



## Anomalías de temperaturas a través de la plataforma Giovanni de la NASA y su comparación con las temperaturas registradas en las principales estaciones meteorológicas de Nicaragua, período 2016-2020.

Temperature anomalies through NASA's Giovanni platform and their comparison with the temperatures recorded at the main meteorological stations in Nicaragua, period 2016-2020.

Silva Soza, R.<sup>1</sup>, García Montano, H.<sup>2</sup>, Henríquez Jacobo, Y.<sup>3</sup>

1. Dirección de Meteorología Sinóptica-Dirección Aeronáutica y CCTR. Dirección General de Meteorología. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Managua, Managua, Nicaragua.

2. Dpto. de Física, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua), Nicaragua.

3. Secretaría de Planificación Regional, Gobierno Regional Autónoma Costa Caribe Norte, Bilwi-Puerto Cabezas, Nicaragua.

Recibido: 26/06/2023  
Aceptado: 04/08/2023  
© 2021-Revista Tierra (Earth Journal) IGG-CIGEO



Este trabajo está licenciado bajo una [Licencia Internacional Creative Commons 4.0 Atribución-NoComercial-CompartirIgual](#).

### Resumen

El presente estudio comprende el cálculo y análisis de las anomalías de temperatura, sus tendencias y variaciones de datos diarios y mensuales, obtenidas de los registrados por las principales estaciones meteorológicas con las que cuenta el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en Nicaragua. Incluye además mapas de anomalías elaborados mediante la plataforma Giovanni de la NASA. Para ello, se recolectaron y analizaron los registros de temperaturas medias y máximas de las principales estaciones meteorológicas de Nicaragua durante el período del 2016 al 2020. A dichos registros se les determinó primeramente el promedio de temperatura de cada estación principal anual, y se obtuvo con ello el promedio total representativo para el territorio nicaragüense, a fin de obtener la anomalía de la temperatura mensual y anual, para comparar 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 período. Los resultados muestran que eventos cálidos y fríos se relacionan con temporadas secas y de lluvia. Estas relaciones pueden ser útiles en predicción climática y particularmente del evento asociado al ENOS que antecede a la precipitación o la temperatura.

**Palabras Claves:** Temperaturas medias, Temperatura máxima, Anomalía de temperatura, Tendencia, Predicción climática, ENOS.

### 1. 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 Organización Meteorológica Mundial (OMM) detalla que: "Los años 2015, 2016, 2017 y 2018 han sido confirmados como los cuatro más cálidos jamás registrados..." (OMM, 6 febrero 2019). Por lo tanto, las variaciones en el aumento de temperatura 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" (REV. IBEROAM. BIOECON. CAMBIO CLIM., 2016). Para estudiar las anomalías de temperaturas a nivel mundial, se recolectaron 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) y del Conjunto de Datos de la Atmósfera Oceánica Integral Internacional (ICOADS). A partir de estos recursos se creó un conjunto de datos de anomalías de la temperatura terrestre y oceánica combinados, los que son empleados para producir la serie temporal global (Reynolds & Smith, 1994). 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: la inclinación de los rayos solares, el tipo de sustratos (la roca absorbe

### Abstract

This study includes the calculation and analysis of temperature anomalies, their trends and variations of daily and monthly data, obtained from the records of the main meteorological stations that the Nicaraguan Institute of Territorial Studies (INETER) has in Nicaragua. In addition, anomaly maps were obtained through NASA's Giovanni platform. For this, the average and maximum temperature records 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 the total representative average for the Nicaraguan territory and in order to obtain the monthly and annual temperature anomaly, to compare the temperature anomalies through NASA's Giovanni platform with the average and maximum temperature anomalies, during that same period. The results 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 that precedes precipitation or temperature.

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

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. 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 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 determinaron las anomalías de temperaturas obtenidas de los satélites de la base de datos de la plataforma Giovanni de la NASA y se compararon con las anomalías calculadas de datos reales de las 16 estaciones meteorológicas ubicadas en las distintas regiones de Nicaragua, durante el período del 2016 al 2020.

### 2. METODOLOGÍA

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 trabajó para la temperatura media 16 estaciones por año desde 2016 hasta 2020 procesando 29,200 datos. De igual forma se trabajaron las temperaturas máximas para los 5 años con 29, 200 datos, para un total de 58,600 datos. Algunas estaciones no reportaron datos por cierto tiempo, pero estas no influyeron en los resultados. Primero, se obtuvo el registro de datos de temperatura proporcionados por el INETER y según las orientaciones "  $T_{x_j}$  y  $T_{n_j}$  son las temperaturas diarias máxima y mínima, respectivamente; del día  $i$  y el período  $j$ , el  $T_{m_j}$  es la temperatura media diaria y la media de  $T_{x_j}$  y  $T_{n_j}$  cuando se dispone de ambos valores, y la unidad de medida estará indicada en °C".

Para el cálculo de la anomalía de la temperatura media (OMM, 2017, pág. 15) es:

- Temperatura media mensual y anual ( $TM_j$ ): promedio de  $Tm_{ij}$  durante el mes (año),
- Climatología ( $CT_j$ ): promedio de  $TM_j$  durante el período de referencia, y
- Anomalía de la temperatura media mensual y anual:  $TMA_j = TM_j - CT_j$ .

Para obtener la Climatología ( $CT_j \equiv tpm(j)$ ), según la ecuación adaptada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2012, pág. 14), esta quedaría como:

$$tpm_j = \left( \frac{\sum_{l=1}^m tmm_{ijl}}{m} \right) \quad (1)$$

$tmm_{ij}$ : Temperatura media del aire del periodo  $i$ , registrada en la unidad espacial de referencia  $j$ , en el año  $l$ .

$m$ : Es el número total de años para los cuales se ha contabilizado el dato de temperatura media (p. e. número de años para los cuales se sumó la temperatura media registrada en cada enero).

$i$ : Corresponde a cualquiera de los periodos de análisis (mes 1, mes 2... mes 12)

Generalmente para determinar la variabilidad climática, se utilizan los promedios de aproximadamente 30 años de la variable a analizar, a los cuales se denominan condiciones climáticas medias, climatología o normales climatológicas. Por tanto, para conocer la variación de un evento extremo o de un período de tiempo en particular, se compara la normal climatológica para así conocer su variación respecto a la media. Sin embargo, en el presente estudio solo se realizará para el periodo de 5 años.

## 2.1. 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. Para las variables de datos que están disponibles como promedios mensuales (a veces denominados datos agrupados espacial y temporalmente), el proveedor de datos puede haber creado un promedio mensual con todos los datos disponibles para ese mes, incluso si hubo una brecha de datos durante el mes. La mayoría de los servicios de Giovanni calculan estadísticas agregadas de algún tipo a lo largo de una o más dimensiones en el tiempo y el espacio.

## 3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Se tomaron los datos de las temperaturas medias y máximas de las 16 estaciones meteorológicas principales ubicadas en todo el territorio nacional. Para las temperaturas medias 16 de las estaciones meteorológicas entre 2016 y 2020, resultaron 29,200 datos procesados. De igual forma, se trabajaron las temperaturas máximas para los 5 años con 29,200 datos; los procesamientos de correlación generaron 58,700 datos.

En períodos de tiempo corto, a veces los cambios de temperaturas se vuelven normales o repetitivo durante escala de tiempo aproximados de 5 años. Se calcularon las anomalías promedio por día, mes y año. Además, se realizaron por cada año cinco gráficos de anomalías de temperaturas medias y cinco gráficos para las temperaturas máximas, más un gráfico de serie de tiempo para los 5 años, y un gráfico de comparación de los 5 años.

Tabla 1. Anomalía de temperatura media por mes del 2016-2020. Fuente: Elaborado por las autoras.

