertilizar para poder ser empleada en la agricultura. (INEGI, 2004)
Andosol Ócrico	Ócrico refiere a un suelo con una capa de color claro y pobre en materia orgánica. Esta subunidad se define como un suelo capas de retener humedad, de color claro y pobre en materia orgánica. (INEGI, 2004)
Cambisol Crómico	Crómico refiere a suelos de color pardo o rojizo, en ocasiones amarillento. Tienen fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas. La subunidad se refiere como suelos capaces de proporcionar nutrientes a las plantas y que sufre cambios de estructura, contenido de arcillas y carbonatos en algunos horizontes, delgado y expuesto a la erosión. (INEGI, 2004)
Cambisol Eútrico	Eútrico se emplea para expresar suelos ligeramente ácidos a alcalinos. La subunidad se caracteriza por tener suelos ácidos-alcalinos con cambios en sus horizontes en cuanto a sus contenidos de arcillas y carbonatos, generalmente delgados y expuestos a la erosión. (INEGI, 2004)
Feozem Háplico	Los suelos háplicos son suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en otros tipos de suelo. La subunidad queda definida como un suelo con una capa de color oscuro, suave y rica en materia orgánica y nutrientes. (INEGI, 2004)
Feozem Lúvico	Los suelos lúvicos son aquellos que tienen acumulaciones de arcilla en el subsuelo y son generalmente de color rojizo o pardo oscuro. La descripción de la unidad queda como un suelo de color rojizo o pardo oscuro, con una capa superficial suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. En el subsuelo tiene acumulaciones de arcillas. (INEGI, 2004)
Luvisol Crómico	Crómico refiere a suelos de color pardo o rojizo, en ocasiones amarillento. Tienen fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas. La subunidad de suelo queda definida como suelos de colores rojizos y en ocasiones amarillentos, con una gran capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas y abundantes arcillas en el subsuelo. (INEGI, 2004)

...continuación en la siguiente página

...continuación tabla 5.

Luvisol Férrico	Los suelos férricos son aquellos con manchas o nódulos de color rojo o negro cuyo origen se debe a las concentraciones de hierro. Son suelos de colores rojos a negros, con alta concentración de arcilla en el subsuelo, ricos en hierro, muy ácidos e infértiles. <p style="text-align: right;">(INEGI, 2004)</p>
Luvisol Vértico	La palabra vértico refiere a suelos que cuando están secos presentan grietas notables en alguna parte del subsuelo. Esta subunidad se describe como suelos de colores rojizos y en ocasiones amarillentos, con grandes concentraciones de arcillas en el subsuelo y grietas notables cuando están secos. <p style="text-align: right;">(INEGI, 2004)</p>
Regosol Eútrico	Eútrico se emplea para expresar suelos ligeramente ácidos a alcalinos, muy poco fértiles. Los suelos de esta subunidad se describen como suelos sueltos, delgados, carentes de capa húmica y originados por materiales no consolidados de tipo ácido o alcalinos, muy poco fértiles. <p style="text-align: right;">(INEGI, 2004)</p>
Vertisol Pélico	Los suelos pélicos son exclusivos de los vertisoles que indican suelos de color negro o gris oscuro. Esta subunidad engloba aquellos suelos ricos en arcillas expandibles de color negro o gris oscuro. <p style="text-align: right;">(INEGI, 2004)</p>

Fuente. Elaboración propia con base en guía para la interpretación de cartografía edafología (INEGI, 2004)

La variedad edáfica de la zona de estudio es muy diversa, aunque no todas las unidades son útiles para actividades productivas la zona ha aprovechado de la mejor forma posible sus posibilidades. Dentro de la zona de estudio la distribución de las subunidades de suelo se muestra con distribución diversa (véase tabla 6).

Tabla 6. Distribución edafológica en los municipios del corredor florícola

Subunidad	Tenancingo		Villa Guerrero		Coatepec Harinas		Total	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Acrisol Órtico	0.26	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.04
Andosol Húmico	76.82	46.69	93.09	40.62	132.47	46.25	302.37	44.46
Andosol Mólico	12.07	7.34	0.00	0.00	0.00	0.00	12.07	1.77
Andosol Ócrico	0.00	0.00	4.08	1.78	13.53	4.73	17.62	2.59
Cambisol Crómico	22.45	13.64	10.29	4.49	10.61	3.70	43.35	6.37
Cambisol Eútrico	1.68	1.02	22.87	9.98	19.90	6.95	44.45	6.54
Feozem Háplico	9.13	5.55	35.34	15.42	16.78	5.86	61.25	9.01

...continuación en la siguiente página

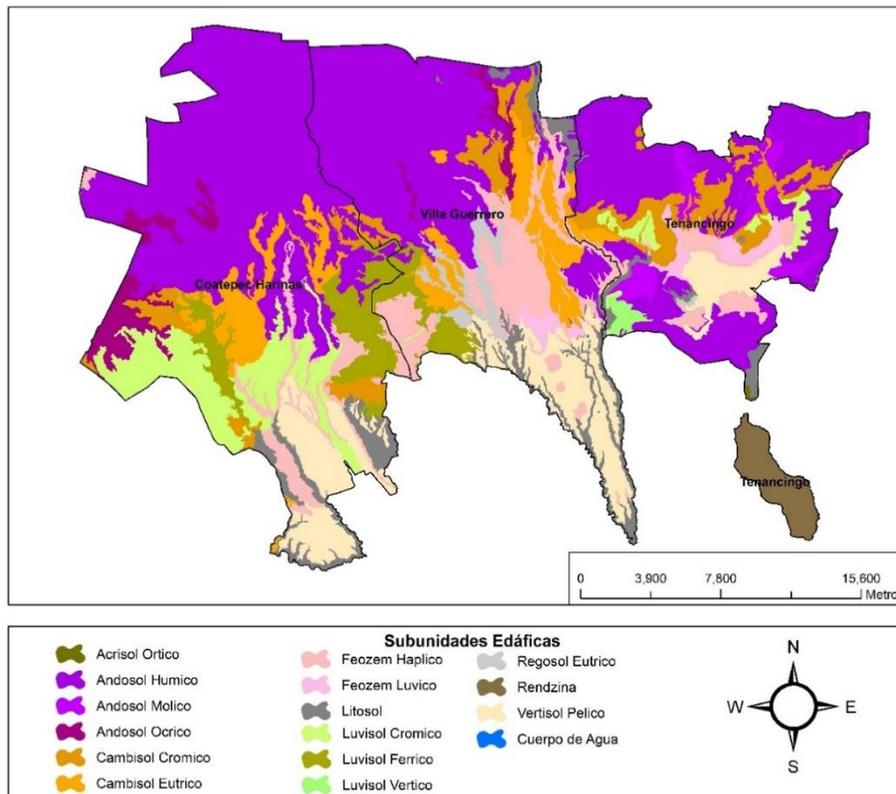
...continuación tabla 6.

Feozem Lúvico	5.94	3.61	3.27	1.43	0.00	0.00	9.21	1.35
Litosol	4.29	2.61	15.81	6.90	11.52	4.02	31.62	4.65
Luvisol Crómico	5.73	3.48	0.15	0.06	35.73	12.48	41.61	6.12
Luvisol Férrico	0.00	0.00	9.66	4.21	22.02	7.69	31.68	4.66
Luvisol Vértico	2.50	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.37
Redzina	12.70	7.72	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70	1.87
Regosol Eútrico	0.51	0.31	9.28	4.05	0.00	0.00	9.79	1.44
Vertisol Pélico	10.45	6.35	25.33	11.05	23.85	8.33	59.62	8.77
Cuerpo de Agua	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Total	164.53	100.00	229.17	100.00	286.42	100.00	680.11	100.00

Fuente. Elaboración propia con base en Cartas Edafológicas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1: 50,000 (INEGI, 1976)

En el plano 4 se muestra la distribución de las diferentes subunidades edáficas en la zona de estudio.

Plano 4. Edafología de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Cartas Edafológicas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1: 50,000 (INEGI, 1976) y áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012)

La tabla 6 y el plano 4 nos permiten entender la distribución edáfica de la zona de estudio, la cual ubica al norte, sobre las faldas del volcán Nevado de Toluca, los suelos de origen volcánico y hacia el sur todos los demás tipos de suelo. Vemos que el suelo más abundante en la zona de estudio es el Andosol Húmico, que se encuentra en el 44.46%, seguido de otras subunidades edáficas que no pasan del 10% del total del área.

La mayoría de los suelos ubicados dentro de la zona de estudio tienen fertilidades variables dependiendo de diversas condiciones, climáticas, de pendiente y tratamiento. Únicamente dos tipos de suelo son aptos para la práctica agrícola, siendo estos los Feozems y los Vertisoles, los cuales no rebasan el 20% del total de la zona de estudio.

Del total de las unidades de suelo siete de ellas (Acrisol, Cambisol, Feozem, Litosol, Luvisol, Redzina y Vertisol) son susceptibles a la erosión, la cual está relacionada directamente con la pendiente de la zona, por lo cual, es otro factor importante a analizar.

2.2.5 Pendiente

El grado de la pendiente se refiere a la pendiente de la superficie alrededor del sitio, de acuerdo con (FAO, 2009), los grados de pendiente se miden en una escala de 0° hasta 90°, siendo 90° lo más inclinado. Para calcular la pendiente se utilizan las curvas de nivel, mediante la siguiente fórmula:

$$P = \arctan\left(\frac{D}{DH}\right)$$

Donde:

P= Pendiente.

Arctan= Arcotangente.

D= Desnivel, son los metros subidos o bajados.

DH= Distancia Horizontal, metros recorridos horizontalmente sin tener en cuenta la pendiente.

De acuerdo con la guía para la descripción de suelos (FAO, 2009) los grados de pendiente se pueden clasificar de acuerdo con sus características, (véase tabla 7).

Tabla 7. Clasificación de las pendientes en los municipios del corredor florícola

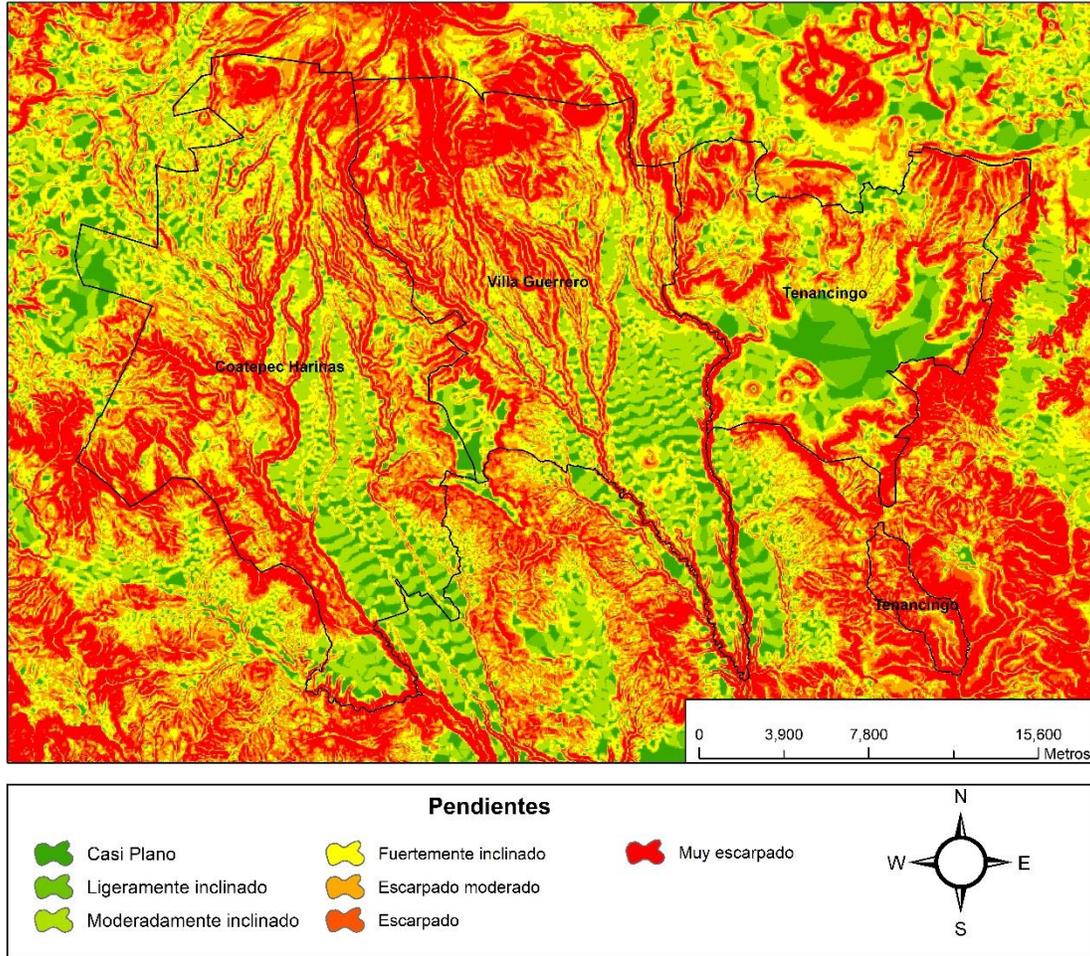
Descripción	Grados
Casi plano	0 – 0.5
Ligeramente inclinado	0.5 – 2
Moderadamente inclinado	2 – 5
Fuertemente inclinado	5 – 10
Escarpado moderado	10 – 15
Escarpado	15 – 20
Muy escarpado	>20

Fuente. Siebe, *et al* 2006

Esta clasificación se utilizó para realizar el mapa de pendientes de la zona de estudio (véase plano 5). Este mapa muestra la distribución de las pendientes elaborado a partir de las curvas de nivel de la carta topográfica de la zona.

La presencia de las pendientes en la zona de estudio responde a las condiciones del relieve de la región y elevaciones, por lo que se puede analizar el comportamiento de las pendientes con el plano 2 de elevaciones en conjunto con el plano 5, el cual muestra la ubicación de las elevaciones más importantes de la zona de estudio.

Plano 5. Pendientes de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Cartas Topográficas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1: 50,000 (INEGI, 2015) y áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012)

El análisis de las pendientes responde principalmente a entender los procesos edáficos presentes en la región, ya que mayoría de las unidades edáficas dentro de la zona de estudio son susceptibles a erosión.

La tabla 8 muestra el área que ocupa cada una de las pendientes de la clasificación de (Siebe, et al., 2006).

Tabla 8. Distribución de las pendientes en los municipios del corredor florícola

Pendiente	Tenancingo		Villa Guerrero		Coatepec Harinas		Total	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
Casi plano	13.73	8.34	12.79	5.58	15.53	5.42	42.04	6.18
Ligeramente inclinado	13.45	8.17	9.75	4.26	12.33	4.30	35.53	5.22
Moderadamente inclinado	19.48	11.84	37.38	16.31	45.28	15.81	102.14	15.02
Fuertemente inclinado	31.15	18.93	45.13	19.69	62.47	21.81	138.74	20.40
Escarpado moderado	29.06	17.66	36.96	16.13	50.79	17.73	116.81	17.18
Escarpado	22.28	13.54	29.53	12.89	38.41	13.41	90.23	13.27
Muy escarpado	35.38	21.50	57.63	25.15	61.60	21.51	154.61	22.73
Total	164.53	100.00	229.17	100.00	286.42	100	680.11	100

Fuente. Elaboración propia con base en Cartas Topográficas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1: 50,000 (INEGI, 2015), áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012) y Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo (Siebe, et al., 2006)

Las pendientes más abundantes son las escarpadas, lugares en donde la inclinación incrementa la vulnerabilidad del suelo por erosión, lo cual representa un riesgo para la práctica de la agricultura, pues los suelos corren el riesgo de perder nutrientes y generar la necesidad de reponer los nutrientes de algún modo, agroquímicos, esto en caso de no contar con las prácticas correctas de siembra.

2.2.6 Hidrología

Este factor sin duda, es el más determinante para el éxito de la agricultura y para que esta se establezca en un lugar específico. Hidrológicamente se puede analizar la zona de estudio desde dos perspectivas, la primera de ellas, engloba el agua superficial y la segunda trata sobre el agua subterránea, en donde ambas juegan un rol de suma importancia para el desarrollo de diversas actividades económicas y sociales.

En primer término, se hablará sobre las aguas superficiales, donde se habla sobre la ubicación de la zona de estudio en las cuencas hidrográficas, la cantidad de corrientes y cuerpos de agua, así como sus condiciones.

La zona de estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica 18: Balsas, en la cuenca Río Grande de Amacuzac, se trata de una cuenca con drenaje de tipo

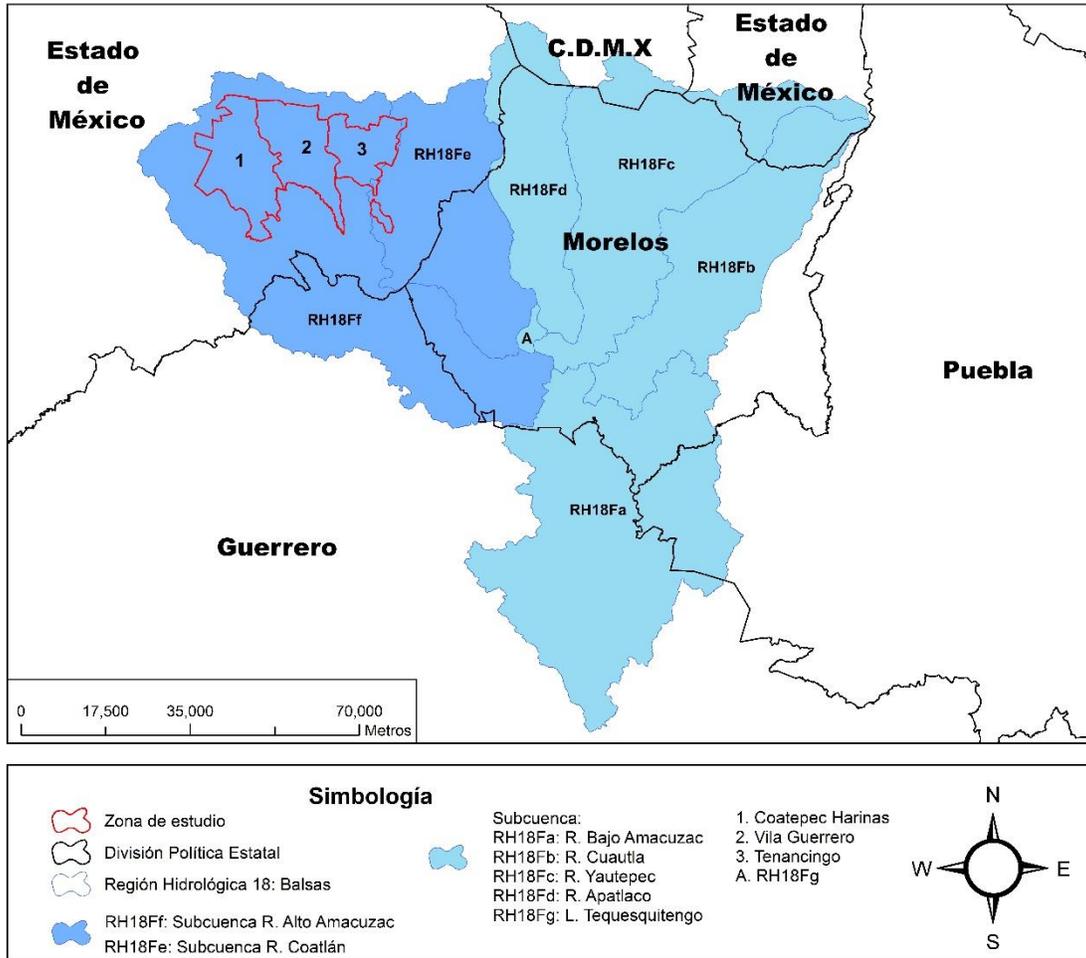
dendrítico subparalelo, cuyo escurrimiento es en dirección noroeste-sureste y nortesur. Su corriente principal se trata del Río Texcaltitlán, que tiene origen en las faltas del volcán Nevado de Toluca a una altitud de 2600 msnm, cerca del poblado de Tequesquipan. Otras corrientes importantes de la zona son: Temozoloapan, Chalma, San Jerónimo y Chontalcutlán.

La Síntesis de Información Geográfica del Estado de México (INEGI, 2011), habla sobre las características de la región de la cuenca y nos dice que tiene una precipitación total anual de entre 800 a 2,000 mm y una temperatura entre los 2° y los 24° C. Tiene un volumen medio de precipitado de 1,059.75 Mm³ anuales y un coeficiente de escurrimiento de 8.3% lo que representa un total anual de 87.95 Mm³/año. El principal uso del recurso es agrícola.

La cuenca está compuesta de 7 subcuencas, las cuales son las siguientes: a) R. Bajo Amacuzac, b) R. Cuautla, c) R. Yautepec, d) R. Apatlaco, e) R. Coatlán, f) R. Alto Amacuzac y g) L. Tequesquitengo.

Los municipios de interés se encuentran ubicados dentro de dos subcuencas: 1) R. Coatlán y 2) R. Alto Amacuzac. La primera de ellas de clave RH18Fe: tiene un área dentro de la zona de estudio de 18.19 Km², representando un 2.68%; por otro lado, la subcuenca R. Alto Amacuzac con clave RH18Ff tiene 661.92 Km² lo que representa el 97.32% del territorio.

Plano 6. Subcuencas hidrológicas, Cuenca R. Grande de Amacuzac



Fuente. Elaboración propia con base en Cartas Topográficas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1: 50,000 (INEGI, 2015), áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012), División política estatal 1:250,000 (INEGI, 2016) y Red Hidrográfica Escala 1:50,000 (INEGI, 2010)

Por otro lado, el agua subterránea se encuentra confinada en acuíferos, los cuales son formaciones geológicas con características impermeables que permiten el confinamiento del recurso. La zona de estudio se encuentra dentro de un solo acuífero, el cual es conocido como Tenancingo (1504).

De acuerdo con la actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tenancingo (1504), Estado de México (CONAGUA, 2015) se trata de un acuífero de tipo libre de acuerdo con las características geológicas, geofísicas e hidrogeológicas. Dentro de estas características encontramos formaciones

consistentes de andesitas y basaltos con capacidad para almacenar y transmitir importantes volúmenes de agua subterránea, mientras que las calizas funcionan como trasmisión de agua a otros materiales.

La profundidad del acuífero varía de 5 a 180 metros con respecto a la topografía del terreno, la altura disminuye de norte a sur. Las zonas con mayor profundidad se encuentran en la región cercana a Ocuilan de Arteaga donde tiene entre 100 y 180 m y la región más somera se localiza al sur, cerca de Zumpahuacán y Tonicato con valores entre 5 y 10 m.

La dirección predominante del flujo subterráneo corresponde con la dirección de la profundidad del acuífero y las corrientes de agua superficial, es decir, de norte a sur, esto indica la principal zona de recarga por flujo subterráneo, el volcán Nevado de Toluca. Las pruebas realizadas en 2010 por parte de CONAGUA demostraron que la calidad del agua no sobre pasa los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-1994 destinada para el consumo humano.

El balance de aguas subterráneas se realiza valorando las entradas o recargas al acuífero y las salidas del mismo, dentro de las entradas se analiza: recarga vertical, entradas por flujo subterráneo horizontal: que refiere al volumen que se precipita en zonas más altas y que se infiltra por fracturas en las rocas; recarga inducida, es el agua que se desperdicia por actividades humanas, como agricultura, o uso doméstico que regresa por infiltración al acuífero.

