

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA



**Elaboración de un estudio meteorológico para la ciudad de Guanajuato,
Guanajuato**

Por:

MIROSLAVA FRAYRE HERNANDEZ

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Torreón, Coahuila, México

Enero, 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Elaboración de un estudio meteorológico para la ciudad de Guanajuato,
Guanajuato

Por:

MIROSLAVA FRAYRE HERNÁNDEZ

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Aprobada por:



ING. RUBI MUÑOZ SOTO
Presidente



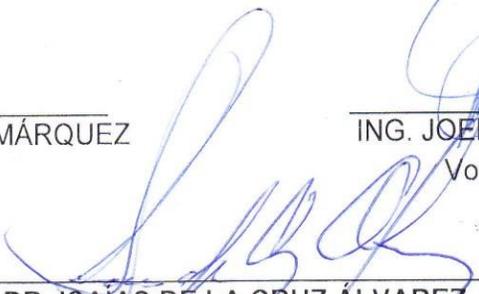
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO
Vocal



M.A. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ
Vocal



ING. JOEL LIMONES AVITIA
Vocal Suplente



DR. ISAIÁS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
ENERO 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Elaboración de un estudio meteorológico para la ciudad de Guanajuato,
Guanajuato

Por:

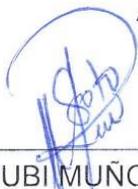
MIROSLAVA FRAYRE HERNÁNDEZ

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Aprobada por el Comité de Asesoría:



ING. RUBI MUÑOZ SOTO
Asesor Principal



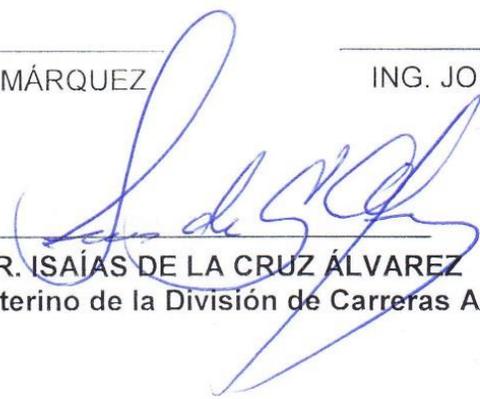
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO
Coasesor



M.A. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ
Coasesor



ING. JOEL LIMONES AVITIA
Coasesor



DR. ISAIÁS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
ENERO 2020



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme las herramientas necesarias para poder formarme académicamente durante 4 años y medio.

A la **Universidad de Guanajuato**, por recibirme un semestre y permitirme conocer más panoramas de mi carrera. Así como ampliar mis conocimientos y darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales dentro de sus instalaciones.

A **Karla Muñiz y Omar Martínez**, por ser siempre un ejemplo para seguir y fungir el papel de hermanos mayores durante años.

A **Mariana Ríos y Erika Guardado** por su apoyo incondicional a pesar de todo, por ser las personas que más me alientan a seguir adelante.

A **Janet, Belman, Fe, Xio, Toño, Ramon, Victoria, Castellanos, Mosqueda y Pamela** por ser mis compañeros, amigos y confidentes cuando más lo necesite y por demostrarme que la distancia solo es un número.

A la **Ingeniero Rubí**, por ser la mejor tutora y asesora que pude haber tenido, por siempre apoyarme y ayudarme cuando tenía problemas.

A **Ángel Moreno**, por ser mi compañero y apoyo desde primer semestre, porque a pesar de altas y bajas siempre estuvo cuando lo necesite, gracias por siempre creer en mí y alentarme a seguir adelante. Eres el mejor compañero de aventuras.

DEDICATORIAS

A mi madre, **Martha Angelica Hernández Orozco**, por siempre ser mi mejor amiga, compañera y consejera. Gracias por ese apoyo incondicional toda la vida y por no dejar que me rindiera nunca.

A mi abuelo, **Elías Hernández Hernández**, que, aunque no esté presente físicamente siempre me hizo saber cuan orgulloso estaba de mí.

RESUMEN

Actualmente la Ciudad de Guanajuato, Guanajuato, México el promedio de la temperatura es de 28 grados Celsius y en algunos casos ha llegado en algunas partes hasta los 38 grados. En junio del año 2018, se presentaron temperaturas mayores a la que se han presentado en junio de este año, aunque el año pasado estuvo lloviendo casi a diario. La situación del cambio climático también está favoreciendo las variaciones en los promedios de temperatura que se presentaba hasta hace menos de una década y que era de 28 grados Celsius, situación que se observa ha cambiado considerablemente al aumentar 10 grados en esa escala. En base a estos registros la temporada templada duraba 2,2 meses, del 7 de abril al 14 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria era máxima de 27 °C. El día más caluroso del año era el 15 de mayo, con una temperatura máxima promedio de 28 °C y una temperatura mínima promedio de 12 °C. En la actualidad para este mismo periodo, y específicamente para el mes de mayo se alcanzaron los 38 grados Celsius, aumento el porcentaje de calor que puede ser considerado como drástico a la fecha ya que en base a registros pasados podría considerarse como una situación de peligro en caso de que sigan aumentando los niveles de temperatura. Ante esta problemática, el presente trabajo pretende mostrar con la medición y análisis de variables meteorológicas como ha ido en incremento el aumento de temperatura, así como días y cantidad de precipitación, dirección y fuerzas de vientos. Este estudio se realizó con apoyo de estaciones meteorológicas estatales, nacionales y privadas, con la intención de triangular datos y revisar variaciones dentro del mismo municipio de Guanajuato.

PALABRAS CLAVE: Guanajuato, Meteorología, Temperatura, Precipitación, Viento

Abstract

Currently the City of Guanajuato, Guanajuato, Mexico the average temperature is 28 degrees Celsius and, in some cases, it has reached in some parts up to 38 degrees. In June of 2018, temperatures were higher than those presented in June of this year, although last year it was raining almost daily. The climate change situation is also favoring the variations in the temperature averages that were presented until less than a decade ago and that was 28 degrees Celsius, a situation that has been observed has changed considerably by increasing 10 degrees on that scale. Based on these records, the temperate season lasted 2.2 months, from April 7 to June 14, and the average maximum daily temperature was maximum of 27 ° C. The hottest day of the year was May 15, with an average maximum temperature of 28 ° C and an average minimum temperature of 12 ° C. At the present time for this same period, and specifically for the month of May, 38 degrees Celsius were reached, the percentage of heat that can be considered drastic to date has been increased since, based on past records, it could be considered as a dangerous situation in case the temperature levels continue to rise. Given this problem, the present work aims to show with the measurement and analysis of meteorological variables how the increase in temperature has increased, as well as days and amount of precipitation, direction and wind forces. This study was carried out with the support of state, national and private weather stations, with the intention of triangulating data and reviewing variations within the same municipality of Guanajuato.

KEY WORDS: Guanajuato, Meteorology, Temperature, Precipitation, Wind

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
Abstract.....	iv
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA.....	2
CLIMA Y TIEMPO	2
CAMBIO CLIMATICO	3
PRECIPITACION	4
CARACTERISTICAS DE LA PRECIPITACIÓN	5
Tamaño y Forma	5
Intensidad y Duración	5
TEMPERATURA	6
VIENTO	6
ESTACIONES METEOROLOGICAS	7
GUANJUATO Y SU CLIMA	17
RESULTADOS	20
PRECIPITACIÓN	20
Días de lluvia	22
Intensidad máxima en 24 horas	23
TEMPERATURA	25
Máximas	25
Mínimas	26

Máximas, Mínimas y Medias.	27
VIENTO	28
Enero	28
Febrero	29
Marzo	30
Abril	31
Mayo	32
Junio	33
Julio	34
Agosto	35
Septiembre	36
Octubre	37
Noviembre	38
Diciembre	39
CONCLUSION	41
LITERATURA CITADA	43
LITERATURA CONSULTADA	46

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Estación pluviométrica solar oficial Lambrecht (Raigo instrumentos)	9
Ilustración 2 Estacion pluviografica (ResearchGate)	10
Ilustración 3 Estacion climatologica principal (IDEAM)	11
Ilustración 4 Estacion climatologica ordinaria (equipos y laboratorios de colombia).....	12
Ilustración 5 Estacion sinoptica principal (SMN).....	13
Ilustración 6 Estacion sinoptica suplementaria (PCE Instalacion)	14
Ilustración 7 Estacion agrometeorologica (El comercio)	15
Ilustración 8 Ubicación geografica del estado y municipio de Guanajuato, Guanajuato, Mexico (Hotel Real de Minas).....	17
Ilustración 9 Mapa de climas del Estado de Guanajuato (INEGI).....	18
Ilustración 10 Rosa de vientos mes de enero (autoria propia)	28
Ilustración 11 Rosa de vientos mes de febrero (autoria propia)	29
Ilustración 12 Rosa de vientos mes de marzo (autoria propia)	30
Ilustración 13 Rosa de vientos mes de abril (autoria propia)	31
Ilustración 14 Rosa de vientos mes de mayo (autoria propia)	32
Ilustración 15 Rosa de vientos mes de junio (autoria propia).....	33
Ilustración 16 Rosa de vientos mes de julio (autoria propia)	34
Ilustración 17 Rosa de vientos mes de agosto (autoria propia)	35
Ilustración 18 Rosa de vientos mes de septiembre (autoria propia)	36
Ilustración 19 Rosa de vientos mes de octubre (autoria propia).....	37
Ilustración 20 Rosa de vientos mes de noviembre (autoria propia)	38
Ilustración 21 Rosa de vientos mes de diciembre (autoria propia).....	39
Ilustración 22 Rosa de vientos anual (autoria propia).....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Precipitacion primavera-verano (junio-septiembre) (autoria propia).....	20
Tabla 2 Precipitacion otoño-invierno (octubre-mayo) (autoria propia)	21
Tabla 3 Dias con lluvia (autoria propia)	22
Tabla 4 Precipitacion maxima en 24 horas (autoria propia)	23
Tabla 5 Tabla final de precipitaciones (autoria propia)	24
Tabla 6 Temperaturas maximas (autoria propia)	25
Tabla 7 Temperaturas minimas (autoria propia)	26
Tabla 8 Temperaturas maximas, medias y minimas (autoria propia)	27

INTRODUCCION

En este documento se describen las condiciones atmosféricas promedio, extremas y recientes que prevalecen en el municipio de Guanajuato, particularmente en donde se localizan instrumentos de medición de variables meteorológicas. La información de las condiciones promedio fueron obtenidas a partir de datos climatológicos de periodos largos de tiempo (30 años). Las condiciones meteorológicas extremas que indican un comportamiento de alto riesgo meteorológico en la zona también fueron identificadas. Los datos más recientes (2014 a 2019) fueron obtenidos de tres estaciones meteorológicas automáticas cuya ubicación geográfica contempla plenamente la zona en estudio. El procesamiento de esta información se realizó utilizando la hoja de cálculo Excel, también fue utilizado en software denominado WRPlot, con el cual se generaron rosas de viento para conocer las corrientes de aire en superficie y su dirección predominante. Cabe señalar que previamente la información climática fue sometida a un análisis detallado de su calidad, identificando datos faltantes y sospechosos desde el punto de vista meteorológico, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue elaborar un estudio meteorológico para la ciudad de Guanajuato, Guanajuato.

REVISION DE LITERATURA

CLIMA Y TIEMPO

Como tema principal hay que aclarar lo que es el “clima”, ya que muchas personas lo confunden con el “tiempo”. “El clima terrestre es producto de la interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y, muy importante, la vida en el planeta” (Conde, 2005).

El clima es el estado más frecuente de la atmósfera de un lugar de la superficie terrestre; es decir, una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes de una región en cierto periodo de tiempo (OMM, 2013). En un sentido amplio, el clima se refiere al estado del sistema climático como un todo, incluyendo sus variaciones y descripciones estadísticas.

Mientras el tiempo (también denominado tiempo meteorológico o simplemente tiempo) se refiere a las variaciones diarias en las condiciones atmosféricas de nuestro planeta, el clima se refiere al estado más frecuente de la atmósfera de una localidad (IPCC, 2015a). Para conocer el clima de un país es necesario medir diariamente por al menos tres décadas las condiciones de temperatura, lluvia, humedad y viento, observar las condiciones de nubosidad, la trayectoria de los huracanes, las masas de aire frío, etc.

Para conocer el tiempo existen las estaciones meteorológicas, y para conocer el clima, las estaciones climatológicas (Franco Villaseñor, 2017). Tradicionalmente, se ha conocido el clima y el tiempo atmosférico a través del estudio de las variables que los afectan de manera más directa, como son la temperatura atmosférica, el viento que se encuentra cerca de la superficie de la Tierra, las precipitaciones en sus distintas formas (lluvia, nieve, granizo), humedad, tipo y cantidad de nubes, y la radiación solar (Chan, 2013).

Estas variables son observadas cada hora por una gran cantidad de estaciones climatológicas y meteorológicas alrededor del mundo; y generalmente la información se expresa por medio de mapas que permiten mostrar la evolución temporal y la distribución espacial del estado atmosférico.

Sin embargo, el clima y el tiempo también dependen de muchas otras variables. Para comprender el clima del planeta Tierra, sus variaciones y tener la posibilidad de predecir los cambios climáticos producidos por las actividades humanas, no podemos ignorar ninguno de los diversos factores y componentes que lo determinan, y que permiten describirlo (C. G. Helmig, 2013). Esto incluye la dinámica y composición de la atmósfera, el océano, el hielo, la nieve, la superficie terrestre, y los procesos biológicos que acontecen dentro de ellos.

Además de los elementos del clima (temperatura, precipitaciones, humedad, vientos) y los factores que lo condicionan (latitud, altitud, relieve, corrientes marinas, distancia al mar) existen otros componentes del sistema planetario que interactúan con la atmósfera e influyen en su composición y dinámica, como son la biodiversidad y los suelos.

CAMBIO CLIMATICO

Es un cambio en el clima que es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que altera la composición global de la atmósfera y a la variabilidad climática que ha sido comparada con otros periodos de tiempo (IPCC, 2015b).

El cambio de temperatura actual está sucediendo en un espacio de tiempo muy corto, esto se vincula al aumento en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), vapor de agua (H₂O), ozono (O₃) y óxido nitroso (N₂O).

El 68% de las emisiones globales vienen de sólo diez países entre ellos México, contribuyendo con el 1.68% (INECC, 2018). Las principales

fuentes de emisiones de los GEI en México son el transporte, la generación de electricidad y la industria.

Es uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo. Las alteraciones en los patrones de los eventos climatológicos y las temperaturas extremas son cada vez más comunes y aumentarán si hay una mayor concentración de gases de efecto invernadero.

El cambio climático pone en riesgo la salud, la seguridad alimentaria y energética, así como el acceso al agua de millones de mexicanos (SEMARNAT, 2009).