MES/AÑO	2016	2017	2018	2019	2020
ENE	-0.8	-1.2	-1.2	-0.6	-0.7
FEB	-0.3	-0.3	-0.8	0.4	0.2
MAR	1.5	0.4	0.4	1.3	0.4
ABR	2.3	1.9	1.4	-2.7	2.1
MAY	1.8	0.8	0.8	-2.0	1.6
JUN	-0.1	0.2	0.4	1.2	0.0
JUL	-0.1	-0.1	1.0	0.8	0.2
AGO	0.3	0.2	0.2	1.0	-0.2
SEP	-0.3	0.2	0.0	0.8	-0.1
OCT	-0.8	-0.4	-0.8	-0.3	-0.6
NOV	-1.3	-0.6	-0.2	0.0	-1.5
DIC	-1.4	-1.2	-1.1	-0.3	-1.5

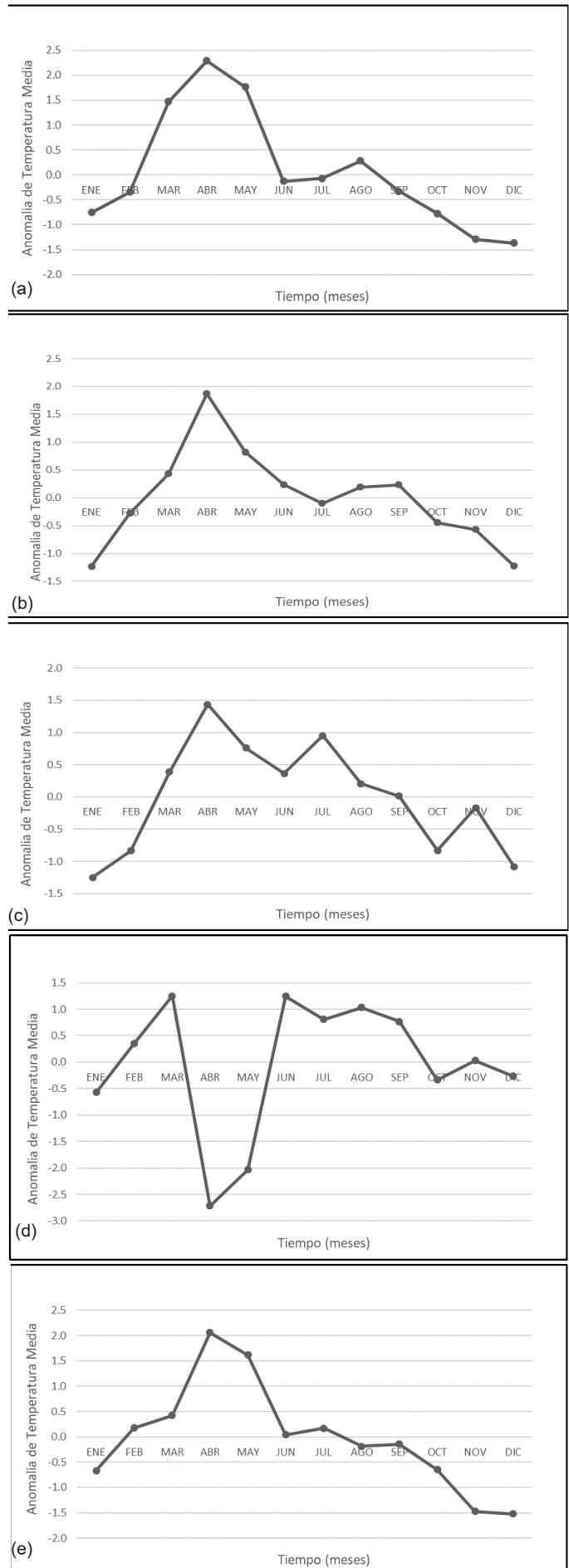


Figura 1. Gráficos de anomalías de la temperatura media por año entre el 2016 y 2020

#### 4. ANOMALÍAS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS PRINCIPALES

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

Para el cálculo de la anomalía, se procedió a obtener la temperatura media promedio por mes y se le restó a cada valor diario por mes. En la Tabla 1 se muestran las anomalías de temperaturas medias por mes del 2016 al 2020.

En la Figura 1 podemos observar que en el mes de enero para cada año del 2016 al 2020, las anomalías son negativas oscilando entre  $-0.8^{\circ}\text{C}$  y  $-1.2^{\circ}\text{C}$ . Para luego ascender durante febrero hacia anomalías positivas. A partir del año 2019 se observa el mayor valor para la anomalía de  $2.3^{\circ}\text{C}$  en (a),  $1.9^{\circ}\text{C}$  en (b),  $1.4^{\circ}\text{C}$  en (c), y  $2.1^{\circ}\text{C}$  en (d); en los meses de marzo y abril, coincidiendo con la época de mayor calor debida a la intensidad solar, las temperaturas más elevadas y días despejados ocurren en Nicaragua. Mientras que los meses de mayo y junio, la anomalía de  $1.8^{\circ}\text{C}$  y  $-0.1^{\circ}\text{C}$  en (a),  $0.8^{\circ}\text{C}$  y  $0.2^{\circ}\text{C}$  en (b),  $0.8^{\circ}\text{C}$  y  $0.4^{\circ}\text{C}$  en (c),  $1.6^{\circ}\text{C}$  y  $0.0^{\circ}\text{C}$  en (d), cae significativamente coincidiendo con el comienzo del período lluvioso. Sin embargo, vuelve a aumentar en los meses de julio y agosto la anomalía es de  $-0.1^{\circ}\text{C}$  y  $0.3^{\circ}\text{C}$  en (a),  $-0.1^{\circ}\text{C}$  y  $0.2^{\circ}\text{C}$  en (b),  $0.1^{\circ}\text{C}$  y  $0.2^{\circ}\text{C}$  en (c),  $0.2^{\circ}\text{C}$  y  $-0.2^{\circ}\text{C}$  en (d); se combina con el período canicular que es estable en este período en el país. Entre tanto, los meses de septiembre a diciembre muestran caídas negativas en las anomalías  $-0.3^{\circ}\text{C}$  hasta  $-1.4^{\circ}\text{C}$  en (a),  $0.2^{\circ}\text{C}$  y  $-1.2^{\circ}\text{C}$  en (b),  $0.0^{\circ}\text{C}$  y  $-1.1^{\circ}\text{C}$  en (c),  $-0.1^{\circ}\text{C}$  y  $-1.5^{\circ}\text{C}$  en (d); debido al período lluvioso y los meses más frescos para el país (invierno del hemisferio norte).

En la Figura 1 (e) se presentan anomalías muy parecidas para el mes de enero y de forma creciente en febrero, pero en los meses más calurosos es de  $-0.6^{\circ}\text{C}$  y  $0.4^{\circ}\text{C}$  (marzo y abril) presenta una anomalía positiva de  $1.3^{\circ}\text{C}$  y  $-2.7^{\circ}\text{C}$ ; es mucho mayor y diferente a los años en estudio para esta época. Para el mes de mayo y junio la anomalía es de  $-2.0^{\circ}\text{C}$  a  $1.2^{\circ}\text{C}$ , mientras que para los meses que coinciden con el período canicular julio y agosto, presenta una anomalía similar ( $0.8^{\circ}\text{C}$  y  $1.0^{\circ}\text{C}$ ) al obtenido en el año 2018 para ese mismo período; en los restantes meses presenta una anomalía de  $0.8^{\circ}\text{C}$  a  $-0.3^{\circ}\text{C}$  con un comportamiento muy similar a los otros años.