En las salidas se evalúa: salidas por flujo subterráneo horizontal que se evalúa considerando el nivel estático; la evotranspiración que es la cantidad de agua transferida a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas; el bombeo que es la que es extraída para consumo humano y sus actividades; las descargas por flujo base de los ríos, que es el agua que alimenta los escurrimientos en periodos de estiaje; y finalmente las descargas por manantiales.

Tabla 9. Balance hídrico acuífero Tenancingo

Recargas		Salidas		Volumen concesionado de aguas subterráneas	Disponibilidad de aguas subterráneas
Actividad	Volumen hm ³ /año	Actividad	Volumen hm ³ /año		
Recarga vertical	92.7	Salidas por flujo subterráneo horizontal	15.7		
Entradas por flujos subterráneo horizontal	24.4	Evapotranspiración	45.6		
Recarga inducida	11.2	Bombeo	15.4		
		Descarga por flujo base de los ríos	6.3		
		Descarga por manantiales	45.3		
Recarga total	128.3	Descarga natural comprometida	90.1	10.947491 hm ³ /año	27.252509 hm ³ /año

Fuente. Elaboración propia con base en actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tenancingo (1504), Estado de México (CONAGUA, 2015)

Para realizar el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas se sigue la siguiente formula:

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS$$

Donde:

DAS= Disponibilidad de aguas subterráneas.

Rt= Recarga total.

DNCOM= Descarga natural comprometida.

VCAS= Volumen concesionado de aguas subterráneas.

Este cálculo indica que el acuífero cuenta con sobrantes, por lo cual su recarga y su estado no está comprometido.

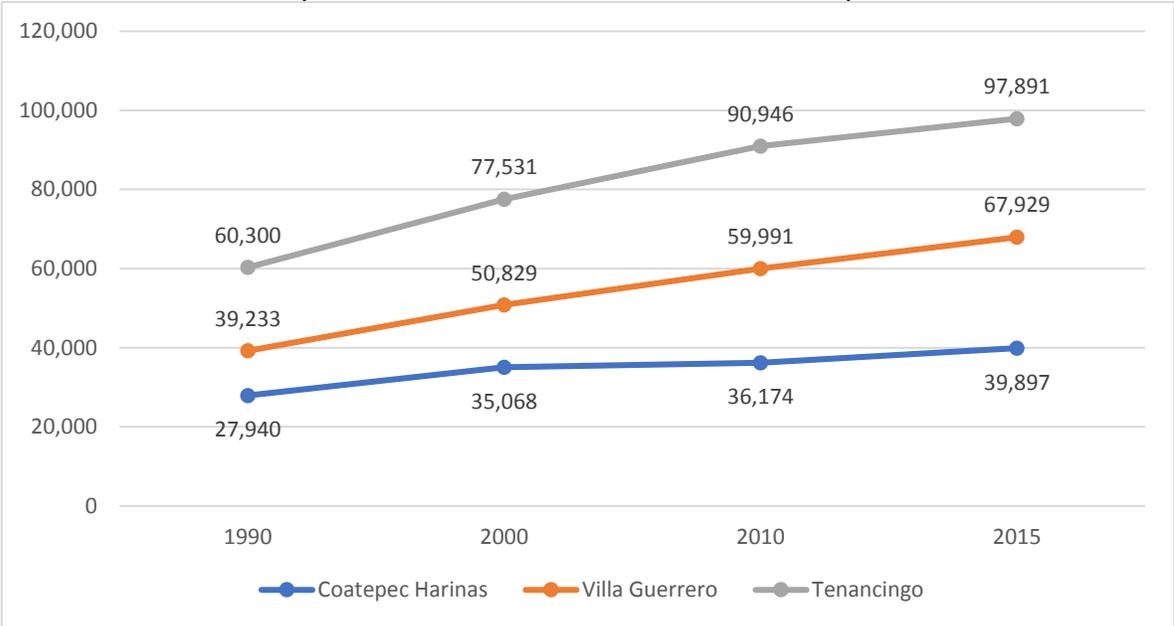
El censo de aprovechamientos muestra lo siguiente, el volumen total de extracción asciende a 15.4 hm³ y están divididos de la siguiente forma: 6.5 hm³ que representa un 42% destinado al uso agrícola; 4.5 hm³ que representa un 29% está destinado al uso doméstico; 3.8 hm³ que simboliza el 25% y es usado para uso público urbano; y 0.6 hm³ representando un 4% del total que es destinado para uso industrial, todo

esto para el año de 2010 de acuerdo con CONAGUA (2015), estos datos se obtuvieron realizando estudios en 387 aprovechamientos: 55 norias, 78 pozos y 254 manantiales.

2.3 Caracterización del medio social

La población total de los municipios de los municipios del corredor florícola se analiza a través de un periodo de tiempo de 25 años, con el fin de ver el patrón de cambio poblacional de los municipios.

Gráfica 3. Crecimiento poblacional de 1990 al 2010 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Principales Resultados por Localidad (ITER) (INEGI, 1990, 2000 y 2010) y Encuesta Intercensal (INEGI, 2015)

De acuerdo con INEGI (2015) la población total de la zona de estudio ha cambiado de la siguiente forma: para el año 1990 la población era de 129,463 personas, hubo un crecimiento poblacional de 2.48% anual para el periodo de 1990 al 2000, terminando con una población de 165,428 de habitantes; la tasa de crecimiento para el periodo de 2000 al 2010 fue del 1.35% anual, por lo cual la población para el año 2010 fue de 189,121 habitantes; finalmente el último periodo analizado fue de 2010 a 2015 con una tasa de crecimiento del 1.89% anual terminando el periodo con una población total de 207,732 habitantes.

Cabe mencionar que para el último periodo analizado de 2010 a 2015 la tasa de crecimiento poblacional de México de según datos del (Banco Mundial, 2018) fue de 1.4%, lo que indica que el crecimiento poblacional de la zona es más alto que el promedio nacional.

La tasa de crecimiento poblacional de los municipios del corredor florícola para el periodo de 25 años, comenzando en 1990 y terminando en 2015 es de 1.91% anual. Siendo Villa Guerrero el municipio con la tasa de crecimiento más alta, con un 2.22% y Coatepec Harinas el municipio con la tasa más baja con un 1.44%.

La población de estos municipios como en muchos otros casos se encuentra establecida en localidades, las cuales varían en tamaño y cantidad de habitantes, al igual que con los años han aumentado o disminuido como respuesta a diversos fenómenos demográficos.

Tabla 10. Localidades en los municipios del corredor florícola

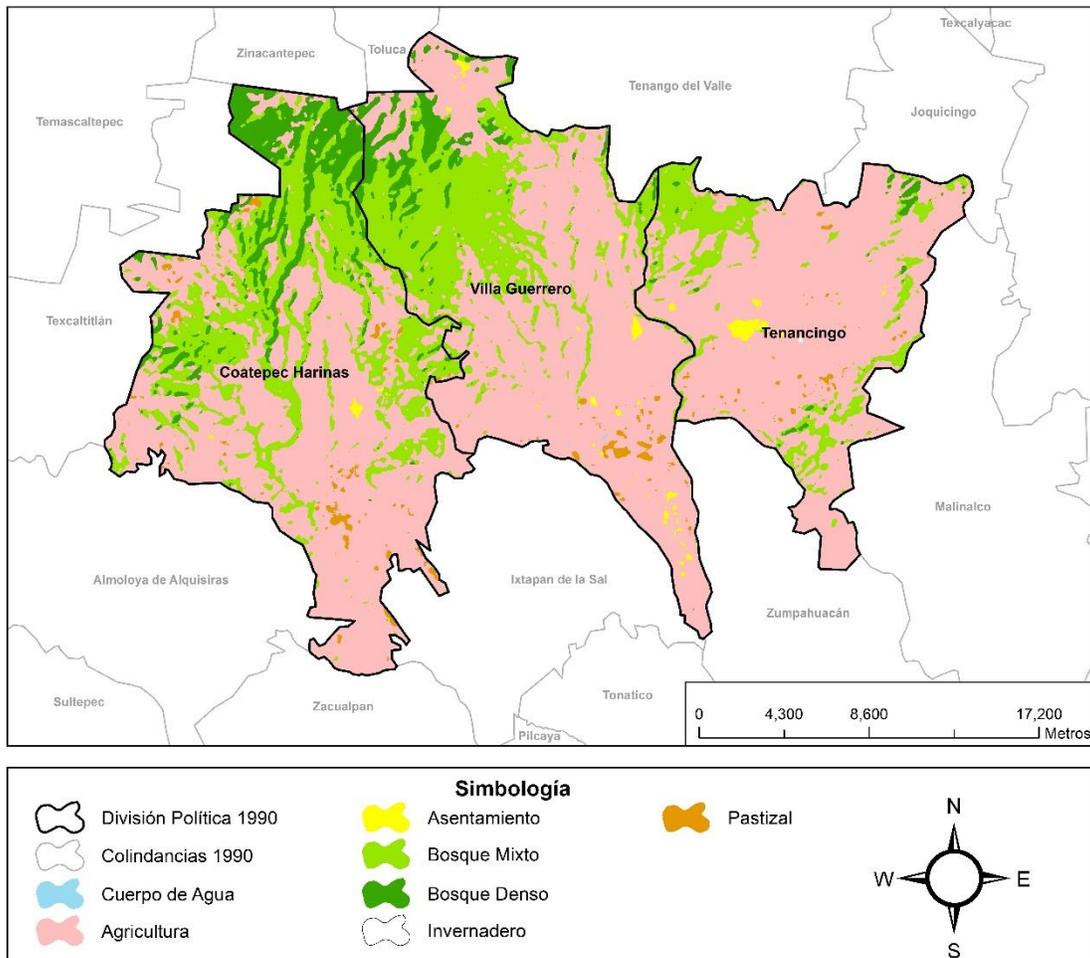
Municipio	1990	2000	2010
Coatepec Harinas	47	56	59
Tenancingo	49	57	60
Villa Guerrero	49	49	44

Fuente. Elaboración propia con base en Principales Resultados por Localidad (ITER) (INEGI, 1990, 2000 y 2010)

Esto se refleja en el cambio de uso de suelo, el cual cambia de acuerdo con el aumento o decremento de las actividades humanas y la distribución de ellas, en los siguientes mapas y tablas se mostrará el cambio del uso de suelo del año 1986 al 2016 (véase plano 7 y 8).

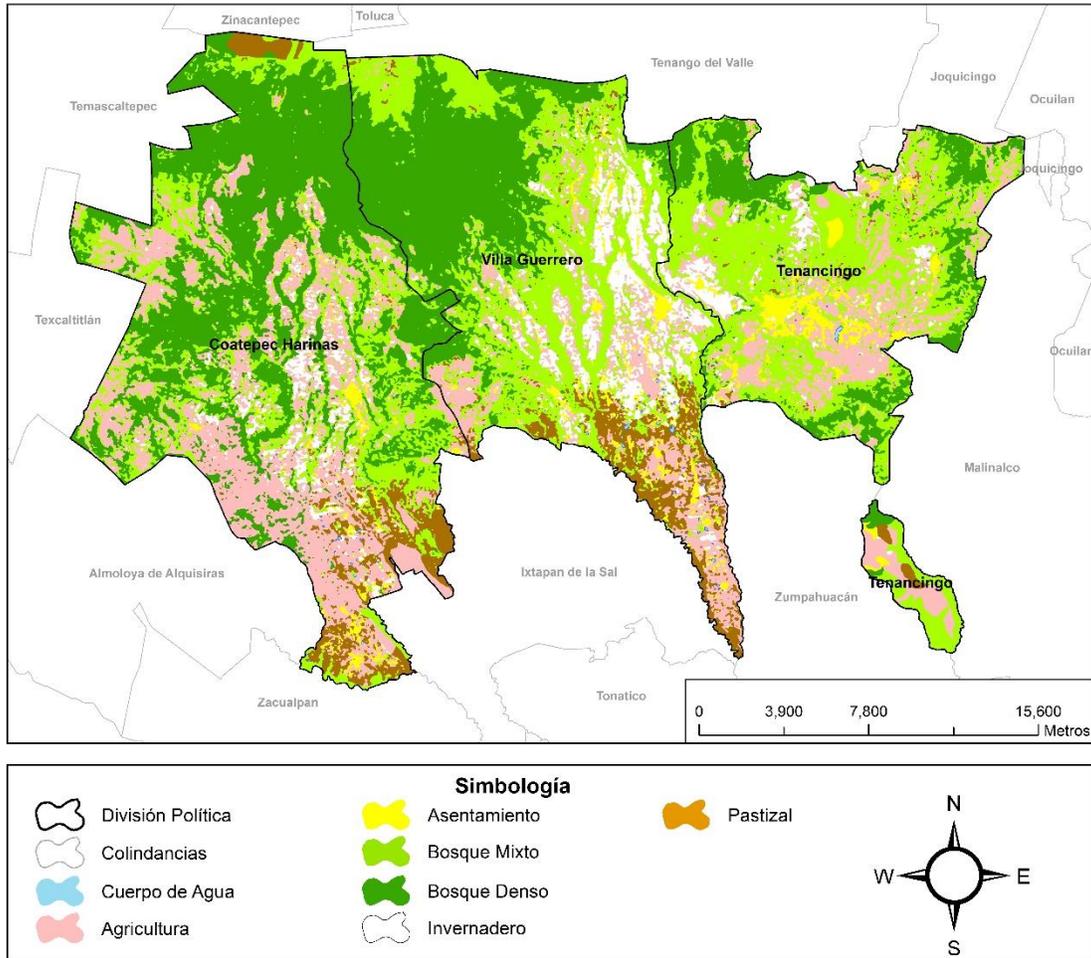
2.3.1 Uso del suelo

Plano 7. Uso de suelo 1986 de los municipios del corredor florícola.



Fuente. Elaboración propia con base en municipios del Estado de México 1995 (Casa, 1997) e Imágenes del Satélite Landsat 5 con resolución de 30 m (USGS Earth Explorer, 1986)

Plano 8. Uso de suelo 2016 de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012) e Imágenes del satélite Landsat 7 con resolución de 30 m (USGS Earth Explorer, 2016)

Con ayuda de los planos 7 y 8 se observa el crecimiento de las principales localidades y el cambio en las actividades económicas (véase tabla 11).

Tabla 11. Cambio de uso de suelo de 1986 a 2016 en los municipios del corredor florícola

Uso de Suelo	Año	Tenancingo		Villa Guerrero		Coatepec Harinas		Tota de la Zona de Estudio	
		Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Cuerpos de Agua	1986	0	0	0.05	0.02	0	0	0.05	0.01
	2016	0.13	0.08	0.43	0.19	0.18	0.06	0.73	0.11
Agrícola	1986	139.44	82.83	160.07	67.13	158.89	60.15	458.40	68.11
	2016	37.25	22.64	32.80	14.31	78.60	27.44	148.65	21.86
Asentamiento	1986	1.67	0.98	1.73	0.73	0.47	0.18	3.87	0.58
	2016	9.98	6.07	7.94	3.47	5.18	1.81	23.10	3.40
Bosque mixto	1986	26.05	15.29	60.42	25.34	71.61	27.11	158.08	23.49
	2016	77.92	47.36	77.06	33.63	61.05	21.31	216.03	31.76
Bosque denso	1986	2.02	1.18	14.07	5.90	29.20	11.05	45.30	6.73
	2016	28.76	17.48	67.37	29.40	111.89	39.07	208.02	30.59
Invernadero	1986	0.05	0.03	0.03	0.01	0	0	0.07	0.01
	2016	8.06	4.90	25.47	11.11	11.60	4.05	45.13	6.64
Pastizal	1986	1.17	0.69	2.09	0.87	3.99	1.51	7.25	1.08
	2016	2.43	1.48	18.10	7.90	17.91	6.25	38.44	5.65
Total	1986	170.39	25.32	238.46	35.43	264.17	39.25		
	2016	164.53	24.19	229.17	33.70	286.42	42.11		

Fuente. Elaboración propia con base en e Imágenes del satélite Landsat 7 con resolución de 30 m (USGS Earth Explorer, 2016) e Imágenes del Satélite Landsat 5 con resolución de 30 m (USGS Earth Explorer, 1986)

El mayor cambio de uso de suelo de 1986 a 2016 de acuerdo al trabajo realizado por medio de una evaluación multicriterio se da en las zonas agrícolas, las cuales pasan de tener una extensión mayor al 68% de la zona de estudio en 1986 a casi el 22% en 2016.

Este cambio se puede explicar por el crecimiento de dos usos de suelo, el primero de ellos el uso urbano, ya que paso de tener menos del 1% a casi el 4%, de igual manera los invernaderos que pasaron de tener un 0.015% en 1986 a tener casi un 7%, esto habla de un cambio en las actividades económicas.

2.3.2 Características económicas

Para el año 2015 la población en edad laboral fue de 152,897 personas, que representa el 74.32% de la población total, este parámetro es considerado por el (INEGI, 2015) cómo las personas mayores de 12 años. Para el caso de Coatepec Harinas fue de 28,837 (72.28%), en Tenancingo fueron 74,284 (75.88%) personas y en Villa Guerrero fueron 49,776 (73.28%) personas.

La población en edad laboral se divide en población económicamente activa e inactiva, la primera de ellas es definida por el (INDEC, 2017) cómo el conjunto de personas que tienen una ocupación o que sin tenerla la busca activamente. Por otro lado, la población económicamente inactiva es el conjunto poblacional que no tiene trabajo ni lo busca, en este sector se encuentran estudiantes, amas de casa y ancianos.

En 2015 la población económicamente activa (PEA) tiene un total de 77,222 personas que representa un 50.51% del total de población en edad laboral, por consiguiente, la población económicamente inactiva (PEI) es de 75,675, representando un 49.49% del total en edad laboral. Para Coatepec Harinas y Tenancingo el porcentaje de PEI es mayor que de PEA, pero en Villa Guerrero la PEA es mayor por 54.08% contra 45.92%.

La PEA a su vez es dividida en dos sectores, la población ocupada y la no ocupada. El (INDEC, 2017) define estos sectores de la población de la siguiente forma; población ocupada se refiere al conjunto de personas que tiene por lo menos una ocupación al momento del censo; población desocupada es aquella que no tiene una ocupación, pero la busca activamente.

En la zona de estudio el total de población ocupada es de 75,173 habitantes representando el 97.35% del total de PEA, y únicamente 2,049 habitantes a razón del 2.65% se encontraron desocupados al momento del censo. Coatepec Harinas cuenta con 13,810 habitantes ocupados (98.11%), Tenancingo con 34,906 habitantes ocupados (96.35%) y Villa Guerrero con 26,457 habitantes ocupados (98.28%).

En la tabla 12 se muestra la distribución ocupacional de la población de la zona de estudio de acuerdo al tipo de actividad realizada. Las actividades en las cuales se divide la población ocupada son: 1) actividades primarias, las cuales refieren a actividades que se encargan de extraer materiales directamente de la naturaleza, por ejemplo, agricultura, ganadería, pesca, etc.; 2) actividades secundarias, las cuales se encargan de transformar los productos obtenidos en las actividades

primarias en diversos productos, por ejemplo, industrias manufactureras, alimenticias, etc.; 3) comercio: es una actividad encargada de distribuir diversos productos; 4) Servicios: con aquellas actividades en donde la persona realiza determinada acción para beneficio de terceros, por ejemplo, transporte, educación, salud, etc.

Tabla 12. Distribución ocupacional en los municipios del corredor florícola

Municipio	Población ocupada	Actividades									
		Primarias		Secundarias		Comercio		Servicios		No especificado	
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Coatepec Harinas	13,810	7,447	53.92	1,477	10.70	1,682	12.18	3,071	22.24	133	0.96
Tenancingo	34,906	8,839	25.32	6,941	19.88	5,350	15.33	13,413	38.43	363	1.04
Villa Guerrero	26,457	16,797	63.49	1,689	6.38	3,237	12.23	4,255	16.08	479	1.81
Total	75,173	33,083	44.01	10,107	13.44	10,269	13.66	20,739	27.59	975	1.30

Fuente. Elaboración propia con base en Encuesta Intercensal (INEGI, 2015)

Los datos analizados muestran que en la región las actividades más realizadas son las primarias, dentro de las cuales destaca principalmente la agricultura. Esta información se puede analizar con ayuda de los mapas de uso de suelo (véase plano 7 y 8)

Las actividades agrícolas en 2017, dentro de los municipios de la zona de estudio han dejado ganancias por \$5,922,740,010.00, prácticamente 6 billones de pesos. Estos números explican porque la mayor parte de la población de la región se dedica a actividades del sector primario, ya que estas actividades generan grandes cantidades de dinero.

En la tabla 13 se muestra la distribución de valor de producción y superficie sembrada por municipio. Estos datos son generales, es decir, no se hace un conteo por tipo de cultivo.

Tabla 13. Distribución de valor en producción y superficie sembrada en los municipios del corredor florícola

Municipio	Superficie Sembrada		Valor en producción	
	Km ²	Porcentaje	Pesos	Porcentaje
Coatepec Harinas	144.50	54.59	1,557,519,220.00	26.30
Tenancingo	69.44	26.23	1,486,827,110.00	25.10
Villa Guerrero	50.78	19.18	2,878,393,680.00	48.60
Total	264.72	100	5,922,740,010.00	1000

Fuente. Elaboración propia con base en el Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017 (SIAP, 2017)

Dentro de los tres municipios el más destacado productor agrícola es Villa Guerrero, el cual genera \$2,878,393,680.00, lo que representa el 48.60% del valor de producción y únicamente ocupa un 19.18% de la superficie sembrada, lo cual habla de un rendimiento muy alto de las zonas de cultivo de este municipio. Por otro lado, Coatepec Harinas ocupa más de la mitad de la superficie sembrada y produce apenas un 26.30% del valor de producción.

Cada municipio cultiva diversas especies, para el año 2017, Coatepec Harinas cultivó 40 especies en total; Tenancingo cultivó 42 especies; y finalmente Villa Guerrero cultivó 30 especies diferentes. El municipio más desarrollado en cuanto a agricultura, pues con menos especies, menos superficie, genera casi el doble de ingresos que los otros dos municipios.

El total de cultivos de la zona de estudio para 2017 es de 62 diferentes, dentro de las cuales hay especies que sirven como alimento como maíz, frijol, algunos frutos, avena, entre muchos otros; también encontramos especies cultivos de flor, la zona cuenta con 20 especies cultivadas de flor. Las cuales generaron ingresos por \$4,510,813,250.00, lo que representa el 76.16% del total de ganancias por actividades agrícolas. Este valor de producción se obtuvo para el año 2017 de una superficie 49.43 Km², lo cual es un 18.67% del total de la superficie cultivada en la zona de estudio.

La superficie de cultivo de flor por municipio y valor de producción tiene su distribución de acuerdo con la tabla 14.