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero con línea base 2015, el transporte contribuyó con el 25.1% de las emisiones nacionales, seguido del sector de generación de energía con el 24.1%, el ganado con el 10.3%, industrias de manufactura y de la construcción con el 9.3%, residuos 6.7%, etc.

En las últimas décadas, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humano (CMNUCC, 2007). En todos los continentes, estos cambios indican la sensibilidad de los sistemas naturales y humanos a los impactos del cambio climático.

La vida en el planeta depende en gran parte de la temperatura que mantiene un equilibrio en los sistemas naturales, los cambios en la temperatura pueden alterar de manera muy significativa los sistemas vivos y traer desastres como de los que ya hemos sido testigos (Garduño, 2004).

PRECIPITACION

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad (Jorge Mendez Gonzalez, 2007). La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas

diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La virga es la precipitación que comienza a caer a la tierra pero que se evapora antes de alcanzar la superficie (García, 2003).

La precipitación es un componente principal del ciclo hidrológico, y es responsable de depositar la mayor parte del agua dulce en el planeta. Aproximadamente 505000 km³ de agua caen como precipitación cada año, y de ellos 398000 km³ caen sobre los océanos (A. L. Berman, 2012). Dada el área superficial de la Tierra, eso significa que la precipitación anual promediada globalmente es más o menos de 1 m, y la precipitación anual media sobre los océanos de 1.1 m.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRECIPITACIÓN

Tamaño y Forma

Las gotas de lluvia tienen tamaños en los límites de 0.1 mm hasta los 9 mm de diámetro, y por encima de ese tamaño tienden a romperse. Las gotas más pequeñas se llaman gotitas de nube, y su forma es esférica. Cuando una gota de lluvia aumenta de tamaño, su forma se hace más redondeada, con un corte transversal más grande (S. Michaelides, 2008).

Intensidad y Duración

La intensidad y duración de la precipitación están, por lo general, inversamente relacionadas; es decir, las tormentas de intensidad altas probablemente serán de duración corta, y las tormentas de intensidad baja pueden tener una duración larga (Landsea, 2005).

TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general, medida por un termómetro (B. D. Santer, 2013).

Dicha energía interna se expresa en términos de calor y frío, siendo el primero asociado con una temperatura más alta, mientras que el frío se asocia con una temperatura más baja.

La temperatura del aire en la Tierra está determinada por la cantidad de energía que llega desde el sol en forma de ondas, este es un elemento que define las características ambientales de cada región (I. R. Mendez Perez, 2010).

A su vez, la temperatura atmosférica tiene tres categorías:

- Temperatura máxima: como indica su nombre, es la temperatura más alta que puede registrar el aire en un período de un día, un mes o un año en una zona determinada.
- Temperatura mínima: es la temperatura más baja que registra el aire en un día, mes o año de una zona geográfica específica.
- Temperatura media: es el promedio de las temperaturas máximas y mínimas de un lugar. Con estos datos, se pueden obtener temperaturas medias mensuales, anuales o de períodos más prolongados, lo que permite hacer un registro climático más amplio.

VIENTO

El viento es la variable de estado de movimiento del aire. En meteorología se estudia el viento como aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes de tormenta. El viento es causado por las diferencias de temperatura existentes al producirse un desigual calentamiento de las diversas zonas de la Tierra y de la atmósfera (Emeis, 2018). Las masas de aire más caliente tienden a

ascender, y su lugar es ocupado entonces por las masas de aire circundante, más frío y, por tanto, más denso. Se denomina propiamente "viento" a la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal, reservándose la denominación de "corriente de convección" para los movimientos de aire en sentido vertical (Schrope, 2005). La dirección del viento depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos; se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) hacia los de baja presión (depresiones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones. En su movimiento, el viento se ve alterado por diversos factores tales como el relieve y la aceleración de Coriolis.

En superficie, el viento viene definido por dos parámetros: la dirección en el plano horizontal y la velocidad (C. G Justus, 1978).

ESTACIONES METEOROLOGICAS

Cuando se habla de la meteorología y la climatología de un lugar, esas características han sido recogidas a través de dispositivos que pueden registrar datos. Los datos que interesan para definir la meteorología o la climatología de un lugar son las variables meteorológicas o también conocidos como controladores del clima (C. G Justus, 1978). Los valores de estas variables se estudian, miden y recogen en la estación meteorológica.

Una estación meteorológica es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico (Reijimer, 2001).

Se trata de un dispositivo que puede estar instalado en cualquier terreno y en cualquier parte del mundo. Necesita de ciertos requisitos para que pueda realizar las medidas lo mejor posible, pero son requisitos no demasiado complejos de cumplir. Para medir todas las variables atmosféricas no basta con un sólo dispositivo, dado que es importante

evaluar el rango de error en las medidas. No se puede dejar toda la confianza depositada en lo que marca un sólo aparato de medida (R. Paccione, 2001).

Por ello, la zona de terreno dedicada a la instalación de distintos instrumentos meteorológicos se le conoce como jardín meteorológico. La utilidad que tiene la estación meteorológica es muy alta y gracias a ella se pueden obtener datos de gran valor. Entre las funciones más conocidas tenemos las siguientes:

- Conocer cuáles son las condiciones meteorológicas del lugar donde está situada.
- Poder hacer comparaciones con otras estaciones de lugares cercanos para ver cómo varían los datos y comprobar la veracidad de estos.
- Ayudan a obtener información que se necesita para obtener los pronósticos del tiempo. Con los datos que se obtienen se emplean diversos modelos numéricos para los cálculos. De esta forma, es como se consiguen aportar los datos para señalar el pronóstico del tiempo.
- Sirven para crear información climática de una forma representativa del lugar donde tomamos los datos.
- Con ella se pueden crear alertas de información de fenómenos meteorológicos que puedan afectar o ser de interés. Por ejemplo, la existencia de un frente con posibles lluvias.
- Gracias a los datos que se obtienen, se pueden hacer correlaciones de los fenómenos meteorológicos que han podido generar algunas situaciones de riesgo, accidentes, etc.
- Se obtienen datos importantes de cara al desarrollo de los cultivos en la agricultura y para prevenir la destrucción de cosechas.

Dentro de la medición del tiempo existe una gama muy amplia de estaciones meteorológicas:

- **Estación pluviométrica:** es la estación meteorológica que tiene un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos mediciones realizadas consecutivas.



Ilustración 1 Estación pluviométrica solar oficial Lambrecht (Raigo instrumentos)

- **Estación pluviográfica:** es cuando la estación meteorológica puede realizar de forma continua y mecánica un registro de las precipitaciones, por lo que nos permite conocer la cantidad, intensidad, duración y período en que ha ocurrido la lluvia.



Ilustración 2 Estacion pluviografica (ResearchGate)

- **Estación climatológica principal:** es aquella estación meteorológica que esta provista para realizar observaciones del tiempo atmosférico actual, cantidad, visibilidad, precipitaciones, temperatura del aire, humedad, viento, radiación solar, evaporación y otros fenómenos especiales. Normalmente se realizan unas tres mediciones diarias.



Ilustración 3 Estacion climatologica principal (IDEAM)

- **Estación climatológica ordinaria:** esta estación meteorológica tiene que estar provista obligatoriamente de psicrómetro, de un pluviómetro y un pluviógrafo, para así poder medir las precipitaciones y la temperatura de manera instantánea.



Ilustración 4 Estacion climatologica ordinaria (equipos y laboratorios de colombia)

- **Estación sinóptica principal:** este tipo de estación meteorológica realiza observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Los datos se toman horariamente y corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitaciones, temperaturas extremas, capas significativas de las nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos. Esta información se codifica y se intercambia a través de los centros mundiales con el fin de alimentar los modelos globales y locales de pronóstico y para el servicio de la aviación.

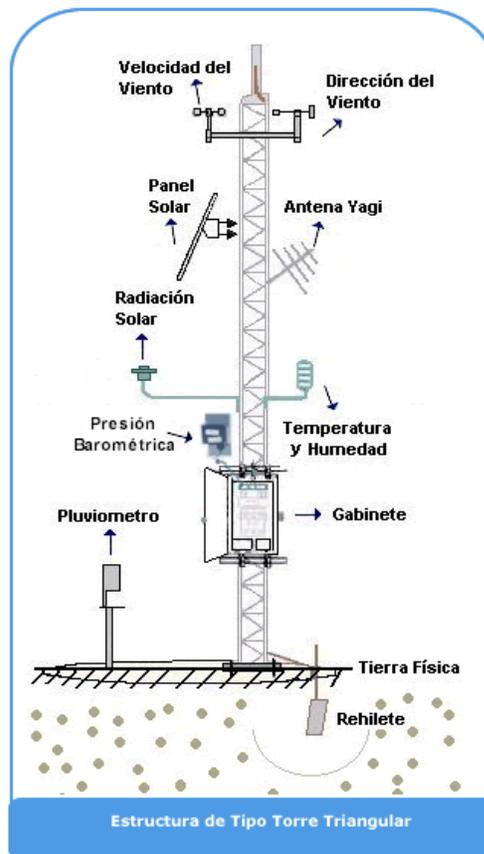


Ilustración 5 Estación sinóptica principal (SMN)

- **Estación sinóptica suplementaria:** al igual que en la estación meteorológica anterior, las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos corresponden comúnmente a la visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitaciones, temperatura y humedad del aire, viento.



Ilustración 6 Estacion sinoptica suplementaria (PCE Instalacion)

- **Estación agrometeorológica:** en esta estación meteorológica se realizan mediciones y observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas y otro tipo de observaciones que puedan ayudar a la determinación de las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación climatológica principal, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo).



Ilustración 7 Estacion agrometeorologica (El comercio)

Para poder medir todas estas variables hacen falta aparatos de medida e instrumentos meteorológicos. Vamos a ir comentando las características de cada instrumento y las funciones que tienen:

- Termómetro. Creo que es el más obvio, dado que si queremos medir la temperatura es necesario. La temperatura es considerada la variable que más afecta al ser humano.
- Higrómetro. Sirve para medir la humedad que hay en el aire y el punto de rocío. De esta forma, podremos conocer cómo afecta la humedad a la sensación térmica en cada momento tanto en combinación con el calor como con el frío.
- Pluviómetro. Necesario para medir las precipitaciones en cada momento. Nos da importantes datos sobre lluvias torrenciales, agricultura y abastecimiento de agua.
- Anemómetro. Ideal para medir la velocidad a la que sopla el viento. Es fundamental conocerla para saber el tiempo.
- Veleta. Es la que sirve para indicar la dirección a la que sopla el viento.
- Barómetro. Sirve para medir la presión atmosférica. Se trata de otra de las variables más importantes de medir. Es la que nos indica la evolución del tiempo y gracias a ella podemos saber si el tiempo va a mejorar o a empeorar.

GUANJUATO Y SU CLIMA

Guanajuato es una ciudad mexicana, capital del estado del mismo nombre, situada en el municipio de Guanajuato. Está en el centro norte de México. De acuerdo con cifras del año 2010 su población asciende a 184,239 habitantes. Es parte de la macro región del Bajío.

Su nombre deriva de Quanaxhuato, que en purépecha significa “Lugar montuoso de ranas” o “Lugar de muchos cerros” (Sandoval, 2004). Debe su fundación a los reales de minas del siglo XVI que al paso del tiempo la convirtieron en el centro minero más importante de la Nueva España. Debido a su belleza y trayectoria histórica, fue reconocida por la UNESCO en 1988, como Patrimonio Cultural de la Humanidad. Actualmente es el principal centro turístico del estado además de ser una de las principales joyas coloniales de México (Davi, 1989).



Ilustración 8 Ubicación geográfica del estado y municipio de Guanajuato, Guanajuato, Mexico (Hotel Real de Minas)

La superficie estatal forma parte de las provincias: Sierra Madre Oriental, Mesa del Centro y Eje Neovolcánico. De acuerdo con las formas del relieve la superficie del estado se puede dividir en dos zonas: la porción centro-norte y nororiental con sierras en forma de meseta y sierras con altura de 2 140 metros sobre el nivel del mar (msnm), como la sierra El Azafrán, conformada por rocas sedimentarias (se forman en las playas, los ríos y océanos y en donde se acumulen la arena y barro), separadas por llanuras (terrenos planos a baja altura sobre el nivel del mar) en donde se encuentran las localidades de Santa Bárbara, San Felipe y San Luis de la Paz.

Al suroriente de San José Iturbide las alturas máximas son mayores a 3 000 metros, la ciudad de Guanajuato se encuentra en una serranía conformada en la parte norte por rocas de origen ígneo extrusivo o volcánico (se forman cuando el magma o roca derretida sale de las profundidades hacia la superficie de la Tierra) y las que se extienden al noroccidente por rocas ígneas intrusivas (formadas debajo de la superficie de la Tierra), metamórficas (han sufrido cambios por la presión y las altas temperaturas) y sedimentarias.



Ilustración 9 Mapa de climas del Estado de Guanajuato (INEGI)

La parte centro-sur, occidental y suroriental está conformada por los volcanes Los Agustinos 3 110 msnm, cerro Culiacán 2 830 msnm y Sierra de Pénjamo 2 510 msnm, separados por llanuras, lomeríos y valles.

El 43% de la superficie del estado está representado por clima seco y semiseco, localizado principalmente en la región norte; 33% de la superficie, hacia la parte suroeste y este, se presenta el clima cálido subhúmedo y 24% restante presenta clima templado subhúmedo.

La temperatura media anual es de 18°C.

La temperatura promedio más alta es alrededor de 30°C, se presenta en los meses de mayo y junio y la más baja, alrededor de 5.2°C, en el mes de enero (INEGI, 2018).

Las lluvias se presentan en verano, principalmente en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de aproximadamente 650 mm anuales.

Gracias al tipo de suelo y clima, Guanajuato es un estado que se caracteriza por su producción agrícola de cultivos tales como maíz, frijol, cebada, trigo, linaza, garbanzo, además de durazno, manzana ajo, alfalfa, avena, cebada, centeno, jitomate, remolacha, sorgo y chabacano entre otros.

RESULTADOS

Los resultados mostrados a continuación fueron obtenidos de 3 estaciones meteorológicas a partir de septiembre del 2014 a junio del 2019, dichas estaciones están ubicadas estratégicamente para la cobertura total de la zona de estudio, dichos datos se compararon con los datos “Normales 1981-2010” del Sistema Meteorológico Nacional.

