



www.piensageotermia.com

¿Se ha incrementado la temperatura en Guatemala?

Recibido: 20/11/2023
Publicado: 01/12/2023

Febronio Tún López

Ingeniero Agrónomo, Maestro en Economía Agraria y Maestro en Ciencias en Desarrollo Rural. Profesor de la Universidad de Ain Shams, El Cairo, Egipto.

Correo: febrotun@gmail.com

Resumen

La temperatura es uno de los componentes del clima que tiene relación directa con el calentamiento global y el cambio climático y, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la temperatura media global se ha incrementado en los últimos 20 años. El objetivo de este estudio es determinar si en Guatemala la temperatura también se ha incrementado e identificar las regiones donde ha sucedido. Este estudio se realizó con base en los datos de la temperatura de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH) para el periodo 1980-2023. Para conocer la variabilidad de la temperatura anual, se dividió la temperatura promedio de cualquier año entre la temperatura promedio en el periodo de referencia (1980-2023). Las anomalías de temperaturas se obtuvieron mediante una simple resta entre la temperatura promedio de cualquier año y la temperatura promedio del año de referencia. Los resultados indican que la temperatura en Guatemala se ha incrementado en un 5.9% en los últimos 43 años y se aceleró a partir del año 2015, siendo el 2020 el año más caluroso, con una temperatura promedio de 23.23°C. En Guatemala, los meses más calurosos del año son abril y mayo. Los lugares que experimentaron mayor variabilidad de la temperatura fueron: Todos Santos, Santa María Cahabón y San Marcos. Por lo tanto, el incremento de la temperatura es indiscutible.

Palabras clave

Calentamiento global, anomalías, calor, aumento, estaciones meteorológicas.

Abstract

Temperature is one of the components of the climate that is directly related to global warming and climate change and; According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the average global temperature has increased in the last 20 years. The objective of this study is to determine if temperatures have also increased in Guatemala and to identify the regions where they have increased. This study was carried out based on temperature data from the meteorological stations of the National Institute of Seismology, Volcanology, Meteorology and Hydrology of Guatemala (INSIVUMEH) for the period 1980-2023. To determine the variability of annual temperature, the average temperature of any year was divided by the average temperature in the reference period (1980-2023). Temperature anomalies were obtained by a simple subtraction between the average temperature of any year and the average temperature of the reference year. The results indicate that the temperature in Guatemala has increased by 5.9% in the last 43 years and accelerated starting in 2015, with 2020 being the hottest year, with an average temperature of 23.23°C. In Guatemala, the hottest months of the year are April and May. The places that experienced the greatest temperature variability were: Todos Santos, Santa María Cahabón and San Marcos. Therefore, the increase in temperature is indisputable.

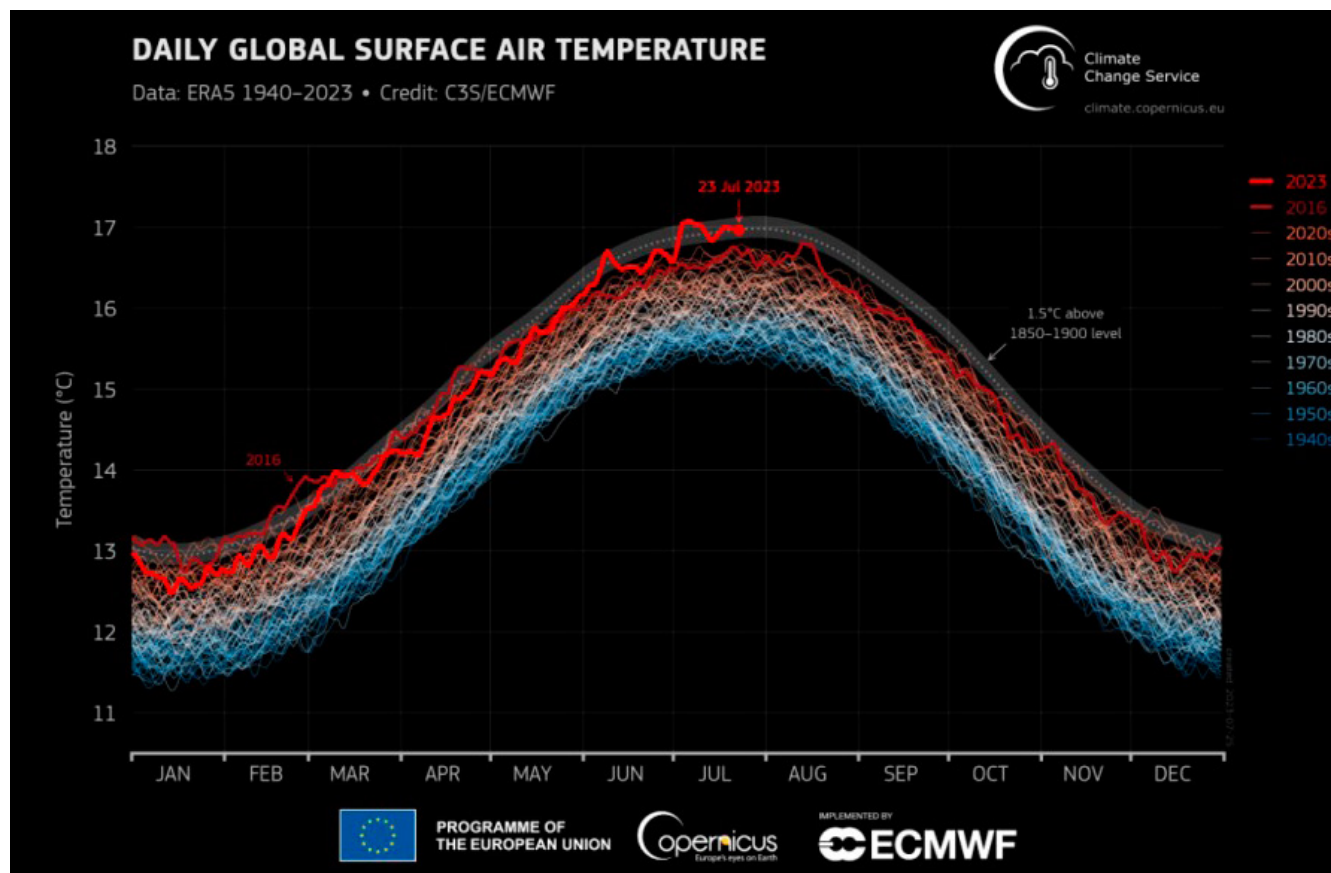
Keywords

Global warming, anomalies, heat, increase, weather stations.

