



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
PROGRAMA INSTITUCIONAL CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
DE NICARAGUA**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
ESPECIALISTA EN METEOROLOGÍA**

**ANOMALÍAS DE TEMPERATURAS POR MEDIO DE LA PLATAFORMA
GIOVANNI DE LA NASA Y SU CORRELACIÓN CON LAS TEMPERATURAS
DE LAS PRINCIPALES ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE
NICARAGUA, DURANTE EL PERIODO DEL 2016 AL 2020.**

Autores:

**Lic. Rosalba Silva Soza
Ing. Yovanelah Henríquez Jacobo**

Tutor:

MS.c Humberto A. García Montano

Managua, 1 de marzo del 2022

DEDICATORIA

A mi Esposo, por estar conmigo y darme su apoyo, en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Por darme su voto de confianza creer en mí, animarme en todo momento, por ser mí amigo, mi compañero y mi amor. mi familia y amigos, por su incondicional apoyo y confianza que ha perdurado a través del tiempo, por ese cariño desmedido que me han dado y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, tanto en lo personal como en lo profesional y ser un ejemplo para seguir en un futuro.

Rosalba Silva S

Esta oportunidad de la Especialidad llamada Meteorología se la dedico en primer lugar a Dios Todo Poderoso por haberme dado la sabiduría necesaria para culminar con el estudio. A mi querida madre por apoyarme siempre en mis estudios y a mis hijas por darme la fuerza de seguir luchando en esta vida.

Yovanelah Henríquez Jacobo

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las bendiciones recibidas que me envía día a día, por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar mis proyectos de vida y por hacer posible la realización de este trabajo.

A mi esposo, porque han sido la paz en medio de mis tormentas, por todos los aportes que han dado a lo largo de mi vida, por permanecer a mi lado siempre sin importar lo difícil que sean las situaciones. A mis familiares y amistades, que me dieron su apoyo, que creen en mí para salir adelante con todos los obstáculos que me son presentados en la vida.

Al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), por darme la oportunidad de continuar y contribuir con mi crecimiento profesional.

Rosalba Silva S

Agradezco al Señor Jesucristo por haberme dado la fuerza necesaria para finalizar con la Especialidad. Agradezco a Gobierno Regional Autónomo Costa Caribe Norte por haberme dado la confianza de participar en este estudio y a los docentes de AEMET-UNI por habernos compartido de sus amplios conocimientos y a la Universidad Nacional de Ingeniería por formar profesionales en el campo de la Meteorología.

Yovanelah Henríquez Jacobo

RESUMEN

El presente estudio comprende dos partes, la primera se trata de un análisis de las anomalías de temperatura, sus tendencias estadísticamente sobre datos diarios y mensuales, y la segunda su correlación con la anomalía de temperatura usando la plataforma Giovanni de la NASA sobre datos diarios y mensuales. Para ello, se recolectó y analizó los registros de temperaturas medias y máximas de las principales estaciones meteorológicas de Nicaragua durante el periodo del 2016 al 2020. A dichos registros se le determinó primeramente el promedio de temperatura de cada estación principal anual, y se obtuvo con ello el promedio total representativo para el territorio nicaragüense y a fin de obtener la anomalía de la temperatura mensual y anual. La anomalía de temperatura se estudió en función del tiempo y se encontró que, durante el mes de febrero comienza a incrementar la anomalía de temperatura y alcanza su valor más alto en el mes de abril, lo que coincide particularmente con el mes que ocurre la fase de transición de la estación seca a la lluviosa. Posteriormente, se procedió a correlacionar las anomalías de temperaturas por medio de la plataforma Giovanni de la NASA con las anomalías de las temperaturas medias y máximas, durante ese mismo periodo. Los resultados encontrados muestran que eventos cálidos (fríos) se relacionan con temporadas secas y de lluvias. Estas relaciones pueden ser útiles en predicción climática, y particularmente al evento asociado al ENOS antecede a la precipitación o la temperatura.

Palabras clave: Temperaturas medias, Temperatura máxima, Anomalía de temperatura, Predicción climática, NASA, ENOS.

ABSTRACT

The present study comprises two parts, the first is an analysis of temperature anomalies, their statistical trends on daily and monthly data, and the second is their correlation with the temperature anomaly using NASA's Giovanni platform on daily and monthly data. monthly. For this, the records of average and maximum temperatures of the main meteorological stations in Nicaragua were collected and analyzed during the period from 2016 to 2020. The average temperature of each main annual station was first determined from these records, and it was obtained with This is the total representative average for the Nicaraguan territory and in order to obtain the anomaly of the monthly and annual temperature. The temperature anomaly was studied as a function of time and it was found that, during the month of February, the temperature anomaly begins to increase and reaches its highest value in the month of April, which coincides particularly with the month in which the phase occurs. transition from the dry to the rainy season. Subsequently, the temperature anomalies were correlated by means of the NASA Giovanni platform with the anomalies of the average and maximum temperatures, during that same period. The results found show that warm (cold) events are related to dry and rainy seasons. These relationships can be useful in climate prediction, and particularly the event associated with ENSO precedes precipitation or temperature.

Keywords: Average temperatures, Maximum temperature, Temperature anomaly, Climate prediction, NASA, ENSO.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN	3
INDICE DE TABLAS.....	6
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE ANEXOS	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Antecedentes.....	9
1.2. Justificación	10
1.3. Objetivos.....	11
1.3.1. Objetivo General.....	11
1.3.2. Objetivos Específicos	11
II. METODOLOGÍA / MATERIALES Y METODOS	12
2.1. Diseño y tipo de estudio de la investigación.....	12
2.2. Área de estudio	12
2.3. Recolección de datos de las estaciones meteorológicas principales y de la plataforma Giovanni	14
2.3.1. Análisis de los datos de las estaciones meteorológicas principales.....	15
2.3.2. Plataforma de Giovanni	15
2.4. Marco Teórico.....	16
2.4.1. Calculo al nivel de las estaciones de los índices que se necesitan, para elaborar los seis productos nacionales de vigilancia del clima	17
2.4.2. Plataforma Giovanni de la NASA	18
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1. Anomalías de las estaciones meteorológicas principales.....	19
3.1.1. Cálculo de anomalías de las temperaturas medias de las 16 estaciones meteorológicas.....	19
3.1.2. Cálculo de anomalías de las temperaturas máximas de las 16 estaciones meteorológicas.....	22
3.2. Determinación de anomalías por medio de la plataforma Geovanni de la NASA	26
3.2.1. Cálculos de las Anomalía de temperatura media diarias de ola de calor .	26

3.2.2. Cálculos de la serie de tiempo por área de la Anomalía de temperatura media en diarias de ola de calor.....	30
3.3. Discusiones	32
3.3.1. Anomalías de las principales estaciones meteorológicas	32
3.3.2. Correlación de las estaciones meteorológicas principales y la Geovanni de la NASA 2016-2020	35
IV. CONCLUSIONES.....	36
V. REFERENCIAS	37

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Estaciones Meteorológicas con sus coordenadas, altitud, Departamentos y Municipios (Red Meteorológica del INETER-Dirección de Meteorología)</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2. Anomalías para las temperaturas medias del mes de enero del año 2016.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3. Anomalía de temperatura media por mes para el año 2016.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4. Anomalías para las temperaturas máximas del mes de enero del año 2016... </i>	<i>23</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de clasificación climática según Köppen. Fuente: Dirección de Meteorología-INETER. Managua, Nicaragua 2005.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Gráficos de Anomalías promedio de la temperatura media por año entre el 2016 y 2020</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Gráficos de Anomalías promedios de temperatura media periodo del año 2016 al 2020</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Gráfico de comparación de las anomalías promedios de temperaturas media de los años 2016 - 2020.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5. Gráfico de anomalías promedio de temperatura máxima año 2016 (a), 2017 (b), 2019 (c), 2020 (d) y 2018 (e) en °C</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6. Gráfico de anomalías promedios de temperaturas máximas año 2016 - 2020 en °C</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7. Gráfico de comparación de las anomalías promedios de temperaturas máximas de los años 2016 - 2020 (°C).....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2017 (a) y (b) (a. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2019 (Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2020 (Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA.....</i>	<i>29</i>

Figura 12. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016 – 2020 (Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA 30

Figura 13. Gráficos de serie de tiempo de las anomalías medias de temperaturas promedios diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016 a 2020 en k. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1), Plataforma Geovanni/NASA 31

Figura 14. Gráficos de serie de tiempo de las anomalías medias de temperaturas promedios diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016 a 2020 en k. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1), Plataforma Geovanni/NASA 32

INDICE DE ANEXOS

I. INTRODUCCIÓN

Una de las señales más obvias del cambio climático es el aumento de la temperatura media mundial durante las últimas décadas. La comparación de la temperatura promedio de la tierra, el océano o la tierra y el océano combinado para cualquier mes o período de varios meses con la temperatura promedio para el mismo período durante el siglo XX muestra si las condiciones son más cálidas o frías que en el pasado.

En un comunicado de prensa publicado por la OMM, detalla que: “Los años 2015, 2016, 2017 y 2018 han sido confirmados como los cuatro más cálidos jamás registrados...” (OMM O. M., 6 febrero 2019). En otro comunicado de prensa de la OMM, elaborado por un grupo multidisciplinar, conformado por 40 expertos concluyeron que:

El año 2020 fue uno de los tres años más cálidos jamás registrados en América Central y el Caribe, y el segundo más cálido del que se tiene constancia en América del Sur, al alcanzarse temperaturas que superaron en 1,0 °C, 0,8 °C y 0,6 °C el promedio a largo plazo del período climatológico de referencia de 1981-2010, respectivamente. (Organización Meteorológica Mundial, 2017)

Por lo tanto, las variaciones en el aumento de temperatura principalmente, es una de las variables del Cambio Climático, el cual “también se manifiesta con prolongadas precipitaciones, períodos largos de sequía, cambio de dirección de los vientos, deshielo en los polos, cambios en las migraciones de los animales, tormentas, ciclones, maremotos y aumento del nivel del mar” (Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 2016).

Para estudiar las anomalías de temperaturas a nivel mundial, se realizó la recolección de datos que provienen de estaciones meteorológicas manuales y automatizadas. Los datos de calidad verificada pasan a formar parte del conjunto de datos de la Red Global de Climatología Histórica Mensual (GHCN-M)¹ y del Conjunto de Datos de la Atmósfera Oceánica Integral Internacional (ICOADS)².

Entonces, a partir de estos recursos, se creó un conjunto de datos de anomalías de la temperatura terrestre y oceánica combinados. Los conjuntos de datos terrestres y oceánicos combinados de Reynolds y Smith (Reynolds & Smith, 1994), se utilizan para producir la serie temporal global. Las anomalías de la temperatura promedio mensual se trazan en una cuadrícula en las superficies terrestres y oceánicas; luego se crea una anomalía de temperatura global promedio a partir de la cuadrícula completa.

La temperatura depende de diversos factores, por ejemplo, la inclinación de los rayos solares, el tipo de sustratos (la roca absorbe energía, el hielo la refleja), la dirección y fuerza del viento, la latitud, la altura sobre el nivel del mar y la proximidad de masas de agua.

¹ <https://mappinggis.com/2015/05/global-climate-monitor-descarga-de-datos-climaticos/>

² <https://icoads.noaa.gov/>

La anomalía de la temperatura media es una medida del calor o el frío general con respecto a unas condiciones normales, se trata de una medida estándar utilizada para vigilar el cambio climático, que se usa de manera generalizada en los informes de vigilancia. La anomalía de la temperatura media mundial, que es una suma de las anomalías de las temperaturas locales y regionales, es uno de los índices más usados y reconocibles de la ciencia del clima según la OMM.

En la presente investigación se pretende determinar las Anomalías de Temperaturas obtenidas de los satélites de la base de datos de la plataforma Giovanni de la NASA y correlacionarlas con la anomalía calculadas de los datos reales de las 16 estaciones meteorológicas ubicadas en las distintas regiones de Nicaragua, durante el comprendido del 2016 al 2020.

1.1. Antecedentes

En los últimos años, se ha observado un incremento en la temperatura a nivel mundial, teniendo influencia en el cambio climático, como se explica en el boletín climático publicado por Copernicus Climate Bulletin Change Service³ (CCCS, 08 February 2021), en este se señala que se realizó una comparación entre temperaturas medias globales en los últimos 30 años, es decir, estudio de la anomalía de la temperatura del aire en la superficie para enero de 2021 en comparación con el período de referencia de 1991-2020 y el período de referencia 1981-2010, y las diferencias entre los dos.

Los principales aportes de este boletín son:

A escala global, la mayoría de las diferencias entre los dos períodos de referencia son entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $0,5^{\circ}\text{C}$. Solo unas pocas regiones muestran una diferencia negativa mayor, incluidos en algunos meses de una pequeña región en América del Norte y sobre la Antártida. No ha habido investigación sobre si estas señales son una señal climática "verdadera" o si se deben a otros factores. (CCCS, 08 February 2021, pág. 3)

Para el mundo, la diferencia en los valores mensuales oscila entre $0,16^{\circ}\text{C}$ (mayo) y $0,24^{\circ}\text{C}$ (octubre, noviembre) y es de $0,19^{\circ}\text{C}$ para el promedio anual. (CCCS, 08 February 2021, pág. 3)

En Nicaragua, también se ha observado un aumento gradual en la temperatura máxima, tal y como lo plantea Milán (Milan, 2009, pág. 194):

...mientras que 10 estaciones meteorológicas nicaragüenses registraron en los últimos 30 años del pasado siglo incrementos de temperatura entre 0.2 y 1.6 grados, o sea que, debido a condiciones locales, mientras el mundo se calienta dos grados, Nicaragua puede calentarse más...

En el Cuarto Informe de Evaluación del Cambio Climático, expone que “se han observado aumentos en la temperatura de aproximadamente 1°C en Mesoamérica y Sudamérica, y de $0,5^{\circ}\text{C}$ en Brasil” (IPCC, 2019, pág. 62).