PRECIPITACIÓN

La temporada de lluvias en Guanajuato comprende los meses de junio a septiembre. Corresponde con el verano. Se trata de tormentas, generalmente lluvias ligeras, de corta duración y que se producen al atardecer. Sobre todo, en julio y agosto

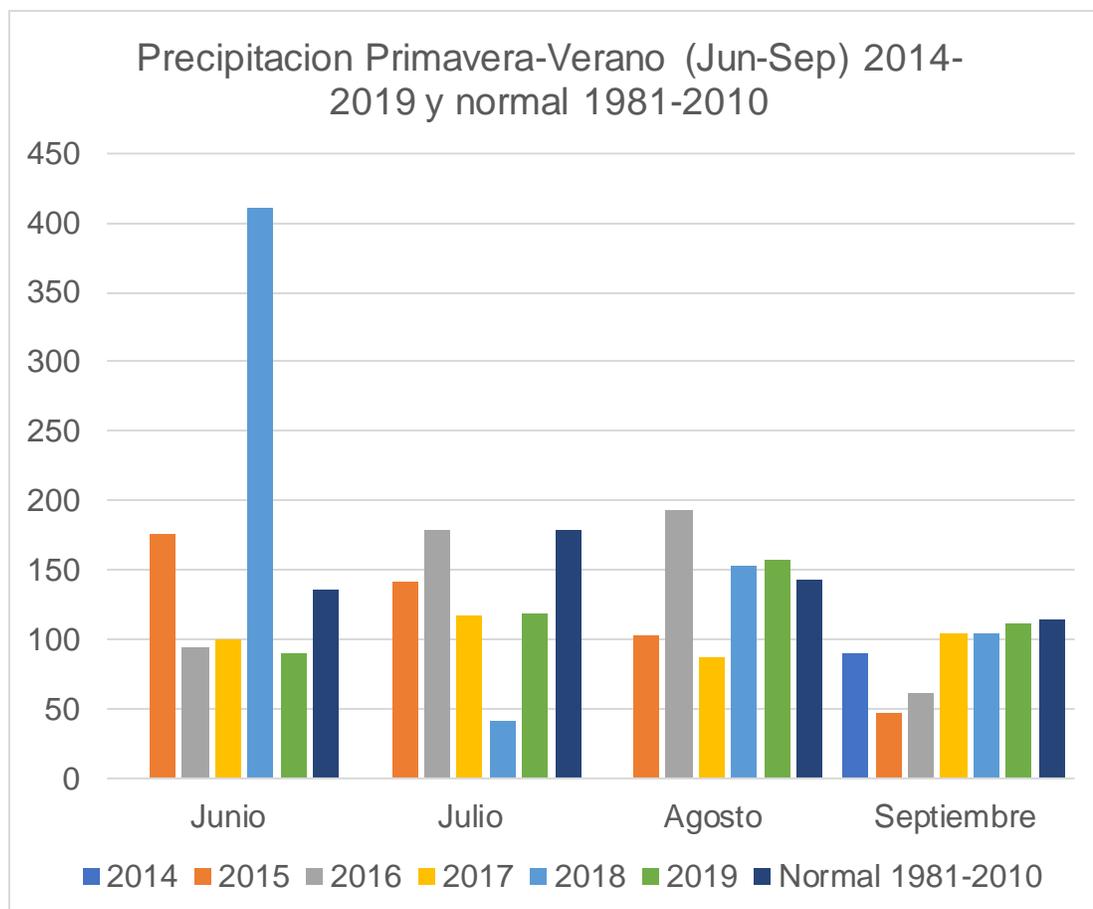


Tabla 1 Precipitación primavera-verano (junio-septiembre) (autoría propia)

Como se muestra en la gráfica, podemos observar rápidamente un gran aumento de precipitación el mes de junio del 2018, esto se debe a que ese mes ocurrió una precipitación extraordinaria rompiendo el récord de precipitación de 362 mm de lluvia, lo que reflejo un total de 410.65 mm de lluvia. Se puede observar que en lo que corresponde a los otros meses y años las variaciones han sido mínimas o no alarmantes a comparación de las “normales 1981-2010”.

La temporada seca tiene lugar durante los meses de octubre a mayo. Son meses de casi ausencia de lluvias. Predomina un clima más seco y con temperaturas más frescas.

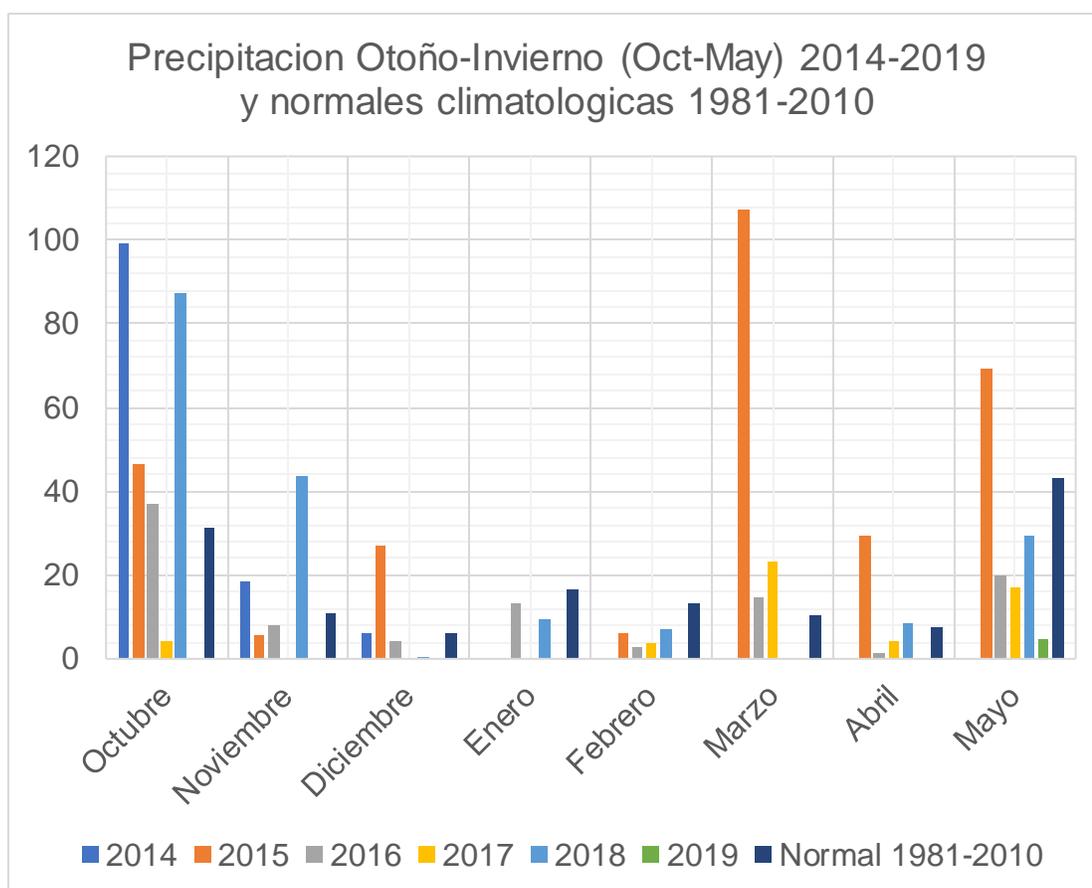


Tabla 2 Precipitación otoño-invierno (octubre-mayo) (autoría propia)

En el gráfico anterior se observan tres eventos extraordinarios (octubre 2014, marzo 2015 y octubre del 2018), se consideran como eventos extraordinarios debido a que estos son meses dentro de la “temporada seca” es decir son

meses en los que las “normales 1981-2010” detectan una menor cantidad de milímetros de precipitación.

Días de lluvia

Se considera un “día de lluvia” a todo aquel día en el cual se haya presentado una precipitación mayor a 0.1 mm de lluvia, es decir cualquier precipitación por mínima que sea.

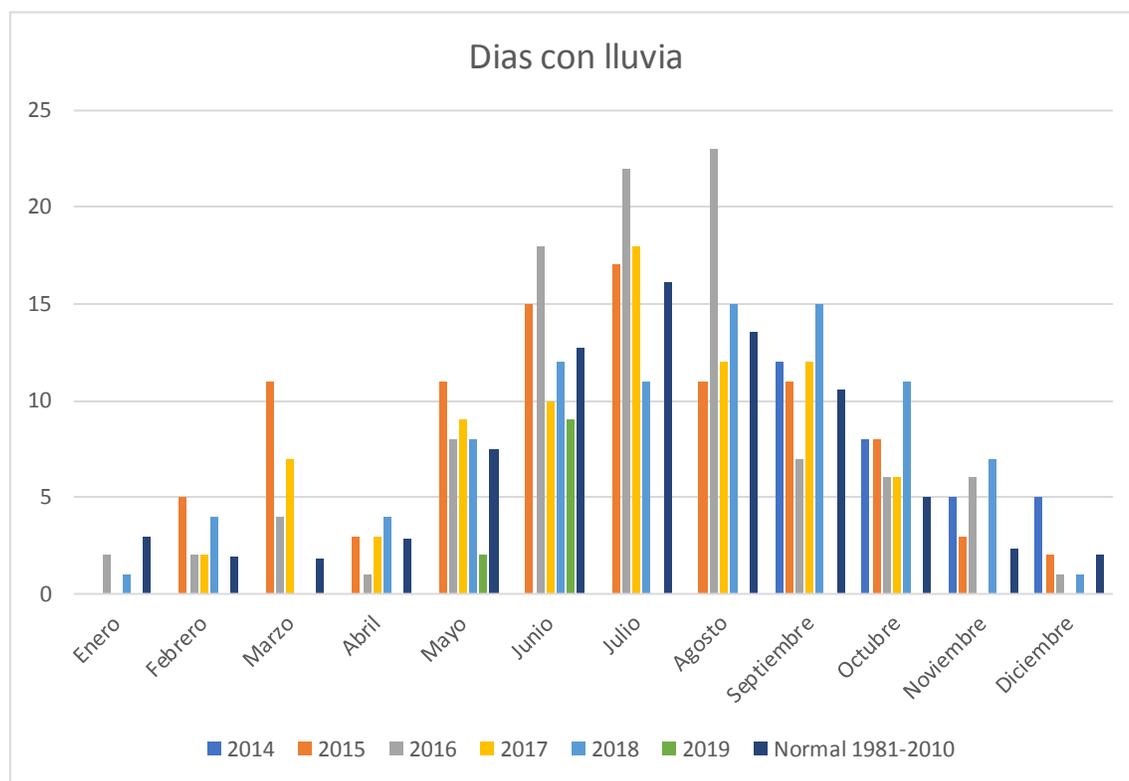


Tabla 3 Días con lluvia (autoría propia)

Los valores de días de lluvia son variables entre disminución y aumento, pero de igual forma se observa algunos meses con eventos extraordinarios; los cuales no son considerados tan relevantes ya que como se comentó, algunos días pueden ser de precipitaciones en un rango de 0.1-2 mm.

Intensidad máxima en 24 horas

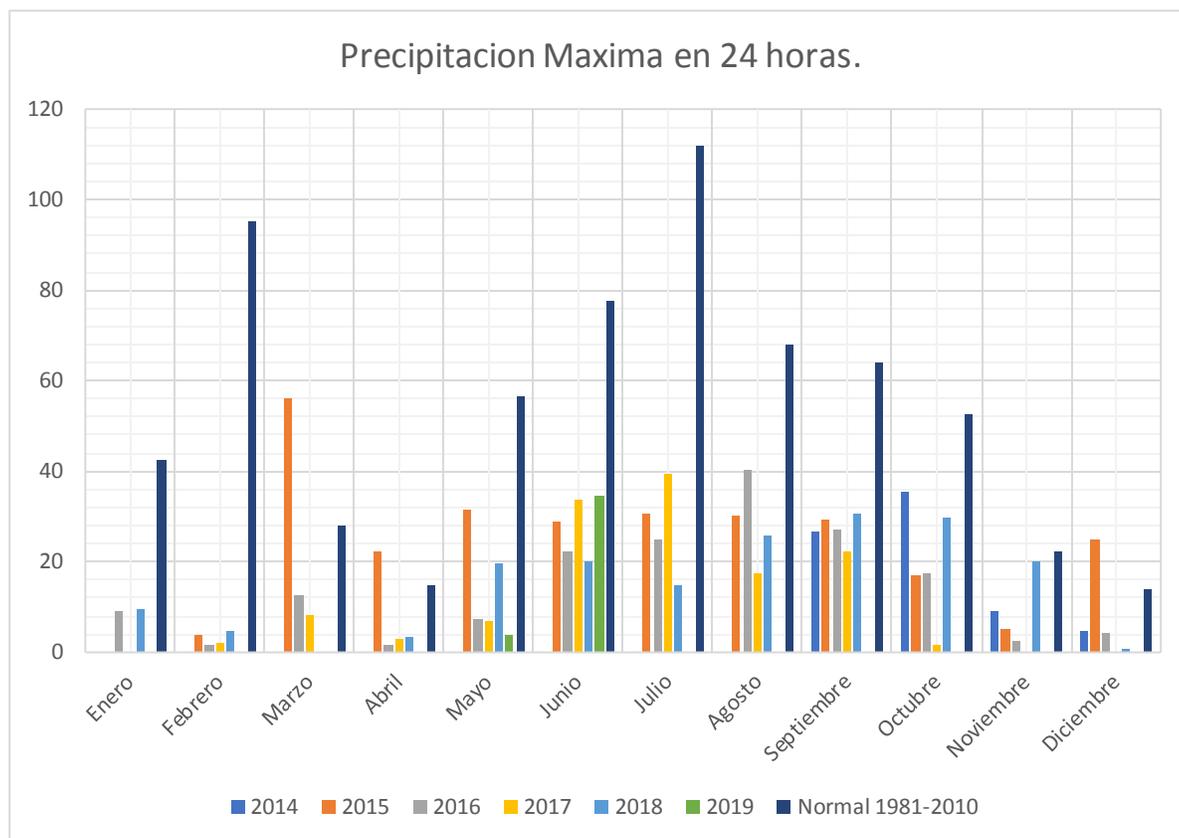


Tabla 4 Precipitación máxima en 24 horas (autoría propia)

La precipitación máxima en 24 horas, se mide con la intensidad de precipitación presente en cierto intervalo de tiempo, es decir que puede decir que en un día cayeron 100 mm de lluvia y en otro cayeron 50 mm, y se considera el día de los 50 mm como una lluvia torrencial, ya que si se revisan los intervalos de tiempo, el día en el que cayeron 100 mm, estos se dividieron en 5 horas y cuando cayeron los 50 cayeron en una hora. A esto es a lo que se le llama precipitación máxima en 24 horas.

En el gráfico se observa que los valores más altos son los de las “normales 1981-2010” y esto se debe a que son datos con más tiempo, es decir en ese intervalo de tiempo son más meses y años los que se tienen en consideración y no 5 años como los datos que aquí se trabajaron.