En la Figura 2 se presenta una comparación en el periodo 2016 al 2020, superponiendo cada año, lo cual muestra que las anomalías más altas se encuentran habitualmente en el mes de abril y las mínimas dependiendo del año se reparten entre los meses más lluviosos (septiembre y octubre) y los que corresponden a la estación de invierno en el hemisferio norte (diciembre y enero, principalmente). Además, se aprecia que la anomalía para el año 2019 tiene una muy significativa caída para los meses de abril y mayo, que se ha generado probablemente debido al aporte de nubosidad transportada eventualmente por los vientos alisios, lo que también produce la ocurrencia de lluvias dispersas y débiles en distintas partes del territorio nacional. Los valores registrados de las temperaturas medias diarias no superaran los valores de los récords históricos correspondientes a ese mes; por lo tanto, no coincide y no presenta una fase similar con las demás gráficas de los otros años

La Figura 2 muestra que los años 2016 (a), 2017 (b) y 2020 (d) presentan una anomalía promedio con un pico de anomalía máxima de  $2.3^{\circ}\text{C}$  para el mes de abril en 2016 y  $1.9^{\circ}\text{C}$  en 2017, siendo el mes más caliente, de mayor radiación solar, lluvia casi cero y el de menos formación de nubes en Nicaragua. Así mismo, los gráficos evidencian un comportamiento similar en sus tendencias y formas incluso en el período 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  $1.5^{\circ}\text{C}$ , menor a estos años, pero el comportamiento de la anomalía de  $1^{\circ}\text{C}$  se mantiene constante entre los meses de marzo a agosto con grandes variaciones en los meses más fríos, lo cual coincide con el reporte Clima Prediction Center de la NOAA que considera al año 2018 como uno de los años más cálidos.

Con respecto al año 2019 (e) para el mes de marzo se obtuvo una anomalía máxima de  $1.25^{\circ}\text{C}$  inferior a los otros 4 años, y contrario a esto años presenta para el mes de abril un valor negativo de la anomalía de  $-2.7^{\circ}\text{C}$  y como el mes más caliente. Sólo 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  $-0.5^{\circ}\text{C}$  con respecto a los años 2016, 2017 y 2020 con valores mucho más negativos de  $-1.5^{\circ}\text{C}$ .

En la Figura 2 se presenta una comparación en el periodo 2016 al 2020 superponiendo cada año, lo cual muestra que las anomalías más altas se encuentran habitualmente en el mes de abril y las mínimas, dependiendo del año, se reparten entre los meses más lluviosos (septiembre y octubre) y los que corresponden de la estación de invierno en el hemisferio norte (diciembre y enero, principalmente). También se aprecia que la anomalía para el año 2019 tiene una muy significativa caída para los meses de abril y mayo, que se ha generado probablemente debido al aporte de nubosidad transportada eventualmente por los vientos alisios. Esto también produce la ocurrencia de lluvias dispersas y débiles en distintas partes del territorio nacional, lo que ocasiona que los valores registrados de las temperaturas medias diarias no superen los valores de los récords históricos correspondientes a ese mes; por lo tanto, no coincide y no presenta una fase similar con las demás gráficas de los otros años.

Con estos datos se procedió también 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. En la Figura 2 se realizó una superposición de las anomalías de las temperaturas medias de los 5 años, encontrándose un patrón sobre el aumento o la disminución, donde se percibe que el mes más caluroso es abril. En el año 2016 (color azul) presenta la máxima anomalía por encima de  $2^{\circ}\text{C}$ , para el año 2017 (color naranja) disminuye a  $1.6^{\circ}\text{C}$ , mientras que para el año 2018 (color gris) continua en descenso y tiene el valor de  $1.4^{\circ}\text{C}$ . Para el año 2019 (color amarillo) cae drásticamente a un punto negativo de aproximadamente  $-2.7^{\circ}\text{C}$ , mientras para el año 2020 (color celeste) aumenta considerablemente hasta  $2.1^{\circ}\text{C}$ .

En la Figura 3 se muestra la serie de tiempo de las anomalías de temperaturas medias obtenidas durante el quinquenio del 2016 a 2020; notamos que 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; crecen de manera positiva para los meses de enero, febrero, marzo y abril, que comprenden la temporada seca. Mientras que en los meses de mayo y junio la anomalía cae significativamente coincidiendo con el comienzo de la temporada húmeda (período lluvioso).

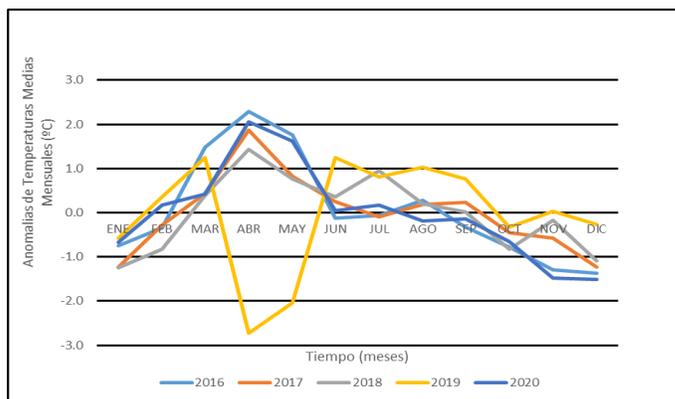


Figura 2. Gráfico de comparación de las anomalías de temperaturas media de los años 2016 – 2020.

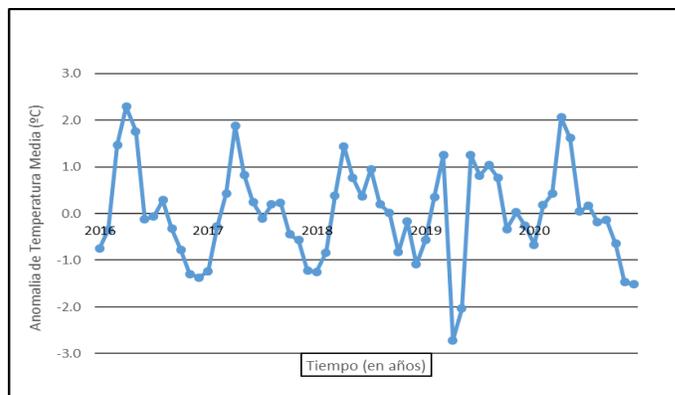


Figura 3. Gráfico de Anomalías de temperatura media 2016-2020. Fuente: elaborado por las autoras.

Sin embargo, vuelve a aumentar en los meses de julio y agosto combinándose con el período canicular, el cual es propio de la climatología de nuestro país. Entre tanto, los meses de septiembre a diciembre las anomalías caen negativamente debido al período más lluvioso (septiembre-octubre) y en la última parte del año (noviembre-diciembre), que corresponden con días de ambiente fresco por la noche y madrugada y menos calurosos durante el día.

#### 4.1. CÁLCULO DE ANOMALÍAS DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DE LAS 16 ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Usando la información mostrada en la Tabla 2 se presenta a continuación las anomalías calculadas para las temperaturas máximas de las 16 estaciones meteorológicas principales y siguiendo el procedimiento mostrado para las temperaturas medias.

En la Figura 4 contiene la serie de tiempo de la anomalía de las temperaturas medias versus tiempo de todos los 5 años; se podría proponer una línea de base, entre 2016 al 2020 de la anomalía que aumenta para 2016 y disminuye en 2017, se mantiene para 2018 y vuelve a aumentar para 2020; sin embargo, no podemos establecer este patrón o tendencia con estos datos y gráficos, pero sí es posible hacer este tipo de estudios con más años y datos para disponer de mejores mapas de sequías, buscar patrones climáticos y estudiar hasta qué punto estos eventos extremos.