³ <https://climate.copernicus.eu/new-decade-reference-period-change-climate-data>

En el informe presentado por la OMM en 2016, se concluye que “El período comprendido entre 2011 y 2015 fue el quinquenio más cálido jamás registrado en todo el mundo... las temperaturas para el período fueron de 0,57 °C (1,03°F) por encima de la media para el período de referencia estándar 1961–1990” (OMM, 2016, pág. 6)

Según Ruiz (Ruiz G., 2021, pág. 205), concluye, que al evaluar el comportamiento de la temperatura entre el periodo del 2009 y 2019 en cuatro de las estaciones meteorológicas de INETER ubicadas en el norte del país, las cuales son Raúl Gonzales (San Isidro), Condega, Ocotal y El Limón (Estelí) determina “que, en los 10 años estudiados, se ha registrado un aumento de 0.6 °C en la temperatura promedio. Esto se registra principalmente para los años 2009, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2019”. Además, destaca que “Nicaragua, en el 2019, fue afectada por una ola de calor, la cual también se registró en todos los países del hemisferio norte. Este evento se dio en el periodo canicular⁴ comprendido entre el 15 de julio al 15 de agosto”.

Es importante señalar, que, en el informe del IPCC publicado en 2019:

Se estima que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C⁵ con respecto a los niveles preindustriales, con un rango probable de 0,8 °C a 1,2 °C. Es probable que el calentamiento global llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052 si continúa aumentando al ritmo actual. (IPCC, 2019, pág. 6).

Desde el siglo pasado, se ha planteado que el Cambio Climático es un problema global, lo que ocasionado modificaciones en el clima y su origen se deben principalmente a causas antropogénicas, en donde la variable de la temperatura es una de las principales que ha sufrido estas variaciones, generalmente con aumentado su valor. Por la ubicación geográfica de nuestro país, es también afectado y vulnerable al cambio climático y sus consecuencias, entre ellas “pocas o muchas lluvias, altas temperaturas” (Betanco P & Zúniga, 2016, pág. 181).

1.2. Justificación

En la lucha contra el cambio climático que ocurre a nivel mundial, organizaciones como la OMM (Organización Meteorológica Mundial) y el IPCC (El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), así como, también de investigadores individuales han realizado informes sobre el incremento en la temperatura y cálculos de anomalías de temperaturas positivas y negativas basados en datos tanto satelitales como en tiempo real. Y unas de sus conclusiones, es que, debido al calentamiento global, los indicadores de temperatura máxima y mínima muestran que los días y las noches se han tornado más calientes.

⁴ El período canicular está referido a una época seca con durabilidad de 1 mes durante el período lluvioso para el caso de países tropicales.

⁵ El nivel actual de calentamiento global se define como el calentamiento promedio de un período de 30 años en el que se toma como referencia el año 2017, en el supuesto de que continúe el ritmo actual de calentamiento

En países tropicales, particularmente, la temperatura máxima tiene una tendencia general al aumento, lo que quiere decir que los días son más calientes. Milán (Milan, 2009, pág. 38), destaca que el parámetro de la temperatura “es una variable básica para establecer las clasificaciones climáticas a cualquier escala”. Es entonces, que este aumento en la temperatura máxima ha ocasionado impacto tanto en población como en el medio ambiente.

Por tal razón que el objeto de estudio del presente trabajo pretende determinar la Anomalía de la temperaturas máxima y media. Para conocer este incremento en Nicaragua, se plantea una correlación entre los datos reales de las 16 estaciones meteorológicas principales, ubicadas estratégicamente en las diversas regiones del país y que caracterizan su climatología, de tal forma que se obtendrá un valor de la anomalía de temperatura total para todo el territorio nacional y los datos de temperaturas de la plataforma de Giovanni de la NASA. Por tanto, al realizar estos cálculos de las anomalías de la temperatura, permitirá conocer su comportamiento mensual y anual.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar las anomalías de temperaturas por medio de la plataforma Giovanni de la NASA y su correlación con las temperaturas en las estaciones meteorológicas principales de Nicaragua, durante el periodo del 2016 al 2020.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las anomalías de temperaturas por medio de la plataforma Giovanni de la NASA.
- Determinar las anomalías de temperaturas de datos reales en las estaciones meteorológicas principales de Nicaragua.
- Analizar y correlacionar las anomalías de temperaturas obtenidas de la plataforma Giovanni con los datos reales en las estaciones meteorológicas principales de Nicaragua.
- Describir los efectos provocadas por las anomalías hidrometeorológicas de temperatura en el Cambio Climático en Nicaragua.

II. METODOLOGÍA / MATERIALES Y METODOS

2.1. Diseño y tipo de estudio de la investigación

El diseño de la investigación es cuantitativo, según Hernández, Fernández y Baptista (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Es de tipo descriptivo porque interpreta y explica la ocurrencia de un fenómeno por medio de los conocimientos adquiridos (Vargas, 2009, pág. 159). Además, porque se describirán variables por medio de mediciones, tal y como se presentan al momento de su observación, es decir, en su ambiente natural, lo que indica que el estudio es también observacional (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 80)

También, tiene un enfoque cuantitativo porque se emplea la información cuantificable, además, se busca relaciones causales que supongan una explicación del objeto de investigación, midiendo la influencia de una variable en un fenómeno observacional (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 4). Finalmente tiene una dimensión transversal, porque se recolecta datos en un solo periodo o momento, en un tiempo único, y su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 154).

2.2. Área de estudio

Nicaragua está ubicada en América Central, se extiende entre las latitudes 10° 45' y 15° 15' Norte y las longitudes 83° 00' y 88° 00' Oeste. El área total del territorio es de 130,374 km², correspondiendo 120,340 km² a tierra firme y 10,034 km² a lagos y lagunas costeras. Se seleccionó las 16 estaciones meteorológicas principales de la red nacional que administra el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), estas se encuentran ubicadas y distribuidas en las distintas regiones del país (Tabla 1).

- Región del Pacífico: Chinandega, Corinto, León, Managua, Masatepe, Nandaime y Rivas.
- Región Norte: Ocotol, Condega, Jinotega y San Isidro.
- Región Central: Muy Muy, Juigalpa y San Carlos.
- Regiones Autónomas del Caribe: Puerto Cabezas y Bluefields.

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas con sus coordenadas, altitud, Departamentos y Municipios (Red Meteorológica del INETER-Dirección de Meteorología)

CODIGO	NOMBRE	LAT	LON	ALT (m)	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
64034	Corinto	12.5167	-87.2	5	Corinto	Chinandega
64018	Chinandega	12.6333	-87.1333	60	Chinandega	Chinandega
64043	León	12.4267	-86.9133	60	León	León
69027	Aeropuerto Internacional Managua	12.1433	-86.1636	56	Managua	Managua

69129	Masatepe (Campos Azules)	11.8997	-86.1497	470	Masatepe	Masaya
69033	Ing. Javier Guerra (Nandaime)	11.7217	-86.0467	95	Nandaime	Granada
69070	Rivas	11.435	-85.8333	70	Rivas	Rivas
45050	Condega	13.3394	-86.3853	560	Condega	Estelí
55020	Jinotega	13.085	-85.9967	1032	Jinotega	Jinotega
45017	Ocotol	13.625	-86.4767	612	Ocotol	Nueva Segovia
69132	Raúl González (San Isidro)	12.9133	-86.1917	480	San Isidro	Matagalpa
55027	Muy Muy	12.7633	-85.6267	320	Muy Muy	Matagalpa
69034	Juigalpa	12.1	-85.3667	90	Juigalpa	Chontales
69090	San Carlos	11.1417	-84.7661	40	San Carlos	Río San Juan
47002	Puerto Cabezas	14.0467	-83.375	20	Puerto Cabezas	Región Caribe Norte
61006	Bluefields	11.9889	-83.7764	20	Bluefields	Región Caribe Sur

- Clima

De acuerdo con la Clasificación de Köppen, (1884)⁶, se presentan cuatro tipos de clima (Figura 1). El clima tropical de pluviselva es representativo del extremo sudeste de las Regiones Autónomas del Caribe, con precipitaciones medias anuales superiores a 4000 mm y temperaturas medias entre 25° y 29°C. El clima monzónico de selva se presenta en la llanura del Caribe, con un período lluvioso de 9 a 10 meses (2,000 a 3,000 mm anuales) y la temperatura media anual es de 27°C.

En la Región del Pacífico predomina el clima tropical de sabana, con una estación relativamente seca de 6 meses de duración (noviembre – abril) y otra lluviosa de igual extensión (mayo–octubre). La precipitación anual varía entre 700 y 2,000 mm y la temperatura media entre 25°C en las partes más elevadas y 29°C en las llanuras y costas.

El clima subtropical de montaña es representativo de las Regiones Norte y Central, en lugares situados a más de 1,000 m.s.n.m. La temperatura media oscila entre 10° y 25°C y la precipitación es mayor a 1,000 y menor a 2,000 mm. (PNUD-NIC/98/G31-MARENA, 2001, pág. 1)

⁶ Clasificación climática Köppen (1884).

<https://webserver2.ineter.gob.ni/mapas/Nicaragua/clima/atlas/index.html>

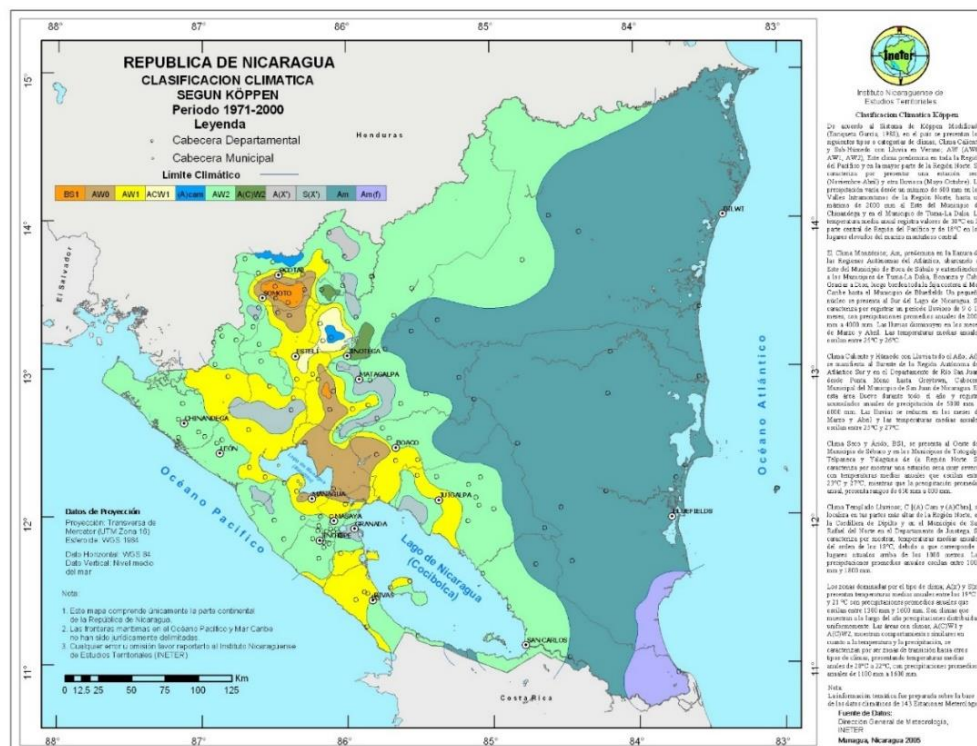


Figura 1. Mapa de clasificación climática según Köppen⁷. Fuente: Dirección de Meteorología-INETER. Managua, Nicaragua 2005.

2.3. Recolección de datos de las estaciones meteorológicas principales y de la plataforma Giovanni

En este trabajo, el análisis se realizó usando los registros diarios y mensuales de temperatura máxima y media, ambas proporcionadas por el INETER, la ubicación de las estaciones meteorológicas, se detallan en la Tabla 1. Para su procesamiento y gráficos de las anomalías de temperaturas en empleo el formato Excel. Se describirá el comportamiento de las altas temperaturas que se han incrementado de forma significativa en este último quinquenio del 2016 al 2020, y como se incrementa principalmente durante los primeros meses del año.

La plataforma Giovanni es una aplicación web que proporciona una forma sencilla e intuitiva de visualizar, analizar y acceder a datos de teledetección de ciencias de la Tierra, en particular de satélites, sin tener que descargar los datos. Giovanni admite una variedad de visualizaciones, incluido el mapa de tiempo promedio, la serie de tiempo promedio de área, el diagrama de dispersión, la serie de tiempo de diferencia, el mapa de acumulación y el mapa de superposición de tiempo promedio.

Esta plataforma incluye datos de aerosoles, química atmosférica, temperatura y humedad atmosféricas y precipitaciones. Giovanni también incluye resultados de

7

https://webserver2.ineter.gob.ni/mapas/Nicaragua/clima/atlas/Clasificacion%20Climatica/Clasificacion_Climatica_Koppen.jpg

modelos de asimilación que cubren una gran cantidad de parámetros atmosféricos, de la superficie terrestre y oceanográficos. Se utilizará este el servidor Giovanni (Beaudoing & Rodell, s.f.) de la NASA; para examinar los datos satelitales con una resolución espacial reducida a la zona de Nicaragua. Giovanni tiene una serie de datos de:

- Temperatura de superficie
- Temperatura atmosférica, entre otros

Los datos en Giovanni están agrupados por temas, teniendo varios sets de datos por categoría, a través de la creación de una Mapa generado en esta plataforma, que mostrará las anomalías de temperaturas para Nicaragua; y serán correlacionadas con las anomalías de temperaturas en tiempo real con los datos satelitales de este servidor, que nos permitirá conocer el margen de diferencia o similitud importante entre estas anomalías en base a estas dos fuentes diferentes.

Por lo tanto, la investigación se determinará la escala de tiempo por año, en la banda de latitud (hemisférica) de las diferentes regiones de Nicaragua y mostrar la línea de tendencia de la variable climática de la temperatura superficial del aire con una resolución (es) temporal (es).