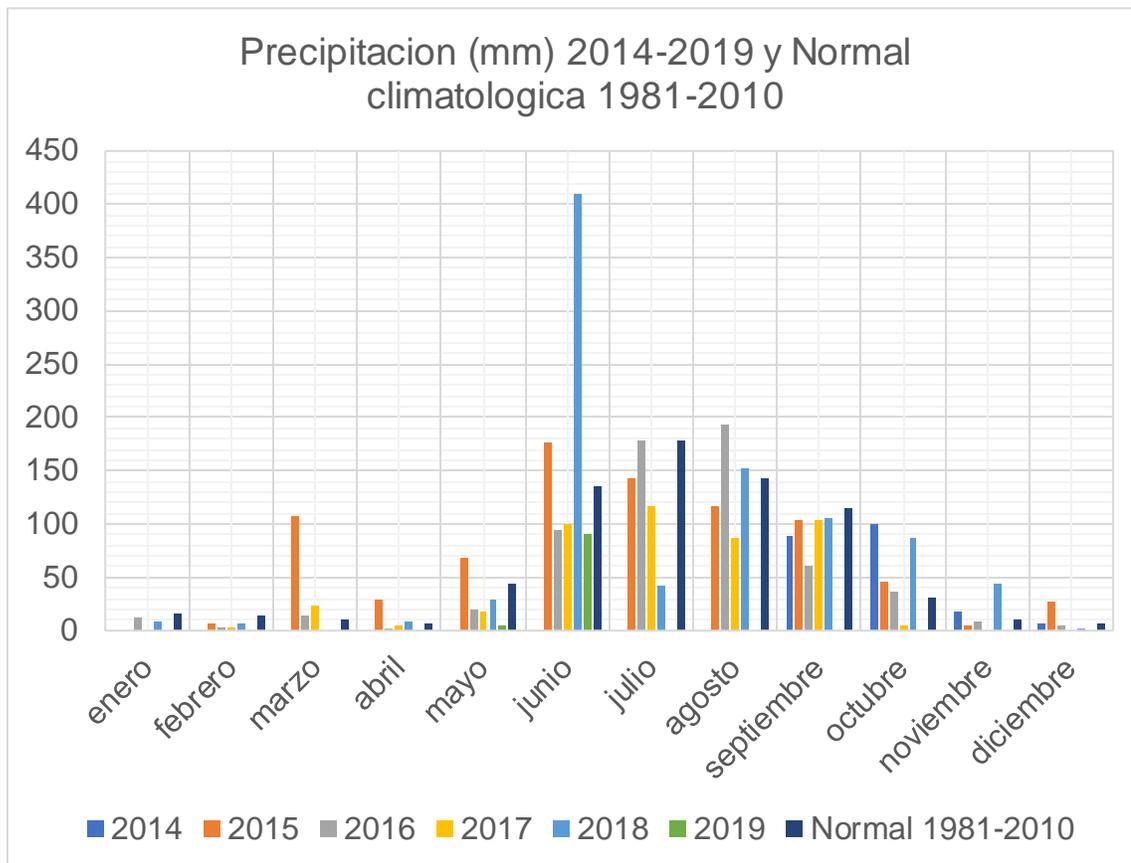


Tabla 5 Tabla final de precipitaciones (autoría propia)

La grafica final es la anterior, en la cual ya comprende todos los meses desde septiembre del 2014 a junio del 2019 y como ya se ha mencionado la comparativa con las “normales 1981-2010”.

TEMPERATURA

Máximas

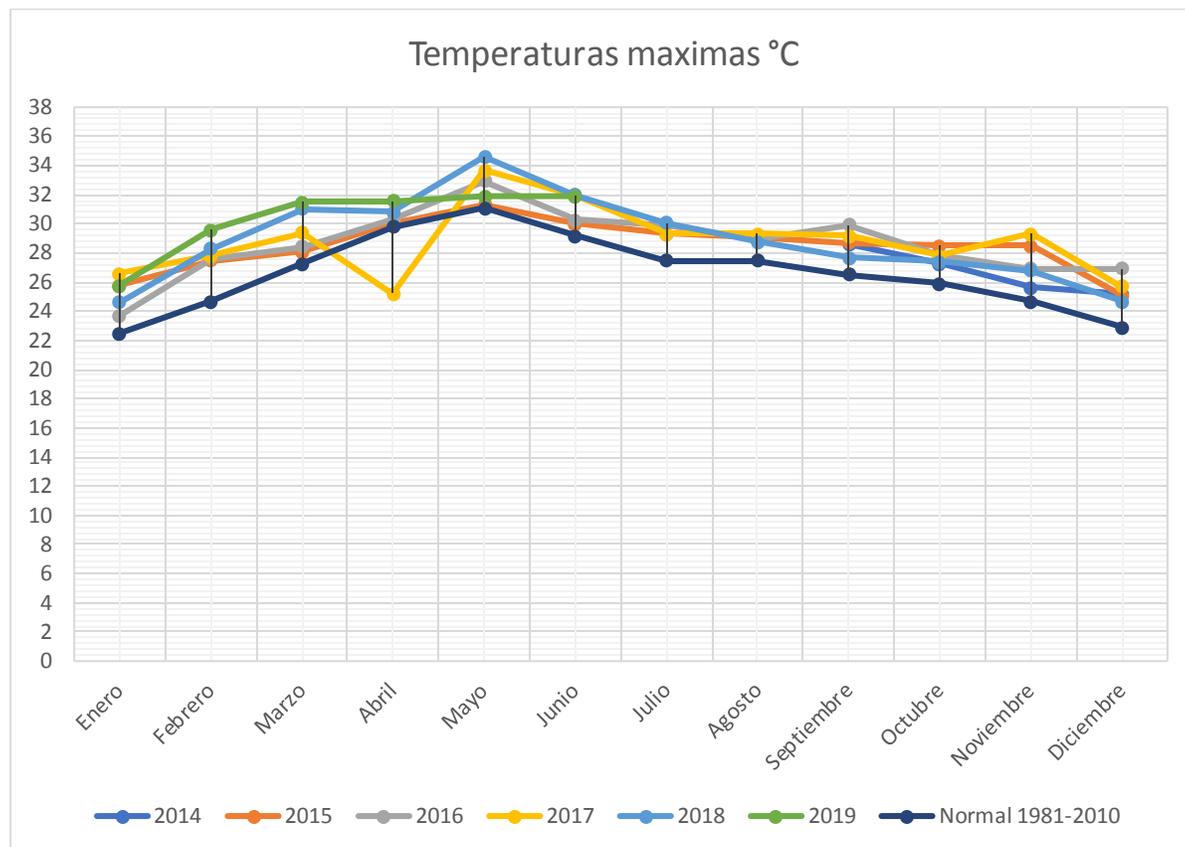


Tabla 6 Temperaturas maximas (autoria propia)

La grafica anterior es un poco alarmante ya que se observa un aumento muy notorio en los últimos 4 años comparándolos con las “normales 1981-2010”, a simple vista se observa un incremento promedio de 3.5° Celsius.

Mínimas

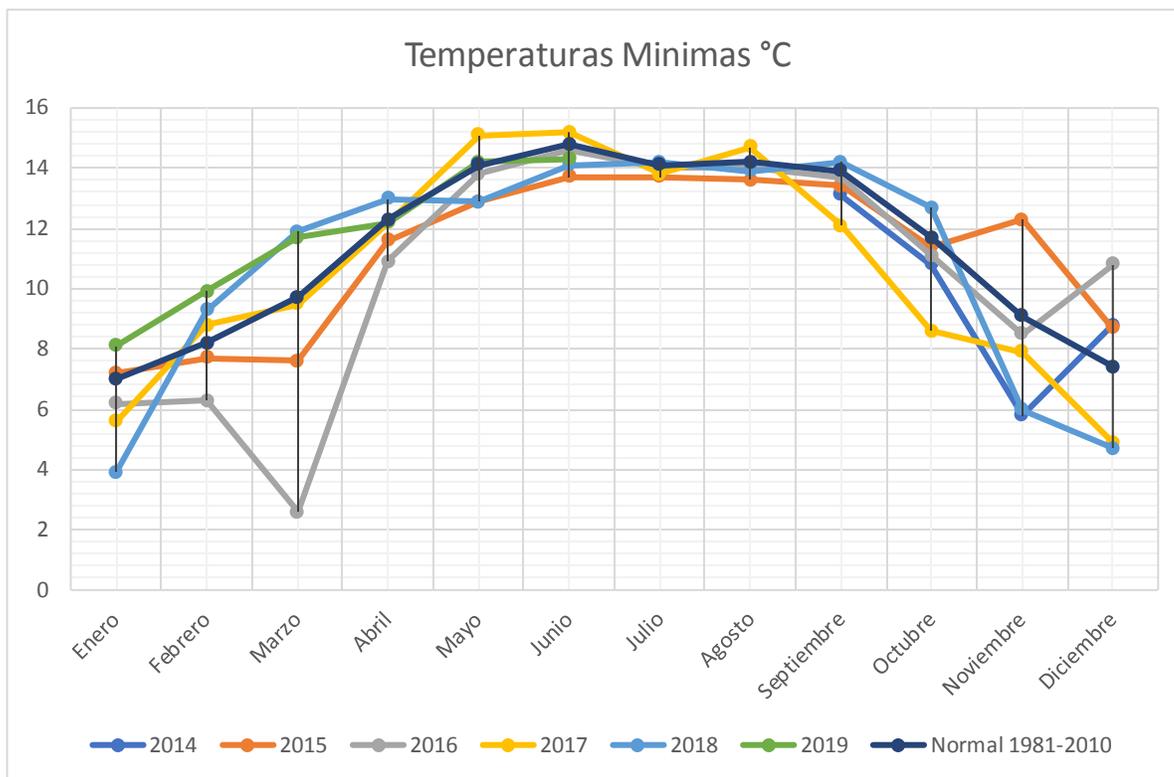


Tabla 7 Temperaturas mínimas (autoría propia)

En el caso de las temperaturas máximas, ha sido variada la fluctuación de los datos, ya que algunos años aumenta y algunos otros disminuye. Solo el mes de marzo del 2016 se presenta un evento extraordinario y es que la baja de temperatura fue muy marcada, incluso se presentó en la ciudad una cantidad de agua nieve por la madrugada.

Máximas, Mínimas y Medias.

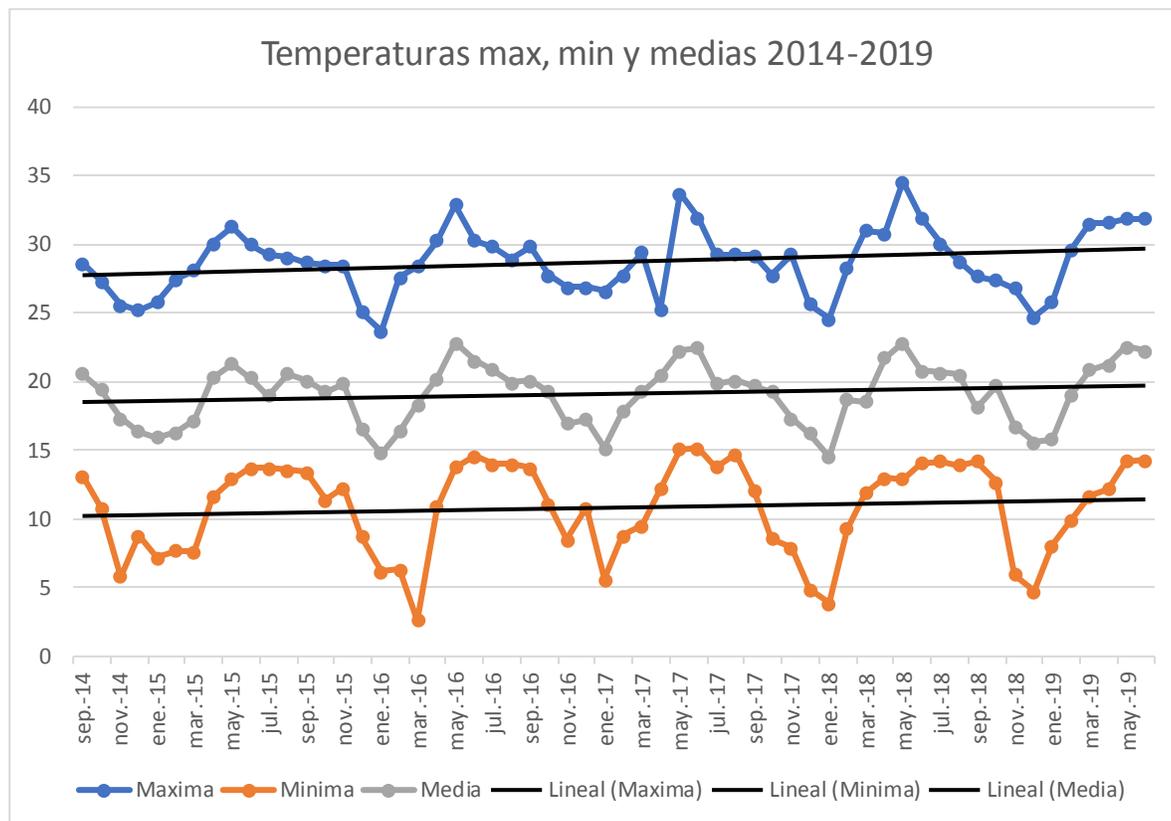


Tabla 8 Temperaturas maximas, medias y minimas (autoria propia)

El anterior grafico muestra los tres parámetros de las temperaturas (máximas, mínimas y medias), y se le agrego una línea de tendencia a cada parámetro, y como resultado dio que los tres parámetros presentan una línea de tendencia ascendente, esto significa que las temperaturas en los últimos 5 años indiscutiblemente han tenido un aumento considerable.

VIENTO

Las rosas de viento que se presentaran a continuación representan la dirección de la cual viene el viento mensualmente en el periodo de septiembre del 2014 a junio del 2019. Para realizar el análisis de las direcciones y velocidades de los vientos, se hizo el uso del software “WRplot”, el cual nos ayuda a simular una rosa de vientos para observar el comportamiento del viento.