Tabla 14. Superficie y valor de producción florícola en los municipios del corredor florícola

	Unidad	Coatepec Harinas	Tenancingo	Villa Guerrero	Total
Superficie total cultivada	Km ²	144.50	69.44	50.78	264.72
Superficie con cultivos florícolas	Km ²	8.56	10.58	30.29	49.43
	%	17.31	21.40	61.28	100
Porcentaje de cultivos florícolas por municipio.	%	5.92	15.24	59.66	18.67
Porcentaje de cultivos florícolas por zona de estudio	%	3.23	4.00	11.44	18.67
Valor total de producción	\$	1,557,519,220.00	1,486,827,110.00	2,878,393,680.00	5,922,740,010.00
Valor de producción florícola	\$	646,926,420.00	1,148,688,010.00	2,715,188,820.00	4,510,803,250.00
	%	14.34	25.47	60.19	100
Porcentaje de valor de producción florícola por municipio	%	41.54	77.26	94.33	76.16
Porcentaje de valor de producción florícola por zona de estudio	%	10.92	19.39	45.84	76.16

Fuente. Elaboración propia con base en el Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017 (SIAP, 2017)

Estos datos dan muestra de la importancia que tienen las actividades florícolas en esta zona del Estado de México, y es por ello que es importante mantener las condiciones geográficas aptas para continuar con la práctica de estas actividades.

Dentro de estas especies se encuentran Agapando, Alstrometia, Aster, Ave del paraíso, Clavel, Crisantemo, Dólar, Gerbera, Girasol, Gladiola, Helecho, Liliium, Limonium, Nube, Solidago, Statice, Rosa, Terciopelo y Zempoalxochitl. Dentro de todas estas especies existen algunas que destacan por la gran cantidad de ingresos que generan, entre ellas se encuentran: Clavel, Crisantemo, Gerbera, Liliium y Rosa.

Estas especies generaron para el año 2017 de acuerdo con (SIAP, 2017) \$3,536,121,030.00 equivalente al 78.39% del valor de producción relacionado con floricultura y el 59.70% del total de valor de producción agrícola para dicho año. Estas especies se encuentran distribuidas en los municipios de la siguiente manera: Coatepec Harinas cultivó Clavel, Crisantemo y Rosa, los cuales generaron \$490,231,270.00 lo cual representa un 75.48% del valor de producción florícola del municipio y un 31.48% del valor de producción agrícola; Tenancingo cultivó Crisantemo, Gerbera y Rosa generando \$1,486,827,110.00 representando el 86.46% de su valor florícola y el 66.80% de su valor agrícola; y Villa Guerrero cultivó: Crisantemo, Liliium y Rosa generando \$2,052,685,010.00 representando el 75.60% de su valor de producción florícola y el 71.31% de su valor de producción agrícola.

El cultivo de Crisantemo y Rosa está presente en los tres municipios, y es el Crisantemo el cultivo que más valor de producción alcanza un total de \$1,694,408,780.00 en los tres municipios representando el 37.56% del valor de producción florícola total y el 28.61% del valor de producción agrícola total, el municipio con mayor producción es Villa Guerrero con \$ 1,191,263,450.00; este cultivo ocupa una superficie de 23.91 Km², representando el 9.03% de la superficie total agrícola y el 48.36% de la superficie total florícola.

En segundo lugar, se encuentra la Rosa con un valor de producción 1,319,665,980.00 en la zona de estudio, lo que representa un 22.68% del valor de producción agrícola y un 29.26% del valor de producción florícola. Esta producción es alcanzada en una superficie de 2.71 Km² representando el 2.71% de la superficie agrícola y el 14.52% de la superficie florícola.

Estos cultivos en conjunto alcanzan un 66.82% del valor de producción florícola y un 51.29% del valor de producción agrícola. La extensión de ambos cultivos representa un 11.74% de la superficie agrícola y un 62.88% de la superficie florícola.

Las características de cada municipio pertenecientes al corredor florícola del sur del Estado de México se sintetizaron en las páginas siguientes.

Coatepec Harinas

Es el municipio con mayor extensión territorial del corredor florícola, contando con 286.42 Km² y se encuentra ubicado al oeste de la zona de estudio. La distribución de su elevación se da de sur a norte con aumentos graduales, teniendo en la zona sur las zonas con alturas menores y las mayores se encuentran al norte, en las zonas ubicadas dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

El clima predominante de este municipio con un 72.04% de extensión es el templado subhúmedo, ubicando su temperatura media anual entre los 12°C y los 18°C. Además, cuenta con una parte de clima semi frío subhúmedo ubicado al norte y otra parte semi cálida subhúmeda ubicada al sur.

Edafológicamente las subunidades de suelo con mayor extensión territorial en este municipio son: Andosol Húmico (46.69%), Luvisol Crómico (12.48%) y Vertisol Pélico (8.33%). La distribución de los suelos muestra al norte del municipio la subunidad predominante (Andosol Húmico), en la zona centro se extiende el Luvisol Crómico y los Vertisoles Pélicos se encuentran en la zona sur.

El municipio presenta pendientes superiores a 10 grados de inclinación en más del 70% de su extensión, estas zonas se presentan principalmente en la parte norte y oeste del municipio dejando una extensión plana al centro-sur del municipio.

En 2016 el uso de suelo agrícola en Coatepec Harinas supero el 30% de la zona de estudio, no se trata del uso más importante, pues más del 60% del municipio cuenta con superficie boscosa. La distribución de las actividades agrícolas se concentró en la parte suroeste del municipio ubicadas principalmente sobre zonas con pendientes altas, en la zona centro se presenta una mezcla de actividades en esta región, mientras que la zona forestal se encuentra concentrada principalmente en la zona norte.

Tenancingo

De los tres municipios que conforman el corredor florícola, Tenancingo es el más pequeño con 164.53 Km² y se ubica en la región este. La elevación de este municipio es menor en comparación con Coatepec Harinas y Villa Guerrero, pues presenta la mayor extensión de llanuras de la región además de tener una extensión muy reducida sobre el relieve del volcán Nevado de Toluca.

Este municipio está conformado por dos unidades climáticas, el clima dominante es templado subhúmedo con un 82.28% y el restante 17.64% es semicálido subhúmedo, la distribución se encuentra de sur a norte, comenzando con el clima semicálido y terminando en clima templado subhúmedo en las zonas más elevadas.

Las subunidades de suelo con mayor extensión territorial son Andosol Húmico (46.69%), Cambisol Crómico (13.64%) y Vertisol Pélico (6.35%). La distribución de los suelos coincide con Coatepec Harinas en la presencia del Andosol Húmico al norte del municipio, el Cambisol Crómico se encuentra distribuido en la región centro del municipio ubicados de este a oeste, finalmente, el Vertisol Pélico se encuentra el centro del municipio.

Entre el 75% y 80% de la extensión territorial de este municipio se encuentra sobre pendientes mayores a los 10° de inclinación, distribuidas principalmente en la zona norte del municipio y en el sur, en la zona centro se encuentra una amplia región con pendientes de entre 0 y 2° de inclinación.

Las actividades predominantes en 2016 en este municipio fueron la forestal con más del 60% del territorio y la agricultura supero el 25% de uso dentro de este municipio, el uso de suelo forestal se encuentra concentrado en la región norte y este, ocupando las zonas con mayores pendientes. Mientras que las actividades agrícolas se concentraron en la región centro del municipio, ocupando las bajas pendientes.

Villa Guerrero

Este municipio se encuentra ubicado en la zona centro de la zona de estudio, entre Coatepec Harinas al oeste y Tenancingo al este y es el segundo municipio en cuanto a extensión territorial con 229.17 Km². El comportamiento de sus elevaciones coincide con el comportamiento de Coatepec Harinas, las zonas bajas se encuentran al sur con un aumento progresivo hacia el norte donde se encuentran las mayores elevaciones dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

Este municipio presenta tres climas, el templado subhúmedo es el que mayor extensión presenta con un 61.73% de su extensión, seguido del de semicálido subhúmedo con un 20.27% y finalmente el semifrío subhúmedo con un 18%. Además, distribución se encuentra de sureste a noroeste, partiendo con el clima más cálido hasta llegar al clima frío en la parte más elevada.

Edafológicamente este municipio tiene como subunidades de suelo principales: Andosol Húmico (40.62%), Feozem Háplico (15.42%) y Vertisol Pélico (11.05%). En la zona Norte del municipio coincidiendo con toda la región se encuentra el Andosol Húmico, el Feozem Háplico se encuentra en el centro del municipio y el Vertisol Pélico al sur.

El 75% de la extensión de Villa Guerrero presenta pendientes superiores a los 10° de inclinación concentradas en la región noroeste del municipio, dejando el sureste con pendientes menores a los 10°.

Este municipio en 2016 fue principalmente ocupado por actividades forestales con más del 60% de su extensión ocupada por zonas boscosas, las actividades agrícolas superaron el 25% del territorio, donde el 11% fue ocupado por invernaderos. La actividad forestal se presentó principalmente en la región noroeste del municipio y en las zonas con mayor pendiente que se distribuyen de norte a sur, por otro lado, las actividades agrícolas de invernadero se concentraron en las zonas

con pendientes bajas ubicadas entre las zonas de altas pendientes al centro del municipio y la agricultura se explota en la región sur-centro del municipio.

La importancia de conocer los factores del medio físico y social de la zona de estudio es importante para cualquier trabajo de investigación, en este capítulo se buscó caracterizar la zona para que el lector pueda entender la importancia de la zona de estudio como zona productora de flor y principalmente como una zona con alto valor de producción, dando a los habitantes de la región posibilidad de mejorar sus condiciones de vida.

Como se muestra en este capítulo, la importancia de las actividades florícolas en la región son una rama importante de la economía local y una fuente de trabajo para más de la mitad de los habitantes, gracias a que la zona de estudio es una región con características geográficas y climáticas idóneas, favoreciendo el cultivo de flor.

El cambio climático y la variabilidad climática, son sin duda una amenaza constante para los factores geográficos y climáticos que favorecen las actividades económicas, por esta razón se deben analizar los posibles escenarios y zonas principales de alteraciones.

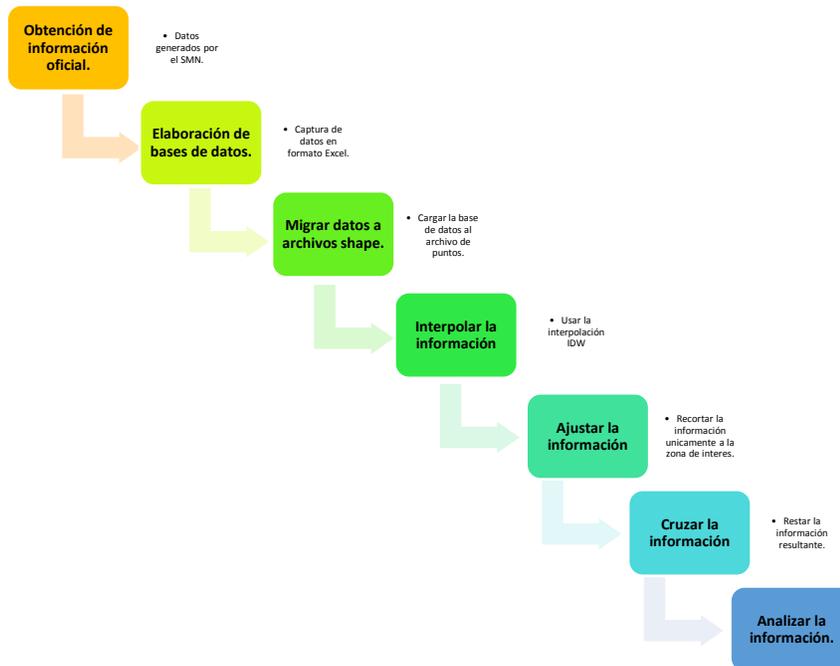
Capítulo III. Marco Metodológico del análisis de la variabilidad climática en el corredor florícola del sur del Estado de México

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014) el diseño de investigación de la tesis es no experimental, debido a que no se manipulan variables independientes, sino se busca observar fenómenos tal y como se dan en un determinado contexto para después analizarlos. Además de ser una investigación no experimental, es una investigación de tipo longitudinal, ya que se analizan variables a través del tiempo

La presente investigación tiene como objetivo estudiar los efectos de la variabilidad climática dentro del corredor florícola del Estado de México, es por ello que ninguna de las variables en cuestión se puede alterar o modificar, simplemente la información obtenida y procesada se modela de diversas formas para observar los fenómenos de manera clara y sea posible relacionar variables. Esta investigación se realizó en diversos años, lo cual se describirá detalladamente más adelante.

La metodología de esta investigación se resume en la figura 2.

Figura 3. Metodología



Fuente. Elaboración propia

3.1 Metodología

El desarrollo de esta investigación tiene como base el empleo de sistemas de información geográfica para modelar el comportamiento de temperatura promedio anual y precipitación total anual, esto se realizó en 6 periodos de tiempo diferentes para poder ver cuál fue la variación de un periodo a otro.

La metodología se retoma de Alzate, *et al.* (2015), en este trabajo los autores emplearon información estadística de temperatura y precipitación para generar cartografía, mediante métodos de interpolación, con el fin de mostrar las zonas con mayores índices de variabilidad de dichas variables.

La información empleada para esta investigación se obtuvo del Sistema Meteorológico Nacional, generada a partir de los organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la Comisión Nacional del Agua, esta información se encuentra disponible en la página oficial del Sistema Meteorológico Nacional.

Para obtener la información estadística de las variables, precipitación total anual y temperatura promedio anual se empleó el software Google Earth, el cual funciona como visualizador de archivos KMZ, los cuales se obtienen directamente de la página oficial de Sistema Meteorológico Nacional. El archivo mencionado contiene información de la red nacional de estaciones meteorológicas, en las cuales se puede encontrar la siguiente información: días con granizo, días con niebla, días con tormenta eléctrica, evaporación mensual, lluvia máxima 24 horas, lluvia total mensual, temperatura máxima extrema, temperatura máxima promedio, temperatura mínima extrema, temperatura mínima promedio y temperatura media mensual.

Esta información se captura usando el Software Microsoft Excel 2016, debido a que los datos requeridos no se encuentran disponibles en versión hoja de cálculo, por lo cual se debe construir una base de datos propia, en la cual se capturaren los datos medios mensuales, para obtener un promedio anual. Para fines de la investigación esto se realiza únicamente para los datos de lluvia total mensual, temperatura media

mensual, temperatura mínima promedio y temperatura máxima promedio, se capturarán los datos de los 12 meses del año para cada uno de los siguientes periodos: 1980, 1990, 2000, 2005, 2010 y 2015.

La razón por la cual no se toman en cuenta años más recientes ni más antiguos, es porque los datos no se encuentran disponibles en todas las estaciones meteorológicas, por lo cual se toma 1980 como año inicial y como dato final 2015. En la tabla 15 están las estaciones climatológicas tomadas en cuenta para la investigación.

Tabla 15. Estaciones meteorológicas en los municipios del corredor florícola

Estación	Nombre estación	Municipio	Altura	Eje X	Eje Y	Situación
15062	Nevado de Toluca	Zinacantepec	4283	417856.432	2114178.000	Operando
15301	Texcaltitlan D-7	Texcaltitlan	2383	401652.691	2093452.860	Operando
15285	Cajones E-26	Temascaltepec	3005	407511.800	2106923.409	Operando
15259	Agua Bendita	Coatepec Harinas	2850	409895.362	2099386.715	Operando
15275	Los Pérez	Almoloya de Alquisiras	1950	410192.967	2073712.487	Operando
15254	El Molino E-16	Coatepec Harinas	2500	420424.497	2099891.814	Operando
15255	Ixtlahuaca Villada E-30	Coatepec Harinas	2249	415652.445	2092166.849	Operando
15016	Coatepec Harinas	Coatepec Harinas	2270	419339.661	2092482.470	Operando
15270	Meyuca	Coatepec Harinas	1850	417724.917	2084522.253	Operando
15272	El Mirador	Zacualpan	1704	417914.253	2079652.554	Operando
15283	La Unión Rivapalacio	Almoloya de Alquisiras	1818	413603.427	2081774.429	Operando
15371	Porfirio Díaz	Villa Guerrero	2453	423238.699	2093129.908	Operando
15305	Totolmajac E-17	Villa Guerrero	1990	427866.787	2091783.523	Operando
15184	El Islote	Villa Guerrero	2200	430941.685	2097415.233	Operando
15299	Santa María E-31	Villa Guerrero	2291	431686.766	2099625.568	Operando
15134	Vivero La Paz	Villa Guerrero	1900	432280.451	2089221.904	Operando
15240	San Francisco Putla	Tenango del Valle	2747	433528.430	2114114.702	Operando
15038	Joquicingo	Joquicingo	2797	444023.501	2106555.332	Operando
15295	San Pedro Zictepec D-10	Tenango del Valle	2560	441942.774	2114086.226	Operando
17029	Palpan	Miacatlán, Morelos	1620	454811.976	2086276.756	Operando

...continuación en la siguiente página

...continuación tabla 15

15296	San Sebastián E-27	Malinalco	2045	448945.395	2098020.872	Operando
15122	Tenango	Tenango del valle	2858	435101.445	2112781.219	Operando
12243	Pilcaya	Pilcaya	1610	431799.907	2072957.701	Operando
15248	Coatepequito	Tonatico	1584	434436.392	2073280.272	Operando
15324	Colonia Hidalgo	Malinalco	2311	450682.898	2078320.446	Operando
15223	Puente Caporal	Malinalco	1504	452083.218	2090156.311	Operando
15256	Ocuilan E-23	Ocuilan	2310	455687.097	2099884.602	Operando

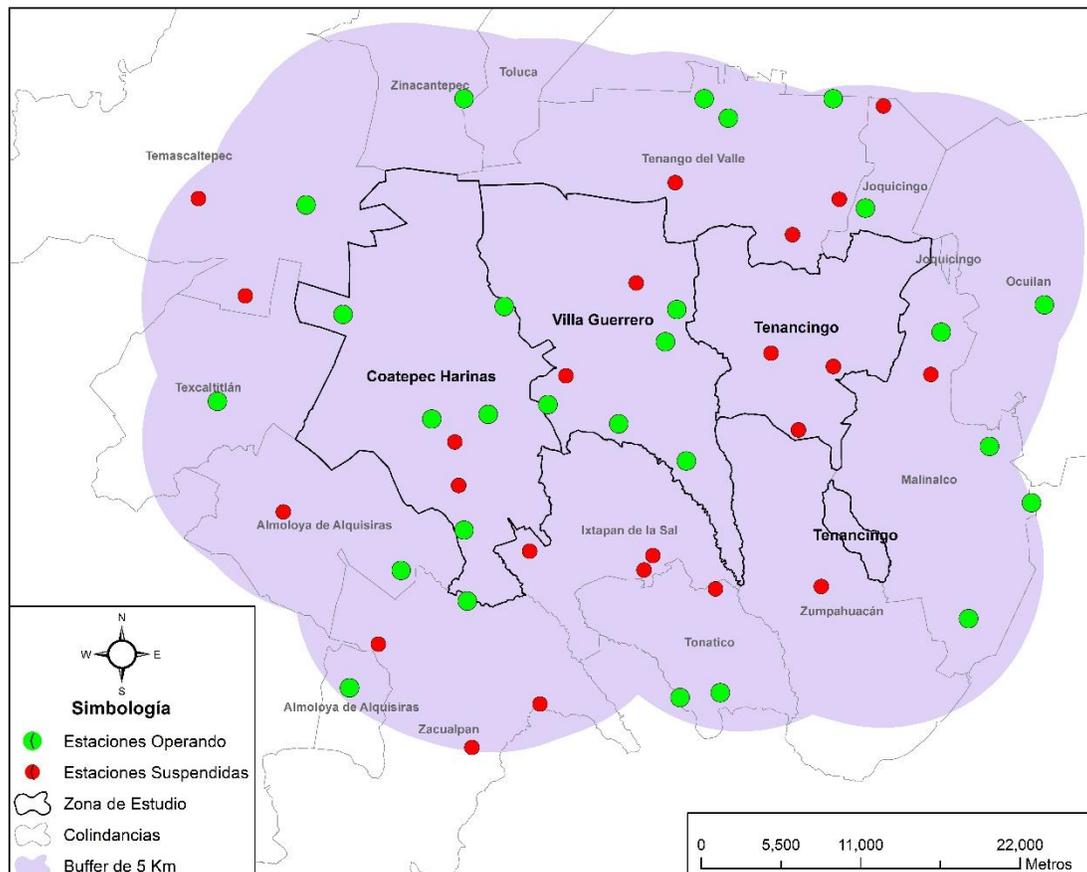
Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017)

Se toman en cuenta 27 estaciones, ubicadas 14 municipios dentro y fuera de la zona de estudio, la determinación del uso de dichas estaciones responde a la elaboración de un buffer de 5 km alrededor del límite de los municipios que conforman el corredor florícola del Estado de México: Tenancingo, Villa Guerrero y Coatepec Harinas.

El buffer se elabora creando un perímetro que sirva como límite para la ubicación de las estaciones meteorológicas. Debido a que las estaciones ubicadas a una mayor distancia ya no aportan información de utilidad para esta investigación. La metodología de selección de estaciones meteorológicas se retoma de Alzate, *et al.* (2015).

Dentro de la información obtenida del Sistema Meteorológico Nacional, se encuentran muchas estaciones más dentro del buffer creado, en total 49 estaciones, pero de estas estaciones únicamente cuentan con información de utilidad las 27 mencionadas, ya que la información del resto de las estaciones, no es de importancia, debido que cuentan con datos de muy pocos años y se encuentran fuera del periodo de tiempo establecido.

Plano 9. Ubicación de las estaciones meteorológicas en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012)

La información para cada año es distinta, ya que en algunos años la información se encuentra incompleta por lo cual se ignoran dichos años, para algunos otros casos la información se obtuvo promediando años anteriores y posteriores para obtener una mayor cantidad de información. Los datos empleados de igual forma variaron de acuerdo con la variable a analizar, pues algunas estaciones no funcionaban correctamente al momento de la captura de los datos y solo arrojaban alguna variable, como temperatura o precipitación.

Posteriormente estos datos se cargan al archivo de tipo shapefile de los puntos para cada periodo de tiempo, lo cual permite visualizar y procesar esta información de distintas maneras.

Para el caso de esta investigación los datos previamente procesados y migrados a un archivo shapefile se emplearon para generar cartografía a través de un proceso de interpolación. De acuerdo con Villatoro, *et al.* (2008) la interpolación de datos ofrece la ventaja de proyectar mapas o superficies continuas a partir de datos discretos, sin embargo, su éxito depende de la cantidad de puntos del área de estudio.