Introducción

La temperatura es uno de los elementos del clima y esta última se refiere al estado promedio del tiempo atmosférico durante periodos largos desde meses hasta miles o millones de años, el periodo más utilizado es de 30 años. Es decir, el clima es el estado del sistema climático (IPCC, 2018 pp. 75-77). Además, la temperatura está relacionada directamente con el cambio climático, el cual se refiere al «cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables» (Naciones Unidas, 1992 p. 3).

El 6 de julio de 2023 fue el día más caluroso de todos los registros en la Tierra, la temperatura media global alcanzó 17.08°C y superó el umbral de referencia ($1,5^{\circ}\text{C}$), correspondiente al periodo preindustrial 1850-1900 (Copernicus Climate Change Service (C3S), 2023). Los datos indican que la temperatura se incrementó 0.99°C entre el año 2001-2020 (0.05°C/año) o 1.1°C entre el año 2011 y 2020 (0.12°C/año), que son cifras superiores en comparación con la temperatura entre el año 1850 y 1900 (The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022); por lo tanto, el calentamiento global es evidente, la información de los últimos 30 años así lo demuestra. En la figura 1 se muestra el comportamiento de la temperatura global diaria del aire en la superficie entre el periodo 1940 y 2023.

Figura 1*Temperatura global diaria del aire en la superficie*

Nota: En la figura se presenta la temperatura global diaria del aire en la superficie (°C) desde el 1 de enero de 1940 hasta el 23 de julio de 2023, representada como series temporales para cada año. 2023 y 2016 se muestran con líneas gruesas sombreadas en rojo brillante y rojo oscuro, respectivamente. Otros años se muestran con líneas finas y sombreados según la década, desde el azul (década de 1940) hasta el rojo ladrillo (década de 2020). La línea de puntos y la envoltente gris representan el umbral de 1,5°C por encima del nivel preindustrial (1850-1900). Información tomada de Copernicus Climate Change Service (C3S), 2023 con base en Datos: ERA5. Crédito: C3S/ECMWF.

Estudios realizados en algunas regiones de Europa revelaron una variación de la temperatura global de 0.34 °C entre el año 1989 y 2021 (Feia, et al., 2023).

Esto ha provocado un incremento de la temperatura de los lagos, así lo revela un estudio realizado en Croacia (Brkic, 2023); además, las altas temperaturas

afectan el sistema y crea condiciones desfavorables para el crecimiento de las especies (IPCC, 2022).

El incremento de la temperatura provoca fenómenos meteorológicos extremos y causa desastres naturales, que repercuten negativamente en la economía (Donadelli et al., 2017). Varios estudios destacan que las altas temperaturas han afectado la producción agrícola y pecuaria (Mohammed et al., 2018), un estudio realizado en China indica que el aumento de la temperatura en 1°C, reduce la producción en un 0.78% (Duan, 2022), afectando claramente el costo de la mano de obra (Dun et al., 2023) y esto provoca inseguridad alimentaria, principalmente en los países de África (Mahmood et al., 2019).

Otros estudios indican que el aumento de la temperatura puede incrementar la superficie de producción agrícola y aumentar el empleo laboral en algunos países, no obstante, en otros países ha provocado desempleos (Liu, 2023). Las altas temperaturas en los países con ingresos medios o con alto nivel educativo, inciden en la emigración, caso contrario, en aquellos países con ingresos bajos,

pues no tienen los recursos suficientes para abandonar sus lugares de origen (Cattaneo y Peri, 2016).

El aumento de la temperatura afecta la salud de los trabajadores, principalmente a aquellos que están expuestos por la naturaleza del trabajo (Teasdale y Panegyres, 2023). Por lo tanto, el incremento de la temperatura incide en el calentamiento global y sus causas se deben a las altas emisiones de los Gases de Efecto de Invernadero (GEI), principalmente del dióxido de carbono (CO₂) (Wang et al., 2023, James y Menzies, 2022).

Como se ha mencionado, los estudios indican que la temperatura media se ha incrementado y las consecuencias son notorias. En el caso de Guatemala, la temperatura promedio entre el año 1971 y 2000 fue de 20.9°C y entre el año 2001 y 2016 fue de 21.5°C, con un incremento de 0.6°C (Bardales Espinoza, et al., 2019). Estos datos revelan también que a finales del año 1980 se presentó una anomalía positiva, es decir, el resultado entre la diferencia de la temperatura de 1980 y la temperatura promedio del periodo en evaluación, fue positiva.

Asimismo, se reportaron anomalías entre los años 2002-2007 y 2013-2014. Dichas anomalías pueden tener relación con los eventos de El Niño (Bardales Espinoza, et al., 2019).

En el territorio nacional, para el 2021 la temperatura media fue 0.72°C superior al promedio de 1991-2020 y en el caso del departamento de Petén, los meses que presentaron incrementos de temperatura fueron: agosto, septiembre y octubre; pero a nivel nacional, los meses con mayores incrementos fueron: febrero, marzo y abril (INSIVUMEH, 2022). Se estima que para el 2050 habrá un aumento de temperatura entre 0.5°C y 2°C, esto implica mayor demanda de agua y baja disponibilidad hídrica, causadas por las sequías y los patrones irregulares de la precipitación y, las regiones que podrían ser más afectadas son: Petén, la Franja Transversal del Norte, la cuenca del Motagua, Cuilco y Selegua y los sistemas montañosos (IARNA-URL, 2011).