2.3.1. Análisis de los datos de las estaciones meteorológicas principales

Este trabajo se enfoca en realizar un análisis estadístico de tendencias de aumento o disminución relacionados con los cambios de la temperatura en el área de estudio, con el fin de proporcionar respuestas fiables ya sean de evidencia de incremento o incremento negativo, que puedan ser una guía para futuros trabajos de investigación. Además, de analizar el comportamiento de eventos extremos como son días de mucho calor por ejemplos, tomando como base a los datos de temperaturas máximas y media proporcionados por INETER y posteriormente analizándolos bajo los parámetros recomendados, por la OMM (Organización Meteorológica Mundial, 2017).

2.3.2. Plataforma de Giovanni

Se utilizará la base de datos que proveen los satélites de observación de la Tierra Aura con él que cuenta la National Asms Syuwtetgrg Aaspeoesra (NASA) por medio de la plataforma Giovanni. En esta sección se procederá a trabajar con mapas y con gráficos de serie de tiempo de anomalías generados para la plataforma de la siguiente manera:

- Generación de mapas.

En la parte superior de la interfaz en el menú para los distintos tipos de visualizaciones disponibles en Giovanni. La visualización predeterminada es **Mapa promediado en el tiempo** "Time Averaged Map". Selección de la interfaz de intervalo de fechas. Las fechas de inicio y finalización se Seleccionan con calendarios desplegables. Selección de la región de Nicaragua y por último la selección de variables con la interfaz Giovanni.

- Serie de tiempos.

El gráfico de series de tiempo estándar de Giovanni se procederá sobre el área seleccionada de Nicaragua de las mismas con las anomalías generadas en los mapas para cada de tiempo dentro del rango de las estaciones.

2.4. Marco Teórico

Según la OMM (Organización Meteorológica Mundial, 2017, pág. viii); debido al impacto de las distintas y cambiantes condiciones climáticas, se han establecido una variedad de productos para la vigilancia del clima en diferentes escalas espaciales y temporales; los cuales constan de varios productos que cumplen criterios específicos y dan como resultado las condiciones climáticas a escala nacional y en mostrar las condiciones climáticas actuales en comparación con las del pasado.

Es importante destacar que estos productos brindan información relevante y fundamental sobre el estado del clima, su aplicación es a nivel nacional y a la vez que brindan una comprensión sencilla sobre los efectos de la variabilidad del clima y el cambio climático, y su utilidad en los servicios meteorológicos y redes nacionales de vigilancia climática. Además, estas variables numéricas permiten establecer una relación entre los impactos del clima y sus variaciones, ya sean naturales o antrópicos, o bien mixtas.

Es vital, mantener siempre en vigilancia estas variables climáticas, esto permite identificar anomalías a más largo plazo, como la sequía, según se van formando. Asimismo, los productos de vigilancia del clima son útiles para entender las predicciones estacionales, y sirven como punto de partida.

Para resolver las dificultades que plantea esa incoherencia y proporcionar las herramientas que permitan a los países cuyas capacidades están menos desarrolladas aprovechar las ventajas de la vigilancia sistemática nacional del clima, la Comisión de Climatología (CCI) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha elaborado una breve lista de los principales productos nacionales de vigilancia del clima, con una definición clara de los mismos. Estos productos son:

- a. Producto nacional de vigilancia del clima 1: anomalía de la temperatura media
- b. Producto nacional de vigilancia del clima 2: anomalía de la precipitación total
- c. Producto nacional de vigilancia del clima 3: índice normalizado de precipitación
- d. Producto nacional de vigilancia del clima 4: días cálidos
- e. Producto nacional de vigilancia del clima 5: noches frías
- f. Producto nacional de vigilancia del clima 6: récords de temperatura y de precipitación

De los productos citados, la temperatura media es una de las características más utilizadas en los estudios de variabilidad climática (Arango, Dorado, Guzmán, & Ruiz, 2012), por ser un índice significativo en la atmosfera, ya que refleja los procesos de intercambio de calor. A continuación, los criterios de la OMM, para la toma de referencia y la definición de anomalía de temperatura. El término “anomalía” se usa con frecuencia en las presentes directrices. Una anomalía es la desviación de una medición con respecto al promedio del período de referencia.

La anomalía de la temperatura media es una medida del calor o el frío general con respecto a unas condiciones normales. Se trata de una medida estándar utilizada para vigilar el cambio climático, que se usa de manera generalizada en los informes de vigilancia. La anomalía de la temperatura media mundial, que es una suma de las anomalías de las temperaturas locales y regionales, es uno de los índices más usados y reconocibles de la ciencia del clima.

Es importante vigilar la anomalía de la temperatura media a nivel nacional para entender la importancia relativa de la variabilidad interanual y los cambios a más largo plazo causados por las actividades humanas. Aunque, la variabilidad de las anomalías de la temperatura media también cambia de un lugar a otro y, en algunos lugares, de una estación a otra. La OMM da las especificaciones para el cálculo de los productos nacionales de vigilancia del clima.

2.4.1. Cálculo al nivel de las estaciones de los índices que se necesitan, para elaborar los seis productos nacionales de vigilancia del clima

T_{xij} y T_{nij} son las temperaturas diarias máxima y mínima, respectivamente, del día i y el período j , T_{mij} es la temperatura media diaria y la media de T_{xij} y T_{nij} cuando se dispone de ambos valores, y P_{rij} es la cantidad de precipitación diaria en el día i y el período j . Las temperaturas se indican en grados Celsius y los totales de precipitación en milímetros.

Los percentiles se calculan para cada día utilizando una media móvil de cinco días para el período de referencia. Los índices se calculan para cada mes civil y para todo el año. (OMM; 2017, pag.15).

i. *Datos de entrada, resalta que*

Los valores faltantes deberían establecerse en: -99,9.

ii. *Producto nacional de vigilancia del clima 1: anomalías de la temperatura media.*

Para el estudio de la anomalía de la temperatura de la superficie terrestre (en inglés Land Surface Temperatura-LST), se empleará información satelital, y que, desde el punto de vista de este, la superficie es entonces, lo que se observa a través de la atmósfera hacia la tierra. Se empleará la plataforma Giovanni, la cual, cuando descomprime los archivos del periodo requerido, este procesa la información y elabora los respectivos mapas.

Es importante, resaltar que la temperatura superficial de la tierra no es igual que la temperatura del aire, que se incluye en el reporte meteorológico horario y que se mide dentro de una garita a dos metros de altura y protegida de los rayos del sol.

Por otra parte, una anomalía se da cuando las condiciones medidas se salen de las condiciones medias para un lugar particular en un momento dado del año. Los mapas muestran las anomalías de la temperatura superficial durante el día por un mes dado comparado a las condiciones medias durante ese período.

Algunas anomalías de la temperatura superficial de los suelos son fenómenos simplemente al azar del tiempo, no forman parte de un patrón específico o tendencia. Otras anomalías pueden ser más significativas, por ejemplo: anomalías cálidas pequeñas,

desiguales que aparecen en bosques u otros ecosistemas naturales pueden indicar la tala de árboles o daños de insectos.

Muchas zonas urbanas también aparecen como puntos calientes en estos mapas porque las áreas desarrolladas son a menudo más calientes en el día que ecosistemas naturales de alrededor. Las anomalías cálidas que persisten durante muchos años sobre grandes partes del globo pueden ser muestras del calentamiento del planeta. Es decir, dicha anomalía es sensible a la elevación de las temperaturas y más aún en esa última década, como se refuerza en el documento reciente de la (OMM O. M., 17 agosto, 2021).

El estudio de esta variable es para analizar la variación o fluctuación a través del tiempo, y como esta puede evidenciar la presencia o ausencia de Cambio Climático (Burroughs, 2007), (Forero C., Saldarriaga M., & Vargas R., 2017)

2.4.2. Plataforma Giovanni de la NASA

Giovanni es la interfaz web de la NASA (Giovanni NASA, s.f) que provee información de varios satélites para todas las zonas del mundo. Los datos ya están procesados y pueden ser descargados en una escala requerida. Dicha interfaz obtiene su información del satélite AQUA, el cual lleva seis instrumentos de última generación en una órbita terrestre baja casi polar.

Los seis instrumentos son la sonda infrarroja atmosférica (AIRS), la unidad avanzada de sondeo por microondas (AMSU-A), la sonda de humedad para Brasil (HSB), el radiómetro avanzado de barrido de microondas para EOS (AMSR-E), el sensor de imágenes de resolución moderada Espectroradiómetro (MODIS) y las Nubes y el Sistema de Energía Radiante de la Tierra (CERES). Cada uno tiene características y capacidades únicas, y los seis sirven juntos para formar un paquete poderoso para las observaciones de la Tierra.

La misión Aqua es parte del Sistema de Observación de la Tierra (EOS) internacional centrado en la NASA. Aqua se llamaba anteriormente EOS PM, lo que significa su hora de cruce ecuatorial por la tarde. Este sistema transmite datos de alta calidad de cuatro de sus seis instrumentos, AIRS, AMSU, CERES y MODIS. Además, los datos están agrupados por temas, teniendo varios sets de datos por categoría, también muestra las características de tiempo de registro y se puede acceder a una resolución espacial reducida a la zona de estudio deseada. El servidor también permite realizar gráficos de correlación, análisis reales, perfiles verticales y animaciones.

La dirección web del servidor NASA Giovanni es la siguiente:
<http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cálculo de anomalía para datos de temperatura de una sola estación se usan cantidades pequeñas de datos, es posible que no se detecten errores como ocurre cuando se trabaja con múltiples estaciones simultáneamente. Para esto, se requiere la integración de un gran volumen de datos para la detección de anomalías desde ubicaciones de estación

individuales a detectar anomalías a nivel global de un sistema más complejo. Por lo tanto, se necesitan algoritmo con programación distribuida y de alto rendimiento para la correlación e integración de anomalías. Para el cálculo de las anomalías de la temperatura media y máxima de las 16 estaciones, se realizó con un enfoque simples: primero, funcionar los datos de una sola estación, y segundo intercambiar los datos entre estaciones distribuidas en todo el país.

3.1. Anomalías de las estaciones meteorológicas principales

3.1.1. Cálculo de anomalías de las temperaturas medias de las 16 estaciones meteorológicas

A continuación, se presenta como ejemplo la Tabla 1 con los valores registrados de las temperaturas medias de las 16 estaciones para el año 2016. La columna 1, corresponde a las fechas mes y día desde el 1 de enero al 31 de diciembre, la columna 2 a la 16 el código de la estación y los valores de la temperatura máximas y medias.

En la Tabla 1, se presenta las anomalías calculadas para las temperaturas medias de las 16 estaciones del año 2016. La columna 1, corresponde a las fechas mes y día desde el 1 de enero al 31 de diciembre, la columna 2 a la 16 el código de la estación y los valores de las anomalías medias calculadas.