Con estos datos se procedió a graficar las anomalías de las temperaturas máximas para cada año, como se observa en la Figura 5 y en cada gráfico dado a continuación 2016 (a), 2017 (b), 2018 (c), 2019 (d) y 2020 (e), respectivamente.

En la Figura 4 se observa que para el mes de enero se obtienen negativos, que oscila entre  $-1.2^{\circ}\text{C}$  y  $-0.4^{\circ}\text{C}$  durante el quinquenio 2016 al 2020, para luego comenzar a aumentar hacia el mes de febrero con una anomalía positiva de  $0.1^{\circ}\text{C}$  (a),  $0.4^{\circ}\text{C}$  (b),  $0.2^{\circ}\text{C}$  (c), y  $0.7^{\circ}\text{C}$  (d); continúa aumentando hacia máximas mensuales más altas en los meses de marzo y abril, con valores de anomalías para cada mes de  $1.5^{\circ}\text{C}$  y  $1.9^{\circ}\text{C}$  en (a),  $1.0^{\circ}\text{C}$  y  $2.6^{\circ}\text{C}$  en (b),  $1.2^{\circ}\text{C}$  y  $2.0^{\circ}\text{C}$  en (c),  $1.3^{\circ}\text{C}$  y  $2.0^{\circ}\text{C}$  en (d),  $1.0^{\circ}\text{C}$  y  $3.0^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Muestra una coincidencia entre los meses más calurosos y las temperaturas más altas, debido a que es cuando mayor intensidad solar se recibe y, generalmente, los días presentan cielos despejados a poca nubosidad en gran parte del territorio nicaraguense.

En los meses de mayo y junio la anomalía cae significativamente hacia valores negativos mayormente de  $1.1^{\circ}\text{C}$  a  $-0.7^{\circ}\text{C}$  en (a), de  $0.6^{\circ}\text{C}$  a  $-0.3^{\circ}\text{C}$  en (b), de  $0.9^{\circ}\text{C}$  a  $1.3^{\circ}\text{C}$  en (c), de  $0.3^{\circ}\text{C}$  a  $0.1^{\circ}\text{C}$  en (d), y de  $1.9^{\circ}\text{C}$  a  $-0.8^{\circ}\text{C}$  en (e), lo cual corresponde con el inicio de la temporada humedad o lluviosa. Luego se observa que vuelve a aumentar durante los meses de julio y agosto, con valores de  $-0.5^{\circ}\text{C}$  a  $0.2^{\circ}\text{C}$  en (a),  $-0.6^{\circ}\text{C}$  a  $0.2^{\circ}\text{C}$  en (b), de  $-0.2^{\circ}\text{C}$  a  $0.3^{\circ}\text{C}$  en (d), este aumento se debe al período de canícula que se establece entre 15 de julio y 15 de agosto; se observa una ligera caída de  $0.3^{\circ}\text{C}$  a  $0.2^{\circ}\text{C}$  en (c) y de  $-0.1^{\circ}\text{C}$  a  $-0.4^{\circ}\text{C}$  en (d); esto se debe que el periodo canicular no estuvo tan marcado y es altamente probable que hubieran días de lluvias más consecutivos y por tanto, mayor desarrollo de nubosidad.

Tabla 2. Anomalías de temperaturas máximas por mes desde 2016 al 2020. Fuente: Silva, R. & HenríquezY. (2022)

MES/AÑO	2016	2017	2018	2019	2020
ENE	-0.4	-1.2	-1.2	-1.1	-0.6
FEB	0.1	0.4	-0.5	0.2	0.7
MAR	1.5	1.0	1.2	1.3	1.0
ABR	1.9	2.6	2.0	2.0	3.0
MAY	1.1	0.6	0.9	0.3	1.9
JUN	-0.7	-0.3	-1.8	0.1	-0.5
JUL	-0.5	-0.6	0.3	-0.2	-0.1
AGO	0.2	0.2	0.2	0.3	-0.4
SEP	-0.4	0.3	0.1	0.4	0.1
OCT	-0.9	-1.1	-1.4	-1.1	-0.8
NOV	-1.8	-0.6	-0.3	-1.0	-2.4
DIC	-2.0	-1.6	-1.1	-1.1	-1.8

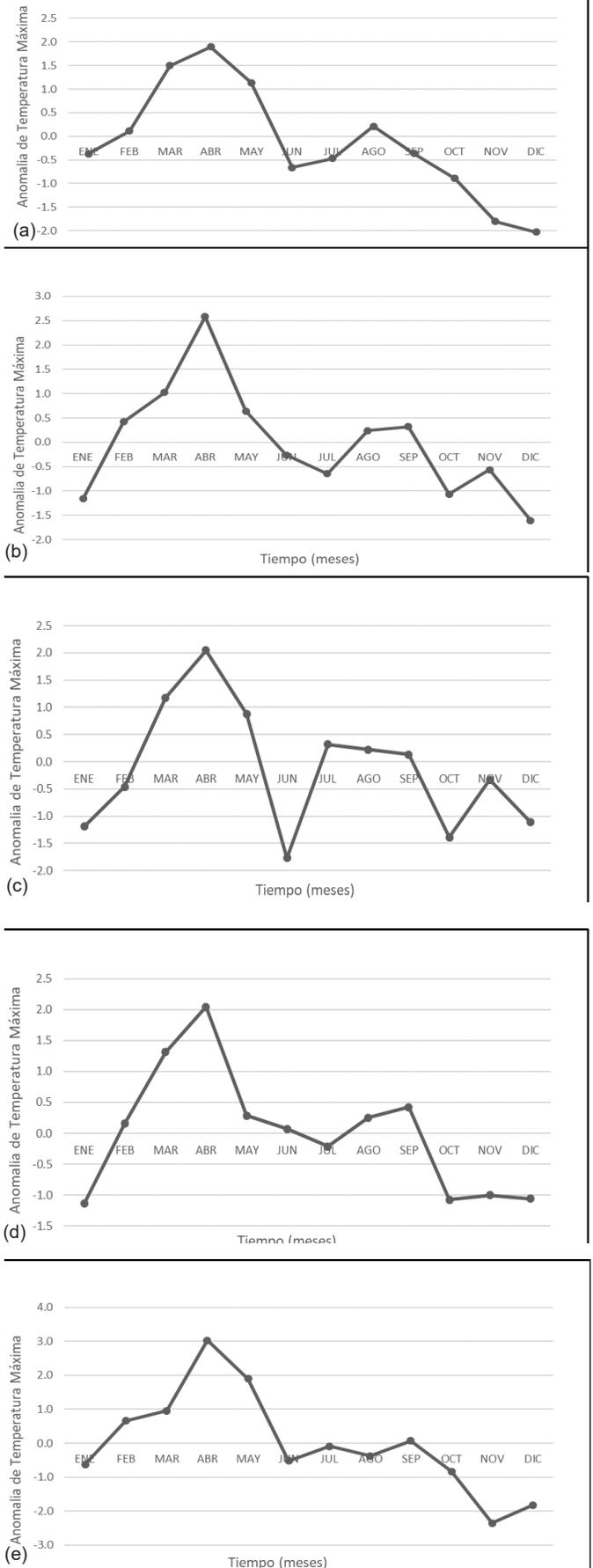


Figura 4. Gráficos de anomalías de la temperatura máxima por año entre el 2016 y 202

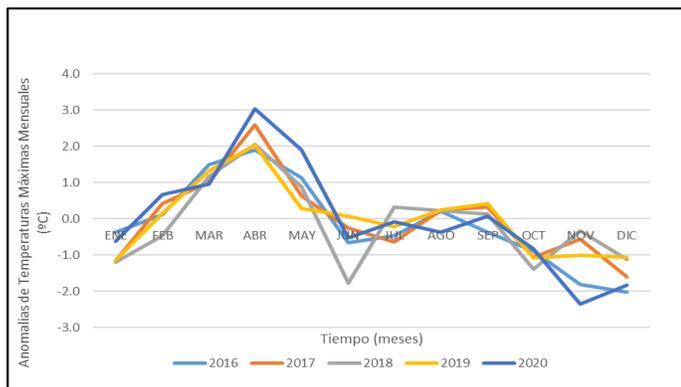


Figura 5. Gráfico de comparación de las anomalías promedio de temperaturas máximas de los años 2016 - 2020 (°C).