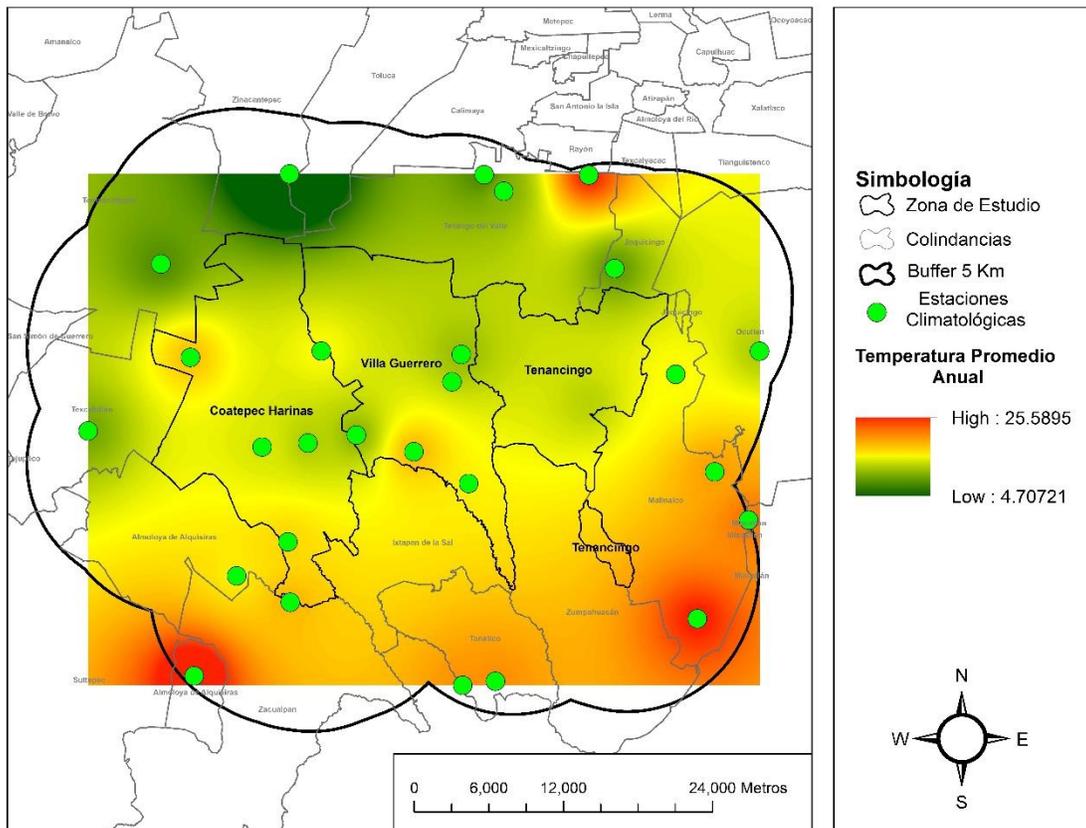
De manera general la función de la interpolación en la generación de cartografía es crear superficies continuas a partir de bases de datos, mostradas gráficamente como puntos, tal como se muestra en el mapa de ubicación de estaciones meteorológicas (véase plano 9). Lo cual ayuda a visualizar fenómenos de diversos tipos que no pueden ser vistos a simple vista, por ejemplo: fenómenos atmosféricos, climáticos, concentraciones de contaminantes.

Existen diversos métodos de interpolación, pero esta investigación se emplea la interpolación IDW (*Inverse Distance Weighting*), debido a que mediante la revisión de literatura se encontró que es el método más sencillo y sus resultados no difieren demasiado respecto a métodos más complejos como el método *Kriging*, incluso en la interpolación de algunas variables este método resulto más eficiente.

El método de interpolación a emplear utiliza un algoritmo simple basado en distancias. Este método es más rápido en los cálculos y es recomendable emplearlo en bases de datos pequeñas y cuando la distancia de muestreo es muy grande de acuerdo con Kravchenko (2003) citado por Villatoro, *et al.* (2008).

Todos los procesos de interpolación empleados para la investigación se realizan empleando el software ArcGIS 10.3, mediante su herramienta IDW. El resultado de dicho proceso de interpolación se muestra en el plano 10, el cual es generado en formato raster.

Plano 10. Temperatura Promedio Anual 2015 en los municipios del corredor florícola y sus alrededores



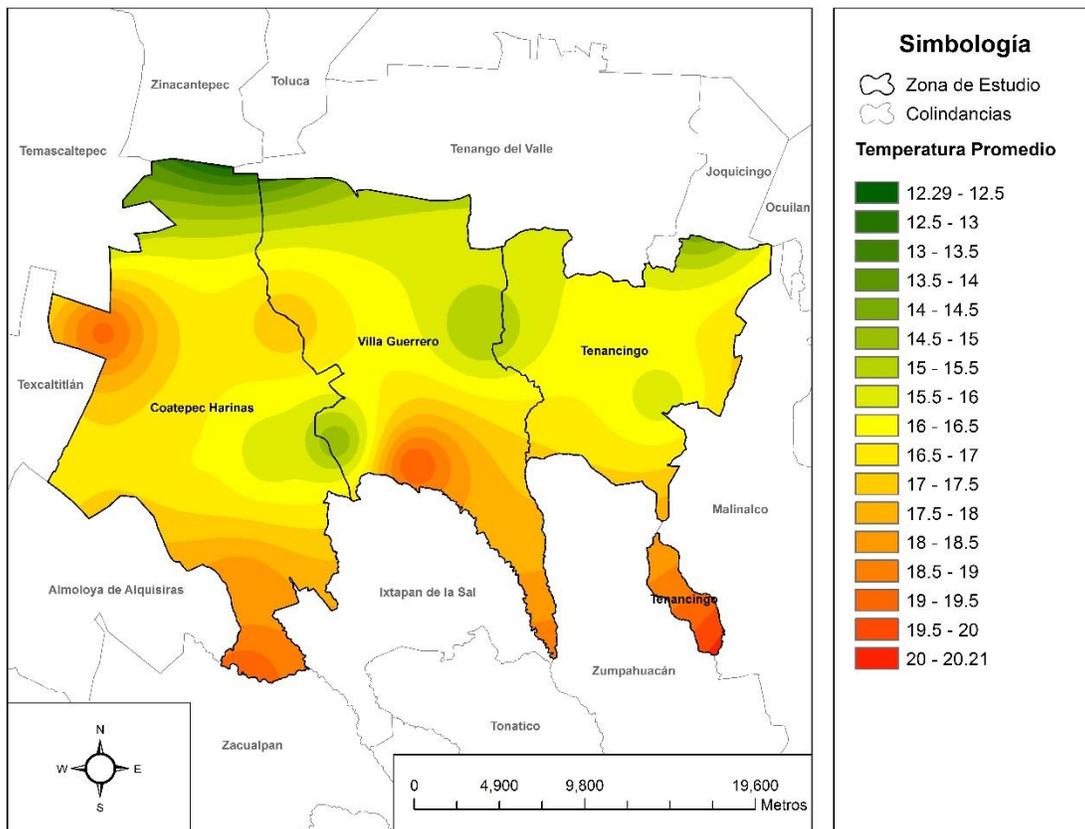
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

En el plano 10 se aprecia la importancia de generar un buffer para que la información de interés, la cual se encuentra en el polígono de la zona de estudio, este completa y no tenga espacios sin información.

La presentación de estos productos no es la final, pero es necesario realizarla de esta manera para cubrir la zona de estudio en su totalidad. En esta fase encontramos que los datos resultantes de la interpolación IDW y sus procesos previos oscilan entre 4.70721°C y 25.5895°C, pero la información pertenece a un espacio geográfico muy amplio, por lo cual es necesario ajustar la información únicamente al polígono de la zona del corredor florícola.

El ajuste de la información se realiza con una herramienta dentro del mismo software (ArcGIS 10.3) la cual se identifica como *Extract by Mask*, la cual nos permite cortar imágenes raster utilizando como base archivos shape. El resultado de dicho proceso se muestra en el plano 11.

Plano 11. Temperatura Promedio Anual 2015 en los municipios del corredor florícola



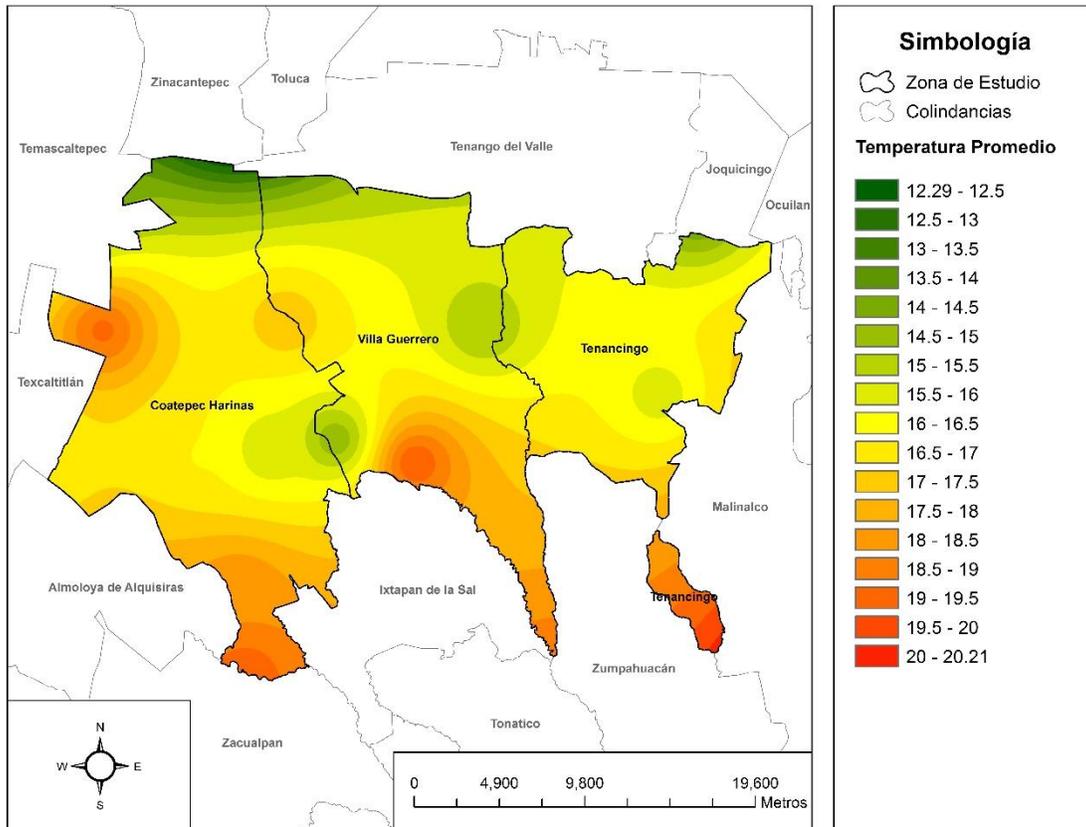
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Al realizar este ajuste la información rango disminuye, quedando entre 12.29°C y 20.21°C, esta disminución en el rango nos permite ver de mejor manera la distribución de temperatura en la región para el año esperado, dicho proceso se repite con las dos variables (temperatura promedio anual y precipitación total) para los seis años diferentes.

Posteriormente con las imágenes obtenidas de la interpolación se realiza una operación de resta con archivos raster, para analizar la variación de temperatura o

precipitación. Este procedimiento se realiza mediante la herramienta Minus ubicada en el bloque 3D Analysis Tools.

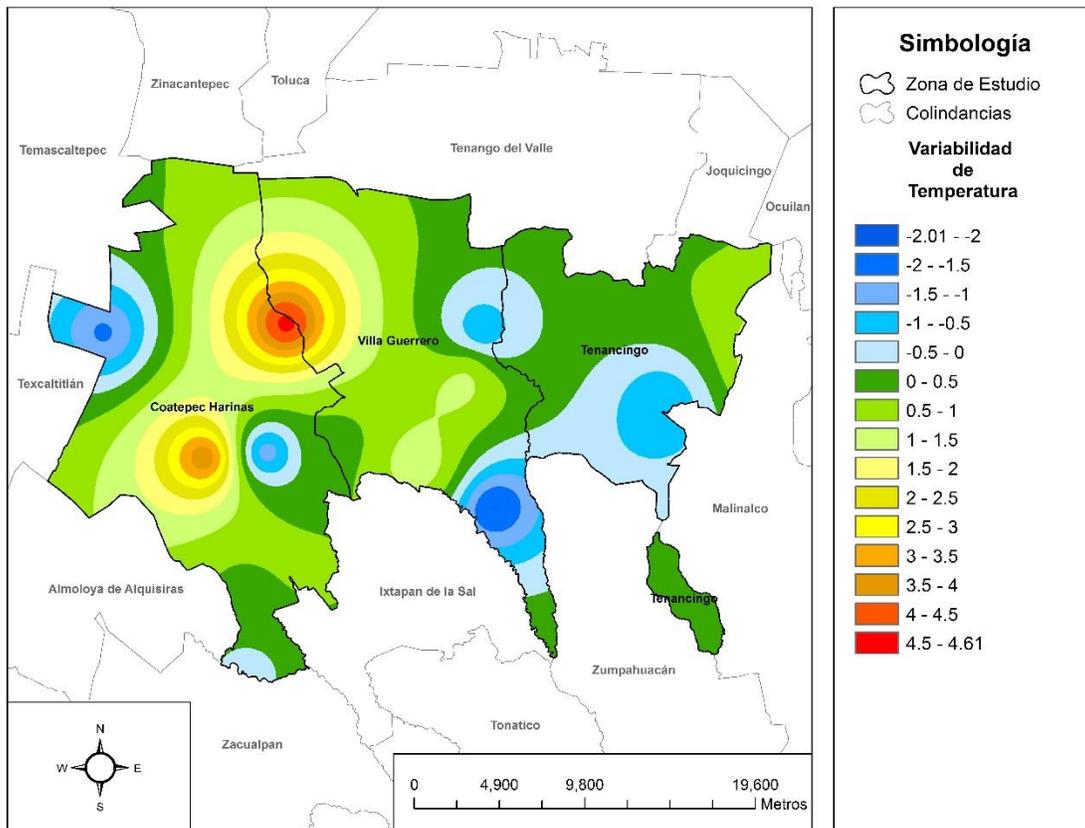
Plano 12. Temperatura Promedio Anual 2010 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

El plano 13 fue creado con los datos de los años 2015 (plano 11) y 2010 (plano 12), donde se resta la información del año 2010 a los datos del 2015, esto es debido a que se observa que la temperatura va en aumento. Los resultados obtenidos se encuentran con valores negativos y positivos, siendo los positivos aumentos de temperatura y los negativos descensos.

Plano 13. Variabilidad climática entre los años 2015 y 2010 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Este tipo de mapas hace posible analizar los efectos de la variabilidad climática dentro de la zona de interés, pues ubicar espacialmente las zonas con aumentos y descensos de temperatura permite comprender los fenómenos de la región usando otras capas de información como usos de suelo, entre otras, permitiendo explicar de mejor manera los efectos de la variabilidad climática y principalmente donde tienen mayores consecuencias.

Alzate, *et al.* (2015), Villatoro, *et al.* (2008), Argeñal (2010) y Serrano Vicenti, *et al.* (2012) se retomaron para la construcción de la metodología, cada uno de los trabajos realizó una aportación. La similitud entre estos trabajos ayudó a determinar las mejores opciones de análisis y de procesado de la información.

Conocer el alcance del producto de investigación es un factor fundamental a la hora de determinar los procesos y métodos empleados, pues se tiene que saber hasta donde se busca manejar la información, si se requiere elaborar algún tipo de clasificación de datos como estacional, mensual, diario, etc.

De igual forma es importante saber que el trabajo a realizar es producto de escritorio, es decir, no se tiene la posibilidad de hacer recorridos en campo o verificaciones, por lo cual se debe dar por verás la información obtenida de las fuentes oficiales, en este caso, el Sistema Meteorológico Nacional.

Es importante mencionar que el proceso de depuración de información y de verificación se consideró como el hecho de completar las bases de datos realizando promedios con datos anteriores, de lo contrario no se podría realizar ningún tipo de producto, ya que se presentaron algunas ausencias que pudieron alterar los datos y de esta misma situación se optó por capturar los datos de manera mensual, ya que los promedios anuales manejados por cada estación, en algunos casos, no contaban con información para todos los meses y los promedios los realizaron únicamente con los datos disponibles, por lo cual no se considera como certera la información de ese tipo.

Capítulo IV. Resultados y Análisis

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos gracias a la aplicación de la metodología previamente descrita, en ellos se pueden ver la variabilidad de temperatura y precipitación, analizados de manera separada, para diversos periodos de tiempo que van desde 1980 hasta 2015.

La creación de estos productos permite identificar las zonas vulnerables a la variabilidad climática, lo cual es muy importante especialmente por la zona, pues como fue descrito en el capítulo II se trata de una zona con una gran producción agrícola, especialmente de flor, donde la mayor parte de la población tiene su ocupación.

Conociendo los efectos del fenómeno es posible proponer medidas de prevención de problemas productivos y sociales a través del conocimiento del área geográfica y las características de población.

Para consultar los planos de las variables temperatura promedio anual y precipitación total anual véase anexo cartográfico, es importante mencionar que los datos mínimos y máximos, presentados en dicho anexo, no se emplearon para calcular la variabilidad, dado que se calculó analizando celda por celda, es decir, los datos de un año sirven para comparar con los del año siguiente analizado y la variación se obtiene restando los valores para cada región, haciendo que los resultados sean más precisos de lo que serían si se tomaran únicamente los valores mínimos y máximos.

Finalmente, se interpretan las variables y se analiza los efectos a nivel municipal a través de inferencias generadas por la relación entre la información generada. Además, se realizan propuestas de prevención de la variabilidad climática.

3.1 Resultados

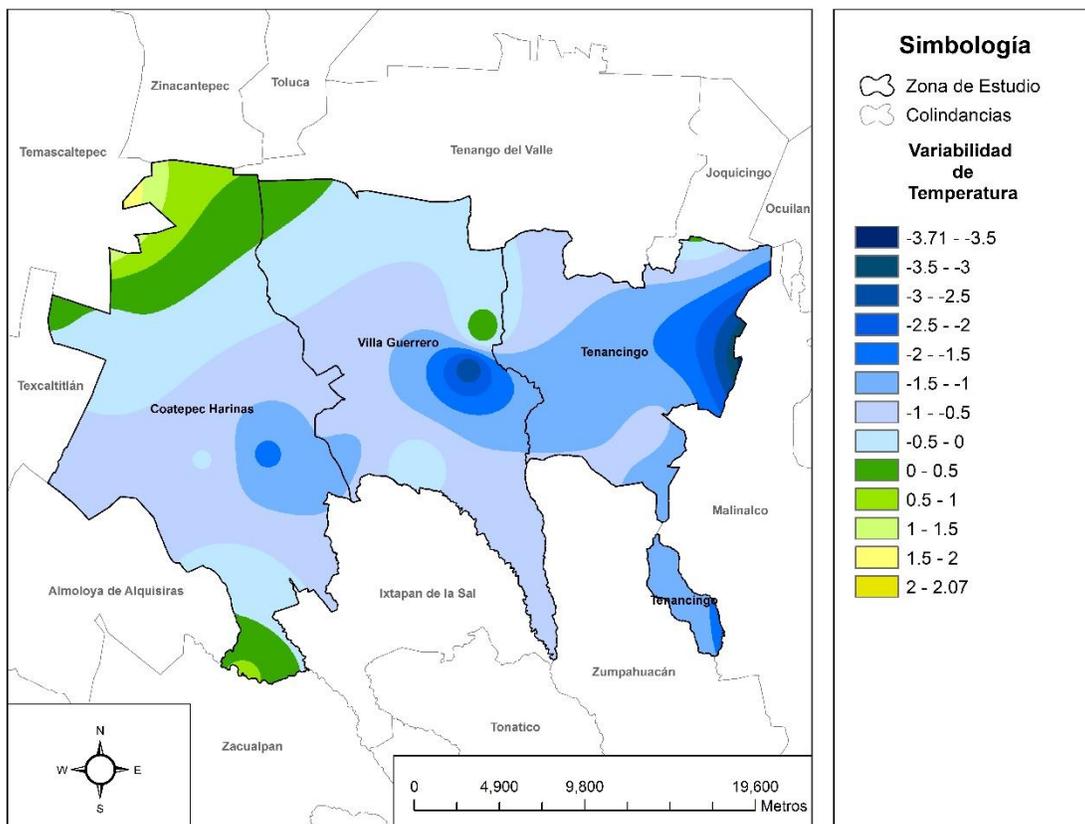
Los resultados se presentan como una línea del tiempo, mostrando en orden la variación de cada variable para los periodos: 1980-1990, 1990-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 y 1980-2015, primero se muestran los resultados de la variabilidad de temperatura promedio anual y posteriormente la variabilidad de precipitación total anual.

3.1.2 Temperatura

3.1.2.1 Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 1980 – 1990

El plano 14 muestra la variabilidad de temperatura para el periodo de 1980 a 1990 en el cual se observa que hubo una oscilación termina entre -3.71°C y 2.07°C .

Plano 14. Variabilidad de temperatura del periodo 1980 – 1990 en los municipios del corredor florícola



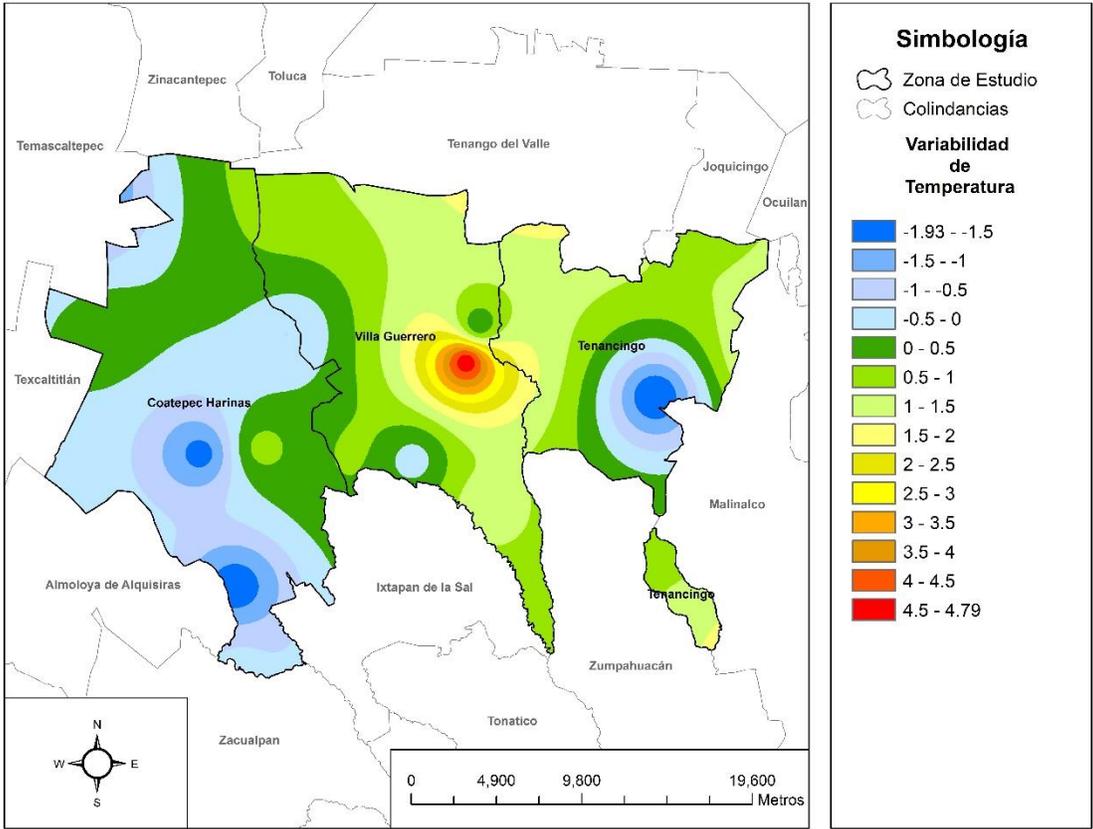
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

La temperatura mínima para 1980 fue de 9.75°C y la máxima de 20.11°C mientras que para 1990 la temperatura mínima se encontró en 10.36°C y la máxima en 20.03°C. Se aprecia que en la región el fenómeno de variabilidad de temperatura se expresa como un enfriamiento en la mayor parte de la zona de estudio, a excepción de pequeñas porciones ubicadas al norte y sur de Coatepec Harinas.

3.1.2.2 Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 1990 - 2000

Los resultados del periodo se muestran en el plano 15, y se puede apreciar que el rango de variabilidad de temperatura se encuentra entre -1.93°C y 4.79°C.