Tabla 2. Anomalías para las temperaturas medias del mes de enero del año 2016

	MES/DÍA	STN_CH T_MEDIA	STN_CR T_MEDIA	STN_LN T_MEDIA	STN_MG T_MEDIA	STN_MS T_MEDIA	STN_ND T_MEDIA	STN_RS T_MEDIA	STN_OC T_MEDIA	STN_CD T_MEDIA	STN_JG T_MEDIA	STN_SI T_MEDIA	STN_MM T_MEDIA	STN_JU T_MEDIA	STN_SC T_MEDIA	STN_PC T_MEDIA	STN_BL T_MEDIA
1	1-ene	2.1	2.6	3.0	1.9	-2.0	1.9	1.9	-2.0	-1.8	-5.3	-0.5	-1.6	1.7	0.4	1.6	1.2
2	2-ene	1.9	1.9	2.2	1.9	-2.3	1.4	1.5	-2.2	-5.7	-1.1	-2.0	1.7	-0.9	0.9	0.6	0.6
3	3-ene	0.3	0.9	1.4	1.0	-2.6	1.2	1.0	-3.1	-2.5	-6.1	-1.5	-2.3	1.0	-0.3	-2.2	-1.5
4	4-ene	0.9	1.0	1.2	1.7	-2.5	1.2	1.2	-2.9	-2.9	-5.8	-0.8	-1.6	0.4	-0.9	-1.2	-0.8
5	5-ene	1.6	2.0	2.9	2.1	-2.0	1.4	1.1	-1.8	-2.1	-5.1	-0.2	-1.7	1.4	-1.0	-0.5	-0.3
6	6-ene	0.6	1.4	2.0	1.4	-2.4	1.2	1.0	-2.8	-3.2	-5.9	-1.3	-2.4	1.1	-1.5	-0.4	0.3
7	7-ene	-0.1	0.9	1.4	1.3	-2.4	0.7	0.6	-2.9	-1.8	-5.0	-1.8	-1.8	1.3	-1.4	-0.2	0.2
8	8-ene	0.0	1.0	0.9	1.7	-2.1	1.0	1.3	-3.2	-2.7	-5.8	-2.1	-1.2	1.5	-0.4	0.7	0.8
9	9-ene	0.4	1.5	0.4	0.8	-2.7	0.3	1.2	-2.6	-2.3	-6.2	-2.5	-1.8	0.9	-0.8	0.4	0.5
10	10-ene	1.1	1.7	1.0	1.6	-2.0	0.9	1.2	-2.2	-1.2	-5.8	-1.7	-1.4	1.1	-0.7	0.1	0.8
11	11-ene	1.4	2.1	1.4	0.8	-2.8	0.5	0.8	-2.2	-1.9	-5.5	-2.6	-2.0	0.6	-1.7	-1.2	0.2
12	12-ene	0.2	1.4	1.7	1.0	-2.6	2.6	0.8	-3.1	-3.3	-5.5	-1.6	-1.9	1.1	-1.8	-0.4	0.1
13	13-ene	0.8	1.3	1.7	1.0	-2.7	0.4	0.5	-2.6	-2.8	-5.1	-2.1	-1.4	1.2	-2.5	-0.1	0.0
14	14-ene	0.4	1.9	1.5	1.4	-2.4	1.2	1.0	-2.6	-2.2	-5.2	-2.6	-1.5	1.3	-1.1	0.3	0.2
15	15-ene	0.2	2.0	1.0	0.8	-2.8	0.7	0.8	-2.6	-2.6	-5.4	-2.3	-1.6	0.8	-1.3	0.4	0.2
16	16-ene	-0.2	0.9	0.5	0.9	-2.7	0.6	0.6	-2.9	-2.7	-5.9	-3.5	-2.0	0.8	-1.3	0.2	-0.6
17	17-ene	0.7	1.5	1.3	1.7	-2.1	1.3	1.2	-2.5	-2.2	-6.1	-1.6	-0.9	1.3	-0.7	1.1	0.1
18	18-ene	2.1	1.9	1.4	1.2	-2.7	0.7	0.8	-1.7	-1.6	-6.1	-0.3	-3.0	0.1	-0.4	-0.8	0.1
19	19-ene	0.8	1.7	1.5	-0.3	-4.2	0.1	0.1	-3.8	-4.0	-8.8	-2.3	-4.0	-1.3	-1.1	-1.7	-0.9
20	20-ene	1.9	2.0	2.1	1.1	-2.5	0.9	0.8	-3.6	-3.5	-7.1	-1.5	-2.4	0.7	-0.9	-0.7	-0.1
21	21-ene	0.9	1.5	2.0	1.7	-2.3	0.9	0.7	-3.9	-3.1	-5.9	-1.5	-1.8	1.3	-0.5	-0.1	-0.5
22	22-ene	0.3	1.2	1.9	1.7	-2.0	1.1	1.3	-2.2	-2.4	-5.1	-1.0	-0.9	1.8	-0.4	0.4	-0.2
23	23-ene	1.5	1.8	2.0	1.8	-2.5	0.5	0.6	-2.9	-2.6	-7.5	-1.1	-2.2	0.2	-2.6	-1.7	-1.7
24	24-ene	0.1	-0.4	0.4	0.2	-4.1	-0.8	-1.3	-5.7	-5.2	-7.7	-2.8	-3.6	-1.1	-3.6	-1.9	-2.0
25	25-ene	0.5	1.2	0.9	0.8	-3.6	0.1	-0.3	-5.3	-4.6	-8.7	-3.1	-3.6	-0.6	-1.7	-2.1	-1.3
26	26-ene	1.8	2.2	2.5	1.9	-2.6	0.9	0.7	-2.8	-2.8	-6.2	-1.6	-1.4	0.9	-1.0	-0.8	-0.1
27	27-ene	0.1	1.3	1.8	1.7	-2.8	0.9	1.0	-2.2	-2.2	-5.4	-2.5	-1.3	1.3	-0.4	0.0	0.4
28	28-ene	0.6	1.3	1.3	1.6	-2.3	0.7	0.9	-2.0	-2.2	-5.5	-1.3	-0.8	1.4	-0.4	0.1	-0.1
29	29-ene	1.9	2.1	2.7	1.2	-2.7	0.8	0.9	-2.3	-2.0	-6.8	-0.6	-2.5	0.4	0.0	-1.3	0.0
30	30-ene	1.5	1.7	2.4	0.9	-2.8	0.8	0.6	-3.3	-2.7	-6.5	-1.1	-2.0	0.4	-0.2	-1.4	-0.7
31	31-ene	0.7	1.6	2.2	1.1	-2.6	0.7	0.8	-2.7	-1.8	-5.5	-2.3	-1.8	1.2	0.0	-0.9	0.1

Para el cálculo de la anomalía, se procedió a obtener la temperatura media promedio por mes y se le resto a cada valor diario por mes. En la Tabla 2, se muestran las anomalías promedias por mes para este año.

Tabla 3. Anomalía de temperatura media por mes para el año 2016

MES	PROME_MENSUAL
ENE	-0.8
FEB	-0.3
MAR	1.5
ABR	2.3
MAY	1.8
JUN	-0.1
JUL	-0.1
AGO	0.3
SEP	-0.3
OCT	-0.8
NOV	-1.3
DIC	-1.4

Con estos datos se procedió a graficar las anomalías promedias de las temperaturas medias para el año 2016 en la Figura 2.

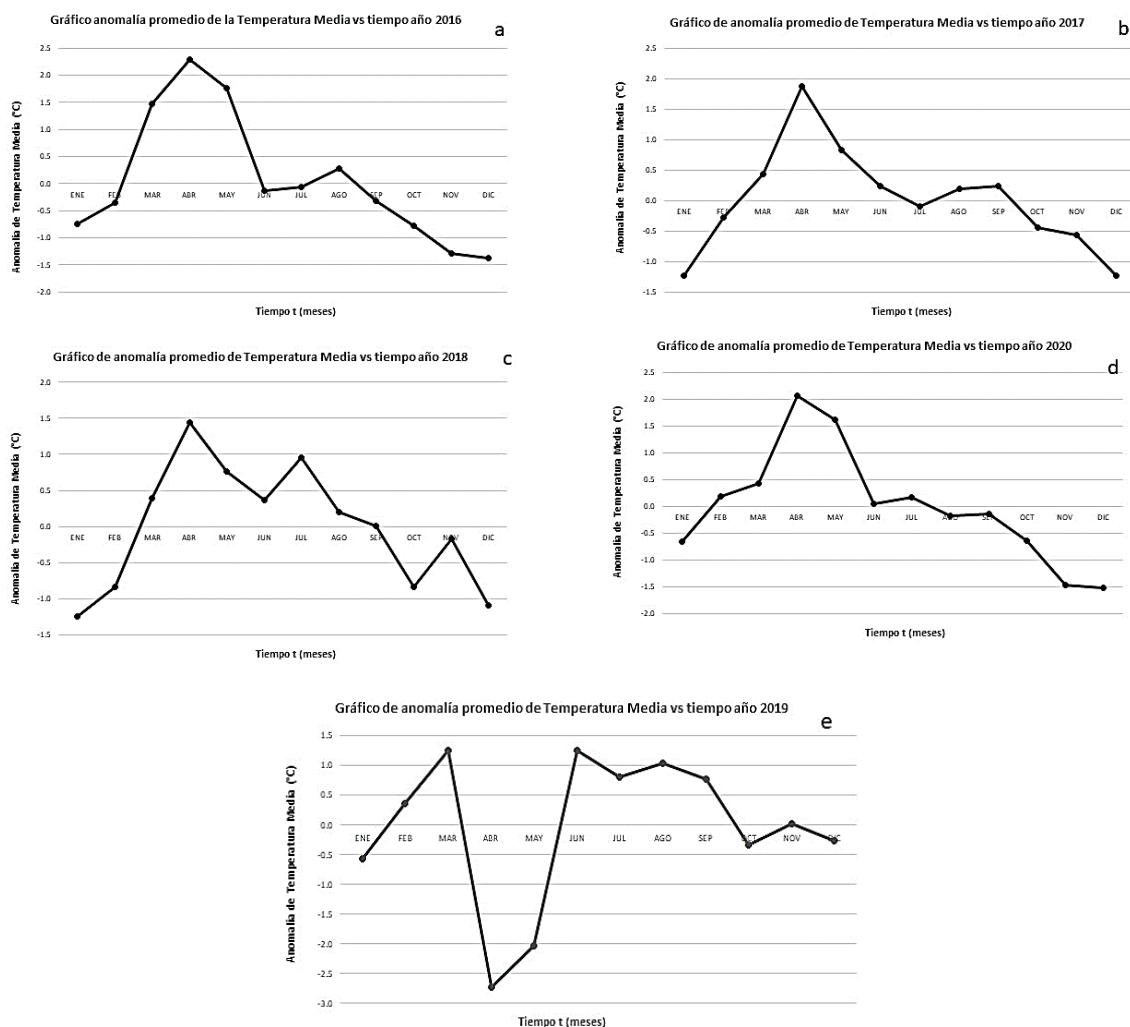


Figura 2. Gráficos de Anomalías promedio de la temperatura media por año entre el 2016 y 2020

En la Figura 2, se muestran los gráficos de las anomalías promedio de las temperaturas medias de las 16 estaciones meteorológicas ubicada en todo el país para los

años 2016 (a), 2017 (b), 2018 (c) y 2020 (d); y 2019 (e). En la Figura 2: podemos visualizar el mes de enero presenta una anomalía pequeña y negativa de -0.8 en (a), y -1.2 en (b) -1.2 en (c), y -0.7 en (d); creciendo en el mes de febrero con una tendencia positiva y presentando el mayor valor para la anomalía de 2.3 en (a), y 1.9 en (b) 1.4 en (c), y 2.1 en (d); en los meses de marzo y abril coincidiendo con la época de mayor calor, intensidad solar, las temperaturas más elevadas y días despejados que ocurren en Nicaragua. Mientras que los meses de mayo y junio, la anomalía de 1.8 y -0.1 en (a), 0.8 y 0.2 en (b), 0.8 y 0.4 en (c), 1.6 y 0.0 en (d); cae significativamente coincidiendo con el comienzo del periodo lluvioso. Sin embargo, vuelve a aumentar en los meses de julio y agosto la anomalía -0.1 y 0.3 en (a), -0.1 y 0.2 en (b), 0.1 y 0.2 en (c), 0.2 y -0.2 en (d); combinándose con el periodo canicular que se establece en este periodo en el país. Entre tanto, entre los meses de septiembre a diciembre las anomalías caen negativamente -0.3 hasta -1.4 en (a), 0.2 y -1.2 en (b), 0.0 y -1.1 en (c), -0.1 y -1.5 en (d); debido al periodo lluvioso y los meses más fríos para el país (invierno astronómico).

Es importante analizar la Figura 2 (e), al igual que en los años 2016 al 2020 presentan anomalías muy parecidas para el mes de enero y de forma creciente en febrero, pero en los meses más calurosos -0.6 y 0.4; so de marzo y abril presenta una anomalía positiva de 1.3 y -2.7; muy pronunciada mucho mayor y deferente a los años en estudio para esta época. Para el mes de mayo y junio la anomalía es de -2.0 a 1.2. Mientras que, para los meses que coinciden con el periodo canicular julio y agosto presenta una anomalía similar 0.8 y 1.0 al año 2018 para esta época; y en los restantes de los meses presenta una anomalía de 0.8 a -0.3 con un comportamiento muy similar a los otros años.

También, con estos datos se procedió a realizar una serie de tiempo para conocer el comportamiento en el tiempo de las anomalías medias de las temperaturas medias para los años 2016 al 2020.

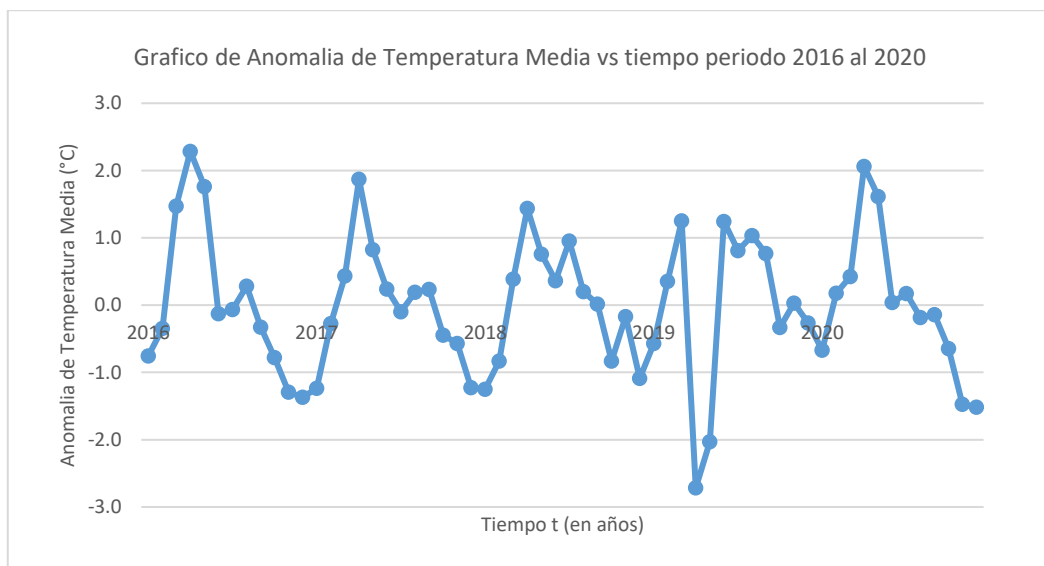


Figura 3. Gráficos de Anomalías promedios de temperatura media periodo del año 2016 al 2020

En la Figura 3, se muestran un gráfico en serie de tiempo de las anomalías promedio de las temperaturas medias de las 16 estaciones meteorológicas ubicada en todo el país desde el año 2016 al 2020. Prácticamente en este gráfico se puede observar el

comportamiento en el tiempo de las anomalías promedios con mucha similitud para el mes de enero presenta una anomalía pequeña, negativa y valores muy parecidos; creciendo de manera positiva para los meses de enero, febrero, marzo y abril, que comprenden la estación seca. Mientras que los meses de mayo y junio, la anomalía cae significativamente coincidiendo con el comienzo del periodo lluvioso. Sin embargo, vuelve a aumentar en los meses de julio y agosto combinándose con el periodo canicular el cual es propio de este periodo en el país. Entre tanto, entre los meses de septiembre a diciembre las anomalías caen negativamente debido al periodo más lluvioso y los meses más fríos para país.

Posteriormente, se presenta en la Figura 4, una comparación entre los diferentes años 2016 al 2020.