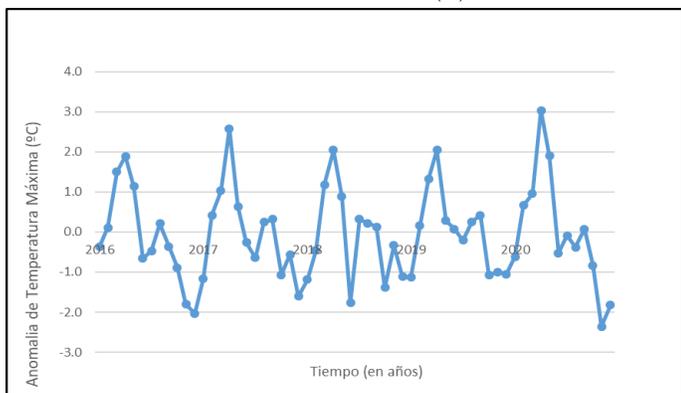


Figura 6. Gráfico de Anomalías de temperatura máxima 2016-2020. Fuente: elaborado por las autoras.

En los meses de septiembre a diciembre de 2016 a 2020, las anomalías caen negativamente con valores mínimos desde -2.4°C hasta el máximo de 0.1°C; esta caída corresponde a que los meses de septiembre y octubre son los meses más lluviosos para Nicaragua (otoño en hemisferio norte), noviembre es el mes de transición de la temporada humedad a la seca y, además, es cuando inicia la aproximación de los frentes fríos hacia el norte de Centroamérica y en diciembre es cuando la probabilidad de llegada de un sistema frontal son más altas, lo cual incide en las condiciones del tiempo atmosférico (invierno en hemisferio norte).

En la Figura 5 se graficaron las anomalías de las temperaturas máximas del período 2016–2020. En el gráfico (a) se presenta 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 de la Figura 2 (a) calculada de 2.3°C. En el gráfico (b) se muestra 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 encuentra el año 2020 para la anomalía de la temperatura máxima de 3.0°C, mayor que la anomalía de la temperatura media del año 2020 mostrado en la 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 de la anomalía de la temperatura media para el año 2018 Figura 2 (c) de 1.4°C.

En la Figura 5 se realizó una superposición de las anomalías promedio de las temperaturas máximas de los años 2016 al 2020; se observan las similitudes entre las anomalías promedio de los diferentes años, ya que muestran generalmente un mismo comportamiento mensual y anual.

Para los meses de enero y febrero presentan una coincidencia, aumentan positivamente hasta los meses más calurosos. Para el mes de abril se aprecian valores más altos de las anomalías de temperaturas máximas, siendo coincidentes durante el quinquenio; sin embargo, en los años 2016 (línea azul), 2017 (línea naranja) y 2019 (línea amarilla), los valores son similares. El valor máximo más alto de la anomalía de la tem-

peratura máxima se obtuvo durante el año 2020 (línea azul). Los meses restantes presentan una semejanza, aunque hay que observar la caída de la anomalía en 2018 para el mes de junio. El año 2020 presenta el mayor valor negativo de la anomalía con -2.4°C, y corresponde al mes de noviembre, durante el cual Nicaragua fue impactado por los huracanes Eta e Iota; esto generó cielo nublado y lluvias constantes por varios días consecutivos, principalmente en horas de la tarde.

La Figura 5 muestra los gráficos superpuestos para las anomalías promedio de las temperaturas máximas de los diferentes años, observándose el valor anomalía máxima de 1.9°C para 2016, aumenta a 2.6°C en 2017 y cae a 2.0°C en 2018; 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. 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 6.

La Figura 6 corresponde al gráfico de serie de tiempo de las anomalías promedio de las temperaturas máximas de las 16 estaciones meteorológicas ubicadas en todo el país desde el año 2016 al 2020. Este gráfico muestra el comportamiento en el tiempo de las anomalías promedio, del cual se deduce que presenta un comportamiento similar al obtenido para las anomalías promedio de la temperatura media (Figura 4), presenta las máximas más altas en el mes de abril, alcanza su valor de anomalía máxima de 3.0°C en el año 2020, pero también advierte que entre los meses de enero a abril son las anomalías más altas con respecto a los cuatro años anteriores y evidencia que los primeros meses fueron los más calurosos del quinquenio. Durante los meses siguientes, su comportamiento presenta cambios en la caída del valor de la anomalía con el inicio de la temporada lluviosa (mayo y junio) hasta el período de la canícula (julio y agosto); luego se cae hacia los valores de anomalías mínimas en el mes que presenta la ocurrencia de lluvias más frecuentes y con los acumulados más significativos que es octubre y mantiene con valores de anomalías negativos hasta el mes de diciembre, para luego comenzar a aumentar en enero.

#### 4.2. DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS POR MEDIO DE LA PLATAFORMA GIOVANNI DE LA NASA

Haciendo uso de la plataforma Giovanni de la NASA se empleó 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 Nicaragua. Es importante mencionar que, debido a que la plataforma no contiene datos para la opción de “ANOMALY OF AIR TEMPERATURA AT SURFACE”, anomalía de la temperatura del aire en superficie, para el período de estudio 2016-2020

#### 4.3. DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS POR MEDIO DE LA PLATAFORMA GIOVANNI DE LA NASA

En la siguiente Figura 7 se muestran los gráficos de serie de tiempo para las anomalías de temperatura media de las olas de calor mensualmente y durante el periodo desde el 2016 al 2020, las que corresponden a una resolución espacial dada por  $0.5 \times 0.625^\circ$ ; en grados K. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXDI v1).

Los gráficos obtenidos de la plataforma Giovanni (Figura 7) para los años 2016 (a) y 2019 (d), presentan los valores de anomalías más grandes 1.8K para el mes de abril. Mientras que los años 2017 (b), 2018 (c) y 2020 (e) muestran valores similares de la anomalía de 1.4K. En los años 2018 y 2019 para los meses en los que se establece el período de la canícula (julio) se observa una anomalía similar de aproximadamente 1.4K 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 1.3K, solo en el 2020 se presenta una anomalía baja de 1.0K. En los meses más fríos, noviembre, diciembre y parte de enero en los años 2016, 2017, 2018 y 2020, se presentan anomalías similares y por debajo de 1.0K; no así en el año 2019 que presentó la anomalía más alta de 1.5K.

En la Figura 7 se presentan los gráficos de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual realizado con la plataforma Giovanni de la NASA en Kelvin (K). La Figura 7 (a) corresponde al año 2016 con una anomalía promedio máxima de 1.9K para los meses más secos de marzo y abril, variando así a 1.5K para 2017, 1.65K en 2018 y 1.9K en 2019. Mientras que, de igual manera, la anomalía disminuye

para la entrada del período lluvia de mayo a junio; vuelve a aumentar en los meses de la canícula de julio a septiembre. De igual manera, para los meses más fríos y lluviosos de octubre a diciembre la anomalía vuelve a disminuir. Con respecto al año 2019 (e) se presentan valores inusuales para los meses de diciembre y enero con los valores más altos de las anomalías de 1.8K, 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 1.3K, aumentó para el mes de abril a 1.6K y disminuyó en los meses de la entrada del período de lluvia de mayo y junio hasta 1.0K. En los meses de la canícula de julio y agosto vuelve a aumentar hasta 1.2K, disminuye en el mes de septiembre, pero vuelve a aumentar en el mes de octubre nuevamente a 1.25K mayor que el período de la canícula registrado; en los meses de noviembre a diciembre vuelve a disminuir hasta un valor más bajo de 0.9K (invierno en el Hemisferio Norte).