Plano 15. Variabilidad de temperatura del periodo 1990 – 2000 en los municipios del corredor florícola



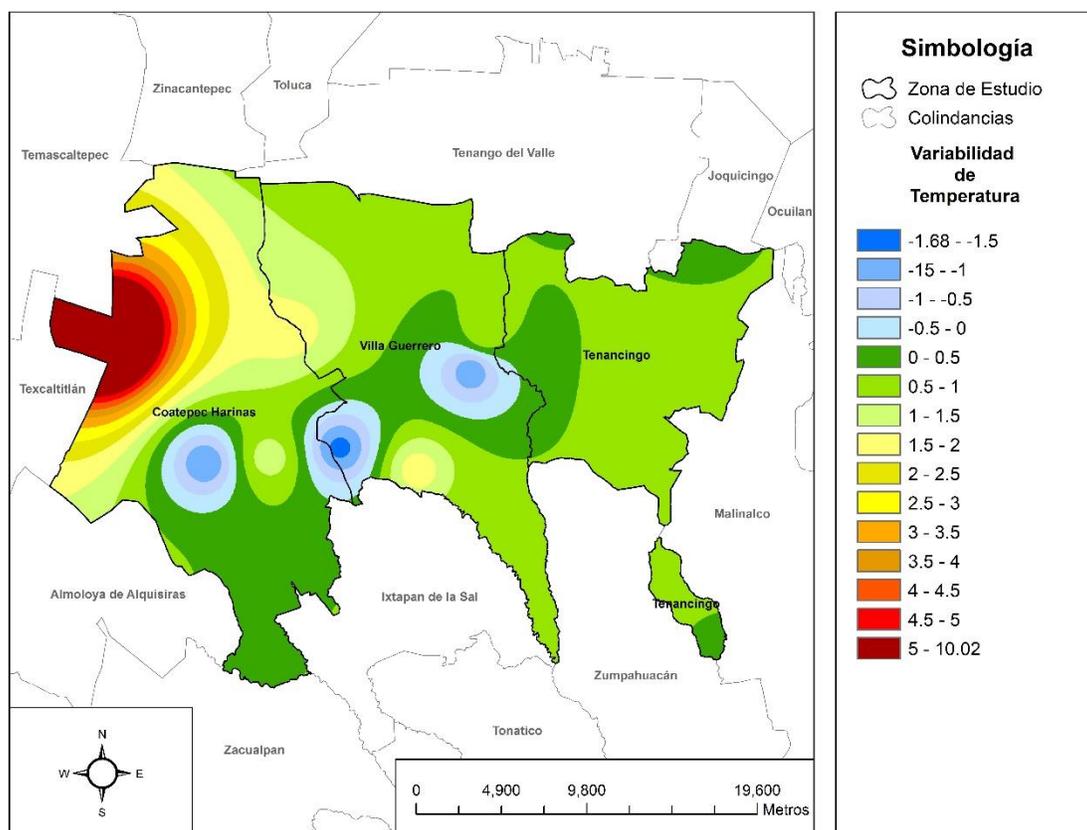
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

La variación térmica del periodo se da como un proceso general de calentamiento, pero se encuentran dos grandes regiones en donde hubo disminución de temperatura en los municipios de Coatepec Harinas y Tenancingo, siendo el primero el que presenta mayor enfriamiento; por otro lado, Villa Guerrero presenta en prácticamente toda su superficie aumentos de temperatura en este periodo.

3.1.2.3 Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 2000 - 2005

El periodo correspondiente a 2000 – 2005 muestra un incremento generalizado de temperatura, el rango de variabilidad térmica se encuentra entre -1.68°C y 10.02°C (véase plano 16).

Plano 16. Variabilidad de temperatura del periodo 2000 – 2005 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

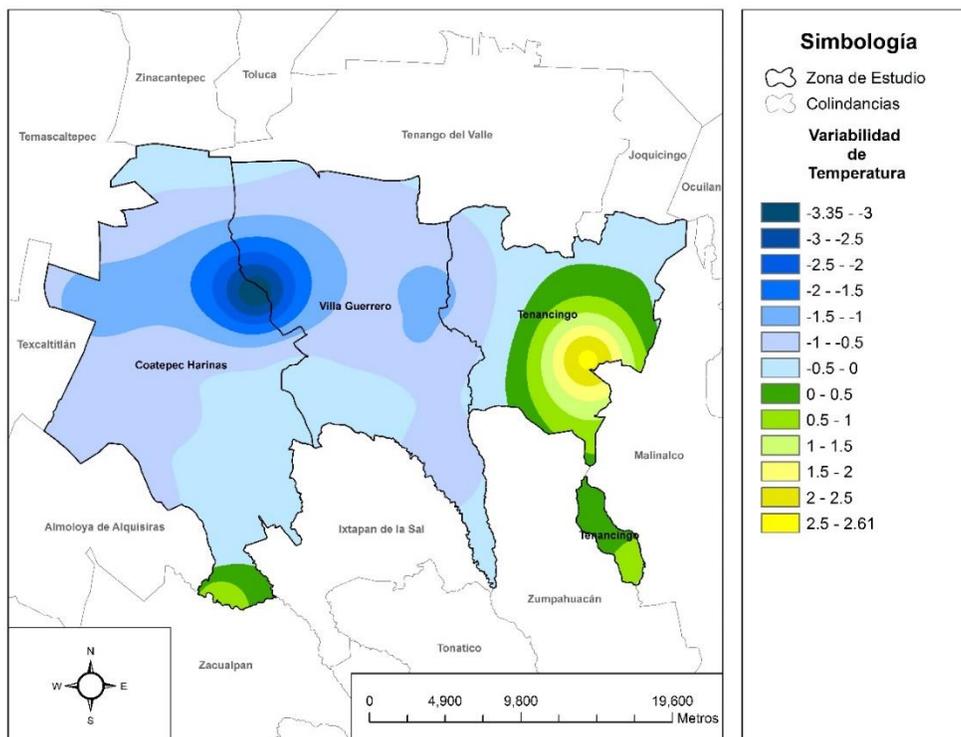
Los datos extremos en el año 2000 fueron de 10.82°C como temperatura mínima y 20.10°C como temperatura máxima y para el año 2005 fueron de 11.78°C como mínima y 21.77 como máxima.

Como se aprecia en el plano 15 la mayor parte de la zona de estudio presentó aumento de temperatura, siendo Coatepec Harinas el municipio con el mayor rango de incremento con 10.02°C, en el caso de Tenancingo y Villa Guerrero el aumento se dio teniendo como máximo 2°C de aumento.

3.1.2.4 Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 2005 - 2010

La variabilidad de temperatura en este periodo (véase plano 17), indica que el rango de variación térmica se encuentra entre -3.35°C y 2.61°C.

Plano 17. Variabilidad de temperatura del periodo 2005 – 2010 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

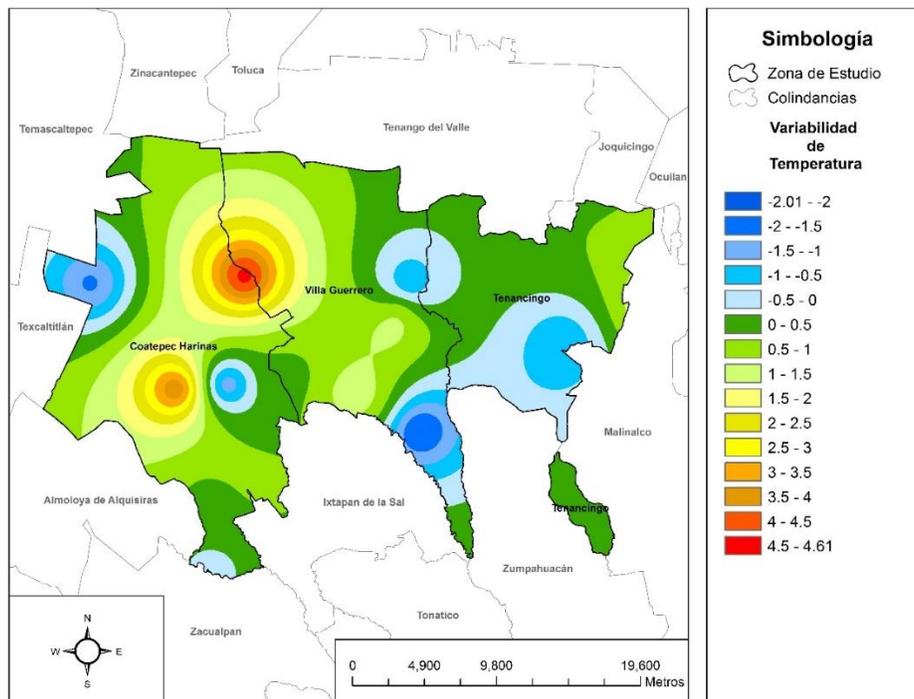
El comportamiento térmico en este periodo es totalmente diferente al periodo anterior ya que contrariamente aquí se presenta un enfriamiento total en Villa Guerrero y la mayor parte de Coatepec Harinas, siendo Tenancingo el único municipio que presenta aumento en más de la mitad de su superficie.

El rango de temperatura para el año 2005 se encuentra entre 11.78°C y 21.77°C mientras que en 2010 el rango se ubica entre 11.62°C y 20.67°C lo cual comprueba el proceso de variabilidad en este periodo, pues ambos datos del año 2010 son menores que en 2005.

3.1.2.5 Variabilidad de la temperatura promedio, periodo 2010 – 2015

Los resultados de este periodo se presentan en el plano 18 donde se muestra que el rango de variabilidad de temperatura se encuentra entre -2.01°C y 4.61°C.

Plano 18. Variabilidad de temperatura del periodo 2010 – 2015 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

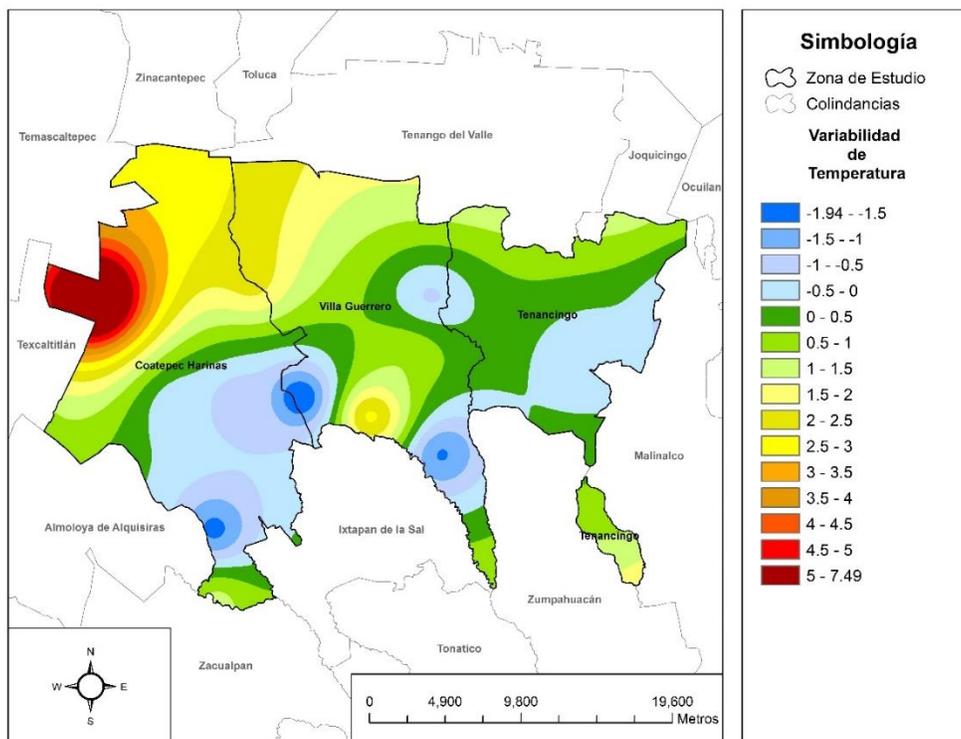
De igual forma que en el periodo anterior se muestra un cambio radical en el comportamiento de la temperatura pues en el anterior lapso de tiempo se presentó un enfriamiento, en este hubo un cambio y la temperatura incrementó de 2010 a 2015 de manera general, a excepción de un par de regiones ubicadas en todos los municipios de la zona de estudio.

Los valores extremos en 2010 fueron de 11.62°C y 20.67°C mientras que en 2015 se ubican entre 12.29°C y 20.21°C, estos valores muestran que ubicó un incremento en la temperatura mínima pero las máximas no sobrepasaron los datos de 2010.

3.1.2.6 Variabilidad de la temperatura promedio, el periodo 1980 - 2015

Como compilación, se presenta el análisis de los valores extremos del periodo de 35 años (véase plano 19), los planos 20 y 21 se presentan como referencia de los datos de temperatura para dichos años.

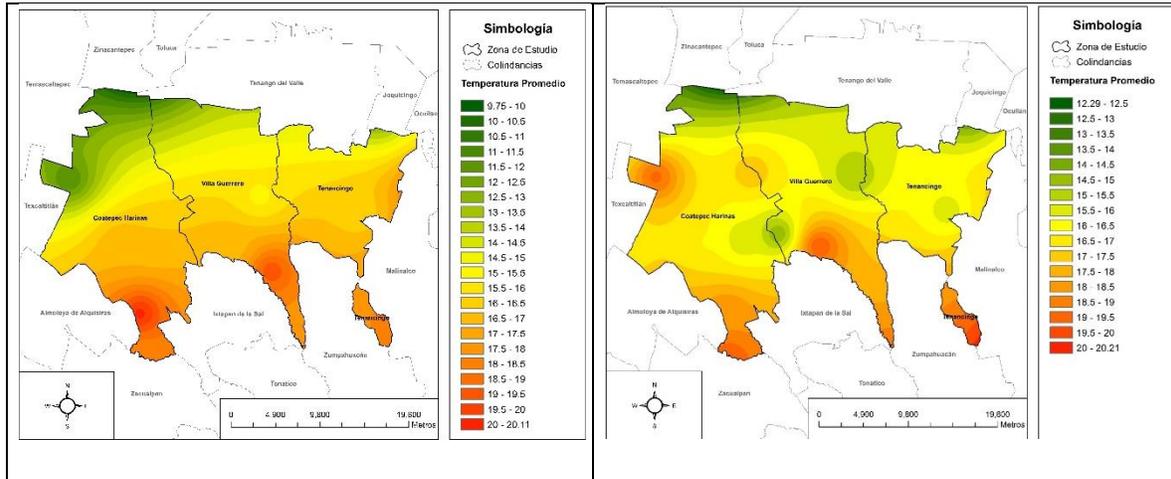
Plano 19. Variabilidad de temperatura del periodo 1980 – 2015 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 20. Temperatura promedio anual 1980

Plano 21. Temperatura promedio anual 2015



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

El rango de variabilidad de temperatura de los datos analizados muestra un rango térmico entre -1.94°C y 7.49°C y un comportamiento que muestra un mayor incremento de temperatura, que decremento. El aumento de temperatura se presenta principalmente en la zona noroeste de la región, ubicado sobre Coatepec Harinas, siendo este municipio el que presenta la mayor región de enfriamiento en su zona sur.

El caso de Villa Guerrero muestra de igual forma zonas de enfriamiento ubicadas al sur de su territorio y los aumentos de temperatura al norte, Tenancingo tiene enfriamiento en el centro y al norte y sur aumentos. En resumen, se concluye que el comportamiento de la temperatura responde a un patrón de enfriamiento y calentamiento.

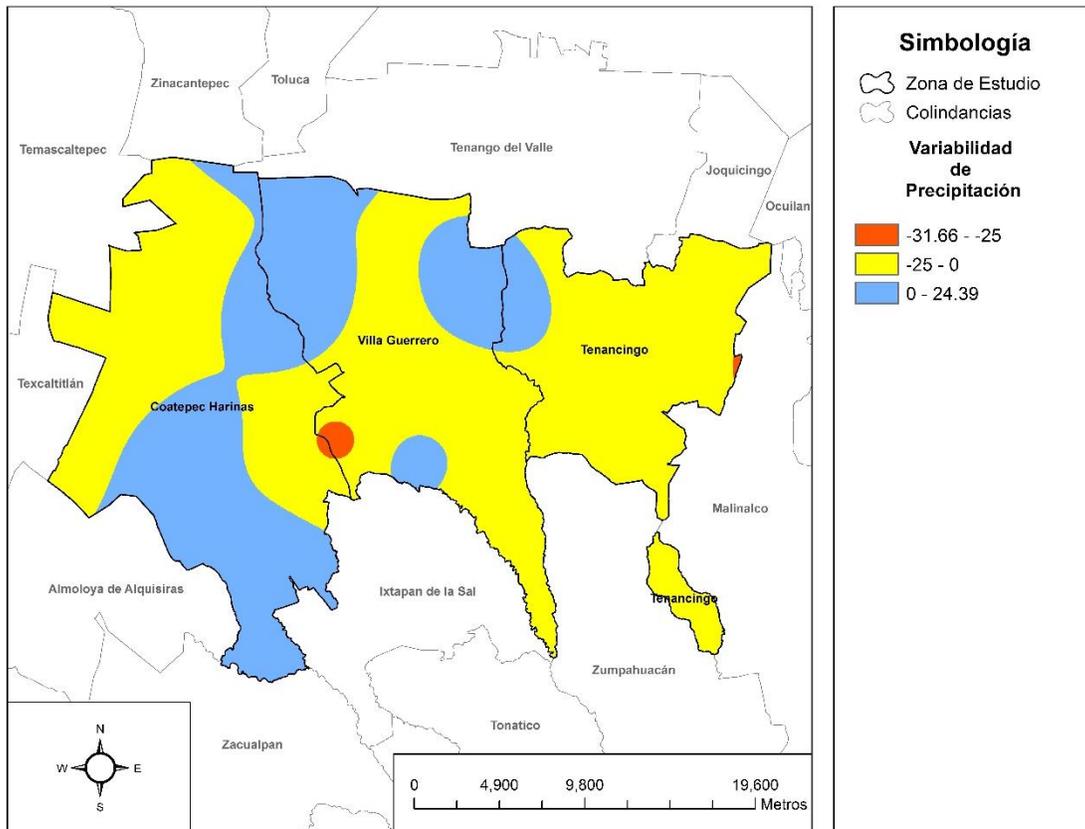
4.1.3 Precipitación

Los datos correspondientes a la precipitación total anual se presentan de forma similar que la temperatura, es decir, en forma secuencial.

4.1.3.1 Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 1980 - 1990

La variabilidad de precipitación para este periodo se presenta en el plano 22, en el que se muestra el rango de variabilidad de precipitación, ubicado entre -31.66 mm y 24.39 mm.

Plano 22. Variabilidad de precipitación del periodo 1980 – 1990 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

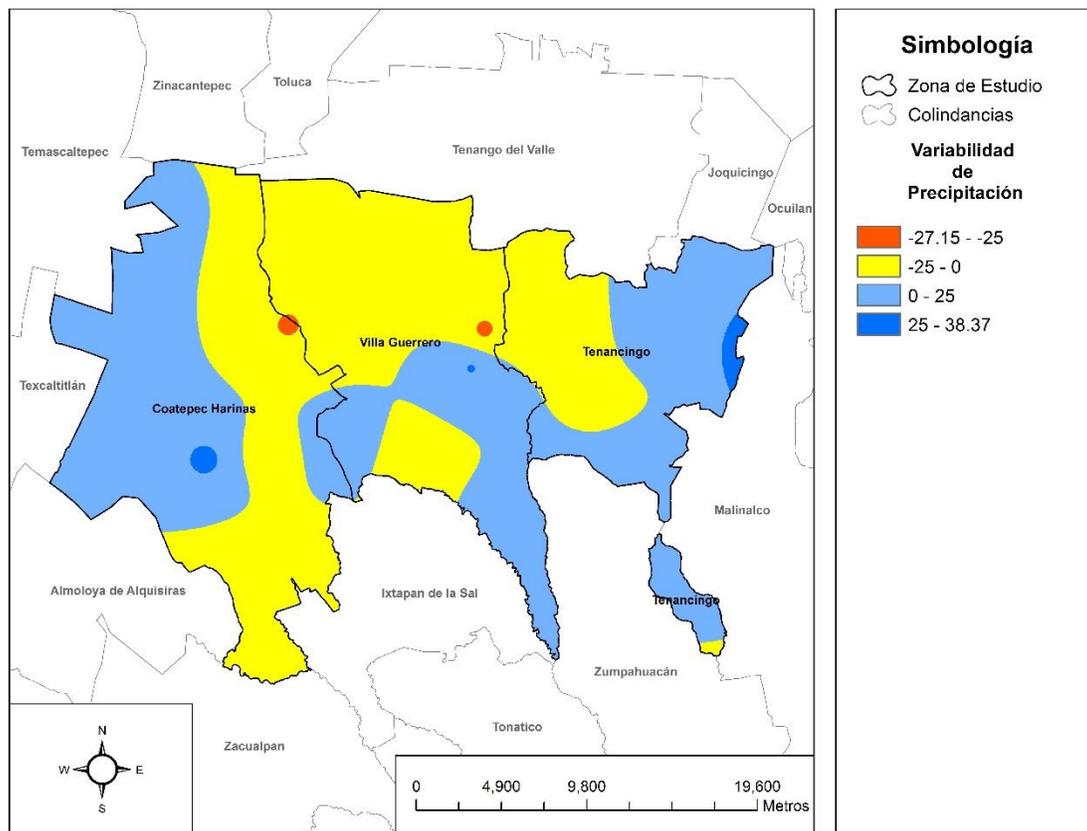
Estos datos indican que la precipitación disminuyó 31.66 mm y un aumento de 24.39 mm. Se muestra en el plano que el déficit se presenta en la mayor parte de Villa Guerrero y Tenancingo, mientras que Coatepec Harinas muestra la mayor zona con aumento de precipitación.

Los valores extremos para 1980 fueron de 64.34 mm y 131.09 mm y para 1990 fueron de 64.82 mm y 122.90 mm, datos que confirman la disminución de la precipitación en la región.

4.1.3.2 Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 1990 - 2000

Los resultados del periodo se muestran en el plano 23.