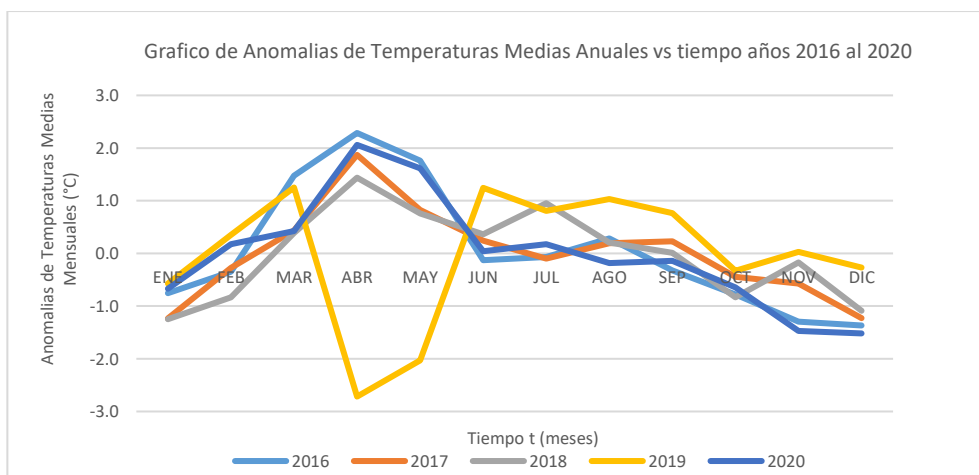


Figura 4. Gráfico de comparación de las anomalías promedios de temperaturas media de los años 2016 - 2020

Claramente se parecía la anomalía promedio del año 2019 con su muy significativa caída para los meses de la época seca específicamente en el mes de abril, no coincide con ese periodo y ni presenta una fase similar con las demás gráficas. Además, presenta una anomalía un poco mayor a los otros años.

3.1.2. Cálculo de anomalías de las temperaturas máximas de las 16 estaciones meteorológicas

En la Tabla 4, se presenta las anomalías calculadas para las temperaturas máximas de las 16 estaciones para el año 2016. La columna 1, corresponde a las fechas mes y día desde el 1 de enero al 31 de diciembre, la columna 2 a la 16 el código de la estación y los valores de las anomalías máximas calculadas.

Tabla 4. Anomalías para las temperaturas máximas del mes de enero del año 2016

MES/DÍA	STN_CH	STN_CR	STN_LN	STN_MG	STN_MS	STN_ND	STN_RS	STN_OC	STN_CD	STN_JG	STN_SI	STN_MM	STN_JU	STN_SC	STN_PC	STN_BL
1-ene	3.6	4.0	3.6	2.3	-3.3	1.4	0.6	-1.4	-1.1	-6.5	0.2	-1.2	1.4	0.4	-1.1	-0.9
2-ene	4.8	3.6	3.6	3.1	-3.2	1.0	0.4	-1.6	-1.1	-5.7	1.1	-1.7	1.4	-0.1	-1.3	-1.3
3-ene	3.8	3.3	4.0	2.4	-3.3	1.2	0.1	-1.4	-1.4	-6.6	0.6	-2.8	0.8	-0.4	-5.1	-3.5
4-ene	3.1	1.4	3.4	2.4	-3.2	0.8	0.0	-0.6	-1.4	-6.6	0.8	-2.2	-0.1	-1.5	-2.3	-1.3
5-ene	4.0	1.0	4.0	3.0	-3.4	1.0	0.1	-1.1	-0.6	-6.5	1.1	-2.2	1.2	-0.5	-1.9	-1.3
6-ene	3.6	1.2	2.8	2.2	-3.7	0.1	0.1	-2.1	-3.4	-7.5	-1.2	-3.4	0.8	-2.6	-1.8	-1.5
7-ene	3.4	0.2	3.0	2.2	-3.3	0.0	-1.0	-0.9	0.8	-4.6	0.6	-1.8	1.8	-2.6	-2.0	-1.3
8-ene	2.6	0.4	2.6	2.5	-2.6	0.4	-0.1	0.4	1.3	-3.6	0.8	-1.4	2.1	-0.2	-1.9	-1.4
9-ene	3.4	1.6	3.0	2.5	-2.4	0.7	-0.3	1.4	3.5	-2.4	0.8	-1.4	3.0	-0.2	-1.6	-1.3
10-ene	3.6	0.2	2.8	2.7	-2.3	1.0	0.0	0.6	-0.4	-5.1	1.9	-0.4	2.0	0.3	-1.9	-1.0
11-ene	2.2	2.1	2.4	1.2	-3.6	-0.1	-1.0	-2.1	-1.6	-6.1	0.0	-2.1	0.8	-0.9	-1.5	-1.0
12-ene	3.6	0.4	2.4	2.0	-3.2	-0.2	-1.2	-1.1	-1.0	-5.5	1.0	-1.9	0.8	-0.4	-1.9	-1.3
13-ene	3.1	0.8	2.5	2.1	-3.2	0.0	-0.7	-1.9	-1.2	-6.5	0.2	-1.1	1.6	-3.6	-1.8	-0.3
14-ene	3.0	2.8	2.4	2.3	-2.7	0.5	-0.7	-1.4	0.6	-5.4	0.1	-0.8	1.8	-0.7	-1.5	-1.4
15-ene	3.7	3.0	3.4	2.3	-2.8	-0.1	-0.7	0.2	0.9	-4.2	1.7	-0.9	2.0	-0.2	-1.4	-1.2
16-ene	3.2	0.8	2.8	2.1	-2.4	0.4	-0.4	-0.1	2.1	-4.6	0.6	-1.0	2.0	0.4	-1.3	-1.5
17-ene	4.0	2.2	4.4	3.2	-1.6	1.0	0.4	0.5	1.0	-5.6	1.1	0.0	3.0	-1.3	-1.3	-1.2
18-ene	3.6	3.0	2.2	0.9	-4.0	0.2	-0.1	-1.4	-1.8	-7.8	-1.0	-4.6	0.2	-0.4	-1.7	-1.0
19-ene	2.6	3.7	2.9	0.7	-5.2	-1.0	-1.1	-2.8	-6.4	-12.2	-3.2	-5.3	-3.2	-1.9	-2.3	-2.0
20-ene	3.0	3.2	3.0	2.5	-3.3	0.1	0.0	-4.9	-2.6	-7.4	0.3	-1.3	0.4	-0.7	-1.5	-1.6
21-ene	5.0	3.4	2.6	2.7	-3.0	0.4	-0.6	-1.1	-1.0	-5.8	-0.2	-1.3	1.6	-0.4	-1.7	-1.0
22-ene	3.2	0.4	2.9	2.4	-2.4	0.5	-0.6	-0.1	0.6	-5.1	2.1	0.2	2.2	0.6	-1.7	-1.5
23-ene	3.4	3.6	3.3	1.7	-3.4	-0.2	-0.1	-3.6	-3.2	-9.1	-0.2	-2.7	-0.2	-3.6	-2.9	-4.6
24-ene	2.9	1.7	2.4	1.8	-4.7	-1.4	-3.3	-3.4	-3.4	-8.3	-0.4	-2.9	-1.4	-4.6	-1.7	-3.4
25-ene	3.0	3.4	1.3	0.6	-4.0	-0.5	-2.1	-5.6	-6.0	-9.9	-2.6	-4.0	-0.6	-2.8	-3.3	-2.0
26-ene	4.5	4.4	3.1	2.8	-2.6	0.4	-0.1	-0.4	-0.1	-5.4	1.2	-1.0	0.9	-0.8	-1.5	-1.1
27-ene	3.9	3.2	2.9	2.6	-2.4	0.7	-0.5	-0.4	0.6	-4.6	1.0	0.2	2.0	0.6	-1.4	-1.0
28-ene	2.4	0.4	3.4	2.7	-2.0	0.8	-0.7	1.6	0.6	-4.6	2.5	0.0	1.8	0.6	-1.1	-0.5
29-ene	3.0	0.8	3.5	1.9	-2.4	1.6	0.4	-3.0	-1.6	-8.5	-0.2	-3.2	1.0	0.6	-1.1	-0.9
30-ene	4.6	2.8	3.5	2.4	-3.1	0.1	-0.6	-2.5	-2.4	-6.5	-0.1	-1.9	0.2	-0.4	-1.0	-1.5
31-ene	3.8	3.2	3.0	2.4	-3.0	0.0	-0.1	-1.1	0.2	-5.5	0.8	-2.2	1.8	0.9	-1.5	-0.8

Con estos datos se procedió a graficar la anomalía de la temperatura máxima versus tiempo del año 2016.

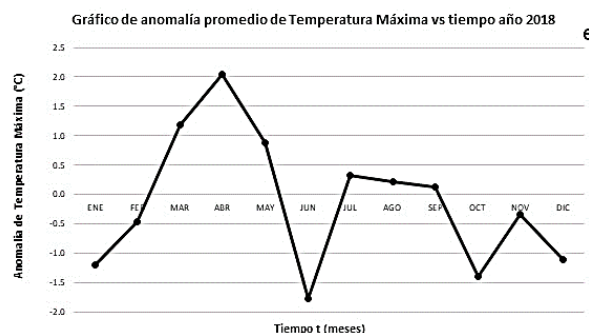
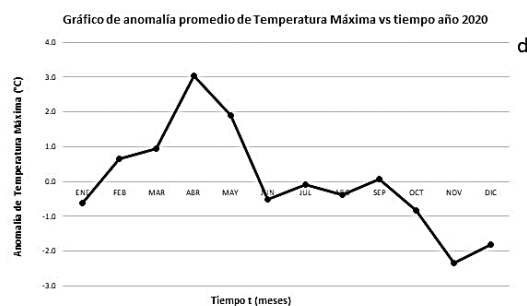
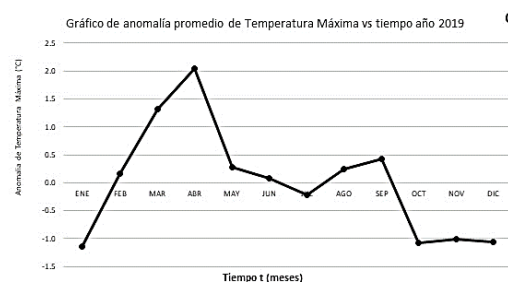
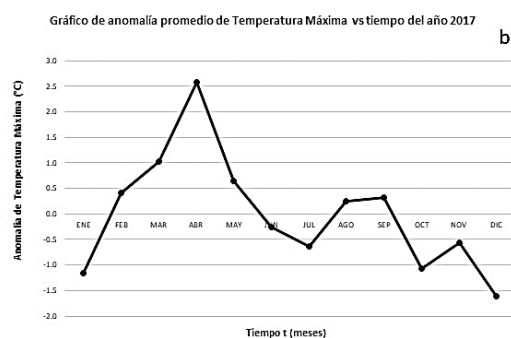
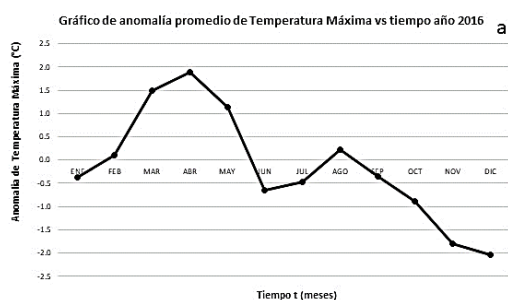


Figura 5. Gráfico de anomalías promedio de temperatura máxima año 2016 (a), 2017 (b), 2019 (c), 2020 (d) y 2018 (e) en °C

En la Figura 5, se muestran los gráficos de las anomalías promedio de las temperaturas máximas de las 16 estaciones meteorológicas ubicada en todo el país para los años 2016 (a), 2017 (b), 2019 (c) y 2020 (d). En la Figura 5: de la misma manera que las anomalías promedias medias con la diferencia que son mayores. Para el mes de enero -0.4 (a), -1.2 en (b), -1.1 en (c), -0.6 en (d); se observa el crecimiento de la anomalía con valores negativa y similares entre los dos años 2016 y 2020. Luego crece en el mes de febrero con una anomalía positiva 0.1 para (a), 0.4 para (b), 0.2 para (c), y 0.7 para (d); y creciendo mayor mucho mayor para los meses de marzo y abril con una anomalía de 1.5 y 1.9 en (a), 1.2 y 2.6 en (b), 1.3 y 2.0 en (c), 1.0 y 3.0 en (d); coincidiendo con la época de mayor intensidad solar, las temperaturas más elevadas y los días con nubosidad casi cero que ocurren en el país. Mientras, como es de esperarse que los meses de mayo y junio, la anomalía cae significativamente en 1.1 y -0.7 en (a), 0.6 y -1.3 en (b), 0.3 y 0.1 en (c), 1.9 y -0.8 en (d); coincidiendo con el comienzo del periodo lluvioso. Sin embargo, vuelve a aumentar en los meses de julio y agosto -0.5 y 0.5 en (a), 0.6 y -0.3 en (b), 0.1 y -0.2 en (c), -0.1 y -0.4 en (d); con valores de combinándose con el periodo canicular que se estable en este periodo en el país. Entre tanto, de los meses de septiembre a diciembre las anomalías caen negativamente con valores de -0.4 y -2.0 en (a), 0.2 y -1.6 en (b), 0.4 y -1.1 en (c), 0.1 y -1.8 en (d); debido al periodo lluvioso y los meses más fríos en el país (invierno astronómico).

Es importante analizar la Figura 5 (e), al igual que los años en 2018 presentan anomalías muy parecida para el mes de enero -1.2 y de forma creciente en febrero con -0.5, aumentando en los meses más caluroso de marzo y abril presenta una anomalía creciente positiva y la mayor con valores 1.2 y 2.0; en todo el año para esta época. Mientras, en los meses de mayo y junio, la anomalía cae de manera negativa no normal con valores de 0.9 a -1.8 para esta época, incluso su valor mucho mayor que los meses más fríos lo cual es inusual para este periodo. Vuelve aumentar para los meses del periodo canicular julio y agosto con anomalía de 0.3 y 0.2, y extendiéndose hasta el mes de septiembre con anomalía de 0.1 algo no muy común en los otros años. Para el mes de octubre con -1.4 no presenta la misma tendencia que los otros años, si no una caída del valor de la anomalía y vuelve a aumentar en noviembre con -0.3, pero cae de nuevo en para el mes de diciembre con -1.1.