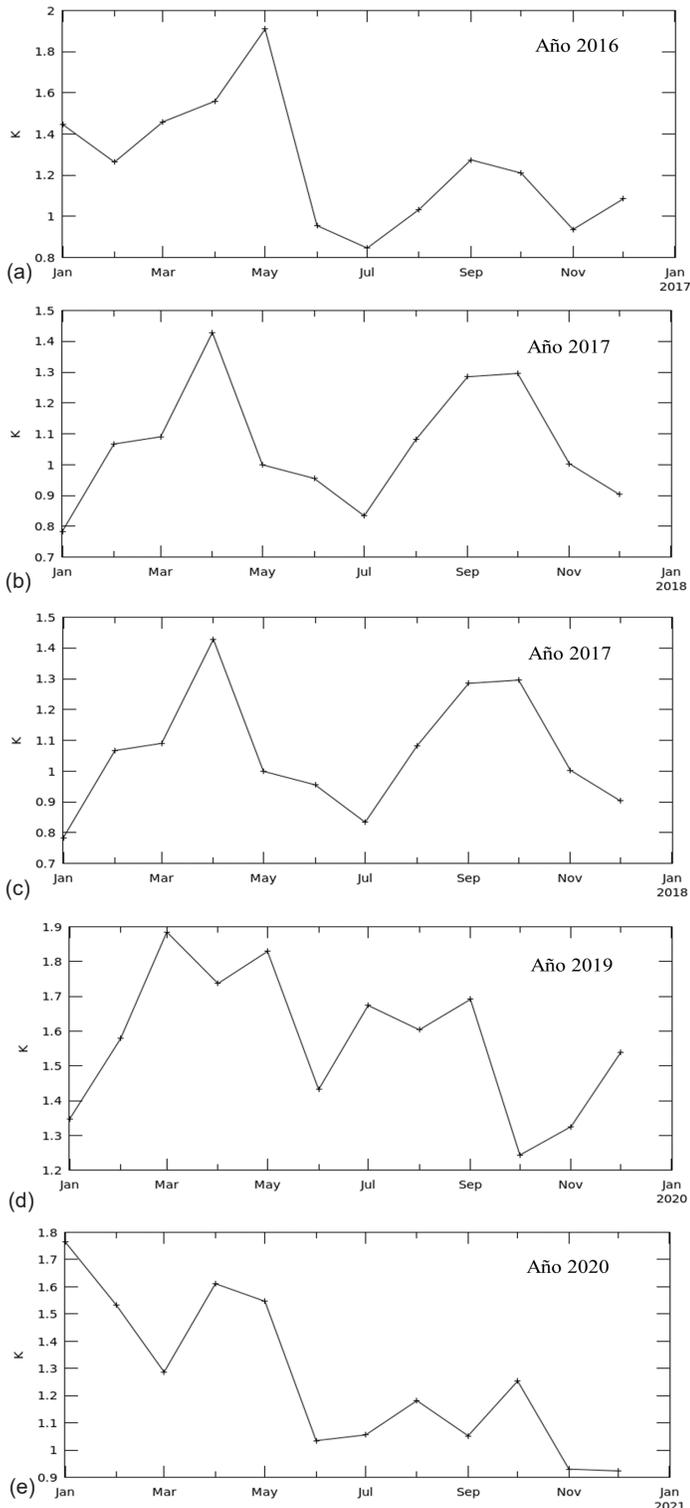


Figura 7. Gráficos de serie de tiempo de las anomalías de temperaturas medias diarias de ola de calor. Fuente: Plataforma Giovanni/NASA.

A continuación, en la Figura 8 se muestra el gráfico de la serie de tiempo para las anomalías de temperaturas medias diarias de olas de calor mensuales para el período 2016–2020; en él se observa el comportamiento de la serie de tiempo de las anomalías promedio, el cual es similar al obtenido con las anomalías de temperaturas medias de las estaciones principales (Figura 6), mostrando los valores de anomalías más altos aumentando en 2016 y decayendo en los años 2017 y 2018, después aumenta ligeramente en el año 2019 y se mantiene así en los primeros meses del 2020, hacia finales de ese mismo decae en el mes de diciembre.

También, se observa que el año 2016 tiene el valor de anomalía más alta con 1.9 K, el cual está relacionado con la incidencia de episodios de El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), es decir, cuando la fase cálida del ENSO coincide con El Niño (calentamiento oceánico) y la Oscilación del Sur el atmosférico en fase negativa. En este caso, según el boletín informativo “EL NIÑO/LA NIÑA HOY”, elaborado y divulgado por la OMM el 12 de mayo del 2016, entre el periodo comprendido de septiembre del 2015 hasta abril del 2016, la TSM en el centro y oriente del Océano Pacífico Tropical superaron los umbrales, lo que produjo un episodio de El Niño fuerte y maduro. Otro episodio de El Niño, aunque más débil, se produjo entre los meses de octubre y diciembre del 2018, en los cuales la TSM en las partes oriental y central del Océano Pacífico Tropical presentó valores parejos a los umbrales, lo cual es característica de este tipo de episodio. Además, se puede notar que las anomalías máximas se registran mayormente entre los meses de marzo y abril, correspondientes a los meses más cálidos de la temporada seca.

La Figura 8 muestra el gráfico en serie de tiempo de las anomalías medias de temperaturas diarias 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 resolución espacial de  $0.5^\circ \times 0.625^\circ$ . Esta cuadrícula promedia las anomalías para proporcionar una anomalía de temperatura promedio.

De la Figura 8 (a, b, c, d y e) que corresponden a los gráficos de serie de tiempo de las anomalías de temperaturas medias diarias de olas de calor, se procederá a extraer por intersección con el eje vertical los valores de las anomalías, para determinar el coeficiente de correlación de Pearson, más adelante.

#### 4.4. CÁLCULOS DE LAS ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIAS DE OLA DE CALOR

En la siguiente Figura 9 se aprecia el mapa generado para la anomalía de temperatura media diaria de ola de calor año 2016; corresponde a una resolución espacial dada por  $0.5 \times 0.625^\circ$ ; en K. Región 88.5718 W, 10.4713 N y 81.958 W, 15.3712 N (MERRA-2 Model M2SMNXEDI v1). De la Figura 9 se observa para la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensual que el valor más alto de la anomalía se incrementa en su gran mayoría desde la Región Norte hacia la Central y la Zona Occidental del país para el año 2016. Los valores positivos de la anomalía se registran en la Región Norte y los valores con anomalía negativa comprende la Zona Sur del Región del Pacífico con un ligero aumento estableciéndose para los meses más calurosos, y principalmente observándose en la Zona Occidental. Es importante, destacar que también la Región Central presenta anomalías de temperaturas hacia diferencias positivas y se aprecia una anomalía de 2.0K, lo cual, concuerda con el Corredor Seco de Nicaragua, y es perceptible en las Figuras 10, 11 y 12.

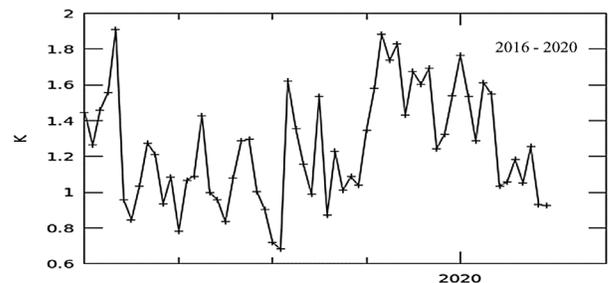


Figura 8. Gráfico de serie de tiempo de las anomalías de temperaturas medias diarias de ola de calor entre el 2016 y 2020. Fuente: Plataforma Giovanni/NASA.