Enero

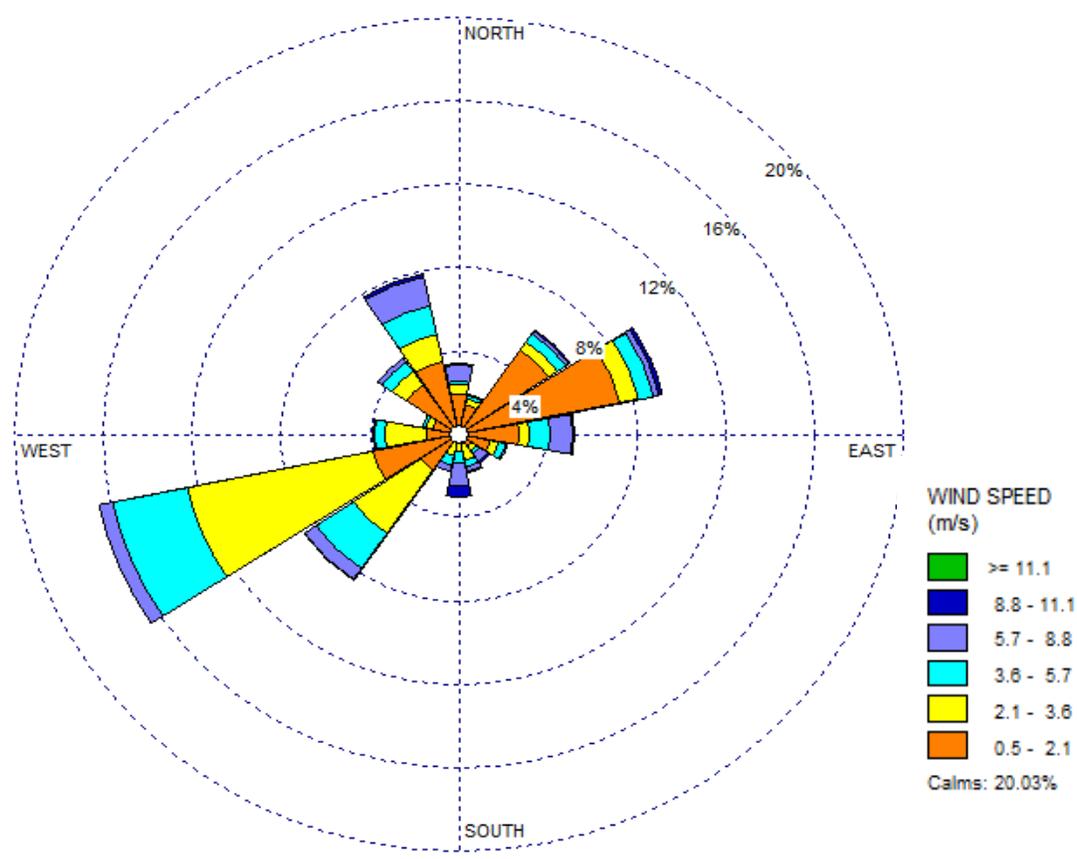


Ilustración 10 Rosa de vientos mes de enero (autoria propia)

En el grafico anterior denominado rosa de vientos, se representan los datos del mes de enero de los años 2015-2019; los datos que se manejaron son a partir de septiembre del 2014. Se observa que los vientos dominantes

proviene del noreste y se dirigen hacia el suroeste, y dichos vientos tienen una velocidad predominante de 2.1-3.6 m/s.

Febrero

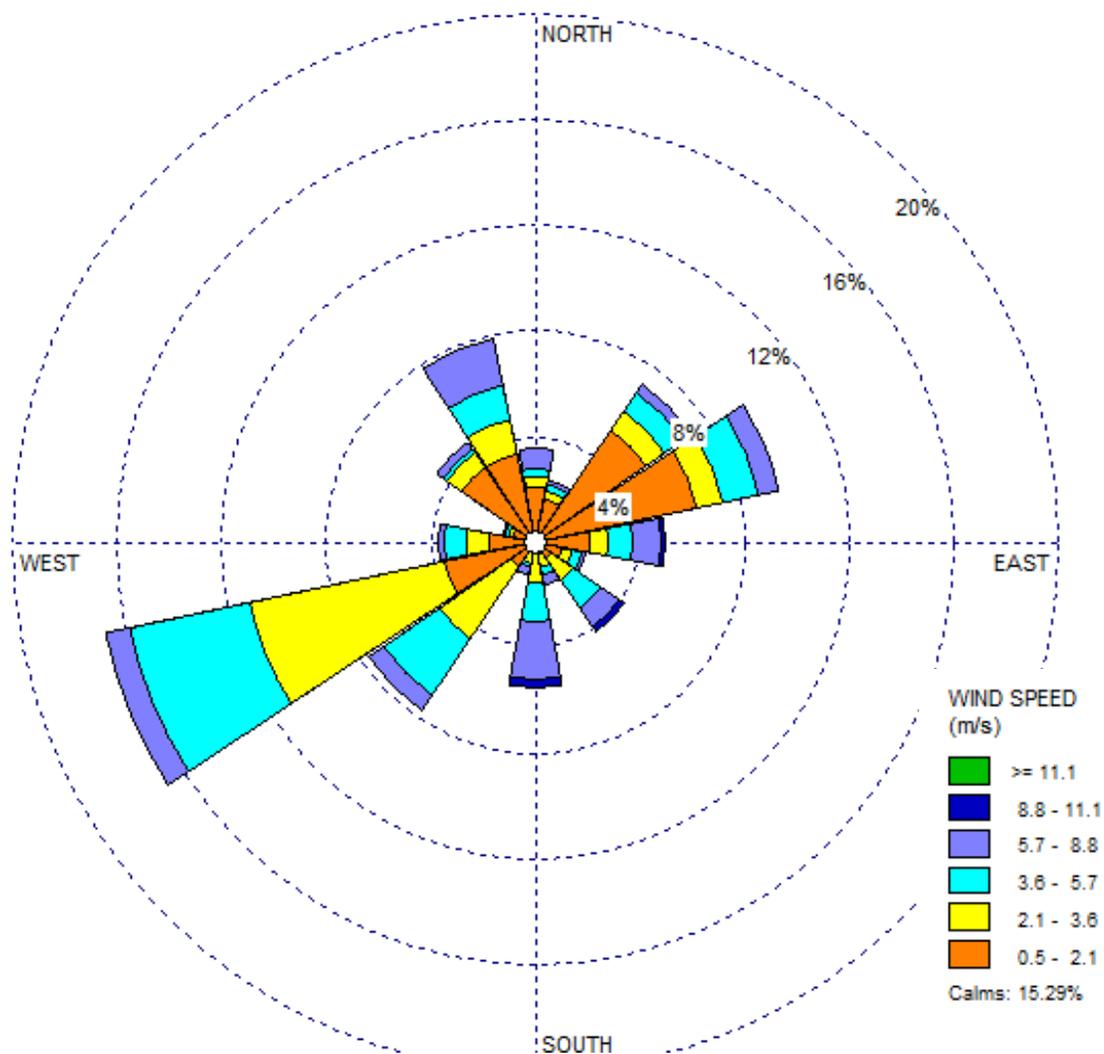


Ilustración 11 Rosa de vientos mes de febrero (autoría propia)

Durante el mes de febrero al igual que en mes de enero se presentaron vientos provenientes del Noreste y con dirección hacia el suroeste y se pudo observar que se repetían los vientos dominantes, que oscilaban entre 2.1-3.6 m/s.

Marzo

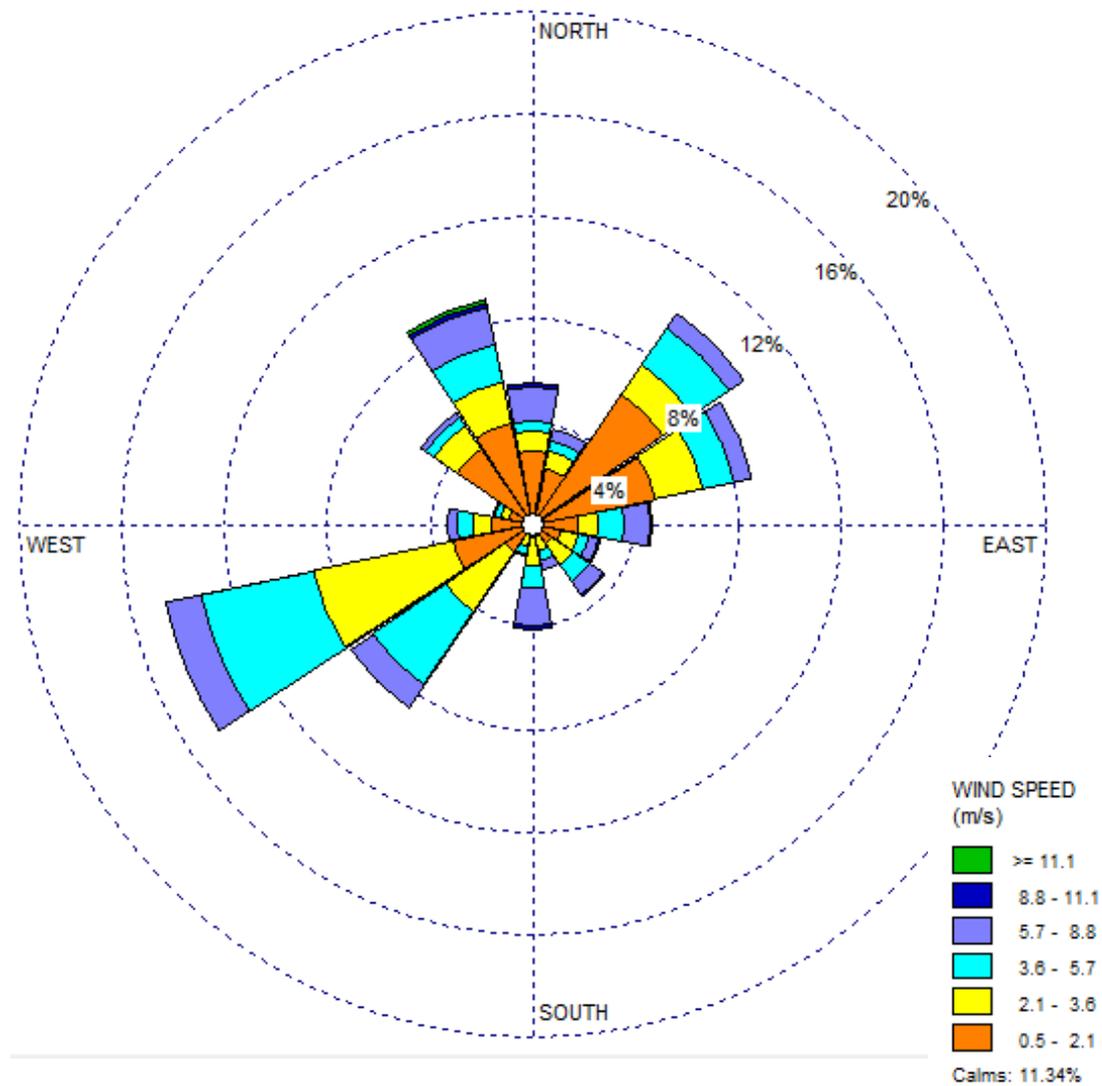


Ilustración 12 Rosa de vientos mes de marzo (autoria propia)

El mes de marzo se presentaron vientos provenientes de dos puntos dentro de la zona del noreste. La velocidad de los vientos oscilo entre los 2.1 y los 5.7 m/s.

Abril

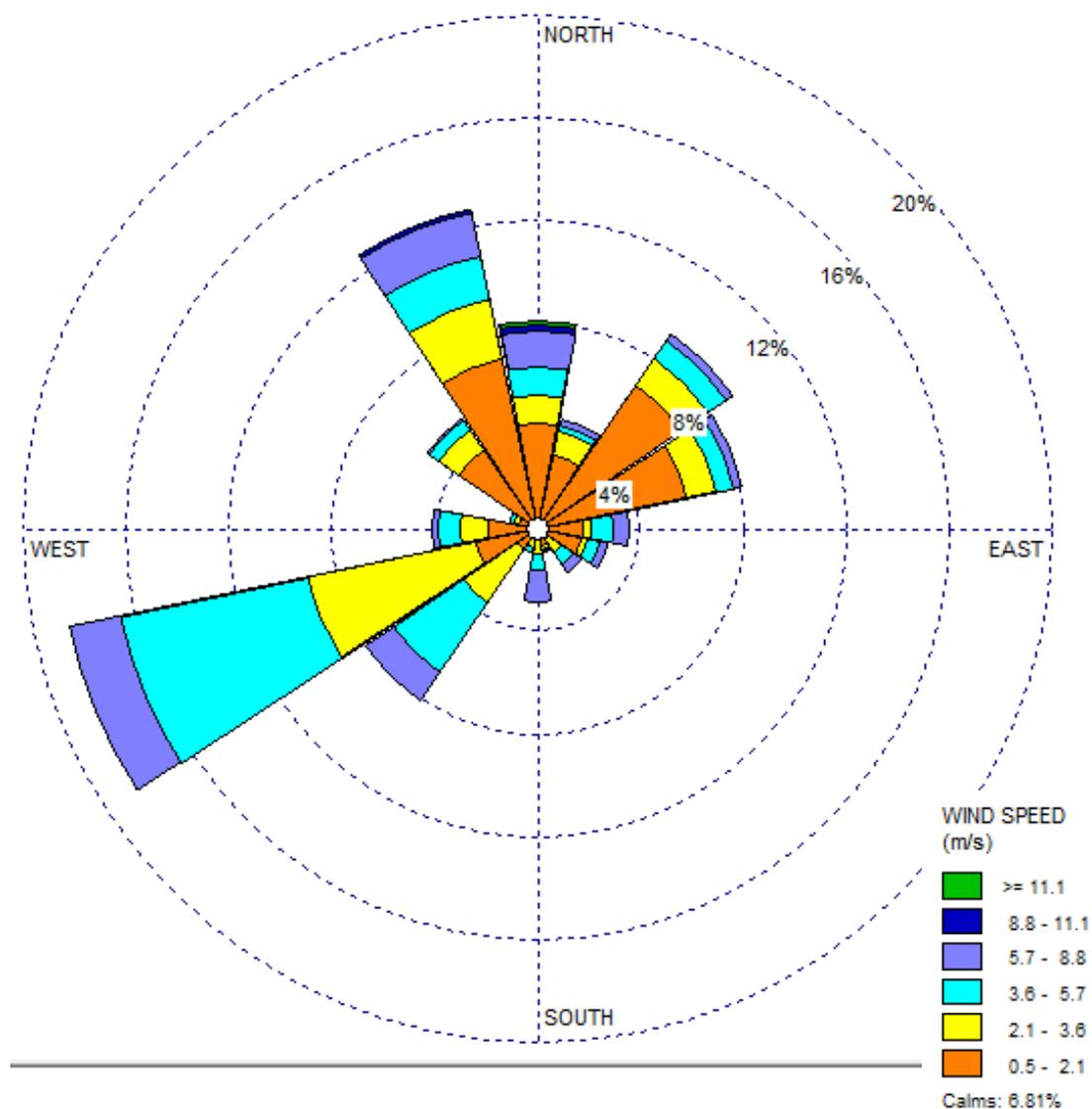


Ilustración 13 Rosa de vientos mes de abril (autoría propia)

En el mes de abril se empieza a observar un incremento en las velocidades de los vientos, los cuales oscilaron entre los 3.6-5.7 m/s, repitiéndose el mismo patrón de direcciones que en los meses anteriores.