Este estudio busca actualizar la información de la temperatura observada en Guatemala, esto permitirá analizar el comportamiento de la temperatura para periodos más largos e identificar las

regiones en los que se han presentado mayores incrementos, con la finalidad de proveer datos más recientes para que los tomadores de decisiones enfoquen sus esfuerzos en las zonas más susceptibles a las amenazas naturales a través de políticas públicas, programas y proyectos. Además, en este año 2023, en el mundo se registró la temperatura más alta de todos tiempos, por lo que también es importante conocer si en Guatemala también ocurrió lo mismo.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en Guatemala, utilizando los datos de las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH. Para ello, se solicitó primero la red de estaciones meteorológicas de Guatemala, luego se determinaron los nombres de las estaciones y el año de funcionamiento, que fue fundamental para analizar los datos históricos, por lo menos para 30 años. Posteriormente se solicitó la base de datos a través del acceso a la información

pública del INSIVUMEH, correspondiente a 46 estaciones meteorológicas a nivel nacional, luego se depuró la información, quedando finalmente con 26 estaciones meteorológicas a nivel nacional, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Estaciones meteorológicas de datos de temperatura, periodo 1980-2023

No.	Nombre de la estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m.s.n.m.)	Departamento	Municipio
1	Asunción Mita R.H.	14.3354	-89.7059	478	Jutiapa	Asunción Mita
2	Camotán	14.8218	-89.3746	450	Chiquimula	Camotán
3	Catarina	14.8564	-92.0749	233	San Marcos	Catarina
4	Chixoy PCH	15.3579	-90.6613	680	Quiché	Chicamán
5	Cobán	15.4699	-90.4055	1,323	Alta Verapaz	Cobán
6	Esquipulas	14.5597	-89.3415	950	Chiquimula	Esquipulas
7	Flores Aeropuerto	16.9161	-89.8669	123	Petén	Flores
8	Huehuetenango	15.3183	-91.5024	1,870	Huehuetenango	Huehuetenango
9	INSIVUMEH	14.5873	-90.5327	1,502	Guatemala	Guatemala
10	La Fragua	14.9655	-89.5844	227	Zacapa	Estanzuela
11	Labor Ovalle	14.8713	-91.5144	2,380	Quetzaltenango	Olintepeque
12	Los Esclavos	14.2528	-90.2783	737	Santa Rosa	Cuilapa
13	Nebaj	15.3992	-91.1421	1,906	Quiché	Nebaj
14	Pasabien	15.0302	-89.6793	260	Zacapa	Río Hondo
15	Potrero Carrillo	14.7500	-89.9337	1,760	Jalapa	Jalapa
16	Puerto Barrios PHC	15.7302	-88.5844	2	Izabal	Puerto Barrios

17	Quezada	14.2329	-90.0362	980	Jutiapa	Quezada
18	Retalhuleu Aeropuerto	14.5249	-91.6941	205	Retalhuleu	Retalhuleu
19	Sacapulas	15.2906	-91.0920	1,180	Quiché	Sacapulas
20	San Jerónimo R.H.	15.0609	-90.2522	1,000	Baja Verapaz	San Jerónimo
21	San Marcos PHC	14.9672	-91.8233	2,420	San Marcos	San Marcos
22	San Martín Jilotepeque	14.7775	-90.7926	1,800	Chimaltenango	San Martín Jilotepeque
23	San Pedro Necta	15.4946	-91.7624	1,641	Huehuetenango	San Pedro Nécta
24	Santa Cruz Balanyá	14.6832	-90.9185	2,080	Chimaltenango	Santa Cruz Balanyá
25	Santa María Cahabón	15.6084	-89.8123	380	Alta Verapaz	Cahabón
26	Todos Santos	15.5080	-91.6003	2,480	Huehuetenango	Todos Santos Cuchumatán

Nota: Estaciones meteorológicas utilizadas para este estudio, con base a la información del INSIVUMEH, 2023

Datos y métodos

Para conocer el comportamiento de la temperatura a través del tiempo, se utilizó el promedio de las temperaturas para el periodo de referencia 1980-2023. Se agruparon todas las temperaturas por días, meses y años; para el análisis de la temperatura mensual y anual se utilizó la temperatura promedio del mes y la temperatura promedio del

año, respectivamente. Para conocer la variabilidad de la temperatura anual, se utilizó la siguiente ecuación.

$$\Delta T_i = T_i / T_p \quad (1)$$

Donde ΔT_i es la variabilidad de la temperatura, que es el cociente entre la temperatura promedio en el año i y la temperatura promedio en el periodo de referencia (1980-2023).

Donde T_i es la temperatura promedio en el año i (i puede ser cualquier año, por ejemplo 1980)

Donde TP es la temperatura promedio en el periodo de referencia (1980-2023)

Para conocer el comportamiento de la temperatura mensual, se utilizó el promedio de todas las temperaturas del mes correspondiente al periodo 1980-2023. Esto permitió identificar la variabilidad de la temperatura mensual. Aunado al comportamiento de la temperatura anual, se determinó la existencia de anomalías de temperaturas, a través de la siguiente ecuación.

$$AT_i = T_i - TP \quad (2)$$

Donde AT_i son las anomalías de temperaturas en el año i

Donde T_i es la temperatura promedio del año i (i puede ser cualquier año, por ejemplo 1980)

Donde TP es la temperatura promedio en el periodo de referencia (1980-2023)

La anomalía es prácticamente la resta entre la temperatura observada y la temperatura promedio en el año de referencia, si es positiva, la temperatura observada es más cálida que la temperatura de referencia y, por el contrario, si es negativa es más fría. Esto significa que un verano puede ser más frío o un invierno más caluroso en promedio. Los promedios permiten generalizar la información cuando no se tiene una gran cantidad de red meteorológica (National Centers for Environmental Information National Oceanic y Atmospheric Administration [NCEI-NOAA], s.f.).

Para conocer la variabilidad de temperatura por estación meteorológica, se obtuvieron los promedios anuales de la temperatura media de cada estación, utilizando la ecuación 1 mencionada con anterioridad.