También, con estos datos se procedió a realizar una serie de tiempo para conocer el comportamiento en el tiempo de las anomalías medias de las temperaturas medias para los años 2016 al 2020.

Con estos datos se procedió a graficar las anomalías obtenidas de las temperaturas máximas. En la Figura 5, se presentan la serie de tiempo para las anomalías vs tiempo para los años 2016 al 2020.

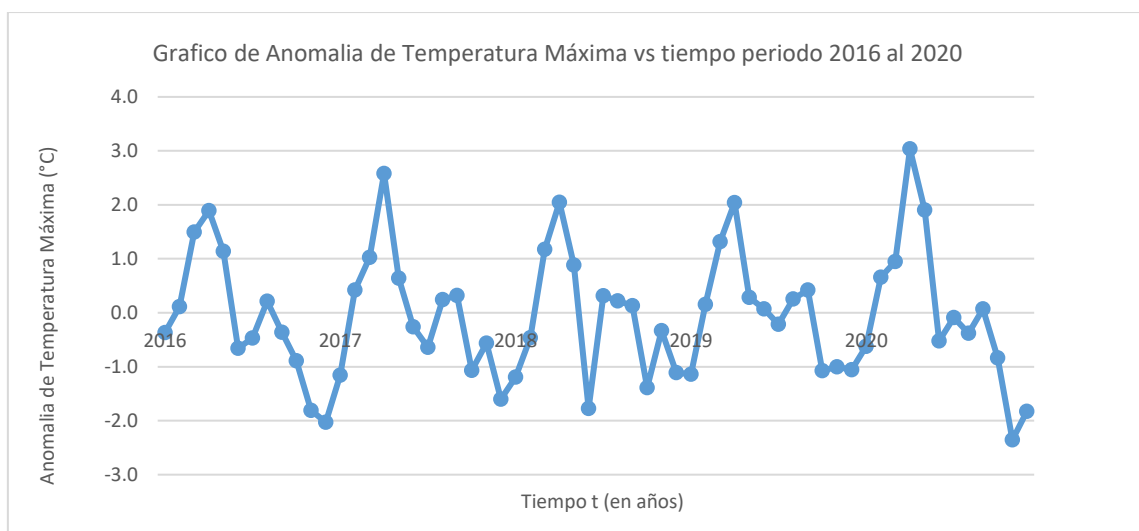


Figura 6. Gráfico de anomalías promedios de temperaturas máximas año 2016 - 2020 en °C

En la Figura 6, se muestran el gráfico en serie de tiempo de las anomalías promedio de las temperaturas máximas de las 16 estaciones meteorológicas ubicada en todo el país desde el año 2016 al 2020. Del grafico se puede observar el comportamiento en el tiempo de las anomalías promedios con un comportamiento similar a las anomalías promedios de la temperatura medias, presentando las máximas para los meses de marzo y abril. Presenta cambios de la caída del valor de la anomalía con la entrada del periodo lluvioso en los meses de mayo y junio, hasta el periodo de la canícula de los meses de julio y agosto; y terminado con una caída de su valor en el mes de mayor lluvia en octubre; y terminando con el valor más negativo de la anomalía.

Posteriormente, se elaboró la Figura 6, para una comparación entre las diferentes anomalías promedio de las temperaturas máximas de los años 2016 al 2020.

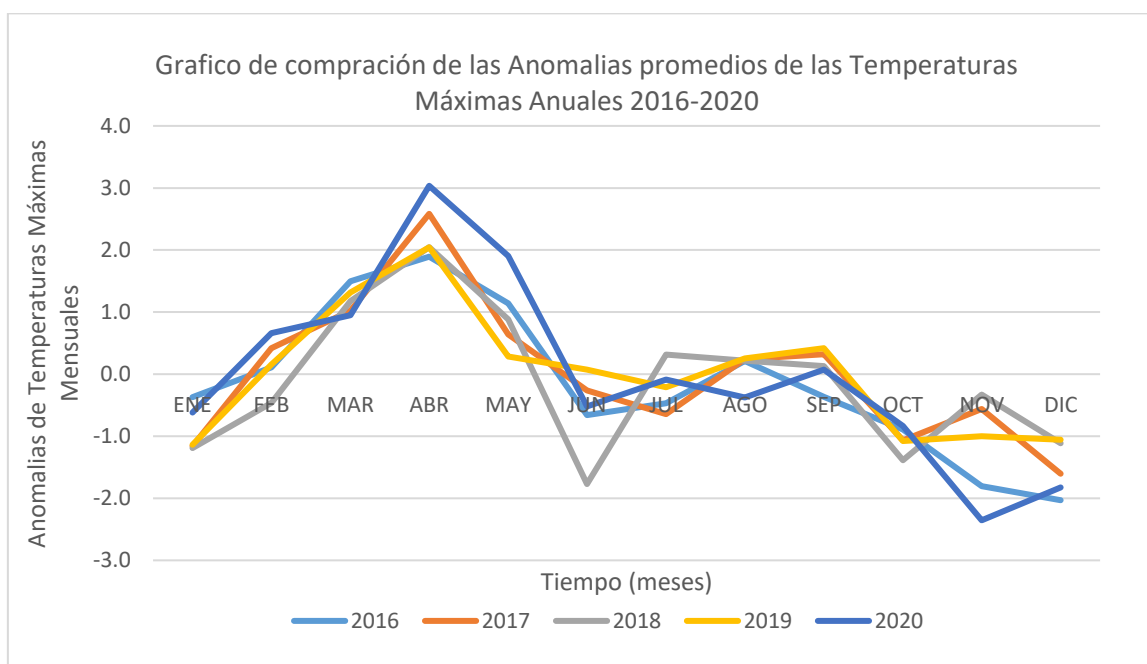


Figura 7. Gráfico de comparación de las anomalías promedios de temperaturas máximas de los años 2016 - 2020 (°C)

En esta Figura 7, podemos observar las similitudes entre las anomalías promedio de los diferentes años. Para los meses de enero y febrero presentan una coincidencia, aumentando positivamente hasta los meses más calurosos. En estos meses de marzo y abril, se aprecia una tendencia al aumento, partiendo del año 2016 (línea azul) aumenta para el año 2017 (línea naranja), pero en el año 2018 (línea marrón) cae, y posteriormente para el año 2019 (línea amarilla) y vuelve a crecer para el 2020 (línea celeste), pero, para este año presenta el valor de la anomalía más grande. Mientras, que para los meses restantes presentan una semejanza, aunque hay que observar la caída de la anomalía en 2018 para el mes de junio, también, se puede observar que para el año 2020 presenta el mayor valor negativo de la anomalía.

3.2. Determinación de anomalías por medio de la plataforma Giovanni de la NASA

Haciendo uso de la plataforma Giovanni de la NASA, se procedió a realizar los mapas promedios en el tiempo y los gráficos de serie de tiempo promediadas para el área de Nicaragua. Es importante mencionar que, debido a que la plataforma no contiene datos para el periodo de estudio 2016-2020 de las anomalías de la temperatura superficial del aire (Anomaly of air temperatura at Surface), se trabajó con la opción anomalía de temperatura media diarias de ola de calor (average temperatura anomaly on heat wave days) para los mapas promedios en el tiempo y los gráficos de serie de tiempo promediadas para el área de nuestro país.

3.2.1. Cálculos de las Anomalía de temperatura media diarias de ola de calor

En el siguiente Figura 8, se presenta el mapa generado para la Anomalía de temperatura media diarias para ola de calor del año 2016, desde el 1 de enero al 31 de diciembre.

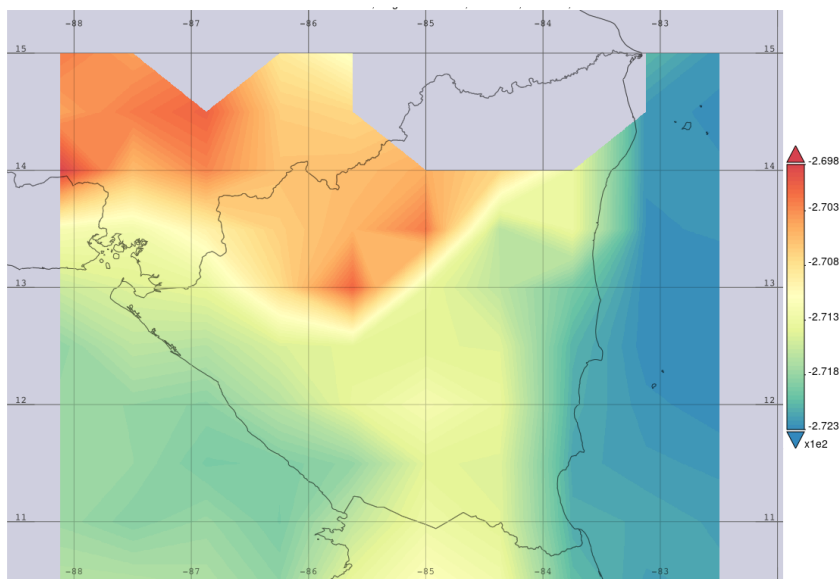


Figura 8. Mapa de promedios de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA

De la Figura 8, se observa el territorio nacional y la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual, el valor más alto de la anomalía se incrementa en su gran mayoría desde las regiones norte hacia el centro y occidente del país para el año 2016. Los valores positivos de la anomalía se registran en la región noroeste y los valores con anomalía negativa comprende la región pacífica con un ligero aumento estableciéndose para los meses más calurosa. Además, en la región central se aprecia una anomalía de 2 °C.

De la misma manera, se realizó la Figura 9, se presenta el mapa generado para la Anomalía de temperatura media diarias para ola de calor del año 2017 (a) y 2018 (b), desde el 1 de enero al 31 de diciembre.

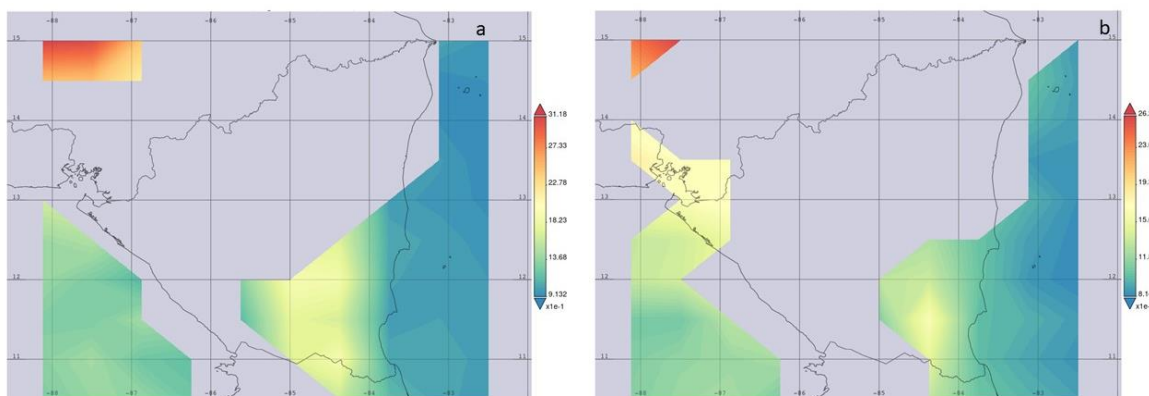


Figura 9. Mapa de promedios de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2017 (a) y 2018 (b) (a. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA

Claramente, se aprecia un problema en la Figura 8. Este problema lo genera la plataforma Giovanni y se hace imposible analizar.

De la misma manera, se realizó la Figura 10, se presenta el mapa generado para la Anomalía de temperatura media diarias para ola de calor del año 2019, desde el 1 de enero al 31 de diciembre.

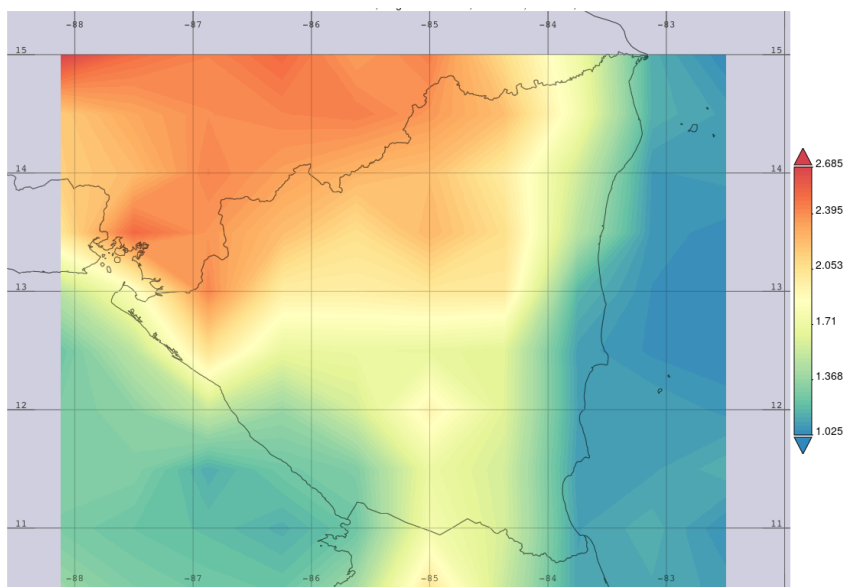


Figura 10. Mapa de promedia de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2019 (Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Giovanni/NASA

De la Figura 10, se observa el territorio nacional y la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual, el valor más alto de la anomalía se incrementa en su gran mayoría desde las regiones norte hacia el centro y occidente del país para el año 2019. Los valores positivos de la anomalía se registran en la región noroeste y los valores con anomalía negativa comprende la región pacífica con un ligero aumento estableciéndose para los meses más calurosa. También, se presenta para este año un establecimiento para en la región al norte de Chinandega.