Plano 23. Variabilidad de precipitación del periodo 1990 – 2000 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

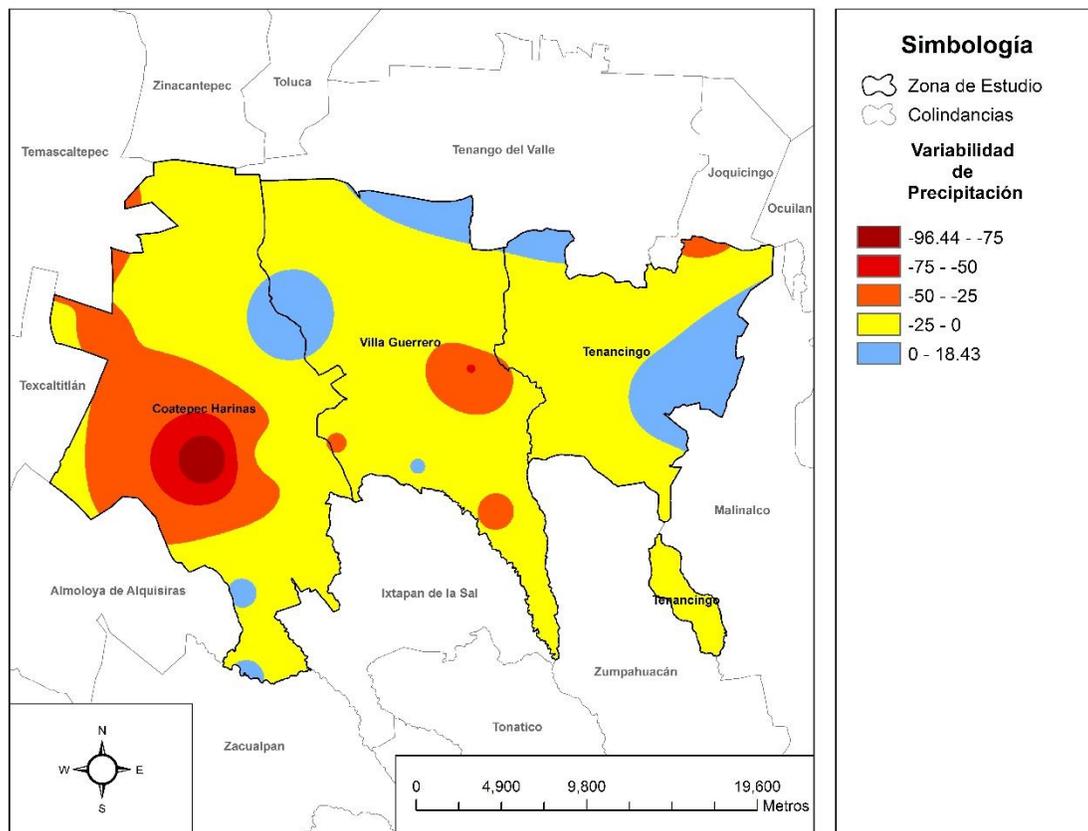
El rango de variabilidad se ubica entre -27.15 mm y 36.37 mm, la distribución del comportamiento se encuentra distribuido en prácticamente 50% y 50% de la zona, siendo el municipio con mayor déficit de precipitación Villa Guerrero. Los valores extremos de 1990 fueron de 64.82 mm y 122.90 mm, mientras que en 2000 fueron

de 71.96 mm y 136.44 mm, lo cual indica que la cantidad de lluvia aumento, pero la distribución de la precipitación cambió.

4.1.3.3 Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 2000 - 2005

La variabilidad de precipitación del periodo presenta un rango entre -96.44 mm y 18.43 mm (véase plano 24).

Plano 24. Variabilidad de precipitación del periodo 2000 – 2005 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

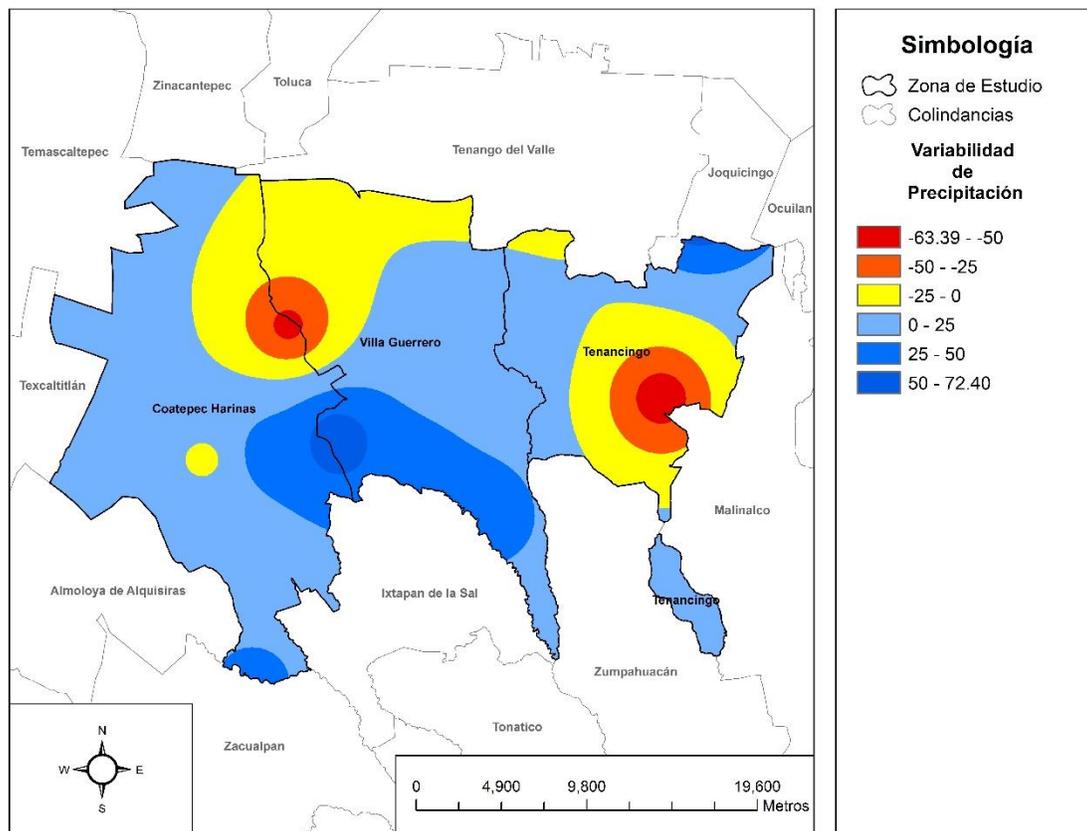
Este periodo muestra un decremento de precipitación en prácticamente toda la superficie de la zona de estudio, siendo Coatepec Harinas el municipio con los mayores índices de disminución. Los valores extremos en 2000 fueron 71.96 mm y

136.44 mm, mientras que 2005 presento valores ubicados entre 37.66 mm y 121.65 mm.

4.1.3.4 Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 2005 - 2010

El plano 25 muestra la distribución de la variabilidad de precipitación en el periodo, teniendo un rango ubicado entre -63.39 mm y 72.40 mm.

Plano 25. Variabilidad de precipitación del periodo 2005 – 2010 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

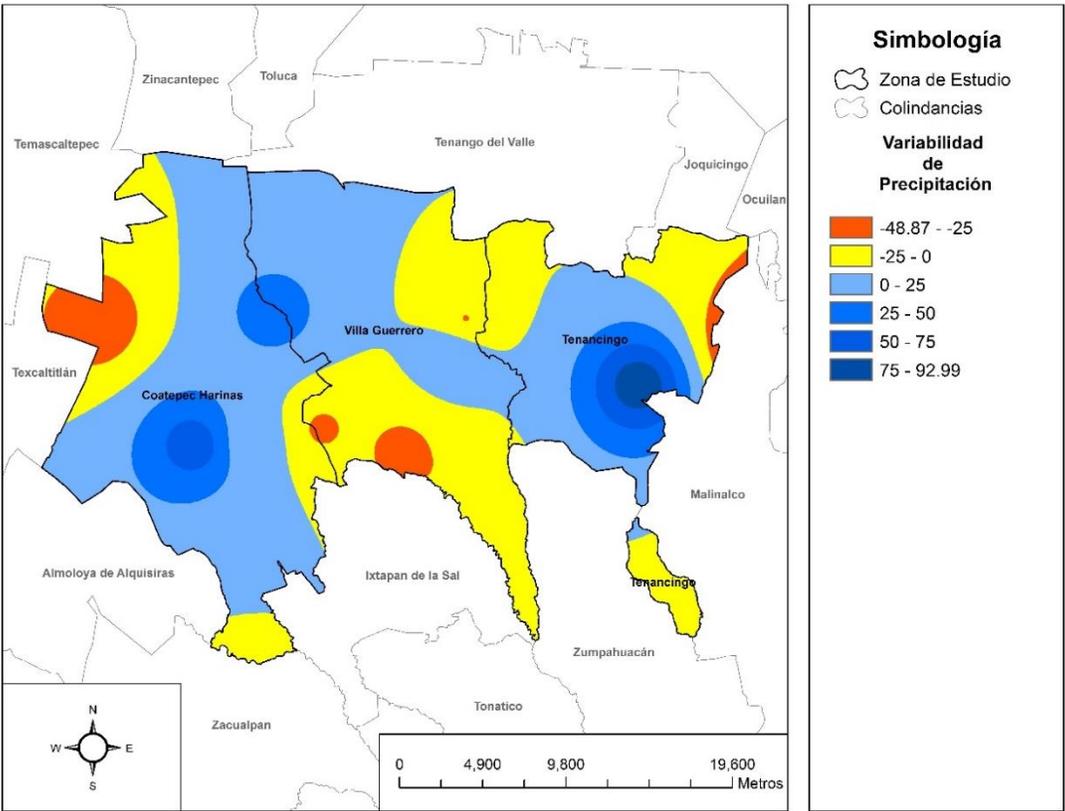
En este periodo se da un proceso de incremento en la precipitación dada la disminución en el periodo previo, en este periodo los valores extremos son para 2005 entre 37.66 mm y 121.65 mm mientras que en 2010 los datos oscilan entre 22.02 mm y 130.08 mm.

De manera general el incremento de precipitación se presentó en Coatepec Harinas y Villa Guerrero principalmente, mientras en Tenancingo la disminución se mantuvo constante.

4.1.3.5 Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 2010 - 2015

El análisis de la precipitación de este periodo muestra un rango de variabilidad de precipitación entre -48.87 mm y 92.99 mm (véase plano 26).

Plano 26. Variabilidad de precipitación del periodo 2010 – 2015 en los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

La distribución de la variabilidad de precipitación muestra que hubo aumento en la precipitación en más zonas de la región que disminuciones, de manera general la distribución se muestra equilibrada en los tres municipios, siendo Villa Guerrero el

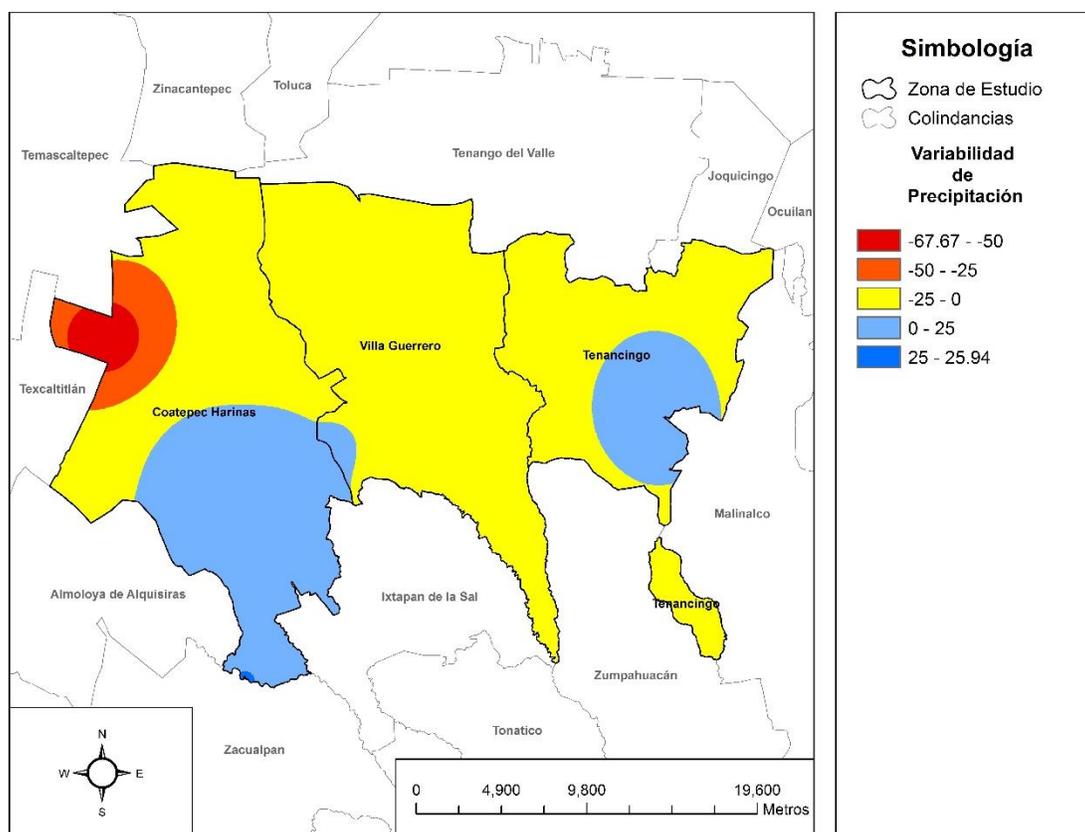
que presenta mayor disminución de precipitación y Tenancingo presentó mayor incremento de precipitación en la zona de estudio.

Los valores extremos del año 2010 se encuentran entre 22.02 mm y 130.08 mm, mientras que en 2015 los datos oscilaron entre 63.42 mm y 115.02 mm.

4.1.3.6 Variabilidad de la precipitación total anual, periodo 1980 - 2015

El rango de variación de este periodo se encuentra entre -67.67 mm y 25.94 mm y se muestra en el plano 27, los planos 28 y 29 se muestran como referencia de los datos de precipitación total anual para los años 1980 y 2015 respectivamente

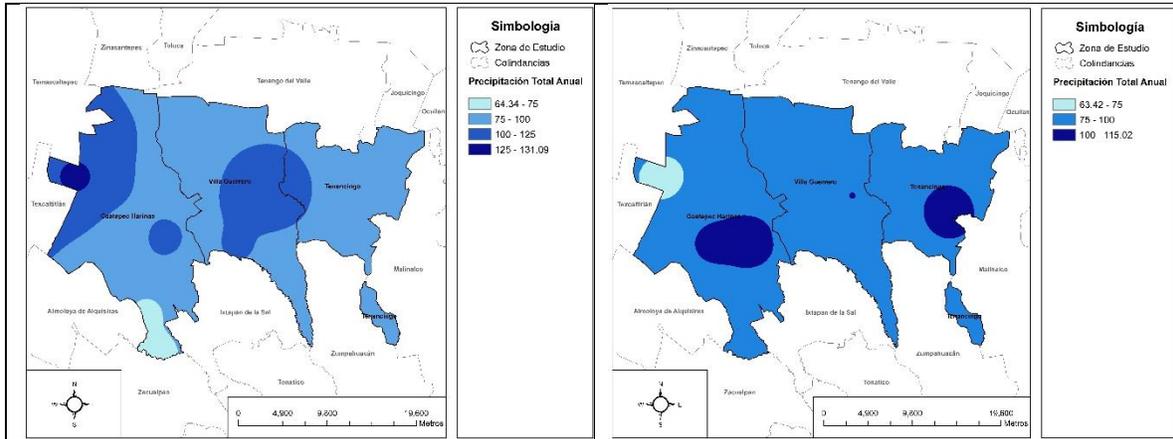
Plano 27. Variabilidad de precipitación del periodo 1980 – 2015 en los municipios del corredor florícola.



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 28. Precipitación total anual 1980

Plano 29. Precipitación total anual 2015



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Los datos muestran que la precipitación disminuyó para prácticamente toda la zona de estudio en el periodo analizado, siendo el municipio con mayor déficit de precipitación villa Guerrero, mientras Coatepec Harinas presenta los valores más bajos de variación de precipitación alcanzando los -67.67 mm.

Las zonas con aumento en la precipitación para este periodo se ubican de manera general entre los 0 y los 25 mm habiendo una pequeña zona ubicada al sur de Coatepec Harinas que alcanza los 25.94 mm, evidenciando lo antes mencionado, la precipitación disminuyó en el periodo de 35 años.

4.2 Efectos de la variabilidad climática en los municipios del corredor florícola del sur del Estado de México

El análisis de los efectos de la variabilidad climática de cada municipio se realizó tomando como referencia la variabilidad climática en el periodo de 1980 a 2015 mediante la inferencia empleando la información generada en el capítulo II y los resultados presentados en este capítulo.

4.2.1 Coatepec Harinas

La variabilidad de temperatura para el periodo de 1980 a 2015 presenta una zona de calentamiento ubicada en la zona noroeste alcanzando un incremento de 7.49°C, en esta región se encuentran principalmente actividades agrícolas y forestales

sobre pendientes superiores a los 10°C y en suelos de tipo Andosol, los cuales no son aptos para la práctica de la agricultura de forma natural, requieren de tratamientos de fertilidad para obtener rendimientos aceptables. En esta misma región de calentamiento la precipitación tuvo una disminución de hasta 67.67 mm.

En la zona centro-sur, se presenta una zona de enfriamiento, en donde la temperatura descendió hasta -1.94°C región ubicada sobre actividades de tipo agrícola principalmente, pendientes planas y suelos de tipo Vertisol Pélico y Luvisol Crómico, de los cuáles únicamente el Luvisol Crómico tiene alta aptitud para la agricultura de manera natural mientras el Vertisol Pélico es un suelo nada adecuado para cultivar y siento este sobre el cual se presentaron la mayor cantidad de zonas agrícolas. En cuanto a la variabilidad de precipitación en esta región se presentó un incremento que alcanza los 25.94 mm.

Los efectos de la variabilidad climática se infieren a través de la información elaborada en la caracterización y producto de la metodología.

El primer efecto de la variabilidad se presenta en la zona noroeste, la cual es empleada para agricultura y como zona forestal, donde un aumento de temperatura provocará que la presencia de plagas sea diferente a la conocida por los habitantes de la región, aunado a ello la disminución de la precipitación en la misma región provocará bajos rendimientos agrícolas y el empleo de mecanismos de traslado de agua hasta la región, algo que debido a la posición geográfica que ocupa es complicado pues se encuentra cuesta arriba de las zonas urbanas, que es donde se infiere que cuentan con agua entubada.

Los efectos en la zona sur serán distintos, pues el incremento de precipitación sugiere mayor riesgo de erosión hídrica debido a las inclinadas pendientes que se presentan en la región. La disminución de temperatura crea la necesidad de proteger los cultivos mediante técnicas como cultivo en invernadero. En algunas zonas expuestas al aumento de precipitación se pueden presentar inundaciones debido a las características edafológicas, dado que en esa parte del municipio hay

suelos muy arcillosos, los cuales dificultan la filtración del agua, amenazando los cultivos distribuidos en esta zona del municipio.

4.2.2 Tenancingo

La variabilidad de temperatura para el periodo de 1980 a 2015 en este municipio presenta un ligero incremento térmico en la zona norte alcanzando un aumento de 1.5°C en la zona más elevada y ocupada principalmente por uso de suelo forestal y cultivos bajo invernadero, las pendientes de esta región superan los 10° de inclinación, salvo una parte ubicada al oeste del municipio que presenta pendientes planas y suelos de tipo Andosol en la mayor parte de la región afectada. La precipitación en esta zona del municipio presenta una disminución de hasta 25 mm anuales.

En la región central del municipio se presenta una franja de enfriamiento que alcanza hasta 0.5°C de disminución, aquí se presenta la mayor parte de las actividades agrícolas al aire libre, y su extensión cae sobre las regiones más planas de todo el municipio. La unidad de subunidad de suelo ubicada en esta zona es Vertisol Pélico, que son suelos de arcillas expandibles. La precipitación en esta parte del municipio tuvo un incremento de hasta 25 mm.

La región sur presenta un incremento de temperatura que alcanza los 2°C y se trata de una región con uso agrícola y forestal ubicada sobre pendientes inclinadas que superan los 10° y sobre suelos de tipo Redzina. La precipitación en esta zona del municipio de igual forma que al norte, presenta una disminución de 25 mm.

Los efectos provocados por la variabilidad climática en la zona norte son principalmente la disminución de la disponibilidad de agua, así como un cambio en los tipos de cultivos debido al incremento térmico, aunque en esta región se encuentra la mayor concentración de invernaderos del municipio, también hay muchas zonas agrícolas al aire libre, por lo cual se verán afectadas.

En la zona centro los efectos responden principalmente a las características del suelo el cual retiene mucho la humedad, lo cual, mezclado con el incremento de

precipitación, la poca o nula pendiente y la presencia de actividades agrícolas provoca efectos negativos y pérdidas de cultivos.

La zona sur tendrá consecuencias principalmente en la fertilidad de los suelos, ya la unidad edafológica dominante de la región es la Redzina, estos suelos son muy fértiles, pero tienen una capa muy delgada de nutrientes y debajo de ellos se encuentra roca caliza, esto mezclado con la disminución de la precipitación provocará que la capa de suelo quede expuesta a la erosión eólica y mecánica, debido a la presencia de actividades agrícolas y a las pendientes superiores a 10° de inclinación.

4.2.3 Villa Guerrero

La variación de temperatura en este municipio se encuentra distribuida de forma similar que Tenancingo, pues presenta en la zona norte-centro un incremento de temperatura a que alcanza los 3°C, las características físicas muestran pendientes muy escarpadas y un uso forestal principalmente forestal en el norte y agrícola en la región cercana al centro del municipio. Las subunidades de suelo ubicadas en esta región son principalmente Andosoles Húmicos, Cambisoles Crómicos y Feozems Háplicos. La precipitación sufrió una disminución generalizada de hasta 25 mm en todo el municipio.

En la región noreste se presenta una zona de enfriamiento que alcanza una disminución de 1°C, empleada principalmente como zona de cultivo bajo invernadero, con suelos de tipo Cambisol Crómico y pendientes planas y ligeramente inclinadas.

En la zona centro-sur del municipio se tiene una segunda zona de enfriamiento de mayor tamaño que la primera, el uso de esta región es principalmente de agricultura tanto al aire libre como en invernadero, así como de pastizales. La pendiente en esta región es plana o ligeramente inclinada y el tipo de suelo es Vertisol Pélico.

Finalmente, el municipio presenta una segunda zona de calentamiento ubicada en el extremo sur, donde la temperatura alcanza un incremento de 1°C, los suelos son

de tipo Vertisol Pélico, las pendientes son planas y su uso es principalmente de agricultura al aire libre.

Los efectos de la variabilidad climática en la zona norte-centro afectarán principalmente a las condiciones del suelo, ya que son suelos vulnerables a la erosión, ésto es una situación a tomar en cuenta debido a las pendientes ubicadas principalmente en el norte del municipio. La región centro cuenta con suelos fértiles como lo son los Feozems, por lo cual esta zona es explotada agrícolamente, pero el incremento de la temperatura supone vulnerabilidad a la presencia de plagas desconocidas en la región.

La zona de enfriamiento ubicada al noreste del municipio parece estar muy bien adaptada a la variación de temperatura pues cuenta con invernaderos lo que supone la presencia de sistemas de riego, por lo cual la disminución en la precipitación no representa un problema y menos la disminución de temperatura.

La situación de la zona de enfriamiento en la zona centro-sur es distinta ya que presenta agricultura al aire libre y la unidad de suelo es de características arcillosas expandibles, que, mezcladas con la disminución de temperatura, puede dificultar las prácticas agrícolas en caso de no contar con sistemas de riego.

La zona sur verá los efectos de la variabilidad climática de manera similar que la zona de calentamiento de la zona norte, a diferencia que los suelos en esta región al ser arcillas expandibles dificulten su óptimo uso.

En este capítulo se presentan e interpretan los productos generados a través de la metodología, los cuales sirven para inferir los posibles efectos en las zonas de cultivo de los municipios del corredor florícola.

El patrón de variabilidad de temperatura y el de precipitación muestran cierta relación, es decir, en las regiones de enfriamiento se presentaron zonas de aumento de precipitación, mientras en las zonas donde la temperatura aumentó, la precipitación disminuyó.