Resultados

Aumento de la temperatura

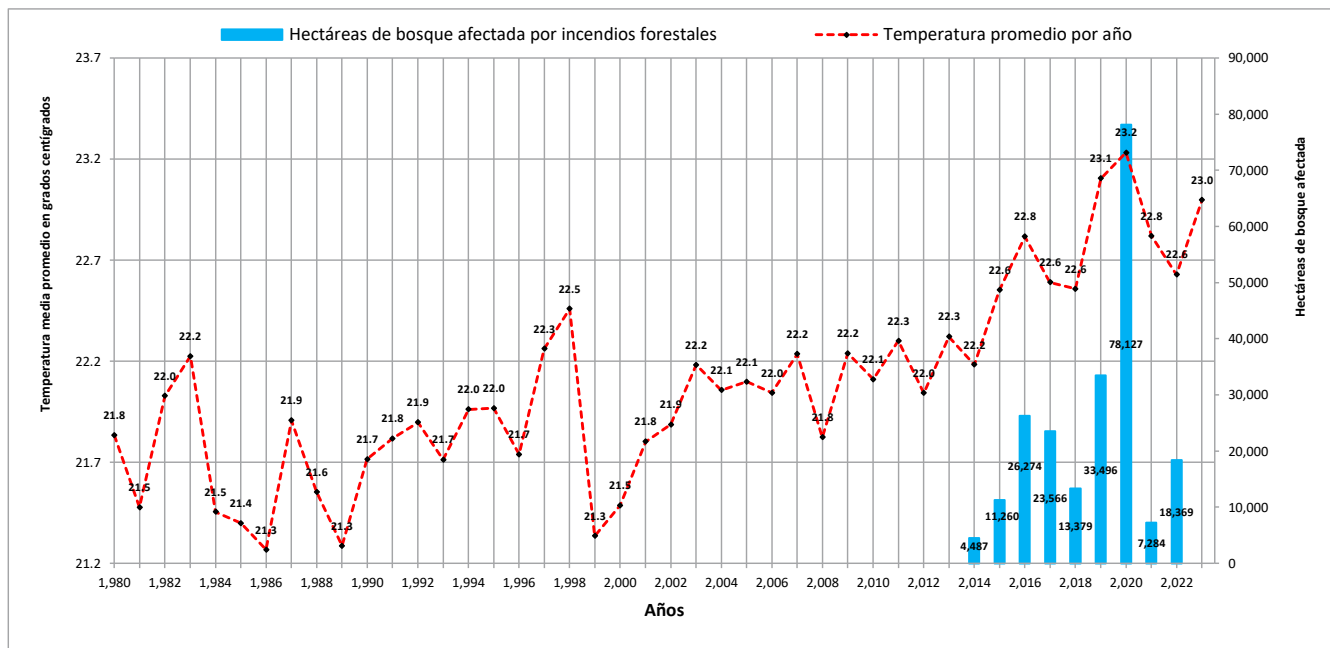
En el periodo 1980-2023, la temperatura media, en promedio fue de 22.08°C a

nivel nacional y, se incrementó a partir del año 2015, siendo el 2020, el año con la temperatura más alta (23.23°C) durante estos últimos 43 años, dato que también coincide con la cantidad de incendios forestales que se registraron en el 2020, que afectó a 78,127 hectáreas de bosque

a nivel nacional, siendo también el más alto de todos los registros, tal como se puede observar en la figura 2 (Del 2014 al 2022, se registraron 326, 616, 598, 807, 1,030, 1,417, 1,397, 350 y 673 incendios forestales, respectivamente).

Figura 2

Comportamiento de la temperatura media en Guatemala e incendios forestales, periodo 1980-2023



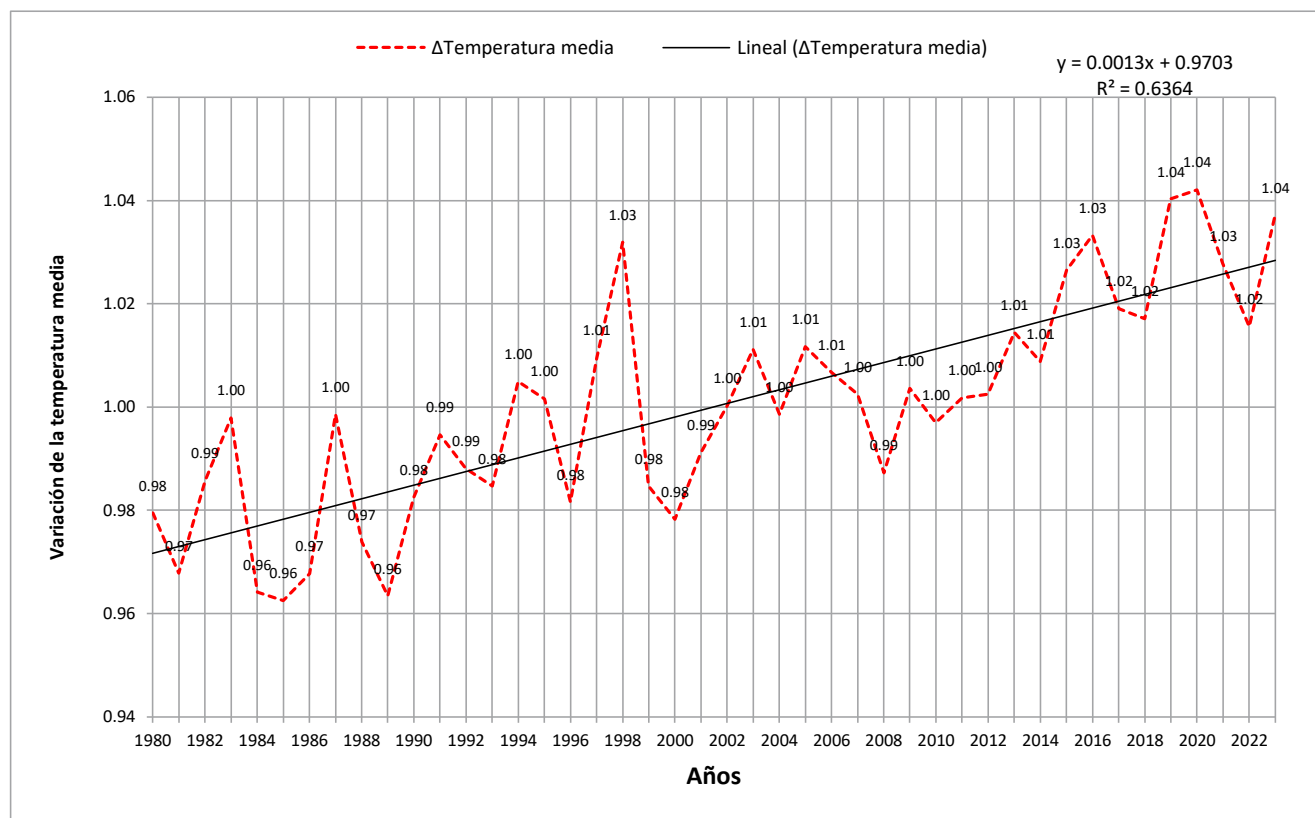
Nota: la temperatura media para el año 2023, corresponde a los meses entre enero y mayo, es posible que la temperatura aumente al incorporar los datos restantes. La cantidad de área afectada por los incendios forestales son con base al informe de labores del INAB 2022 y 2018.