De la misma manera, se realizó la Figura 11, se presenta el mapa generado para la Anomalía de temperatura media diarias para ola de calor del año 2020, desde el 1 de enero al 31 de diciembre.

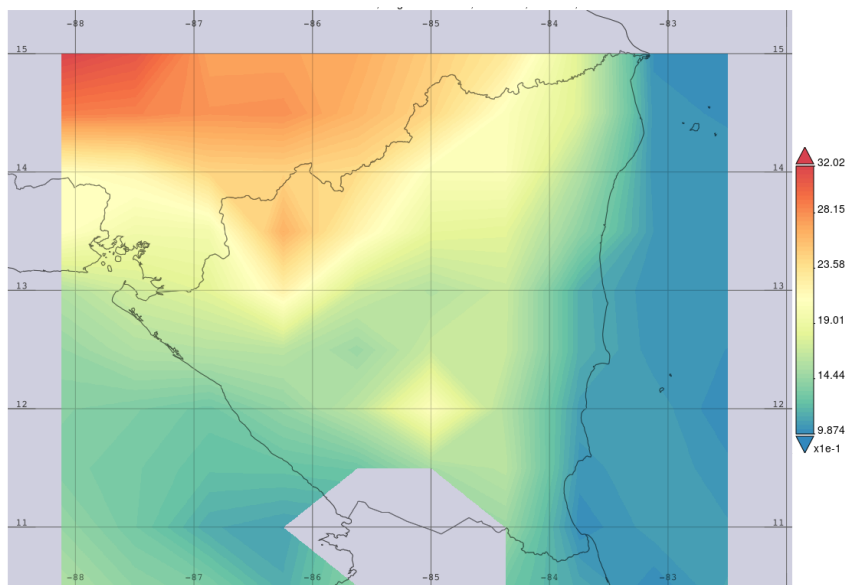


Figura 11. Mapa de promedia de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Período 1 de enero al 31 de diciembre de 2020 (Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Giovanni/NASA

En la Figura 11, se observa el territorio nacional y la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual para el año 2020, el valor más alto de la anomalía 3.20 se incrementa en su gran mayoría desde las regiones norte hacia el centro y occidente del país. Los valores positivos de la anomalía se registran en la región norte y los valores con anomalía negativa comprende la región caribe sur 0.98. Mientras, se establece una anomalía de 2.0 en la región central específicamente entre los lugares los departamentos de Boaco y Chontales.

De la misma manera, se realizó la Figura 12, se presenta el mapa de modelamiento para la Anomalía de temperatura media diarias para ola de calor para los 5 años 2016 – 2020, desde el 1 de enero al 31 de diciembre.

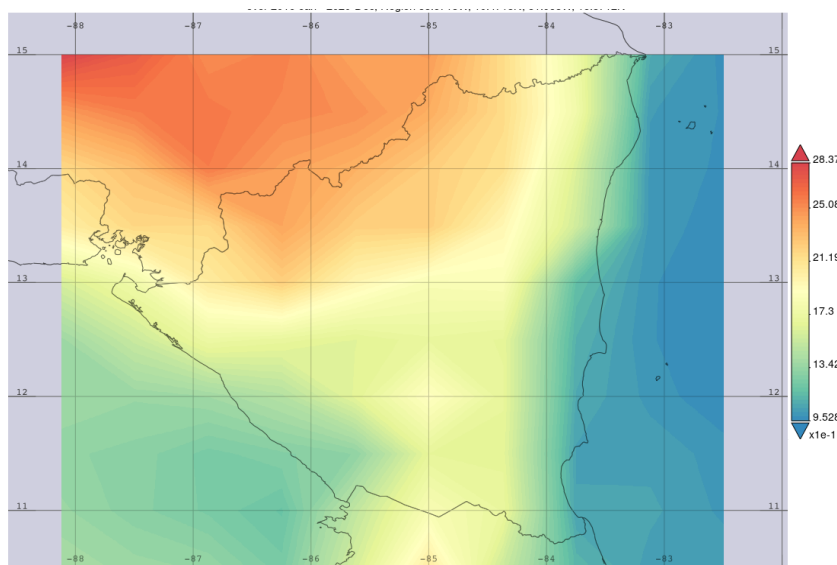


Figura 12. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016 – 2020 (Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1) Plataforma Geovanni/NASA

En la Figura 12, se observa el modelamiento de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual en todo el territorio nacional para los años 2016 – 2020, el valor más alto de la anomalía 2.8 K se incrementa en su gran mayoría en toda la región norte. Mientras que en las regiones de la costa caribe se presentan las anomalías negativas. En la región pacífica una anomalía moderada promedia de 1.5 K, pero, en la región de Chinandega se incrementa a 2.1 K, que en toda la región central del país.

3.2.2. Cálculos de la serie de tiempo por área de la Anomalía de temperatura media en diarias de ola de calor

De igual manera se procedió a realizar los gráficos de la serie de tiempo para la anomalía medias de temperatura media diarias de las olas de calor para los años 2016 a 2020, desde el 1 de enero al 31 de diciembre.

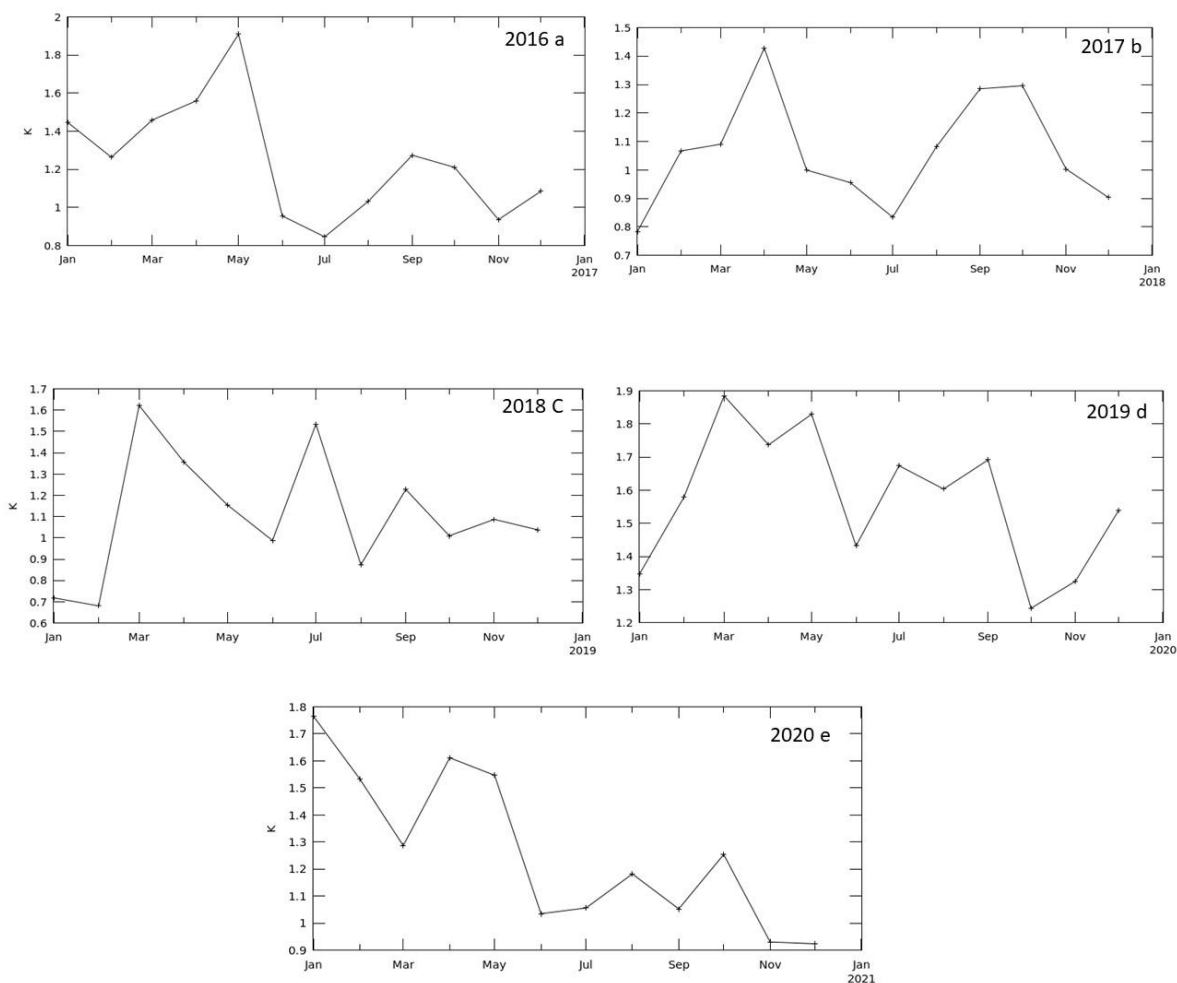


Figura 13. Gráficos de serie de tiempo de las anomalías medias de temperaturas promedios diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016 a 2020 en K. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1), Plataforma Geovanni/NASA

En la Figura 13, se muestran los gráficos de serie de tiempo de las anomalías media de las temperaturas promedios diaria de ola de calor mensuales de las 16 estaciones meteorológicas ubicada en todo el país por año. En los gráficos de los años 2016 (a) y 2019 (d) presentan los valores de anomalías más grande 1.8 K para el mes de abril. Mientras que los años 2017 (b), 2018 (c) y 2020 (e) presentan valores similares de la anomalía de 1.4 K. Mientras que en los años 2018 y 2019 para los meses en los que se establece el periodo de la canícula en el mes de julio se observa una anomalía similar de aproximadamente 1.4 K y las mayores de los 5 años. Sin embargo, en el mes de septiembre se presenta una anomalía similar en los años 2016 al 2019 de 1.3 K, solo en el año de 2020 que se presenta una anomalía baja de 1.0 K. En los meses más fríos noviembre, diciembre y parte de enero en los años 2016, 2017, 2018 y 2020, presentan anomalías similares y por debajo de 1.0 K; no así en el año 2019 que presento la anomalía más alta de 1.5 K.

Seguidamente se elaboró la Figura 14, donde se presenta el gráfico de la serie de tiempo para la anomalía de temperatura media diarias de ola de calor mensuales para el periodo 2016 - 2020.

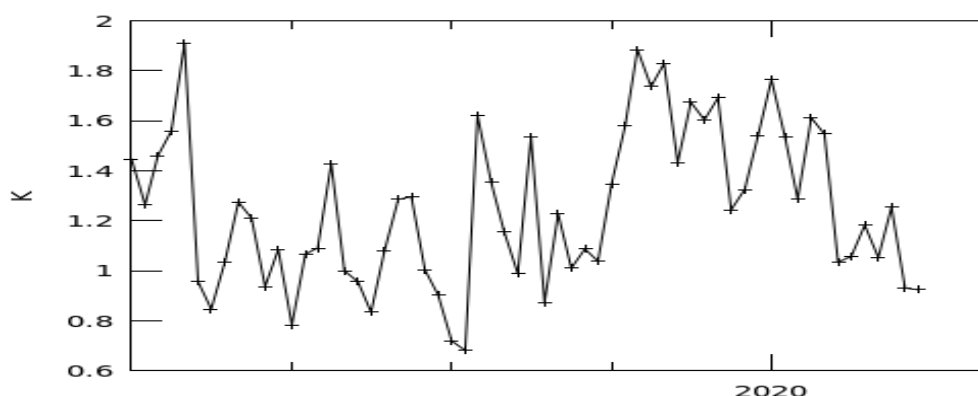


Figura 14. Gráficos de serie de tiempo de las anomalías medias de temperaturas promedios diaria de ola de calor mensualmente $0.5 \times 0.625^\circ$. Periodo 1 de enero al 31 de diciembre de 2016 a 2020 en k. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1), Plataforma Geovanni/NASA

En la Figura 14, se muestran el gráfico en serie de tiempo de las anomalías medias de temperaturas promedios diaria de ola de calor mensualmente de todo el país desde el año 2016 al 2020. Del gráfico se puede observar el comportamiento de la serie de tiempo de las anomalías promedios con un comportamiento similar aumentando en 2016 y cae en los años 2017 y 2018 volviendo aumentar en el año 2019 y con tendencia a la baja en el 2020. Siempre presentándose las anomalías máximas para los meses de marzo y abril.

3.3. Discusiones

3.3.1. Anomalías de las principales estaciones meteorológicas

Para este trabajo se tomaron los datos de las principales estaciones ubicada en todo el país. A pesar de que el objetivo era la temperatura media, el trabajo se extendió a las temperaturas máximas. Se trabajo para la temperatura media 16 estaciones por año desde 2016 a 2020 resultando 29 200 datos procesado. De igual forma se trabajaron las temperaturas máximas para los 5 años con 29 200 datos, procesando un total de 58 600 datos. Algunas estaciones no reportaron datos por cierto tiempo, pero estas no influyeron en los resultados.

En periodos de tiempo corto a veces los cambios de temperaturas se vuelven normales o repetitivas durante escala de tiempo aproximados de 5 años. Se calcularon las anomalías promedias por días, por mes y años. Además, se realizaron 5 gráficos por años para la temperatura medias y 5 gráficos para las temperaturas máximas, más un gráfico de serie de tiempo para los 5 años, más un gráfico de comparación de los 5 años.

De la Figura 2, los años 2016 (a), 2017 (b) y 2020 (d), presentan una anomalía promedio aproximado con un pico de anomalía máxima de 2.3°C para el mes de abril para 2016 y 1.9°C para 2017, siendo el mes más caliente, de mayor radiación solar, lluvia

casi cero y el de menos formación de nube en Nicaragua. Así mismo los gráficos evidencian un comportamiento similar en sus tendencias y formas incluso en el periodo de la canícula y cae negativamente en los meses más fríos. Para el gráfico del año 2018 (c) presenta un pico máximo de la anomalía de 1.5 °C, menor a estos años, pero, el comportamiento de la anomalía de 1 °C se mantiene constante entre los meses de marzo a agosto; y con grandes variaciones en los meses más fríos coincidiendo con el reporte Clima Prediction Center de la NOAA como uno de años más cálido.