Mayo

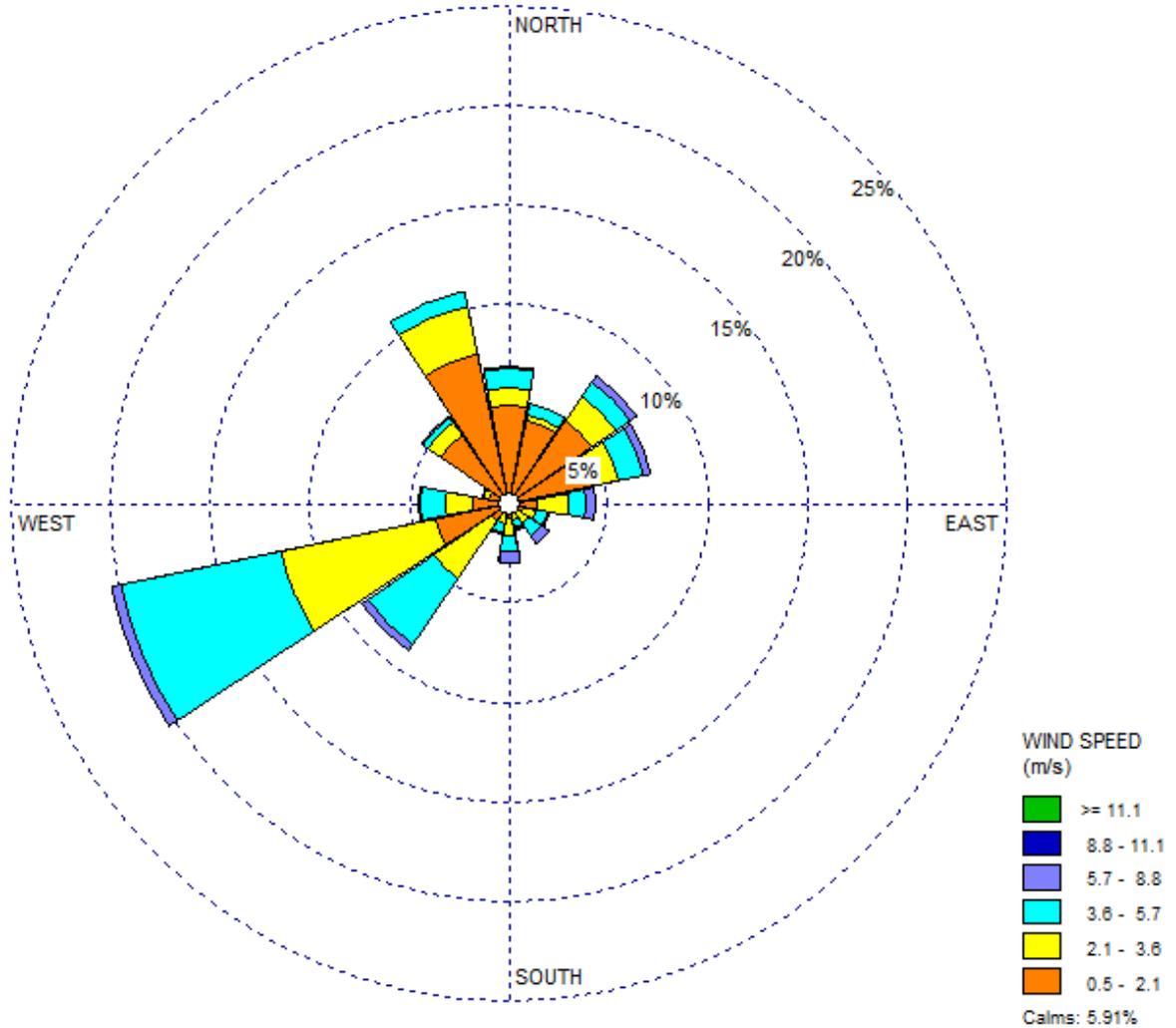


Ilustración 14 Rosa de vientos mes de mayo (autoría propia)

El comportamiento de los vientos observa en el mismo patrón de comportamiento que en los meses anteriores; es decir, vientos provenientes de noreste a suroeste que oscilaron entre los 3.6-5.7 m/s.

Junio

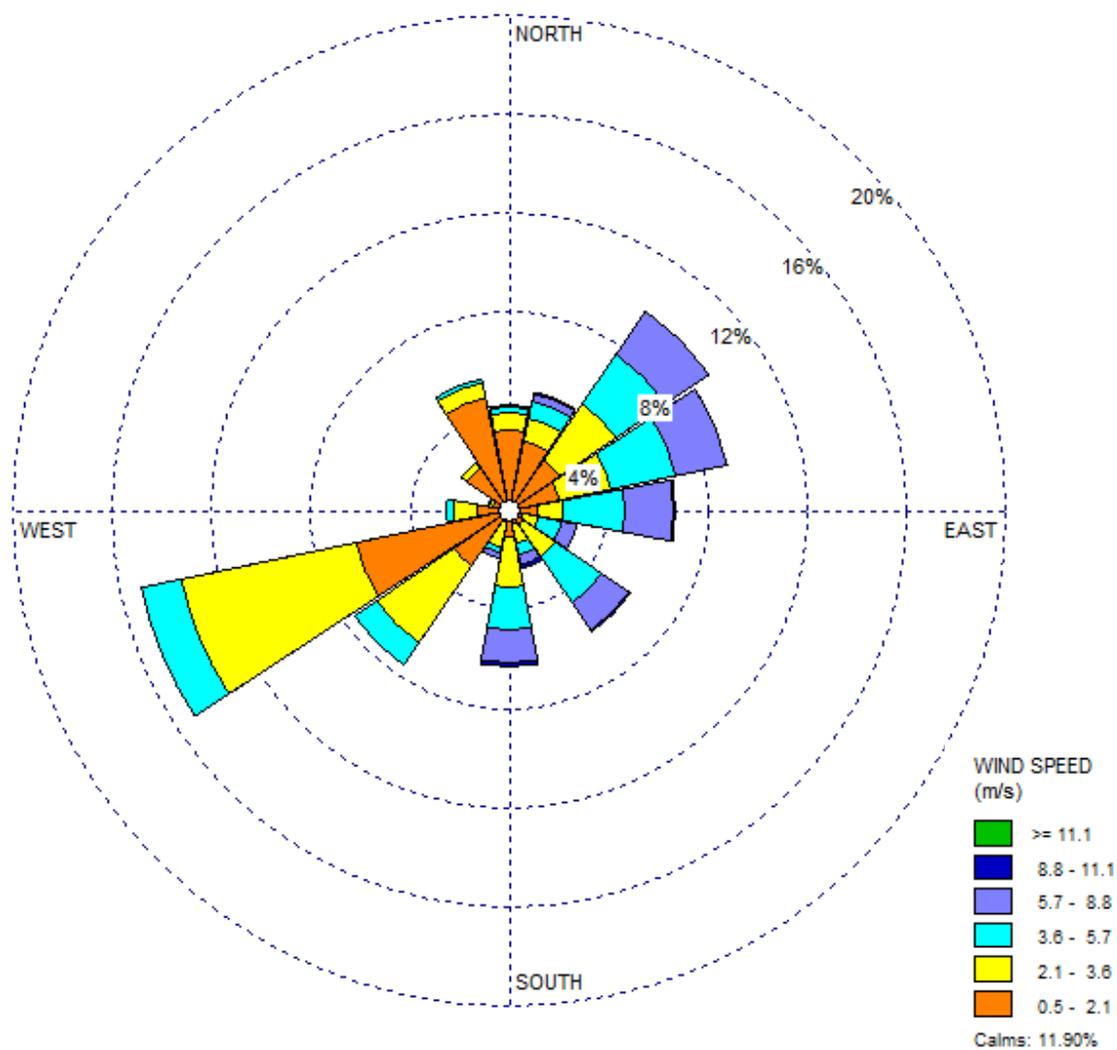


Ilustración 15 Rosa de vientos mes de junio (autoría propia)

En lo que respecta al mes de junio se observa el mismo patrón de comportamiento, sin embargo, se logró detectar una diferencia y, es que, en este mes se presentó una cantidad mayor de vientos de mayor velocidad con rachas que se observaron entre los 5.7- 8.8 m/s.

Julio

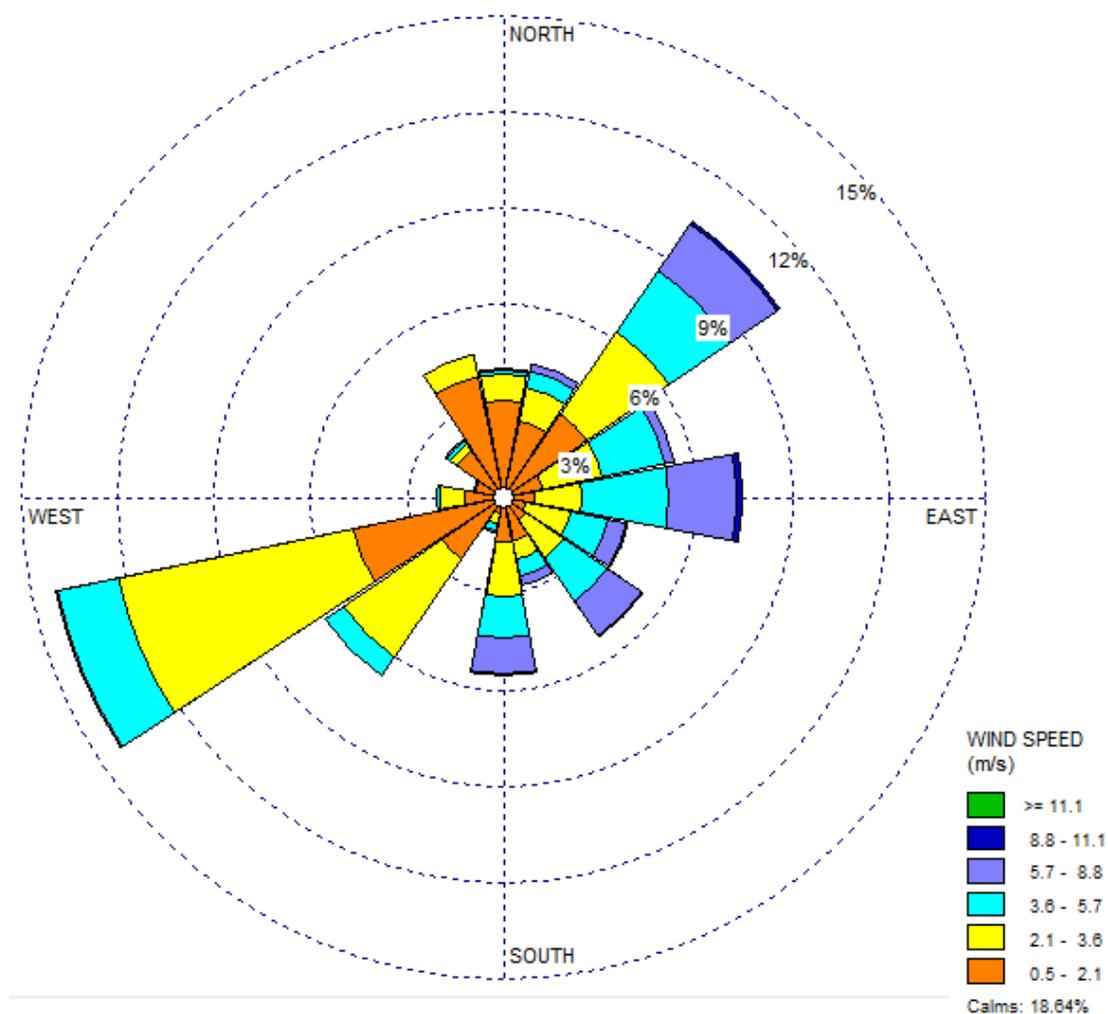


Ilustración 16 Rosa de vientos mes de julio (autoria propia)

En el mes de julio a pesar de que el patrón de velocidades de viento continuó comportándose como en los meses anteriores, con vientos predominantes entre los 2.1-3.6 m/s, también se logró observa un aumento considerable en la velocidad del mismo (5.7-8.8 m/s).

Agosto

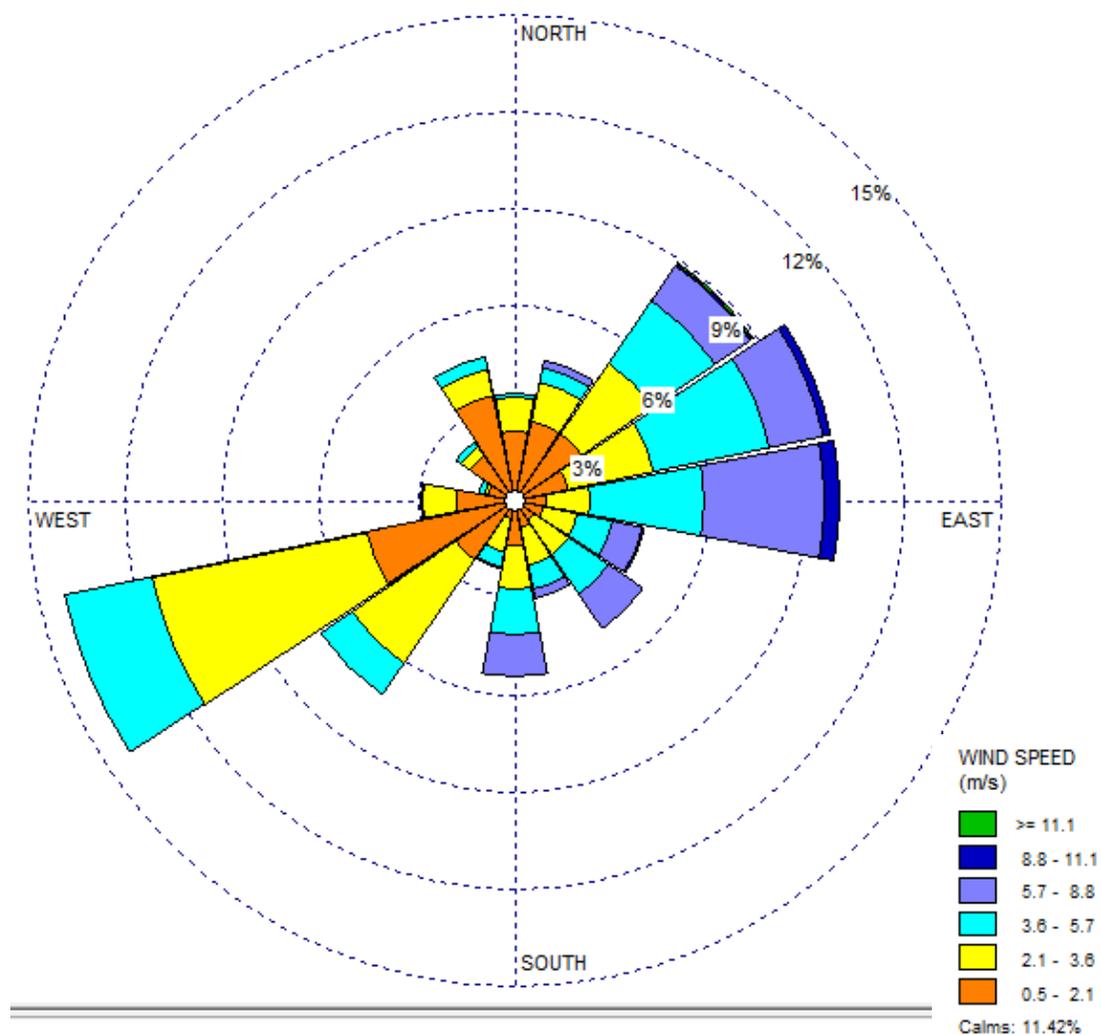


Ilustración 17 Rosa de vientos mes de agosto (autoria propia)

El mes de agosto es donde se logra observar unas de las velocidades de viento más elevadas con rachas que oscilaron entre los 5.7-8.8 m/s, lo que se podría traducir como un indicador de baja de temperaturas.