En la figura 2 se observa también que los años con las temperaturas medias más bajas fueron 1986, 1988 y 1999. Durante el periodo 1980-2023, la temperatura media aumentó un 1.28°C en 43 años, es decir, tuvo un aumento de un 5.9%, el cual corresponde a una velocidad de 0.03°C/

año. Además, la temperatura media no es uniforme, presenta una variabilidad a lo largo del tiempo, es decir, hay años con más calor que otros. En la figura 3 se presenta el comportamiento de la variabilidad de la temperatura media.

Figura 3

Comportamiento de la variabilidad de la temperatura media, periodo 1980-2023



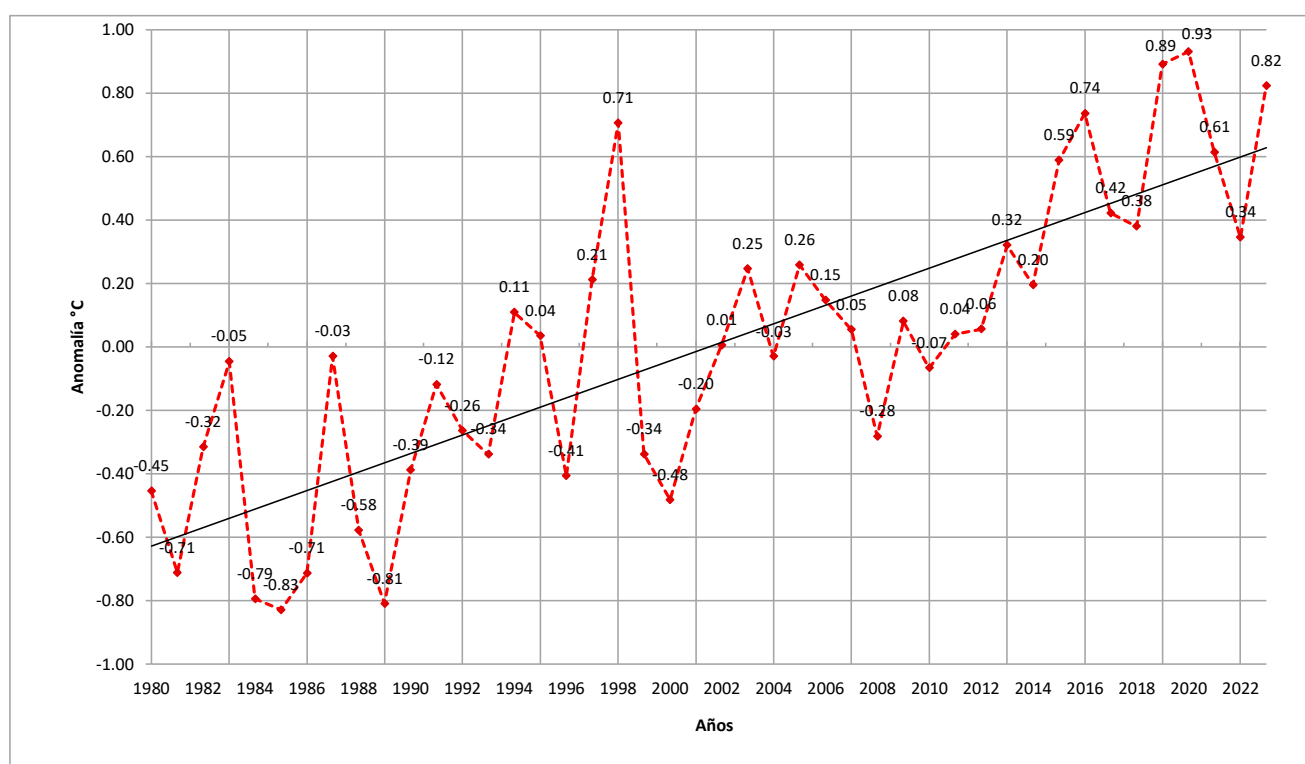
Nota: elaboración propia con base en información del INSIVUMEH (2023). La línea de tendencia muestra una pendiente positiva, con un coeficiente de determinación (R) de 0.6, lo que indica que el incremento de la temperatura es explicado en un 60% por la variable año.

En la figura 3 se observa un aumento de la temperatura respecto al tiempo. Los años que presentaron temperaturas superiores al promedio corresponden a los años 1998, 2015, 2016, 2019,

2020, 2021 y 2023. En la figura 4 se complementa el análisis, con el criterio de anomalías, es decir, aquellos años con registros positivos o negativos respecto al promedio del periodo 1980-2023.