Los efectos inferidos relacionan las características del medio físico, con los resultados obtenidos, dando importancia a la construcción de información del capítulo II, sin el cual no se podría generar inferencias y la investigación no tendría relevancia.

Propuestas

Generales

- Crear una red de monitoreo meteorológico con una distribución espacial y periodicidad de los datos homogénea, para realizar análisis espaciales más específicos y poder valorar de mejor manera el comportamiento de las variables climáticas.
- Formar un cuerpo de investigación que encargado de estudiar el comportamiento y distribución de las plagas que afecten a los cultivos en las zonas vecinas del sur.
- Identificar espacialmente la distribución de cada tipo de cultivo, para poder valorar los efectos causados sobre cada uno.

Específicas

Coatepec Harinas

- Construir infraestructura encargada de bombear agua hacia las zonas ubicadas en la región noroeste que presentan actividades agrícolas y una disminución de precipitación de casi 70 mm anuales.
- Fomentar la construcción de invernaderos en la región centro-sur del municipio como respuesta al enfriamiento de la región.
- Implementar técnicas de cultivo que ayuden a disminuir el impacto de la erosión hídrica en la zona suroeste.
- Practicar cultivos mixtos que permitan proteger un cultivo con otro de plagas.

Tenancingo

- Migrar los cultivos de la región central que presenta enfriamiento e incremento de precipitación debido a la vulnerabilidad a inundaciones.

- En la zona sur implementar técnicas de cultivo que permitan disminuir el impacto de la erosión.

Villa Guerrero

- Incrementar la cantidad de invernaderos presentes en la región de enfriamiento de la zona centro-sur.
- Crear redes de riego para compensar la disminución de precipitación en la zona agrícola de la zona centro del municipio.

Conclusiones

El comportamiento de la variabilidad climática expresada en precipitación y temperatura para el periodo de 1980 a 2015 muestra que la temperatura incremento hasta el 7.49°C en algunas regiones y disminuyó hasta 1.94°C en otras, el rango oscila entre 10°C en total. La precipitación por su parte muestra disminuciones de hasta 67.67 mm anuales y aumentos máximos de 25.94 mm.

Los efectos de la variabilidad son distintos en cada municipio, de acuerdo con las características del medio físico y social que cada uno presenta, el análisis realizado indica que el municipio más vulnerable a la variabilidad climática es Coatepec Harinas, pues en esta región se presentan las más altas variaciones tanto de temperatura como de precipitación, además de contar con características geográficas que incrementan la gravedad de los efectos, esta vulnerabilidad se relaciona con el lugar que ocupa en cuanto al valor de producción, por lo que se liga la vulnerabilidad a la variabilidad climática con el bajo valor de producción alcanzado.

Por su parte, Villa Guerrero, es el principal productor florícola de la región (véase tabla 14) y la relación de información muestra que es un municipio adaptado a la variabilidad, pues aprovecha las zonas de suelos fértiles para construir invernaderos y obtener mejores rendimientos, así como las zonas planas, esto sin duda es la causa de los altos valores de producción que presenta el municipio.

El estudio de las variables climáticas es un aspecto fundamental en la productividad del campo mexicano, por lo cual debe ser tomado con la importancia que representa su estudio, además de ello, debe ser mejorada la infraestructura que se tiene para recopilar datos, además de modificar la distribución espacial de las estaciones meteorológicas, para tener datos de mayor calidad que permitan la construcción de información más detallada y que permita entender lo mejor posible el clima de cualquier región .

Bibliografía

Altieri, M. A. & Nicholls, C. I., 2009. Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA Revista de agroecología*.

Alzate, D., Rojas, E., Mosquera, J. & Ramón, J., 2015. Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981 - 2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, Norte de Santander - Colombia. *Luna Azul*, Issue 40, pp. 127-153.

Argeñal, F. J., 2010. *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras*. Honduras: SERNA - PNUD.

Banco Mundial, 2018. *México/ Tasa de crecimiento demográfico*, Washington D. C.: Banco Mundial.

Carrillo, A. N. J., Ramírez, J. J. & Sánchez, R. F., 2017. Clasificación de usos de suelo en el sistema urbano-rural de tres municipios florícolas en la región VI del Estado de México. En: *Ciudad, género, cultura y educación en las regiones*. s.l.:UNAM.

Casa, G. E., 1997. *Municipios del Estado de México, 1995*, México: CONABIO.

Colegio de Ciencias Agrícolas, 2010. *¿Qué es el efecto invernadero?* [En línea] Available at: <http://agricultura.uprm.edu/calentamiento/pdf/Efecto%20de%20invernadero.pdf> [Último acceso: 30 09 2018].

CONAGUA, 2015. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tenancingo (1504), Estado de México*, México: CONAGUA.

CONANP, 2017. *Áreas Naturales Protegidas*, México: CONANP.

FAO, 2009. *Guía para la descripción de suelos*, Roma, Italia: FAO.

Gallegos De León, C., 2010. *Evaluación de la productividad de Gerbera (Jamenossi. L) en el corredor florícola del Estado de México*. Saltillo, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria.

García, E., 1998. *Climas*, México: CONABIO.

García, E., 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Quinta ed. México: s.n.

Gomora-Jiménez, J. A. y otros, 2006. *Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción agrícola*. s.l.:s.n.

González, J., Guerra, F. & Gómez, H., 2007. Conceptos básicos de geoestadística en geografía y ciencias de la tierra: manejo y aplicación. *Geoenseñanza*, 12(1), pp. 81-90.

Hemada, E. & Ghini, R., 2011. Impactos del cambio climático en plagas y enfermedades de las plantas en Brasil. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*, Issue 2, pp. 195-205.

Hernández Sampieri, Roberto, 2014. *Metodología de la Investigación*. Sexta ed. Montreal: MCGRAW.

Hijmans, R., 2005. Very High Resolution Interpolated Climate Surface For Global Land Areas. *International Journal of Climatology*, Issue 25, pp. 1965-1978.

IDEAM - UNAL, 2018. *La variabilidad climática y el cambio climático en Colombia*, Bogotá, Colombia: UNAL.

INDEC, 2017. *Encuesta Permanente de Hogares: Cambios Metodológicos*, Buenos Aires, Argentina: INDEC.

INEGI, 1976. *Cartas Edafológicas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1: 50,000*, México: INEGI.

INEGI, 1990, 2000 y 2010. *Principales Resultados por Localidad (ITER)*, México: INEGI.

INEGI, 2004. *Guía de para la Interpretación Cartográfica - Edafología*, México: INEGI.

INEGI, 2010. *Red Hidrográfica Escala 1:50,000 Edición: 2.0*, México: INEGI.

INEGI, 2011. *Síntesis de Información Geográfica del Estado de México*, México: INEGI.

INEGI, 2012. *Áreas Geoestadísticas Municipales, escala 1:250,000*, México: INEGI.

INEGI, 2014. *Sistema de Información Geográfica*, México: INEGI.

INEGI, 2015. *Cartas Topográficas E14A57, E14A58, E14A47 y E14A48, escala 1:50,000*, México: INEGI.

INEGI, 2015. *Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015*, México: INEGI.

INEGI, 2016. *División política estatal 1:250,000*, México: INEGI.

Inzunza, J., 2006. *Meteorología descriptiva*, Montevideo: NIMBUS.

Köppen, W., 1936. *Clasificación climática*. Rusia: s.n.

Kravchenko, A., 2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of American Journal*, Issue 67, pp. 1564-1571.

Martínez García, P., 2012. *Modelo Digital de Elevaciones a partir de Cartografía*, Córdoba: Agrimensura.

Masera, O. R., 2006. La ecología global. *Ciencias*, Issue 81, pp. 4-15.

Masera, R. O., 2006. La ecología global. *Ciencias*, Issue 81.

Monroy, N., Pérez, I. & Cure, J. R., 2001. Estudio de la variabilidad en el clima y la producción de rosas en la sabana de Bogotá. *Revista de Ingeniería*, pp. 38-43.

Morisigue, D. E., Mata, D. A., Facciuto, G. & Bullrich, L., 2012. *Floricultura Pasado y presente de la Floricultura Argentina*. Buenos Aires: INTA - GESyC.

Olaya, V., 2014. *Sistemas de Información Geográfica*. s.l.:s.n.

Ordaz, J. L. y otros, 2010. *COSTA RICA EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA*, México, D.F.: CEPAL.

Peña Q., A. J. & Riaño H., N. M., 2016. Variabilidad climática, cambio climático y agricultura. *Frutas y Hortalizas*, pp. 12-16.

Picó Vicente, S. G., 2005. *Integración de máquinas medidoras por coordenadas en entornos CAD/CAM*, Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

PNUMA, 2014. *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático*, Suiza: IPCC.

Ramírez, J. J., Avitia, J. A. & Oregón, F., 2015. Desarrollo en el sur del Estado de México ¿la floricultura como alternativa a la situación del sector agropecuario? *Explanans*, 4(1), pp. 33-58.

Ramírez, J. J. & Avitia-Rodríguez, J. A., 2017. Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales. *Revista de Economía*, 34(88), pp. 99-122.

Ramírez, J. J. & Avitia-Rodríguez, J. A., 2017. Floricultura mexicana en el siglo XXI: Su desempeño en los mercados internacionales. *Revista de Economía*, 34(88), pp. 99-122.

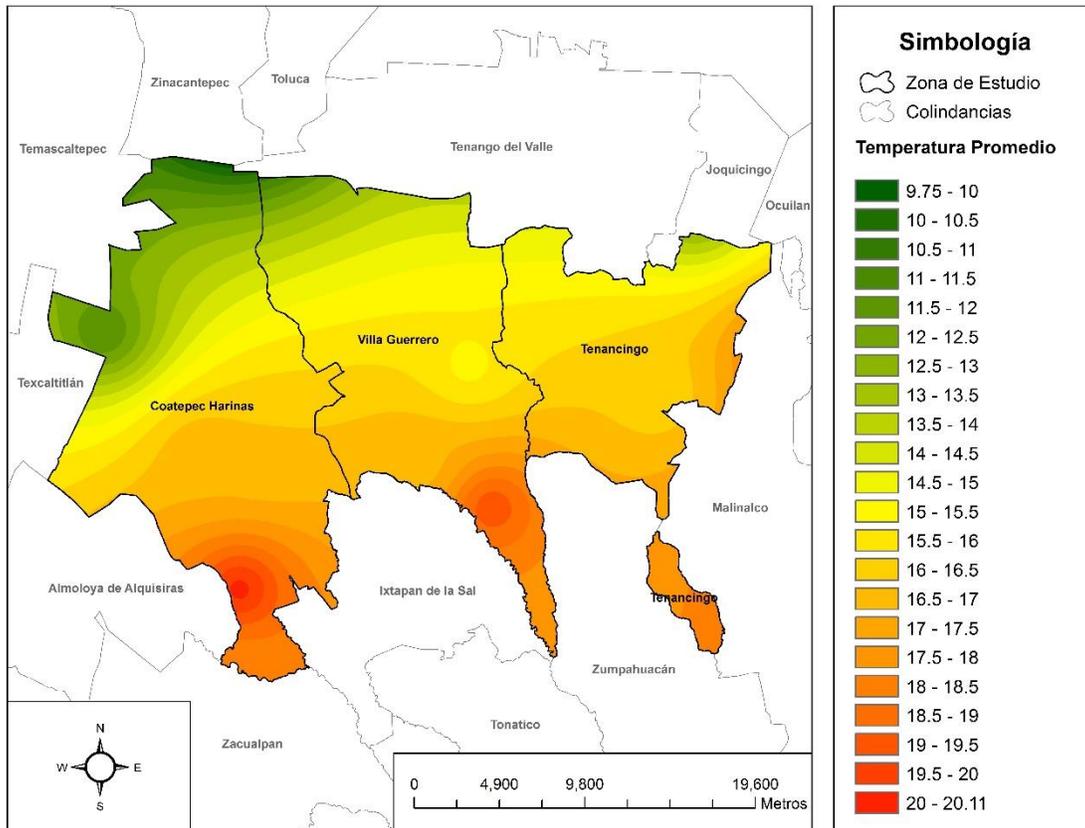
Reyes Moreno, A., 1998. *La vida útil de los proyectos sobre la rosa para exportación*. Saltillo, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

Rivera Herrejón, M. G., 2013. El cambio climático: sus orígenes, efectos y políticas en el medio rural. En: M. G. Rivera Herrejón & M. Loza Torres, edits. *Cambio climático Impactos y previsiones en el medio rural del Estado de México*. México: Purrua, pp. 9-41.

- Royle, A., 1980. ¿Why geostatistics? *Geostatistics*, pp. 1-13.
- Russo, R. O., 2016. *Causas y efectos de la variabilidad y el cambio climático relacionados con el manejo de cuencas*, s.l.: CATIE.
- Sánchez San Román, F. J., 2018. *Precipitaciones*, Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Sánchez-Cohen, I. y otros, 2008. Variabilidad climática en México: algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos. *Ingeniería hidráulica en México*, 23(4), pp. 4-24.
- SEMARNAT, 2013. *Variación de la temperatura global 1880-2013*, s.l.: SEMARNAT.
- Serrano Vicenti, S. y otros, 2012. Análisis estadísticos de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el distrito metropolitano de quito. *LA GRANJA Revista de Ciencias de la Vida*, 16(2), pp. 23-47.
- SIAP, 2017. *Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017*, México: SIAP.
- Siebe, C., Jahn, R. & Stahr, K., 2006. *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo.*, México: UNAM.
- Sistema Meteorológico Nacional, 2017. *Información Climatológica*, México: SMN.
- Tejeda-Sartorius, O., Ríos-Barreto, Y., Trejo-Téllez, L. I. & Vaquera-Huerta, H., 2015. Caracterización de la producción y comercialización de flor de corte en Texcoco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), pp. 1105-1118.
- Useros Fernández, J. L., 2013. El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *An Real Acad Med Cir*, Issue 50, pp. 71-98.
- USGS Earth Explorer, 1986. 2647, Virginia, Estados Unidos: USGS.
- USGS Earth Explorer, 2016. 2647, Virginia, Estados Unidos: USGS.
- van Uffelen, R. L. M. & de Groot, N. S., 2005. Floriculture world wide; production, trade and consumption patterns show market opportunities and challenges. *LEI WAGENINGEN* .
- Villatoro, M., Henríquez, C. & Sancho, F., 2008. Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, CA, CICE y P del Suelo. *Agronomía Costarricense*, 1(32), pp. 95-105.
- WRB, 2015. *Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos.*, Roma, Italia: FAO.

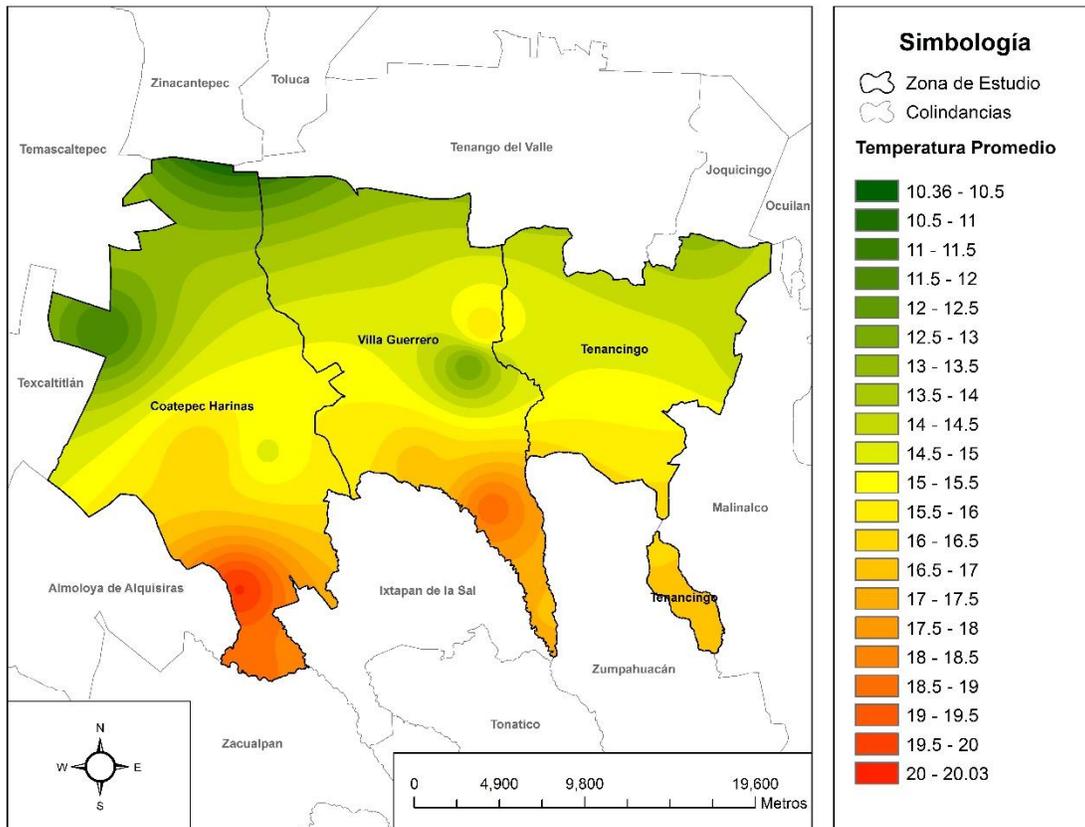
Anexo cartográfico

Plano 1. Temperatura Promedio Anual 1980 de los municipios del corredor florícola



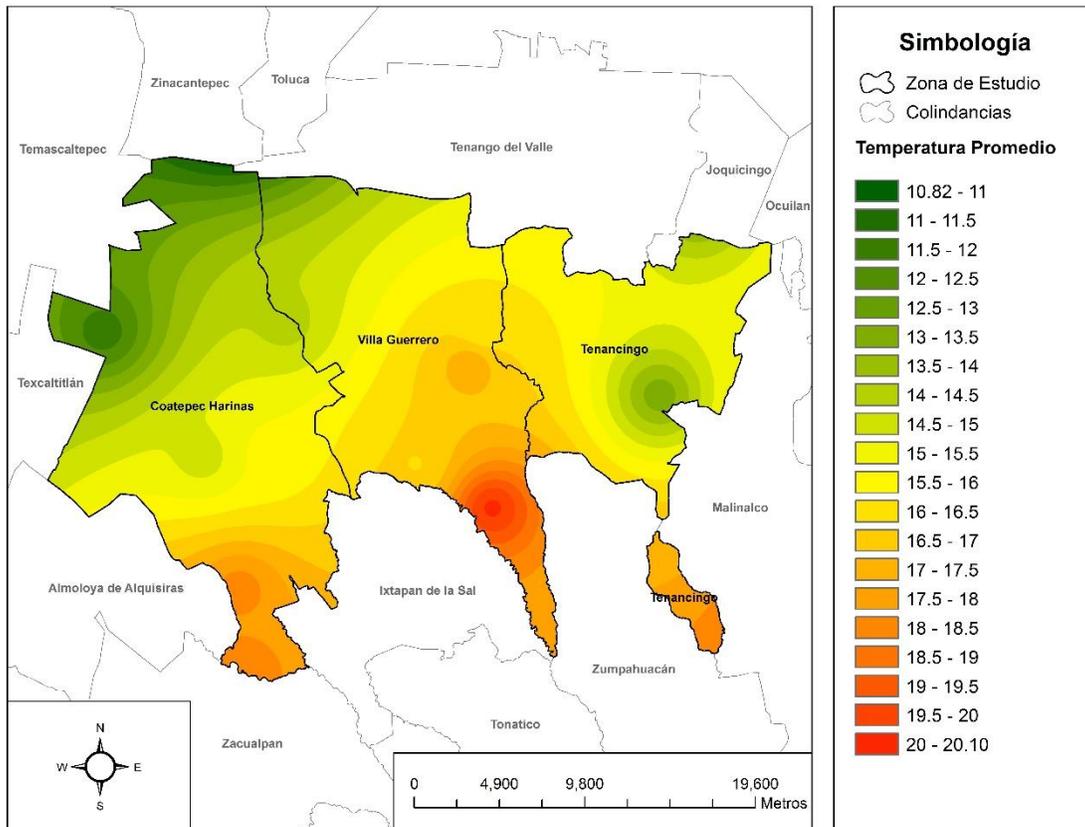
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 2. Temperatura Promedio Anual 1990 de los municipios del corredor florícola



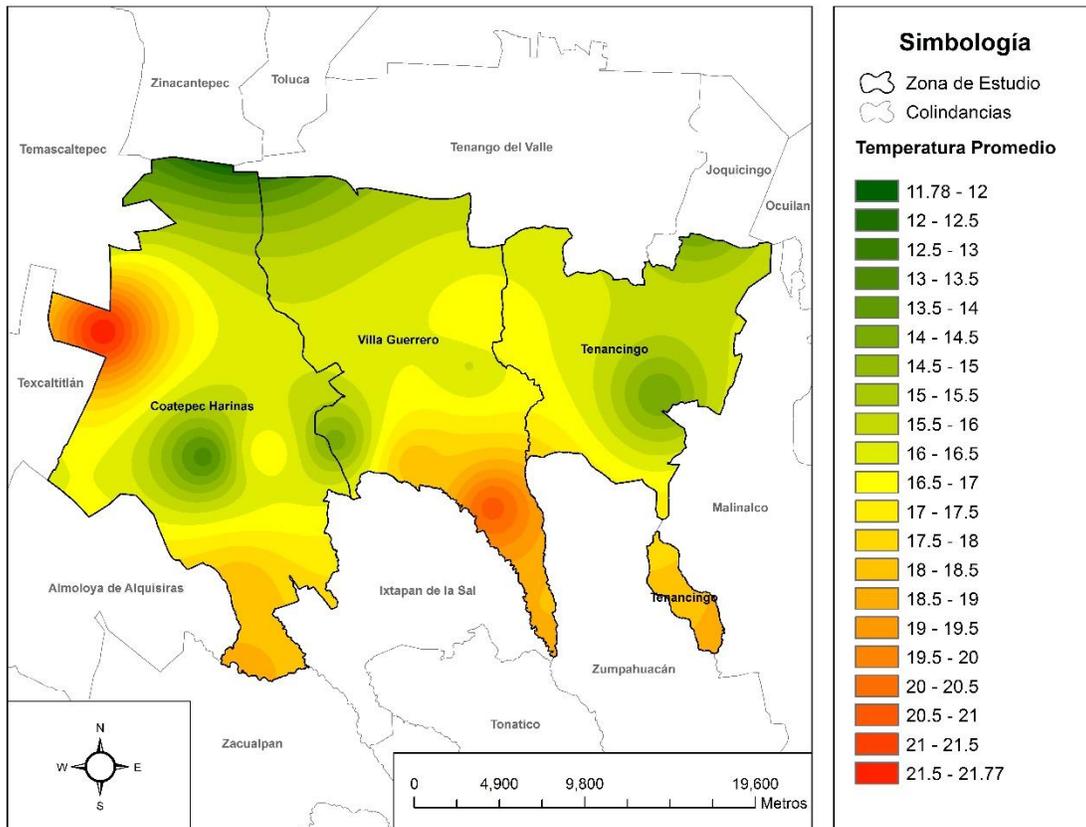
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 3. Temperatura Promedio Anual 2000 de los municipios del corredor florícola