En la Figura 10 se observa el mapa de las anomalías de temperaturas diarias de olas de calor mensual para el año 2016 realizado con la plataforma Giovanni; se observa cómo se establecen las anomalías más altas para las Regiones Norte, Central y el Noreste de Chinandega. En las Regiones Autónomas del Caribe se tienen las más bajas con 0.91K, mientras que en la Región del Pacífico se incrementa ligeramente a 1.3K. Sin embargo, en la Región Central se establecen patrones de anomalía más altos con un promedio de 2.1K que se extiende desde la parte central/sur del departamento de Río San Juan, parte este del lago Cocibolca, Chontales y Boaco, los departamentos de la Región Norte del país, en donde el valor de anomalías más altas es de aproximadamente 3.2K, sobre los departamentos de Estelí, Jinotega, Nueva Segovia y Madriz.

En los años 2017 y 2018 se observan brechas en el conjunto de datos de Giovanni, lo que indica que hay una discontinuidad durante el periodo de tiempo seleccionado ocasionado por diversas razones, una de ellas podría ser técnica, el satélite no estaba adquiriendo datos de observación o interrupción estacional en la cobertura del equipo; otra, y tal vez la probablemente la más acertada, sería debido a condiciones del tiempo atmosférico, posiblemente cielo nublado por sistemas tropicales, polvaredas o humo producto de quemas de bosque que ocasiona oscurecimiento en la vista hacia la tierra. Es evidente por lo antes expuesto, que los mapas obtenidos presentan falta de información, y resulta conveniente realizar el análisis correspondiente a estos dos periodos.

También, se realizó la Figura 10 en donde se presenta el mapa generado para la anomalía de temperaturas medias diarias de olas de calor para el año 2019; se observa que el valor más alto de la anomalía se incrementa generalmente desde la Región Norte y se extiende hacia la Región Central y la Zona Occidental de la Región del Pacífico, con anomalías mayores a 2K, particularmente en el departamento de Chinandega que presenta probablemente los valores de anomalías más altas del quinquenio. También, notamos en el gráfico los valores menores de las anomalías que oscilan entre 1.0K y 1.4K y que se registran sobre los municipios costeros de las Regiones Autónomas del Caribe y en las Zonas Central y Sur de la Región del Pacífico, lo cual podría deberse al aporte de humedad en forma de brisa marina.

En 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; muestra las anomalías de temperaturas promedios diarias de olas de calor mensual, el valor más alto de la anomalía 3.20K se incrementa en su gran mayoría desde la Región Norte hacia la Región Central y el Occidente. Los valores de anomalías más baja se registran en la Región Norte y principalmente en la Región Autónoma del Caribe Sur con 0.98K.

La Figura 12 contiene el mapa de modelamiento para las anomalías de temperaturas medias diarias de olas de calor, para el periodo de los 5 años, que comprende del 2016 al 2020; el valor más alto de la anomalía 2.8 K se incrementa principalmente en la Región Norte y se extiende sobre el extremo Noreste del departamento de Chinandega y hacia la Región Central del país, en correspondencia con Corredor Seco en Nicaragua.

En la franja costera de las Regiones Autónomas del Caribe y las Zonas Central y Sur del Pacífico, se tienen los valores de anomalías bajas de aproximadamente 1.5 K, pero en el departamento de Chinandega se incrementa hasta los 2.1 K, valor más alto que en toda la Región Central del país. Se observan fluctuaciones de las anomalías en la Región Norte y que se establecen entre los departamentos de Estelí, Jinotega, Nueva Segovia y Madriz.

Por lo tanto, el conjunto de datos mensuales de la red meteorológica nacional proporcionó información climática que se ajusta al comportamiento mensual y anual de la temperatura en el país y esta varía según la estación, la altura con respecto al nivel mar y la temporada seca y lluviosa, así como también a los episodios de ENSO. Los registros son usados para obtener los récords históricos, muy empleados para modelajes de pronósticos en los boletines climáticos de corto y largo plazo; según la norma recomendada por la OMM, se requiere cumplir con un promedio de 30 años, para la temperatura media del aire durante el periodo de referencia previamente estableció por la organización. Sin embargo, para este estudio el período de referencia se ajusta al promedio por simplicidad y al plazo de 5 años; ya que no cambia la forma de la serie temporal ni afecta las tendencias dentro de ella.

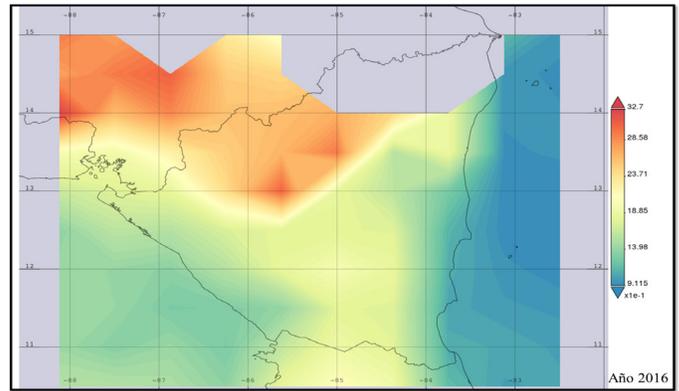


Figura 9. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente. Año 2016. Fuente: Plataforma Giovanni/NASA.

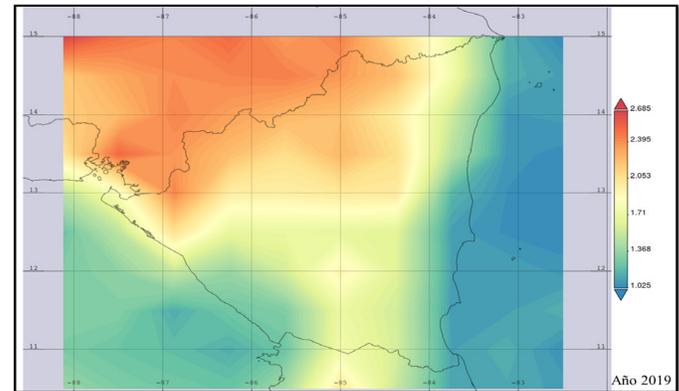


Figura 10. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente, año 2019. Fuente: Plataforma Giovanni/NASA.

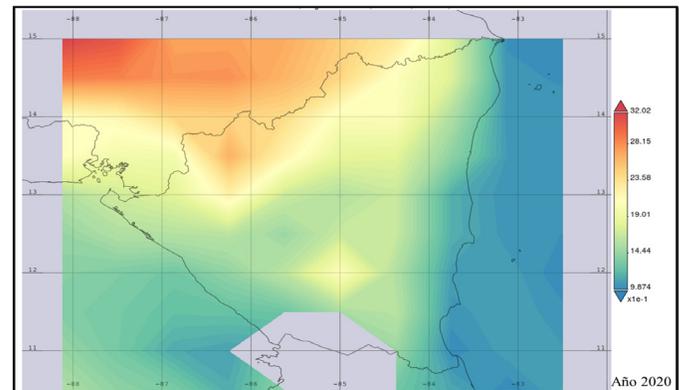


Figura 11. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente. Año 2020. Fuente: Plataforma Giovanni/NASA.