Figura 4

Anomalías de temperatura media anual, periodo 1980-2023



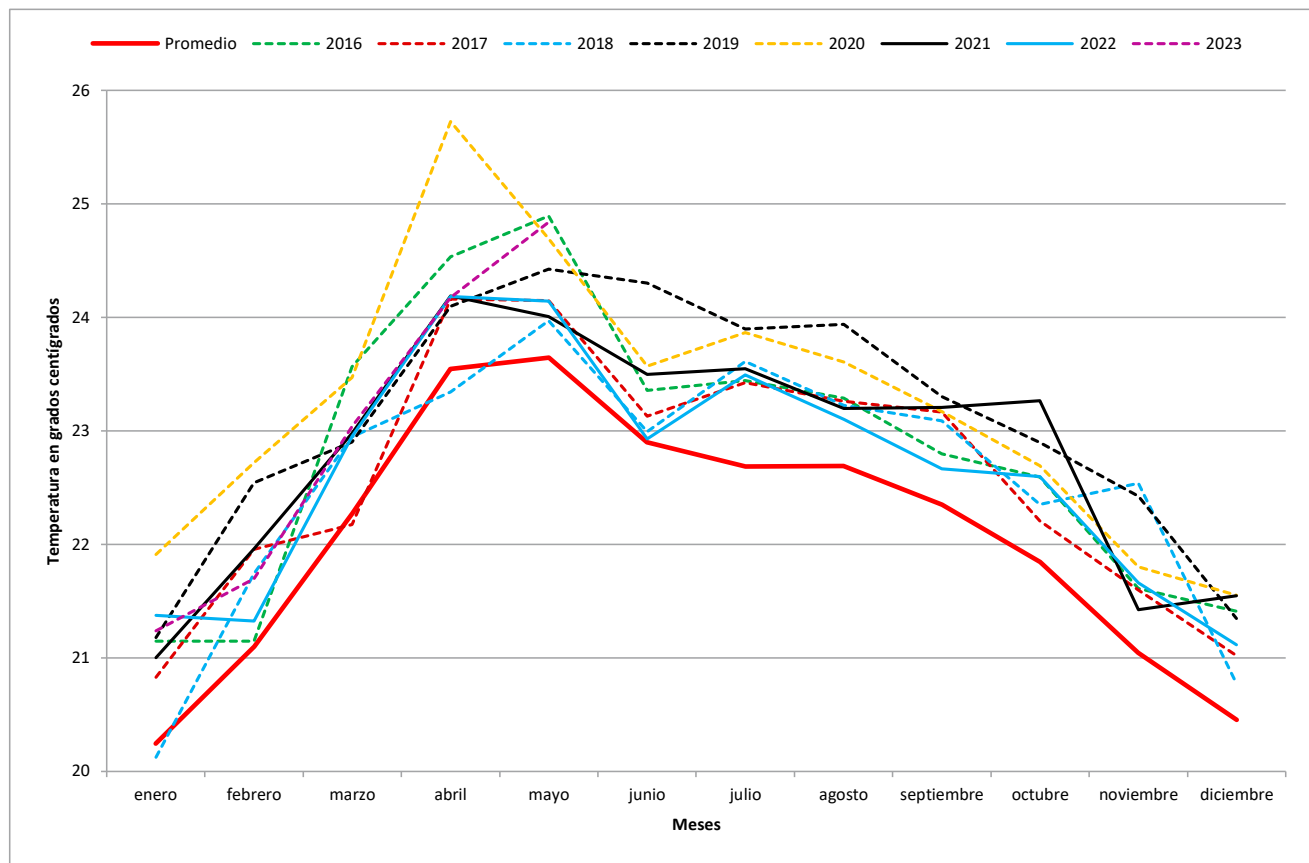
Nota: valores positivos indican que la temperatura es más cálida que la temperatura promedio y valores negativos quiere decir que es más fría que la temperatura promedio.

En la figura 4 se puede observar que los años con temperaturas más cálidas respecto al promedio fueron el 2020, 2019, 2023, 2016, 1998, 2021 y 2015, con valores de 0.93, 0.891, 0.822, 0.735, 0.706, 0.614, y 0.587, respectivamente. Los años más fríos respecto al promedio

fueron los años 1985, 1989, 1984, 1986, 1981, con valores de -0.828, -0.809, -0.794, -0.703 y -0.711, respectivamente. En resumen, en estos últimos 7 años ha hecho más calor que hace 43 años y el comportamiento a nivel mensual se presenta en la figura 5.

Figura 5

Temperatura media mensual promedio en el periodo 1980-2023



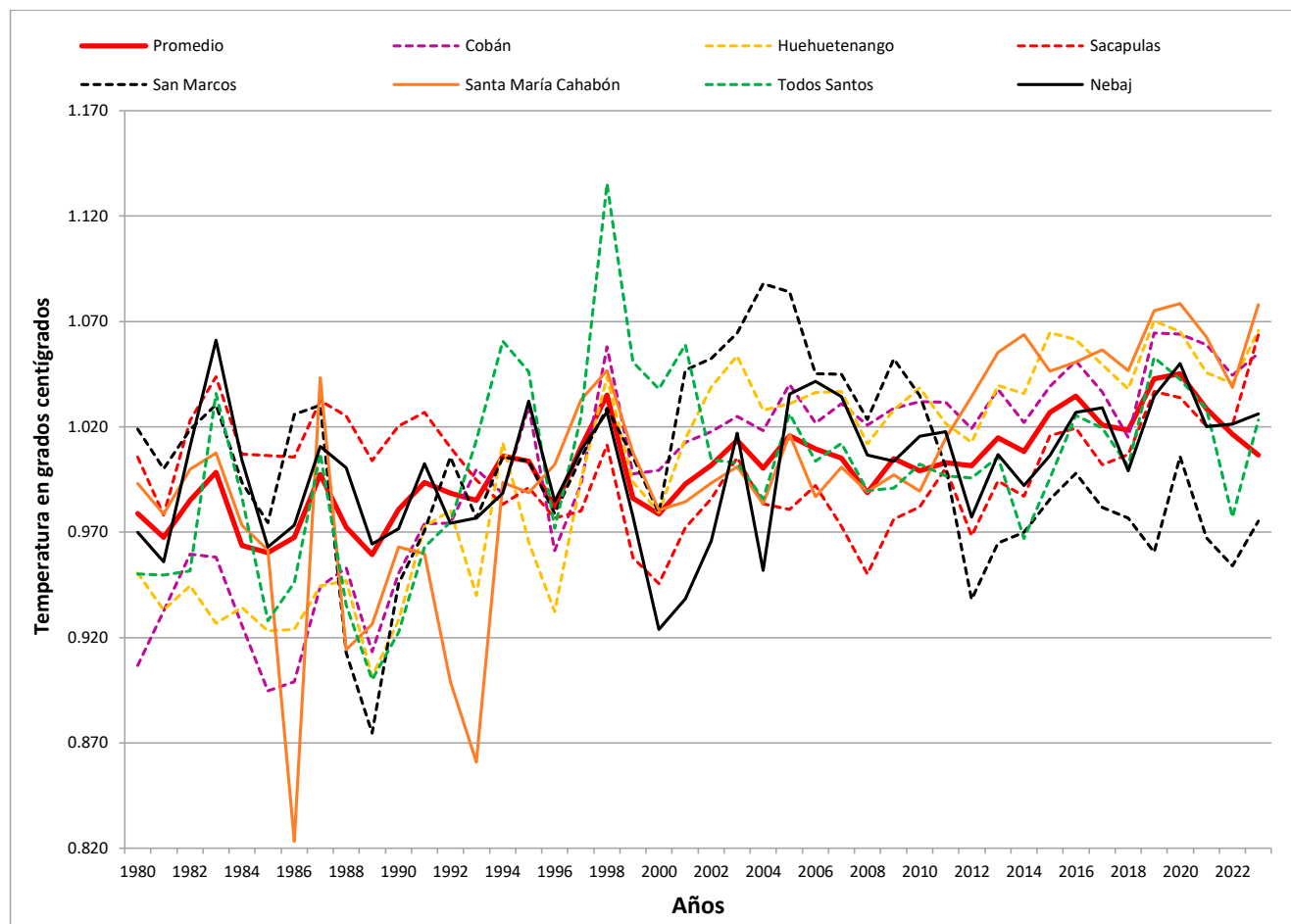
Nota: la línea roja corresponde a la temperatura promedio para el periodo 1980-2023 y a partir del 2016, las temperaturas empiezan a alejarse del promedio (línea roja). Para el 2023 solo se tiene los datos hasta el mes de mayo, razón por la que la línea se interrumpe en ese mes.