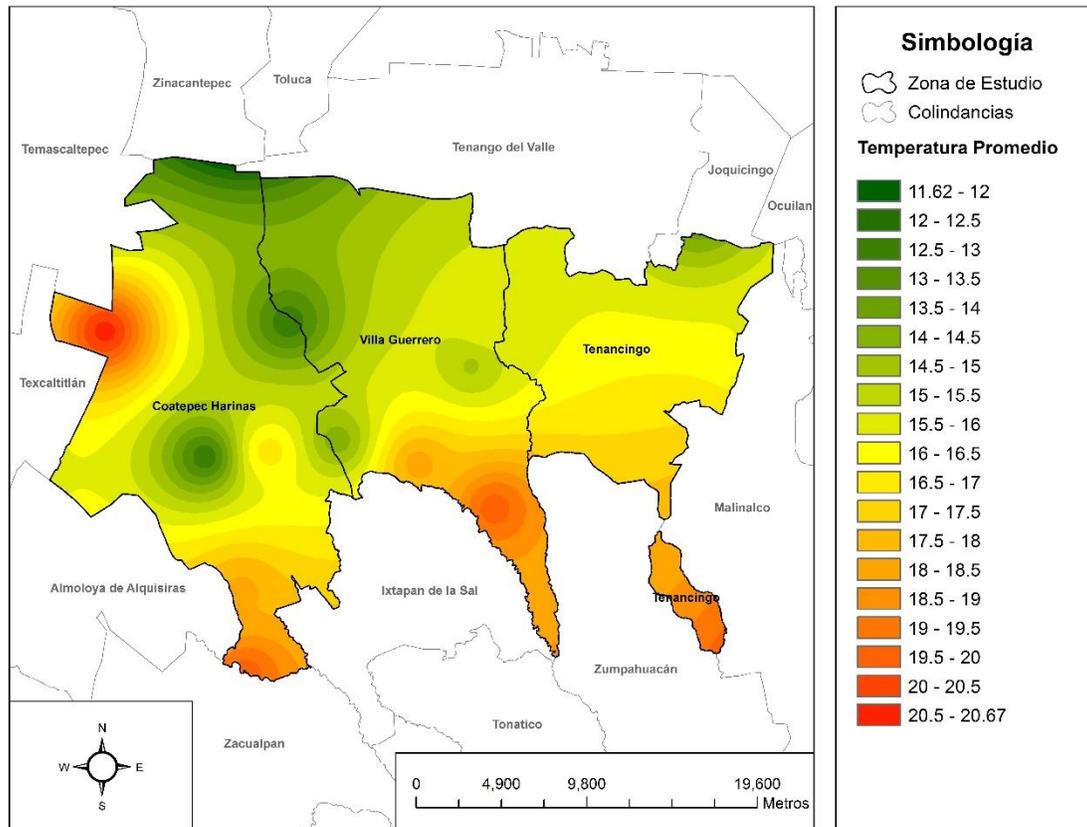
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 4. Temperatura Promedio Anual 2005 de los municipios del corredor florícola



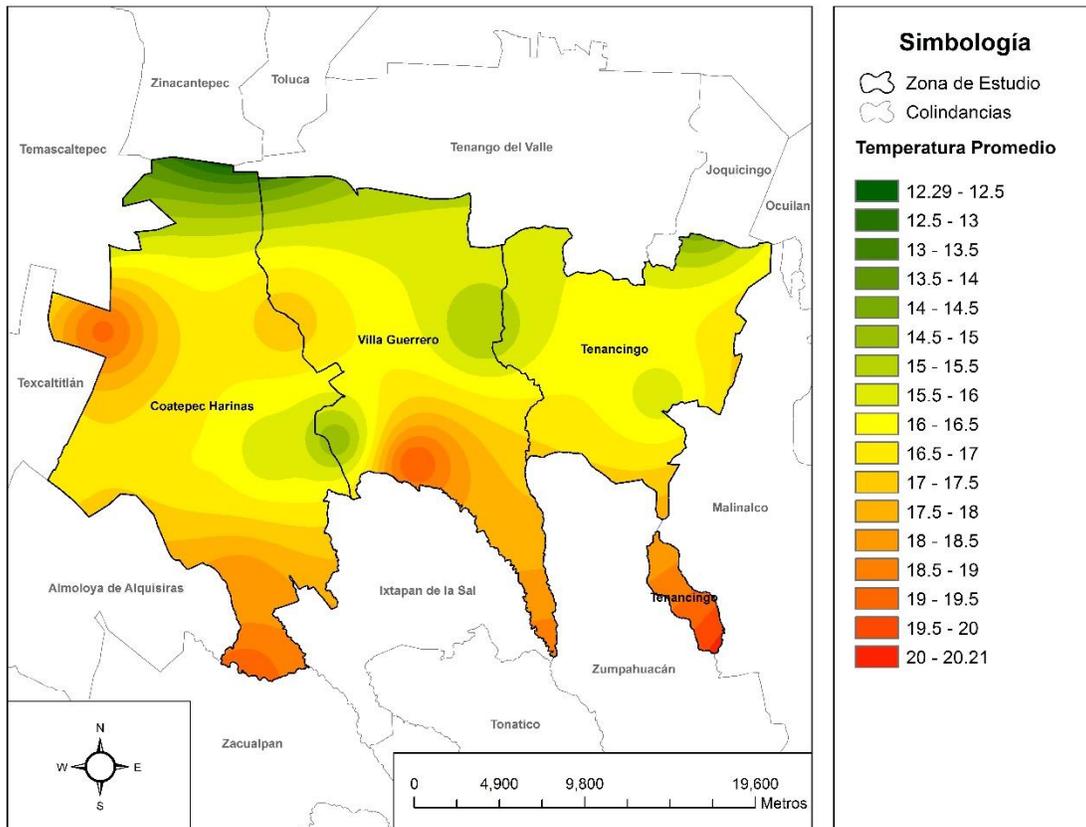
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 5. Temperatura Promedio Anual 2010 de los municipios del corredor florícola



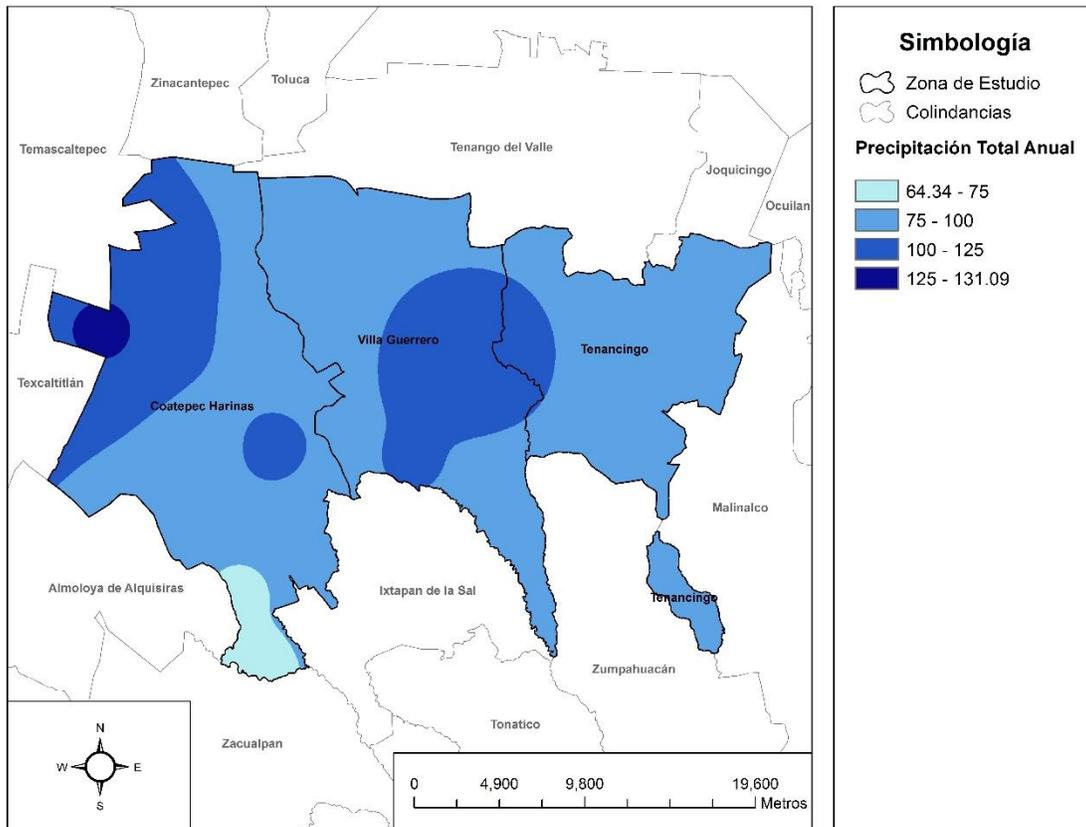
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 6. Temperatura Promedio Anual 2015 de los municipios del corredor florícola



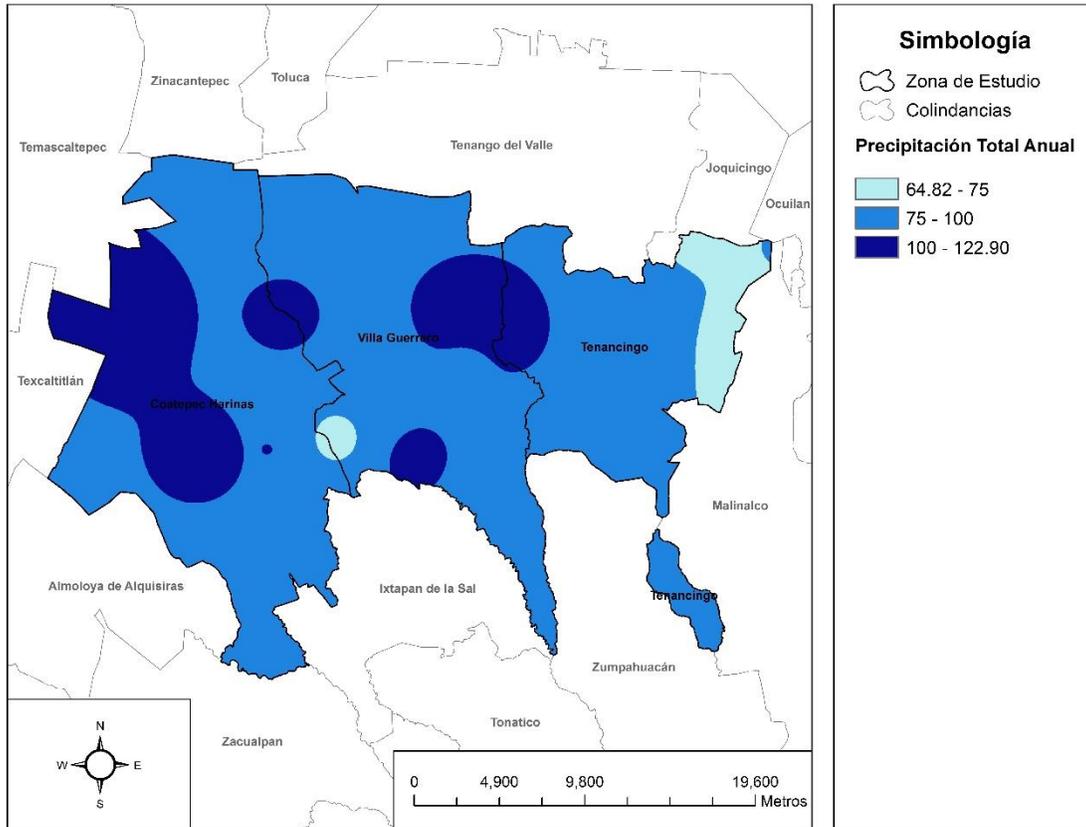
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 7. Precipitación Total Anual 1980 de los municipios del corredor florícola



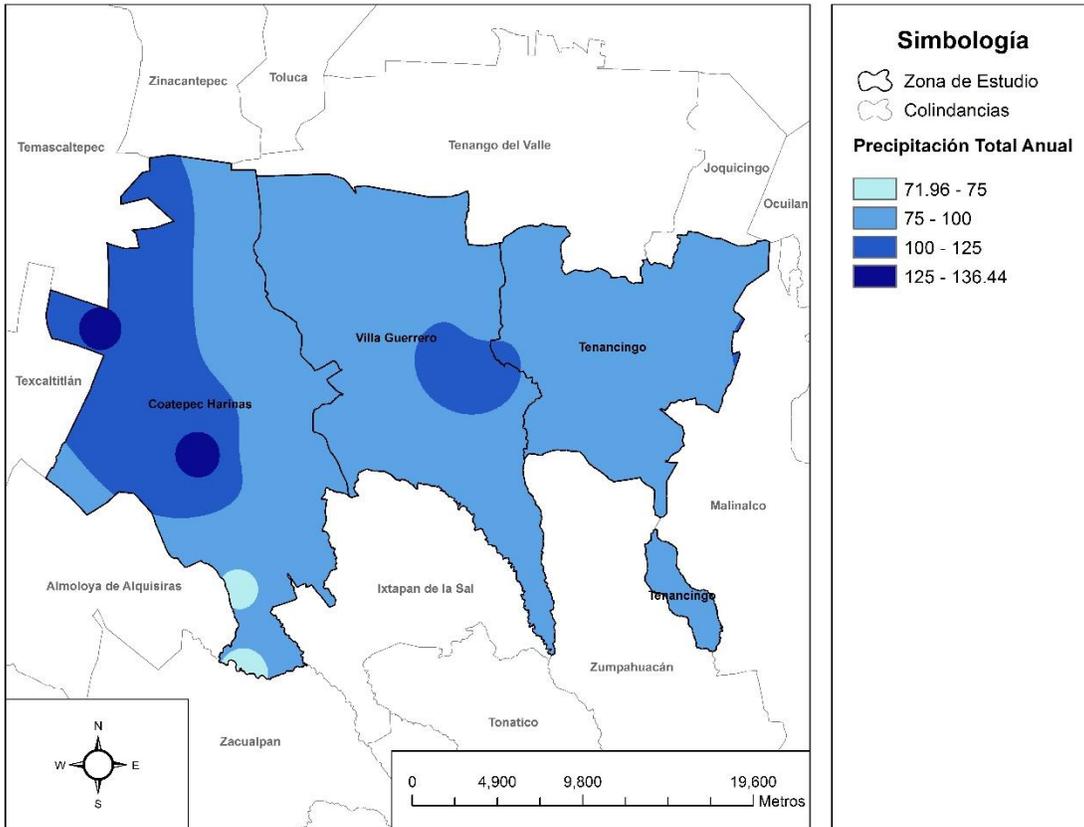
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 8. Precipitación Total Anual 1990 de los municipios del corredor florícola



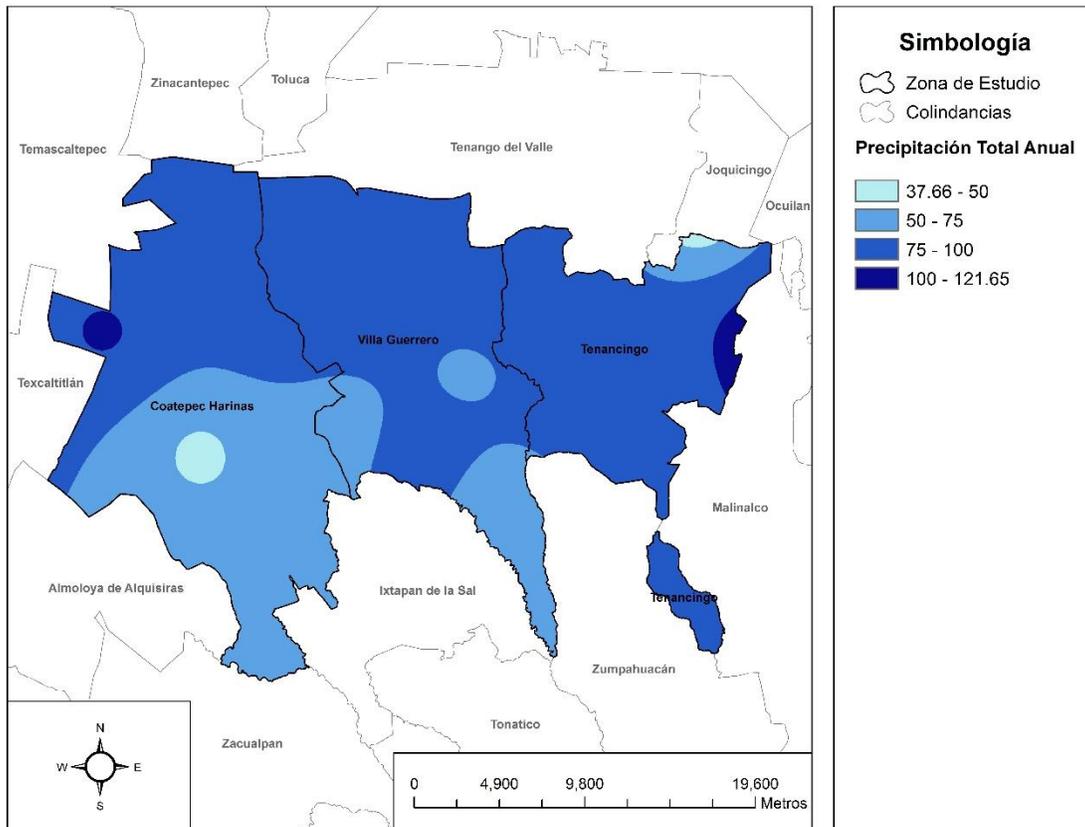
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 9. Precipitación Total Anual 2000 de los municipios del corredor florícola



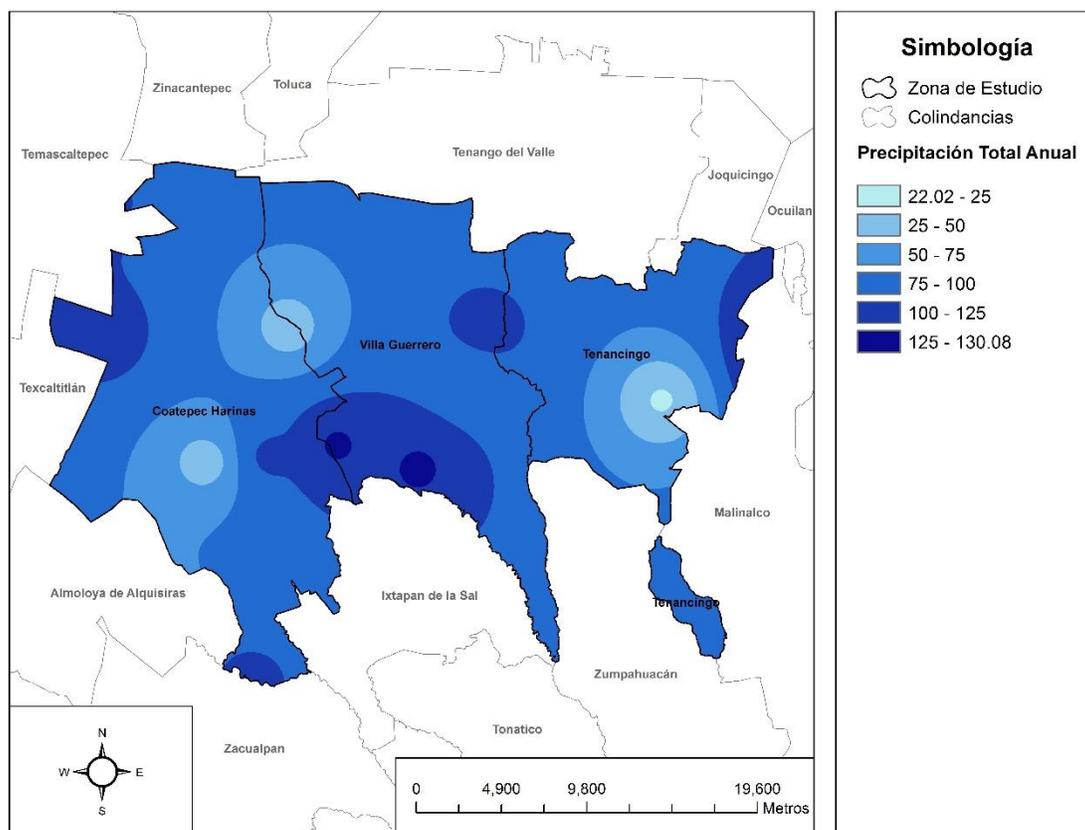
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 10. Precipitación Total Anual 2005 de los municipios del corredor florícola



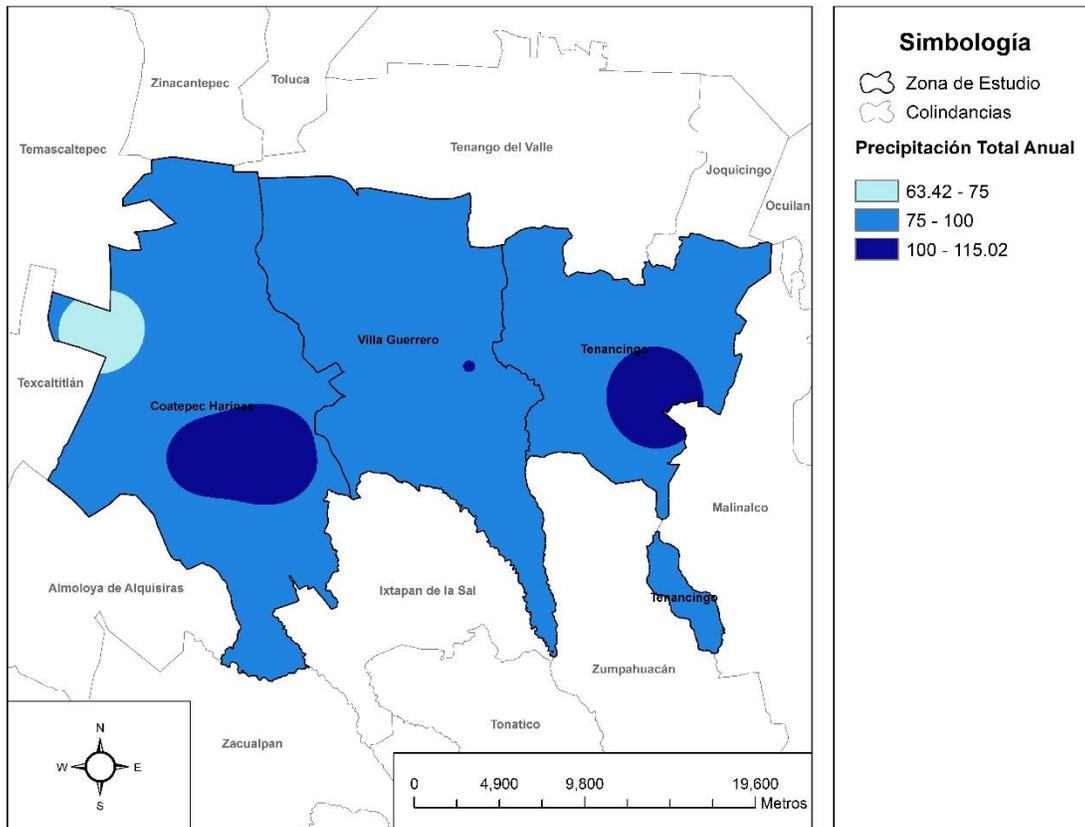
Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 11. Precipitación Total Anual 2010 de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).

Plano 12. Precipitación Total Anual 2015 de los municipios del corredor florícola



Fuente. Elaboración propia con base en Información Climatológica (Sistema Meteorológico Nacional, 2017) y en áreas geoestadísticas municipales, escala 1: 250,000 (INEGI, 2012).