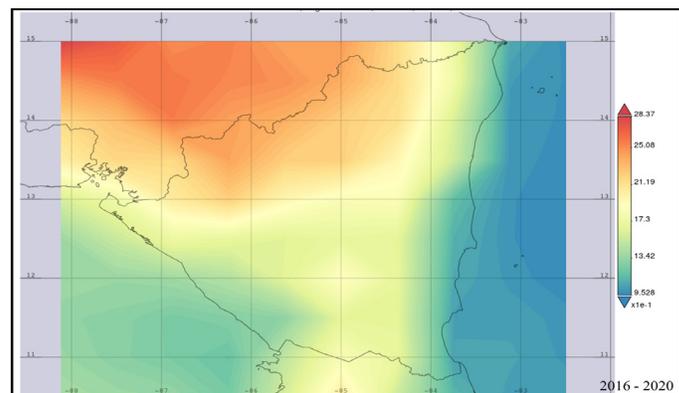


Figura 12. Mapa de promedio de tiempo de la anomalía de temperatura promedio diaria de ola de calor mensualmente. Fuente: Plataforma Giovanni/NASA.

Tabla 3. Pruebas de normalidad

	Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Anomalías de las temp_media estaciones	0.100	60	0.200*	0.988	60	0.837
Anomalías de las temp_medias diarias de olas de calor Giovanni	0.114	60	0.050	0.968	60	0.117

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors<sup>2</sup>

Tabla 4. Correlaciones de Pearson

Correlaciones de Pearson		Anomalías de temp_media estaciones	Anomalías de temp_media diaria de olas de calor Giovanni
Anomalías de las temp_media estaciones	Correlación de Pearson	1	0.313*
	Sig. (bilateral)		0.015
	N	60	60
Anomalías de las temp_medias diarias de olas de calor Giovanni	Correlación de Pearson	0.313*	1
	Sig. (bilateral)	0.015	
	N	60	60

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

## 5. DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS POR MEDIO DE LA PLATAFORMA GIOVANNI DE LA NASA

En las Figuras 6 y 8 se presentaron los gráficos de serie de tiempo de las anomalías de temperaturas medias y las anomalías de temperaturas máximas generadas a partir de los datos reales obtenidos de las 16 estaciones meteorológicas principales ubicadas en todo el país; en la Figura 9 se muestra la serie de tiempo de las anomalías promedio de las temperaturas medias diarias de olas de calor del 2016 al 2020, generada por la plataforma Giovanni. Con base en el enfoque de comparación 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 Giovanni con los datos de estaciones en tierra y mejoras los rangos de variabilidad interna reduciendo los sesgos en los modelos o datos faltantes de las estaciones.

La plataforma Giovanni únicamente presenta datos de las olas de calor diaria, es decir, las anomalías promedio, por lo que, al comparar con los datos registrados de las 16 estaciones meteorológicas del país, refleja que para el año 2016 en ambas base de datos existe una anomalía positiva para los meses más calientes principalmente para los meses de abril y mayo; para el año 2017 coincide con el pico en el mes de abril con anomalía positiva; de esta misma manera para el año 2018 en ambas bases de datos coinciden las anomalías, ya que reflejan de manera positiva para los meses de marzo y julio con valores arriba de 1.5°C, en cambio para el año 2019 según la plataforma de Giovanni refleja una anomalía positiva para todos los meses, refleja una anomalía más alto en el mes de marzo, siendo uno de los meses más caliente y según la base de datos registrado por INETER refleja una anomalía negativa de -2.7°C para el mes de abril y de -2.0°C para mayo, la cual indica que los días de esos meses fueron más fríos. En cambio, fuera del rango de lo normal la plataforma de Giovanni indica anomalías positivas para todos los meses del año y, finalmente, para el año 2020 coincide ya que ambas bases de datos reflejan que los primeros meses de enero a mayo presenta anomalías positivas. Prueba de normalidad y correlación de Pearson entre las anomalías de las temperaturas medias de las estaciones meteorológicas principales y las anomalías (serie de tiempo) de temperaturas medias diarias de olas de calor de la plataforma Giovanni durante el periodo del 2016-2020.

Como se observa en la tabla de la prueba de normalidad, ambas pruebas dan un valor de significancia mayor que 0.05, aunque para la segunda variable es igual a 0.05, pero podemos estar seguros de que nuestros datos se distribuyen normalmente y por lo tanto se emplea la correlación de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen Fuente especificada no válida., supone en el siguiente cuadro que la relación se da entre X y Y, pero aplica a cualquier par de variable y se plantea el valor absoluto del coeficiente, de modo que la magnitud es independiente del signo.

Tabla 5. Interpretación de rango de valores

Rango de valores de $r_{XY}$	Interpretación
$0.00 \leq  r_{XY}  < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq  r_{XY}  < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq  r_{XY}  < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq  r_{XY}  < 1.00$	Correlación fuerte

Se obtiene que el coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables es de 0,313. Como los valores de Pearson van de -1 a 1, siendo el 0 el indicador de que no existe correlación, vemos que entre estas dos variables existe una correlación moderada. La dirección de la correlación es positiva, es decir, es directa; por lo tanto, al aumentar los años sube la temperatura. Se puede afirmar que existe una correlación entre ambas fuentes de información, por lo que el uso de la plataforma Giovanni es recomendable.

## 6. 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, muestran el análisis de modelos a través de variables, dominios y escalas de tiempo. También, permite fácilmente trabajar un conjunto y amplia 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 cálculos 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.

Se realizó la correlación de Pearson entre las anomalías de las temperaturas medias de las estaciones meteorológicas principales y las obtenidas de la serie de tiempo de la plataforma de Giovanni; se obtuvo que entre ambos datos se establece una correlación moderada, indicando que las series de tiempo obtenidas para el quinquenio algunos valores de las anomalías están cerca y otros distantes de la línea de la serie de tiempo trazada.

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

Observamos que el clima se manifiesta en características espaciotemporales 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 extremos, principalmente las sequías que se establecen en áreas específicas del país.

## 7. 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.
- Beaudoin, 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. (8 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.
- IDEAM. (2012). Hoja metodológica del indicador Anomalía de temperatura (Versión 1,00). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales–IDEAM. Colombia. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/1287468/1.03+HM+Anomalia+temperatura.pdf>
- Imamura, F., & Yalciner, A. (2006). *TSUNAMI MODELLING MANUAL (TUNAMI model)*. Japón.
- IPCC. (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](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%c3%a1tico/Apuntes%20sobre%20Cambio%20Climatico%20en%20Nicaragua1.pdf>
- OMM. (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. (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-informe-muestra-los-efectos-del-cambio-clim%C3%A1tico-y-los>
- OMM. (2016). *Estado del Clima Mundial en 2011-2015*. Doc. OMM-No 1179. ISBN: 978-92-63-31179-5. Organización Meteorológica Mundial.
- OMM. (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>
- OMM. (2017). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre la generación de un conjunto definido de productos nacionales de vigilancia del clima. OMM-N° 1204. Obtenido de [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4215](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4215)
- OMM. (2018). *Prácticas climatológicas*. OMM - No. 100. Obtenido de [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10027](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10027)
- OMM. (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>
- 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>
- REV. IBEROAM. BIOECON. CAMBIO CLIM. (2016). Cambio climático y sus consecuencias en Nicaragua. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1), 180-192. Obtenido de <https://www.lamjol.info/index.php/RIBCC/article/view/5693/5627>
- 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, Centroamérica. *Revista Científica de FAREM-Estelí*. Año 10(38), 197–212. doi:<https://doi.org/10.5377/farem.v0i38.11952>
- Sakate, K. (2014). *Advances in earthquake and tsunami sciences and disaster risk reduction since the 2004 Indian ocean tsunami*.
- Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*.
- Wilkerson, K. (2019). Obtenido de <https://slideplayer.com/slide/14475576/>