Como puede observarse en la figura 5, los meses de abril y mayo son los meses más calurosos del año y a partir del mes de julio las temperaturas empiezan a descender. En el año 2020, la temperatura promedio correspondiente al mes de abril fue de 25.728°C, siendo el más alto de todos los meses del periodo 1980-2023. Respecto al año 2023, solo se tiene información hasta el mes de mayo, sin embargo, se puede observar que, para dicho mes, la temperatura fue superior (24.84°C) al mes de mayo del 2020 y debido a la tendencia, es posible que para el mes de junio la temperatura se haya incrementado.

Aunque para el periodo 1980-2023, en el mes de diciembre se reportó una temperatura promedio de 20.452 °C, inferior a la temperatura promedio del mes de mayo (23.644°C), el mes de diciembre tuvo una mayor variabilidad respecto a su promedio, en comparación a los demás meses. Para conocer el comportamiento de las temperaturas de las regiones de Guatemala, se utilizaron los datos de las diferentes estaciones. En la figura 6, se presenta la variabilidad de la temperatura media.

Figura 6

Variabilidad de la temperatura media de las estaciones meteorológicas, periodo 1980-2023



Nota: la línea roja corresponde a la temperatura promedio, el cual permite comparar la variabilidad de las estaciones.

Como puede observarse en la figura 6, las estaciones Todos Santos, Santa María Cahabón y San Marcos, presentaron una mayor variabilidad respecto a su

promedio para el periodo 1980-2023, estos resultados evidencian que en esas regiones el sistema de vida puede verse alterado por dicha variabilidad.

Discusión

Este estudio reveló que entre el periodo 1980-2023, 2001-2020, 2011-2020, la temperatura media se incrementó en 1.28°C, 1.13°C y 0.89°C, respectivamente, con un incremento porcentual de 5.9%, 5.1% y 4%, respectivamente y, a una velocidad de 0.03°C/año, 0.06°C/año y 0.10°C/año, respectivamente. Es decir, el incremento de la temperatura se ha acelerado en los últimos años.

Estos resultados coinciden con los reportes del IPCC, en donde se indica que la temperatura media global del planeta en el periodo 2001-2020 y 2011-2020, la velocidad fue de 0.05°C/año y 0.12°C/año, respectivamente. Otro estudio realizado en Guatemala indica que en el periodo 2001-2016 el incremento de la temperatura en el país fue de 0.6°C (Bardales Espinoza, et. al, 2019), aunque este resultado es inferior a los datos de la presente investigación, la tendencia es la misma.

Bardales Espinoza et. al (2019), también menciona que, en el año 1980,

2002-2007 y 2013-2014 se presentaron temperaturas más cálidas que podrían tener relación con los eventos de El Niño. Sin embargo, en esta investigación, por tener datos más recientes, los años más cálidos fueron los años después del 2015, con anomalías positivas (temperaturas superiores al promedio, entre 0.5 y 2.1) y específicamente, el año 2020, fue el año con la temperatura promedio más alta (23.23°C) para el periodo 1980-2023, siendo el mes de abril el mes más caluroso de todos los meses (25.728°C).

Esta anomalía positiva de la temperatura, coincidió con el fenómeno natural del Huracán Eta que azotó Guatemala el 5 de noviembre de 2020, sin embargo, como se había mencionado, las anomalías positivas empezaron mucho antes, desde julio de 2015 hasta mayo de 2023 (95 meses con anomalías positivas de 117 meses). El INSIVUMEH (2022), menciona que en el año 2021 los meses con mayores temperaturas fueron los meses de febrero, marzo y abril. Sin embargo, en esta investigación los datos indican que, para ese año, los meses con altas temperaturas fueron abril y mayo. Dicho comportamiento es lo mismo para el periodo 1980-2023.

Un estudio estimó que para el 2050 la temperatura podría incrementarse entre 0.5°C y 2°C y las regiones más afectadas podrían ser: Petén, la Franja Transversal del Norte, la cuenca del Motagua, Cuilco y Selegua y los sistemas montañosos (IARNA-URL, 2011). Sin embargo, en esta investigación las regiones que podrían alterarse por el incremento de las temperaturas son: Todos Santos, Santa María Cahabón y San Marcos, pues son las áreas que tuvieron mayor variabilidad de todas las estaciones en estudio.