Septiembre

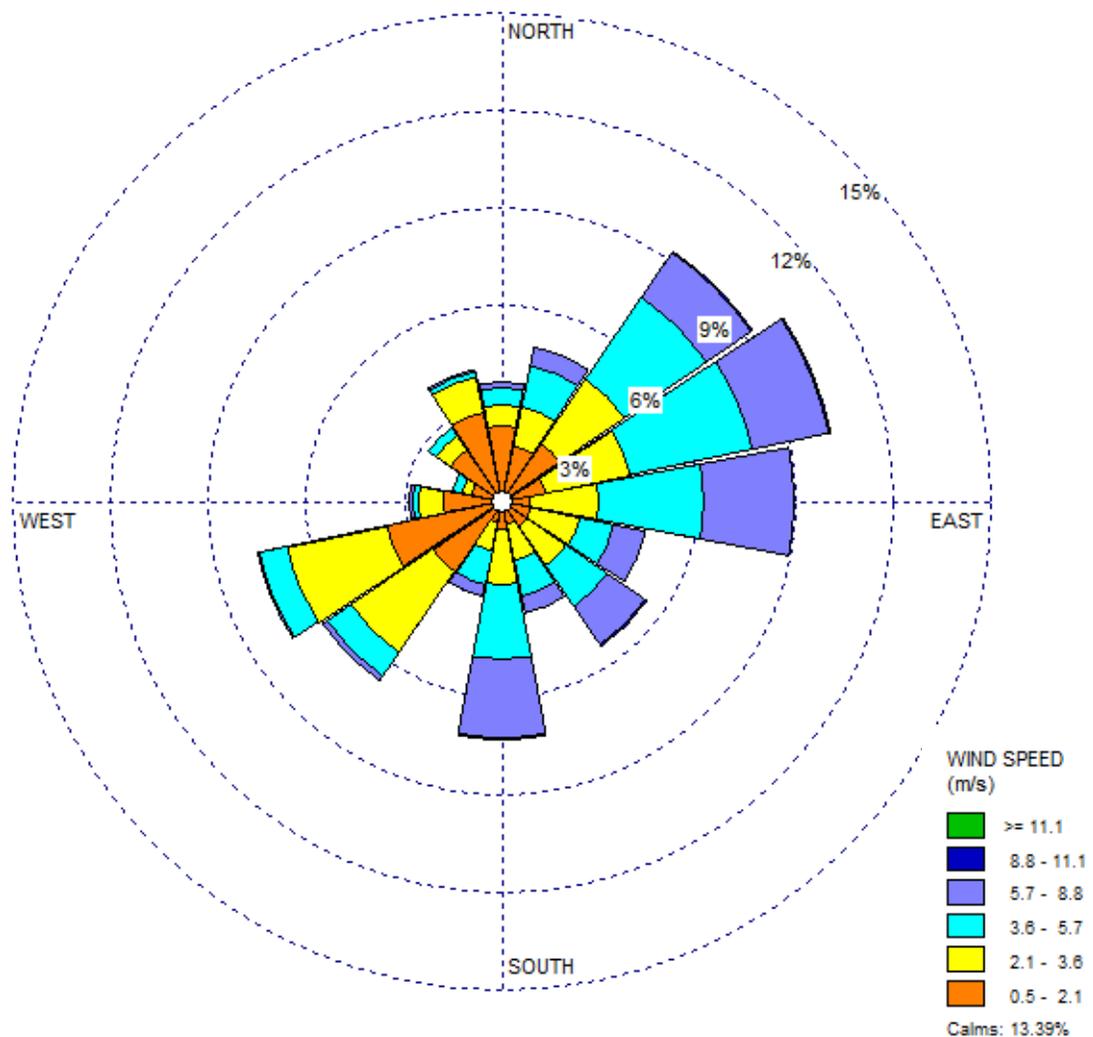


Ilustración 18 Rosa de vientos mes de septiembre (autoría propia)

En el mes de septiembre el patrón cambia notablemente ya que en ese mes se observaron a diferencia de los meses anteriores, vientos provenientes de suroeste y con dirección hacia el noreste y que oscilaban en sus velocidades entre los 3.6-8.8 m/s.

Octubre

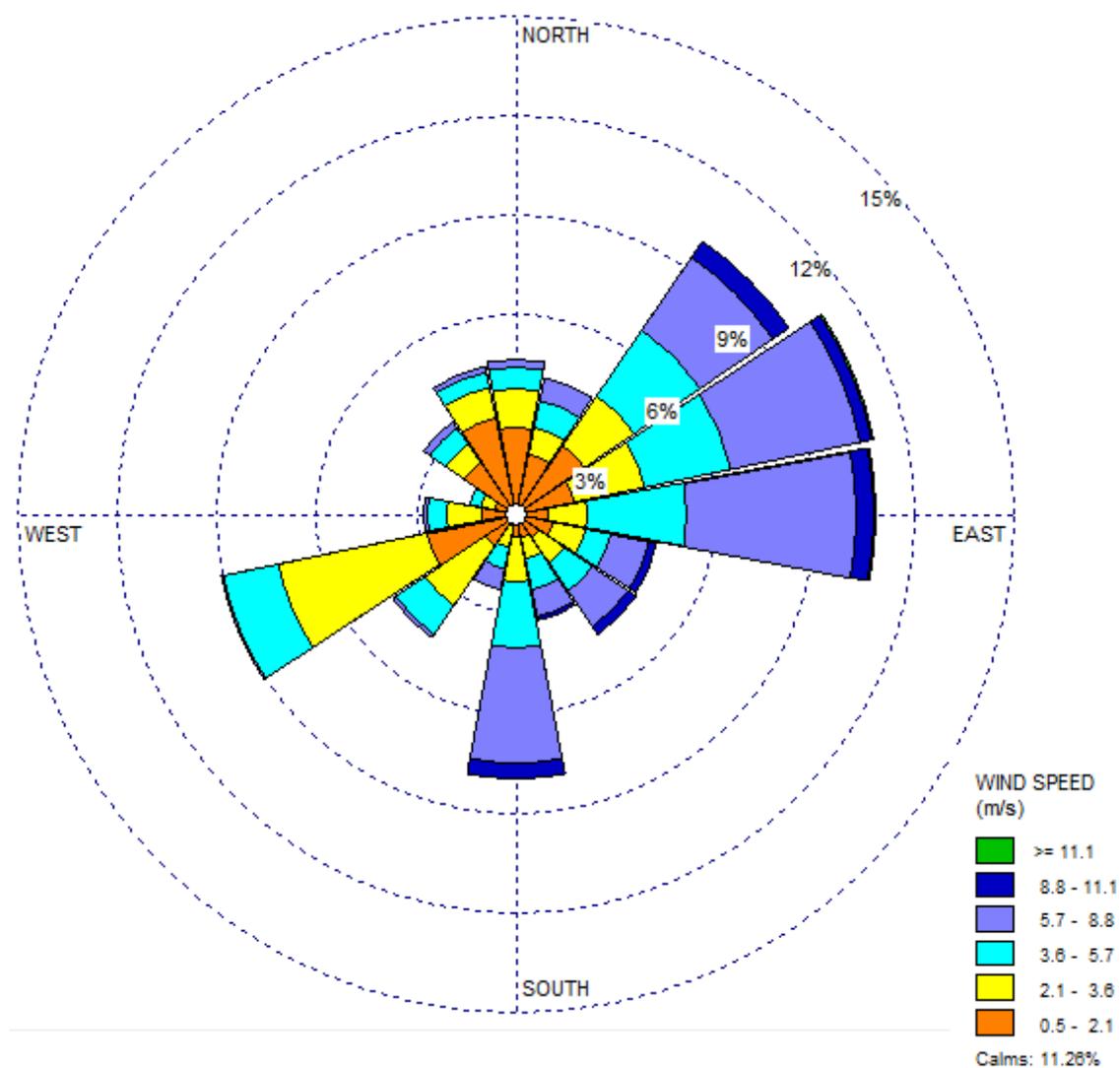


Ilustración 19 Rosa de vientos mes de octubre (autoría propia)

Para el mes de octubre pudimos observar que se presentó una elevación en la velocidad de los vientos, ya que las lecturas obtenidas de velocidades para ese mes, oscilaron entre los 8.8-11.1 m/s. velocidades que no se habían observado en los meses anteriores.

Noviembre

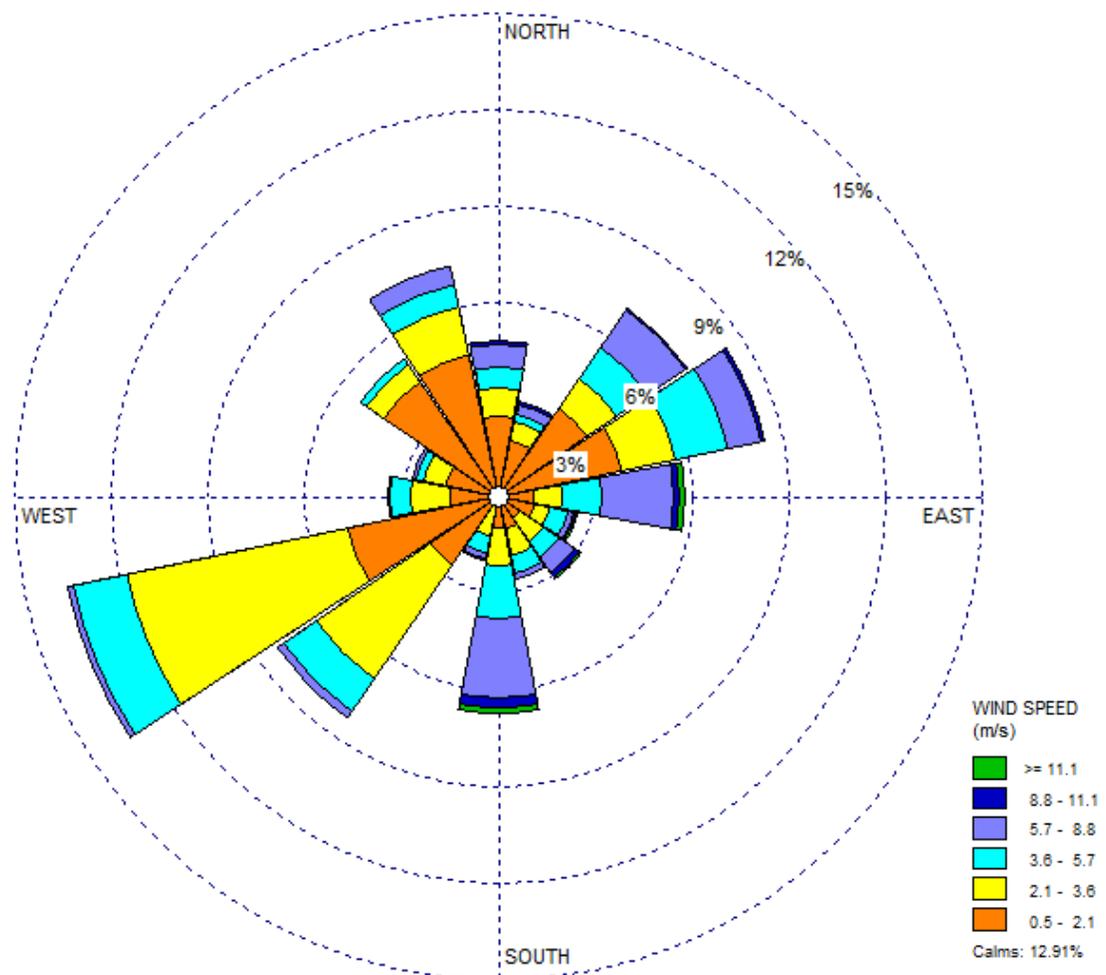


Ilustración 20 Rosa de vientos mes de noviembre (autoría propia)

En el mes de noviembre regresamos al patrón anterior en cuanto a direcciones de viento, sin embargo, se continuaron presentando velocidades de viento en incremento en comparación con los primeros meses, incluso en este mes se puede observar una ligera línea color verde, la cual corresponde a las velocidades mayores de 11.1 m/s.