Con respecto al año 2019 (e) para el mes de marzo se obtuvo una anomalía máxima de 1.25 °C inferior a los otros 4 años, y contrario a esto años presenta para el mes de abril un valor negativo de la anomalía de -2.7 °C y como el mes más caliente. Solo coincide con el gráfico de 2018 en los meses de junio a septiembre en tendencia y valor constante de la anomalía. Mientras, que en los meses más fríos presenta un valor de la anomalía promedio mayor de -0.5 °C con respecto a los años 2016, 2017 y 2020 con valores mucho más negativos de -1.5 °C.

De la Figura 3, que se presenta el gráfico de serie de tiempo de la anomalía promedias de las temperaturas medias versus tiempos de todos los 5 años 2016 al 2020. Se podría proponer una línea de base, entre 2016 al 2020 de la anomalía que aumenta para 2016, disminuye en 2017, se mantiene para 2018 y vuelve aumentar para 2020. El valor de la anomalía promedio calculado para este periodo fue de 0.01 °C. Claramente, no podemos establecer un patrón o tendencias con estos datos y gráficos, pero si, es posible hacer este tipo estudios con más años y datos para tener un mejor nuestros mapas de sequías, buscara patrones climáticos y estudiar hasta qué punto estos eventos extremos son residente.

En la Figura 4, se realizó una superposición de las anomalías promedias de las temperaturas medias de los 5 años, con esta grafica se intenta buscar un patrón si aumenta o disminuye. Se observa la gráfica para el mes más caluroso como lo es abril, el año 2016 en color azul y presenta la máxima anomalía por encima de 2 °C, la gráfica para el año 2017 en color naranja disminuye a 1.6 °C, mientras que para el año 2018 en color gris siguen su tendencia a disminuir a 1.4 °C, pero, para el año 2019 color amarillo cae drásticamente aun punto negativo de aproximadamente -2.7 °C, mientras que para el año 2020 de color celeste aumenta considerablemente hasta 2.1 °C.

En la Figura 5, se graficaron las anomalías promedias de las temperaturas máximas del periodo 2016—2020. En el gráfico (a) se presenta el gráfico de la anomalía para temperaturas máximas de 1.9 °C para el mes de abril con un valor menor a la anomalía para la temperatura media de 2016 Figura 2 (a) calculada de 2.3 °C. En el gráfico (b) se presenta para el año 2017 la anomalía para la temperatura máxima calculada en 2.6 °C, este valor es mayor que la anomalía para la temperatura media de este año de 1.9 °C de la Figura 2 (b). En el gráfico (c) se presenta para el año 2019 la anomalía de la temperatura máxima con un valor de 2.0 °C, este valor es mayor que el valor de la anomalía de la temperatura media para el año 2019 Figura 2 (e) de -2.7 °C totalmente contrario y presentando una diferencia muy grande. En el gráfico (d) se presenta el año 2020 para la anomalía de la temperatura máxima de 3.0 °C, el cual es mayor que la anomalía de la temperatura media del año 2020 Figura 2 (d) con un valor de 2.1 °C. Mientras que en el gráfico (e) se presenta el año 2019 de la anomalía para la temperatura

máxima de 3.0 °C, este valor es mayor que el valor de la anomalía de la temperatura media para el año 2018 Figura 2 (c) de 1.4 °C.

En la Figura 6, se muestran el gráfico en serie de tiempo de las anomalías promedio de las temperaturas máximas de las 16 estaciones para los años 2016 al 2020. Del gráfico se puede observar que el comportamiento en el tiempo de las anomalías no es igual al comportamiento de la Figura 3 para las anomalías de las temperaturas medias, evidenciando en el año 2016 las anomalías de temperaturas máximas es menor que para las medias de ese año; en el año 2017 las anomalías máximas son mayor que las medias. Mientras que, en las anomalías máximas es ligeramente menor que para las anomalías medias. Sin embargo, para el año 2020 la anomalía máxima tiene valor ligeramente mayor a la anomalía media de este año. Además, las anomalías no concuerdan con los boletines de la Organización Meteorológica Mundial alrededor de los años más caluroso. También, el conjunto de datos mensuales de la Red proporcionó resúmenes climáticos mensuales y anuales de muchas estaciones meteorológicas de todo el país. El período de registro de cada resumen varía según la estación. Algunos registros de estaciones son usados de manera históricas y ya no se actualizan para modelajes o pronósticos, muchos de estas están operativos y brindan actualizaciones útiles para el monitoreo del clima.

De la Figura 7, se presenta los gráficos superpuestos para las anomalías promedio de las temperaturas máximas de los diferentes años. De los gráficos se observa una anomalía máxima con un valor de 1.9 °C para 2016, aumenta a 2.6 °C en 2017, cae a 2.0 °C en 2018 y se mantiene este mismo valor en 2019 y aumenta a 3.0 °C en 2020, todo para el mes de abril. Mientras que en los meses restantes presentan similitudes excepto para el año 2018.

En la Figura 8, se observa el mapa de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual para el año 2016 realizado con la plataforma Geovanni de la NASA. Claramente podemos ver como se establece la anomalía en la región de Nicaragua, desde las más bajas 0.91 K en toda la región caribe, mientras que en la región del pacífico es un poco más alta 1.3 K. Sin embargo, en la región central del establecen patrones de anomalía más altos con un promedio de 2.1 K entre la región sur central desde el lago Nicaragua pasando por Chontales y Boaco hasta la región norte centro de Matagalpa. Además, las anomalías más altas se presentan en la región más al norte de Nicaragua de Estelí, Jinotega, Nueva Segovia y Madriz de 3.2 K. En la Figura 12 se presenta el mapa de anomalía de los 5 años, presentando las fluctuaciones de las anomalías en la región norte del país que se establece entre los departamentos de Estelí, Jinotega, Nueva Segovia y Madriz. De la misma manera se presenta en las Figuras 10 año 2019 y Figura 11 del año 2020. En las Figuras 9 se presentan los años 2017 y 2018 pero los mapas no son buenos.

En la Figura 13, se presentan los gráficos de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual realizado con la plataforma Geovanni de la NASA en Kelvin (K). La Figura 13 (a) corresponde al año 2016 con una anomalía promedio máxima de 1.9 K para los meses más secos de marzo y abril, variando así a 1.5 K para 2017, 1.65 K en 2018 y 1.9 K en 2019. Mientras que, de igual manera, la anomalía disminuye para la entrada del periodo lluvia de mayo a junio; y vuelve a aumentar para los meses de la

canícula de julio a septiembre. De igual manera para los meses más frío y lluviosos de octubre a diciembre la anomalía vuelve a disminuir.

Con respecto al año 2019 (e), se presenta valores inusuales para el mes de diciembre a enero con los valores más altos de las anomalías de 1.8 K, incluso los más altos en todo el año. Mientras, en el mes de marzo debido a su tendencia a la baja se obtuvo una anomalía de 1.3 K, aumentando para el mes de abril a 1.6 K y disminuyendo en los meses de la entrada del periodo de lluvia de mayo y junio hasta 1 K. en los meses de la canícula de julio y agosto vuelve a aumentar hasta 1.2 K, disminuye en el mes de septiembre, pero vuelve a aumentar en el mes de octubre a 1.25 K mayor que el periodo de la canícula; y en los meses de más frío de noviembre a diciembre vuelve a disminuir hasta un valor más bajo de 0.9 K.

En la Figura 14, se muestran el gráfico en serie de tiempo de las anomalías medias de temperaturas promedio diaria de ola de calor desde el año 2016 al 2020. La serie temporal se produjo a partir del conjunto combinado de datos satelitales de la superficie del país con una cuadrícula de $0.5^\circ \times 0.625^\circ$. Esta cuadrícula promedia las anomalías para proporcionar una anomalía de temperatura promedio. Aunque la política recomendada Organización Meteorológica Mundial (OMM), requiere cumplir con las últimas décadas o un promedio de 30 años, pero solo para anomalías globales. El período de referencia se ajusta al promedio por simplicidad y largo plazo de 5 años; y no cambia la forma de la serie temporal ni afecta las tendencias dentro de ella.

3.3.2. Correlación de las estaciones meteorológicas principales y la Geovanni de la NASA 2016-2020

En la Figura 3 y Figura 6 se presentaron los gráficos de serie de tiempo de las anomalías de temperaturas medias y las anomalías de temperaturas máximas generadas realizadas obtenidas de las 16 estaciones meteorológicas ubicadas en todo el país; y en la Figura 14 se presenta la serie de tiempo de las anomalías promedias diarias generada Geovanni de las anomalías medias de temperaturas promedio diaria de ola de calor mensuales.

Con base en el enfoque de correlación de patrones adoptado, se pueden hacer varias afirmaciones con respecto al desempeño general de los modelos climáticos a lo largo de las generaciones de la plataforma Geovanni con los datos de estaciones en tierra y mejoras los rangos de variabilidad interna reduciendo los sesgos en los modelos o dato faltante de las estaciones.

IV. CONCLUSIONES

Se determinaron los valores de las anomalías de temperaturas promedios diarias de ola de calor mensualmente con la plataforma Giovanni en unidades Kelvin, se calcularon valores de anomalías máximos de 3.2 K y mínimas de 0.9 K. El desarrollado de un enfoque de evaluación de modelado climático y los avances en conjuntos de datos satelitales de la plataforma Giovanni, muestra el análisis de modelos a través de variables, dominios y escalas de tiempo. También, permite fácilmente trabajar un conjunto y amplio base de datos meteorológicos para un excelente desempeño climático.

Se calcularon las anomalías promedias de las temperaturas medias y máximas con las 16 estaciones ubicadas en todo el país. Los calculo determinados son de 3.0 °C como máximo y valores mínimos de -2.7 °C. Las ubicaciones en regiones con observaciones muy espaciadas (principalmente áreas remotas) tienen un patrón más grande en el análisis que las ubicaciones en áreas más densamente observadas.

En consecuencia, es razonable considerar que la correlación de anomalías obtenidas por medio de la plataforma Giovanni de la NASA y las obtenidas por las 16 estaciones meteorológicas concuerda y son consecuente en un rango de comparación con las temperaturas medias y máximas.

Observamos que el clima se manifiesta en características espaciotemporalmente coherentes. De ello se deduce que las escalas espacial y temporal de los fenómenos atmosféricos están conectadas. Estos modelos y anomalías utilizados están destinados en el estudio y evaluación del cambio climático y sus influencias en eventos de extremos, principalmente las sequías que se establecen en áreas específicas del país.

V. REFERENCIAS

- Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D., & Ruiz, J. (2012). *Cambio Climático más probable para Colombia a lo largo del siglo XXI respecto al clima presente*. Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático Subdirección de Meteorología – IDEAM.
- Beaudoing, H., & Rodell, M. (s.f.). *Giovanni*. doi:doi:10.5067/SXAVCZFAQLNO
- Betanco P, C., & Zúniga, C. (2016). Cambio Climático y sus Consecuencias en Nicaragua. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1), 180 - 192.
- Burroughs, W. (2007). *Climate Change A Multidisciplinary Approach* (Second Edition ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- CCCS, C. C. (08 February 2021). *Changing the reference period from 1981-2010 to 1991-2020 for the C3S Climate Bulletin*. Obtenido de <https://climate.copernicus.eu/new-decade-brings-reference-period-change-climate-data>
- Forero C., G., Saldarriaga M., J., & Vargas R., M. (2017). *Cambio climático: impactos y perspectivas de investigación desde una visión multidisciplinar*. *Tendencias*, 18(2). doi:<https://doi.org/10.22267/rtend.171802.80>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta edición ed.). México: Mc Graw-Hill.
- IPCC, G. I. (2019). *Informe especial del IPCC sobre impactos del calentamiento global de 1,5°C*. Cambridge University Press. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- Milan, J. (2009). *Apuntes del Cambio Climático en Nicaragua. 1era. Edición*. Obtenido de [https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Educacion%20y%20Cambio%20Clim%3%a1tico/Apuntes%20sobre%20Cambio%20Climatico%20en%20Ni caragua1.pdf](https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Educacion%20y%20Cambio%20Clim%3%a1tico/Apuntes%20sobre%20Cambio%20Climatico%20en%20Ni%20caragua1.pdf)
- OMM. (2016). *Estado del Clima Mundial en 2011-2015*. Doc. OMM-No 1179. ISBN: 978-92-63-31179-5. Organización Meteorológica Mundial.
- OMM, O. M. (17 agosto, 2021). *Un nuevo informe muestra los efectos del cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/un-nuevo-inf>
- OMM, O. M. (6 febrero 2019). *La OMM confirma que los últimos cuatro años han sido los más cálidos desde que se tienen registros*. Ginebra. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-omm-confirma-que-los-%C3%BAltimos-cuatro-a%C3%B1os-han-sido-los-m%C3%A1s-c%C3%A1lidos>

- Organización Meteorológica Mundial. (2017). *Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre la generación de un conjunto definido de productos nacionales de vigilancia del clima, Doc 1204*. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/un-nuevo-informe-muestra-los-efectos-del-cambio-clim%C3%A1tico-y-los>
- PNUD-NIC/98/ G31-MARENA. (2001). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Obtenido de <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/primeracomunicacion.pdf>
- Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. (2016). *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2 (1), 180-192.
- Reynolds, R., & Smith, T. (1 de June de 1994). Improved Global Sea Surface Temperature Analyses Using Optimum Interpolation. *Journal of Climate*, 7(6), 929-948. doi:[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1994\)007%3C0929:IGSSTA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1994)007%3C0929:IGSSTA%3E2.0.CO;2)
- Ruiz G., V. L. (abril-junio, de 2021). Evolución de la temperatura y precipitación en cuatro estaciones meteorológicas, ubicadas en la región Norcentral de Nicaragua, Centroamerica. *Revista Científica de FAREM-Estelí*. Año 10(38), 197–212. doi:<https://doi.org/10.5377/farem.v0i38.11952>
- Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*.