Las regiones más susceptibles deben tomarse en cuenta en las políticas públicas, los programas y proyectos, debido a que son regiones que podrían verse afectadas en la producción agrícola y pecuaria, la seguridad alimentaria, el empleo, la salud y en la migración.

Conclusiones

La temperatura media en Guatemala en el periodo 1980-2023 fue en promedio de 22.08°C y durante estos últimos 43

años el incremento fue de 1.28°C, que corresponde al 5.9%, y a una velocidad de 0.03°C/año. La temperatura se incrementó a partir del año 2015, siendo el año 2020 con la temperatura más alta en el periodo de estudio, sin embargo, los años con las temperaturas más bajas fueron 1986, 1988 y 1999; y los meses más calurosos fueron, abril y mayo para el periodo en estudio.

Para el periodo 2001-2020, el aumento de la temperatura en Guatemala coincide con los incrementos reportados en el informe de IPCC, con una velocidad de 0.06°C/año y 0.05°C/año, respectivamente. Las regiones de Guatemala que presentaron altas temperaturas respecto al promedio fueron: Todos Santos, Santa María Cahabón y San Marcos, áreas a las que debe prestarse más atención. En resumen, Guatemala también se ha calentado y, coincide con los diferentes reportes sobre el incremento de la temperatura media global.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones es importante realizar estudios de temperatura, precipitación y niveles de los ríos correspondiente a Todos Santos, Santa María Cahabón y San Marcos, que son las regiones que presentaron mayor variabilidad de temperatura. También es importante realizar estudios de percepción en las regiones más susceptibles, para conocer la capacidad de respuesta a los

cambios de temperatura, precipitación, los niveles de los ríos y otras amenazas naturales.

Es importante determinar si los cambios de temperatura y precipitación, tienen una relación con los desastres naturales y en cuánto afecta social y económicamente el cambio de la temperatura y la precipitación, las áreas de producción agrícola y pecuaria, la seguridad alimentaria, el empleo, la salud y la migración.

Referencias

- Bardales Espinoza, W. A., Castañon, C. y Herrera Herrera, J. L. (2019). Clima de Guatemala, tendencias observadas e índices de cambio climático. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala (pp. 20–39). Editorial Universitaria UVG. <https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2019/07/1RepCCGuaCap2.pdf>
- Brkic, Z. (2023). Increasing water temperature of the largest freshwater lake on the Mediterranean islands as an indicator of global warming. *Heliyon*, 9(2023). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19248>
- Cattaneo, C., y Peri, G. (2016). The migration response to increasing temperatures. *Journal of Development Economics*, (122), pp. 127-146. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2016.05.004>

- Copernicus Climate Change Service (C3S), (8th August 2023). July 2023 sees multiple global temperature records broken. <https://climate.copernicus.eu/july-2023-sees-multiple-global-temperature-records-broken>
- Donadelli, M., Jüppner, M. Riedel, M. y Schlag, C. (2017). Temperature shocks and welfare costs. *Journal of Economic Dynamics and Control*, (82), 331-355. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2017.07.003>
- Duan, H., Yuan, D., Cai, Z. y Wang, S. (2022). Valuing the impact of climate change on China's economic growth. *Economic Analysis and Policy*, (74), 155-174. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.01.019>
- Dun, O., Klocker, N., Farbotko, C. y McMichael, C. (2023). Climate change adaptation in agriculture: Learning from an international labour mobility programme in Australia and the Pacific Islands region. *Environmental Science & Policy*, (139), 250-273. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.10.017>
- Feia, Y., Lei, S. y Juanle, W. (2023). Monthly variation and correlation analysis of global temperature and wind resources under climate change. *Energy Conversion and Management*, (285). <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.116992>
- IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2011). Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico. Guatemala. <http://www.infoiarna.org.gt/publicacion/cambio-climatico-y-biodiversidad-elementos-para-analizar-sus-interacciones-en-guatemala-con-un-enfoque-ecosistemico/>
- James, N. y Menzies, M. (2022). Global and regional changes in carbon dioxide emissions: 1970–2019. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, (608). <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.128302>
- Liu, T., y Lin, Y. (2023). Does global warming affect unemployment? International evidence. *Economic Analysis and Policy*, (8), 991-1005. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.09.028>
- Mahmood, R., Jia, S. y Zhu, W. (2019). Analysis of climate variability, trends, and prediction in the most active parts of the Lake Chad basin, Africa. *Scientific Reports*, (9), 1-18. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42811-9>

Mohammed, A., Li, J., Elaru, J., Elbashier, M., Keesstra, S. Artemi, C., Martin, K. Reuben, M. y Teffera, Z. (2018). Assessing drought vulnerability and adaptation among farmers in Gadaref region, Eastern Sudan. *Land Use Policy*, (70), 402-413. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.027>

Naciones Unidas (ONU), (1992). Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 9 de mayo, 1992. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

National Centers for Environmental Information - National Oceanic y Atmospheric Administration (NCEI-NOAA) (s. f.). Anomalies vs. Temperature. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/dyk/anomalies-vs-temperature>

Teasdale, N. y Panegyres, P. (2023). Climate change in Western Australia and its impact on human health. *The Journal of Climate Change and Health*, 12(July-August 2023), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2023.100243>

The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH]. (2022). Estado del Clima en Guatemala. https://insivumeh.gob.gt/wp-content/uploads/2023/01/Estado_del_clima.pdf

Instituto Nacional de Bosques [INAB]. (2022). Informe de labores 2022 https://www.inab.gob.gt/images/memoria_de_labores/INFORME%20DE%20LABORES%202022.pdf

Instituto Nacional de Bosques [INAB]. (2022). Informe de labores 2018. https://www.inab.gob.gt/images/memoria_de_labores/Memoria%20de%20Labores%202018.pdf

IPCC, (2018). Anexo I: Glosario. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf

Wang, Q. (2023). Gender-specific association of adverse childhood experiences with frailty index level and trajectory in China. *Maturitas*, 170(April 2023), (170), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2023.01.011>