Diciembre

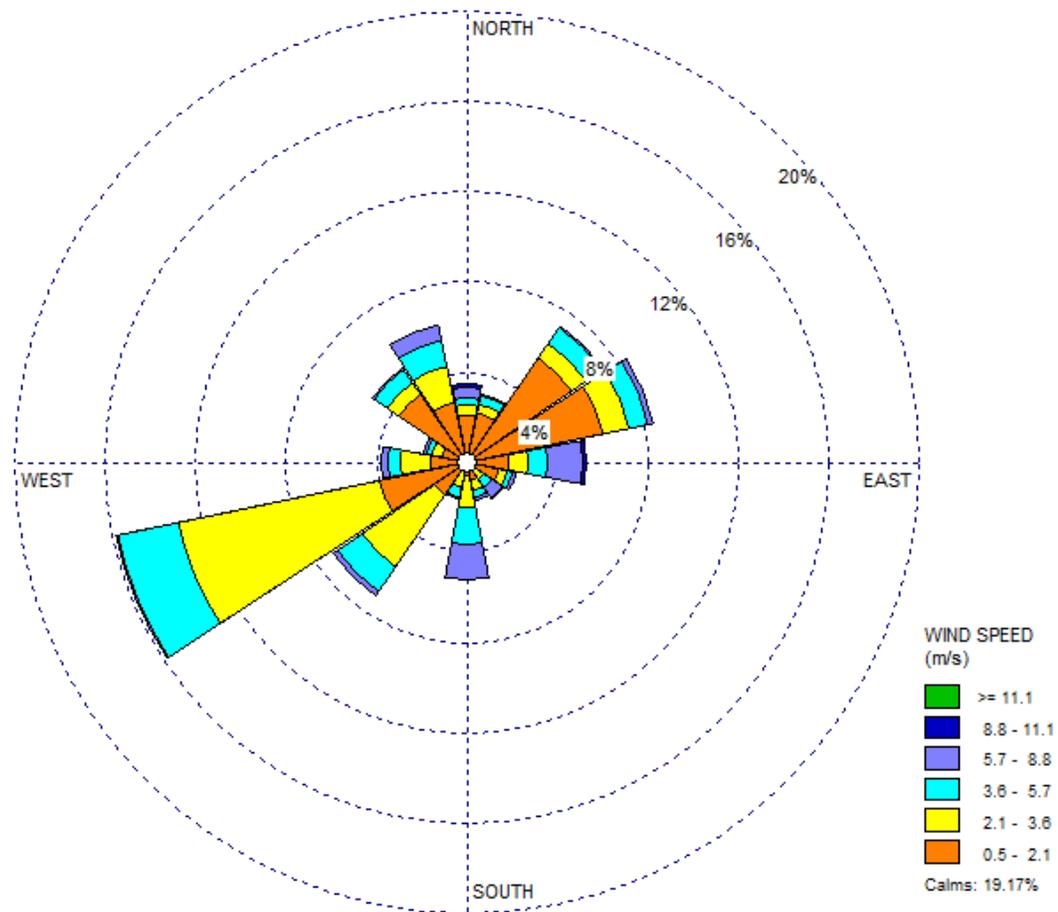


Ilustración 21 Rosa de vientos mes de diciembre (autoría propia)

Con lo que respecta al mes de diciembre podemos observar claramente que se vuelve a repetir el mismo patrón de comportamiento observado durante el mes enero, tanto en direcciones como en velocidades.

La rosa de vientos mostrada a continuación fue elaborada en base a todos los datos obtenidos desde el mes de septiembre del 2014 hasta junio del 2019

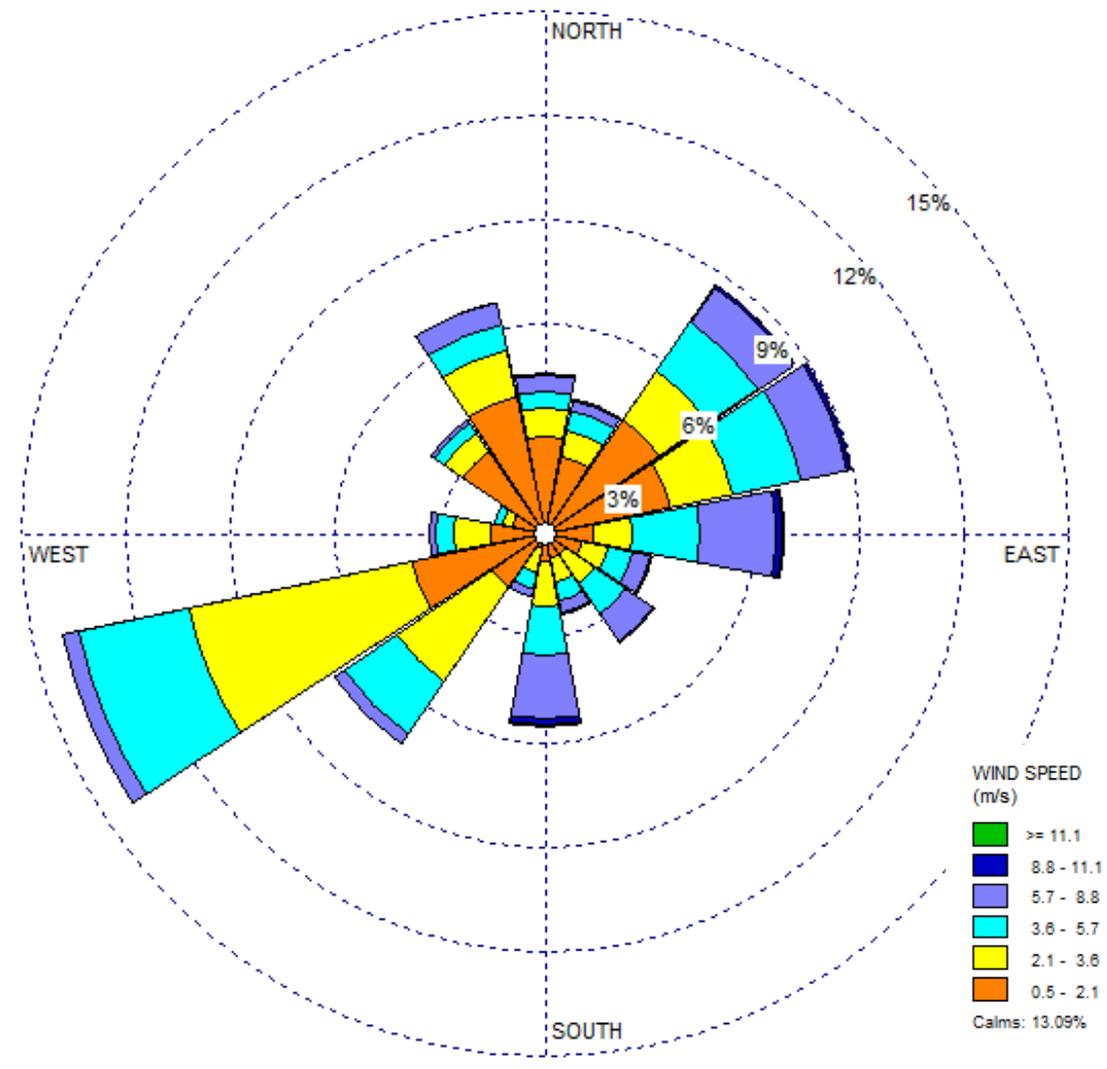


Ilustración 22 Rosa de vientos anual (autoría propia)

CONCLUSION

Los modelos de predicción meteorológica utilizan los datos obtenidos tras tantos años de registros para poder formular las características que componen el clima de una región. Como ya sabemos, no es lo mismo clima que meteorología. La meteorología hace referencia al estado de las variables meteorológicas en un determinado momento, tal como lo presentamos en el presente trabajo del que se pueden desprender las siguientes conclusiones en relación a los resultados obtenidos en las variables analizadas en la ciudad de Guanajuato, Guanajuato.

Comenzando con el tema de lluvias mensuales y considerando el récord de precipitación del mes de junio del 2018, según lo observado comparado con las normales climatológicas 1981-2010 no se encontró una variación demasiado alarmante en las precipitaciones de los últimos 5 años, la variación que se observa en los gráficos es pequeña, por lo que el comportamiento de este factor no preocupa para los próximos años.

En lo que comprende al tema de temperatura, es un poco alarmante el aumento logramos observar, ya que los valores de las normales climatológicas de los últimos 5 años muestran un aumento de entre 0.5°C hasta 2°C de aumento en las temperatura, lo que nos pudiera indicar que existen factores que están provocando un incremento observado como un aumento considerable en las temperaturas, por lo que se recomienda estos análisis se pudieran llevar a cabo en todas las entidades de la Republica con el fin de tratar de entender que está pasando. En relación a las temperaturas mínimas, su comportamiento ha sido poco más uniforme en relaciones a las normales climatológicas de entre 1981-2010.

También podemos observar que, al agrupar las temperaturas máximas, mínimas y medias del periodo de septiembre del 2014 a junio del 2019, logramos observar también un aumento de las mismas en este periodo de tiempo. Se insertaron líneas de tendencia en los valores y se comprobó que existe un aumento de estas en los últimos 5 años, por lo que se sugiere

completar con otros estudios para comprender el porqué de los anterior. Con el conjunto de variables meteorológicas estudiadas, se podría lograr construir modelos que ayuden en su predicción del clima. Por ello se tuvieron que medir patrones de funcionamiento y comportamiento de estas variables meteorológicas ante las condiciones ambientales y se intentó analizar cómo pueden evolucionar a lo largo del tiempo; no olvidando que la predicción del tiempo es muy necesaria en la vida cotidiana para poder conocer el tiempo que se presentará al cabo de los días más próximos y poder actuar a tiempo en caso de una eventualidad.

LITERATURA CITADA

- A. L. Berman, G. S., V. Velasco Herrera 2012. "Oceanic influence on southernmost south american precipitation."
- B. D. Santer, J. F. M., C. A. Doutriaux 2013. " Identifying human influences on atmospheric temperature." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 110.
- C. G Justus, W. R. H., A. Mikhail 1978. "Methods for estimating wind speed frequency distributions " Journal of applied meteorology 17: 350-353.
- C. G. Helmis, P. T. N. 2013. "Advances in meteorology, climatology and atmospheric physics." Springer Berlin Heidelberg.
- CMNUCC 2007. "Unidos por el clima Guia de las convencion sobre el cambio climatico y el protocolo de kyoto." Convencion macro de las naciones unidad sobre el cambio climaticio.
- Conde, C. (2005). Mexico y el cambio climatico global.
- Chan, W. B. G., J. S. Yue 2013. "Hospital admissions as a function of temperature, other weather phenomena and pollution levels in an urban setting in china." Bulletin of the World Health.
- Davil, D. 1989. "Epidemiological characteristics of scorpion in Leon, Guanajuato, Mexico." Toxicon 27: 281-286.
- Emeis, S. 2018. "Wind energy meteorology: atmospheric physics for wind power generation." Springer

- Franco Villaseñor, A. T. A. 2017. "In-justicia espacial en guerrero, México: Estudio de la red vial en relación a los fenómenos meteorológicos Ingrid y Manuel." *Journal of Latin American Geography*.
- García, E. 2003. "Distribución de la precipitación en la República Mexicana."
- Garduño, A. 2004. ¿qué es el efecto invernadero? Cambio climático una visión desde México. SEMARNAT
- I. R. Méndez Pérez, A. T. M. 2010. "Relación estadística entre la temperatura ambiente y las enfermedades diarreicas en Coahuila de Zaragoza, Veracruz."
- INECC 2018. "Presentación de los resultados del inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero."
- INEGI 2018. Clima Guanajuato. INEGI. Cuéntame... Información por entidad
- IPCC 2015a. "Weather and climate." Working Group: the scientific basis.
- IPCC 2015b. Climate change 2014: synthesis report. t. i. p. o. c. change2-17
- Jorge Méndez González, J. d. J. N. C. 2007. "Analysis of rainfall trends (1920-2004) in Mexico." *Geografía Física*.
- Landsea, C. W. 2005. "Hurricanes and global warming." *Nature*.
- OMM 2013. Tiempo. Organización Meteorológica Mundial

R. Paccione, C. S., F. Vespe, C. D. Ferretti 2001. "GPS Meteorology: Validation and comparisons with ground-based microwave radiometer and mesoscale model for the Italian GPS permanent stations." *Physics and chemistry of the earth, part A: solid earth and geodesy* 26: 139-142.

Reijmer, C. H. (2001). Antarctic meteorology, a study with automatic weather stations.

S. Michaelides, S. 2008. "Precipitation: Advances in measurement and prediction." Springer Berlin Heidelberg.

Sandoval, R. L. 2004. "A participatory approach to integrated aquifer management: the case of Guanajuato State, Mexico." *Hidrology Journal* 12: 6-13.

Schrope, M. 2005. "Meteorology winds of change." *Nature* 438.

SEMARNAT 2009. "Cambio climático: ciencia y evidencia y acciones." SEMARNAT.

LITERATURA CONSULTADA

Andalucía, O. d. s. y. m. a. d. 2018. Temperatura Ambiental, OSMAN

Barret, B. S. 2013. "Variability of precipitation and temperature in Guanajuato, México." *Atmósfera* 26: 521-536.

CONACULTA 2010. Guanajuato, tras las huellas de los insurgentes. El destino del mes de septiembre

Endfield, G. H. 2007. "Archival explorations of climate variability and social vulnerability in colonial México..." *Climatic Change* 83: 9-38.

Fernández, J. L. 2016. Temperatura. FisicaLab

González, E. 2019. Guanajuato aumenta 10 grados Celsius a su promedio de temperatura. Notus Noticias. Guanajuato

INECC 2018. ¿Qué es el clima? INECC. INECC

IPCC 2007. "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." Cambridge University Press 1.

J. G. Ceron Breton, R. M. C. B., A. A. Espinoza Guzman 2019. "Trace metal content and health risk assessment of PM10 in an urban environment of León, Mexico." *Atmosphere* 10.

Jorge Herrera Murillo, A. C. R., Felipe Angeles Garcia, Salvador Blanco Jimenez, Beatriz Cárdenas, Akira Mizohata 2011. "Composición química

de PM 2.5 partículas en Salamanca, Guanajuato, México: distribución de la fuente con modelos de receptor." Atmospheric Research 107: 31-41.

L. G. Matías Ramírez, O. O. O. 2007. "Análisis de las principales causas de las inundaciones de septiembre de 2003 en el sur de Guanajuato, México." Investigaciones geográficas 64.

López, F. 2017. Temperatura ambiente y cadena de frío. ASINFARMA

M. Garcia, H. U., H. Ramirez 2014. "Comportamiento de los vientos dominantes y su influencia en la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México." Revista iberoamericana de Ciencias 1: 97-116.

meteorológica, C. y. t. 2019. ¿estación meteorológica? Meteocultura

Negrete, L. 2018. Se desborda la Presa de la Olla y causa inundaciones en Guanajuato. Excelsior. Guanajuato

Obed Noe Samano Abonce, A. Y. V., Francisco Javier Montecillo Puente, Marcos Villaseñor Aguilar 2016. "Análisis meteorológico temporal en Salvatierra Guanajuato." Revista del desarrollo urbano y sustentable 2: 1-14.

PCE 2010. Estación Meteorológica. PCE inst.

Pérez, G. 2017. Precipitación. Ciclo Hidrológico

Portillo, G. 2001. Estación Meteorológica. Meteorología en red

Rebeca Granados, J. S., Moisés Cortina 2017. "Variabilidad de las precipitaciones, agricultura de secano y grado de marginalidad humana en

el norte de Guanajuato, México." Diario de Singapur de Geografía tropical 38.

Research, C. 2018. "Influencia de la temperatura ambiental en las plantas." CANNA 91.

SMAOT 2010. Cambio climático: conceptos básicos. S. d. m. a. y. o. territorial. Guanajuato

televisa, N. 2018. Lluvias en Guanajuato causan inundaciones y afectan viviendas. televisa.news. león, Guanajuato.

UNAM 2015. ¿Que son las estaciones meteorológicas? Red de estaciones meteorológicas de la UNAM

Vázquez, J. 2010. "Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático." INECC.

WWF 2011. Cambiando el cambio climático