Guatemala, diciembre 2022.
Volumen 6, número 2. Semestral.

ISSN: 2707-7357 = Yu'am (en línea)
ISSN-L: 1998-0493

Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático | Yu'am

La canícula
y su comportamiento en Guatemala

SGCCC Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático
DEFENSORES DE LA NATURALEZA
UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
ICC Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
ACR Asociación de Combustibles Renovables GUATEMALA
ASIS 40 AÑOS
INSIVUMEH
DIGI Dirección General de Investigación Universidad de San Carlos de Guatemala

La canícula y su comportamiento en Guatemala

Elmer Adolfo Orrego León1*, Nelly Cristina González Batres2
y Mónica Paola Hernández Quevedo2

1 Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), km 92.5 carretera a Mazatenango, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Teléfono: 78281000
2 Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), 7ma. Ave. 14-57 zona 13, Ciudad de Guatemala, Guatemala. Teléfono: 23105027

*Autor de correspondencia: eorrego@icc.org.gt y elmeradolfo_00007@hotmail.com

Orrego León, E. A., González Batres N. C., Hernández Quevedo, M. P. (2022). La canícula y su comportamiento en Guatemala. Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático–Yu'am, 6(1): 2-18
Recibido: 19/05/2022 Aceptado: 07/07/2022 Publicado: 28/07/2022

Resumen

El fenómeno meteorológico conocido como "canícula" es una disminución parcial o total de la precipitación que ocurre a mediados de la época lluviosa, durante los meses de julio y agosto, en Centroamérica. La canícula es un fenómeno recurrente que ha sido poco estudiado en la región, siendo Costa Rica el único país que cuenta con información sistematizada sobre el mismo. Dada la importancia de la canícula por sus potenciales efectos negativos en la población y la economía local, es necesario contar con información climática sólida para la gestión de la sequía y sus impactos en los recursos hídricos. El objetivo principal de este trabajo fue brindar información climática sobre la canícula en Guatemala, generando una referencia sobre la frecuencia del fenómeno, su duración, intensidad y magnitud en el país. Para caracterizar el comportamiento de la canícula se utilizaron datos de temperatura y precipitación diaria registrados por 39 estaciones meteorológicas durante 40 años (1980-2019). Los resultados del estudio mostraron que la canícula ocurre en casi toda Guatemala, excepto en la zona del Caribe, dando inicio entre el 30 de junio y el 3 de agosto y finalizando entre el 3 de agosto al 12 de septiembre. La duración de la canícula oscila entre 20 a 65 días, su intensidad varía de -212 a 80 milímetros, la magnitud es de 72-91% y la precipitación durante la canícula es de 59-268 milímetros. Las áreas dentro del territorio nacional con riesgo alto y muy alto al impacto potencial de la canícula son: Zacapa, El Progreso, Baja Verapaz, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Huehuetenango, Guatemala, Santa Rosa y Quiché.

Palabras clave: Cambio climático, canícula, climatología, sequía, variabilidad climática.

Abstract

The meteorological phenomenon known as Canicula is a partial or total decrease in precipitation in the middle of the rainy season during July and August in Central America. The Canicula is a recurrent phenomenon that has been little studied in the region, and Costa Rica is the only country with systematized information about it. Given the importance of the Canicula due to its potential negative effects on the population and the local economy, it is necessary to have reliable climatic information for managing drought and its impacts on water resources. The main objective of this work was to generate climatic information on the Canicula in Guatemala, developing a reference on the frequency of the phenomenon, its duration, intensity, and magnitude in the country. To characterize the behavior of the Canicula, we used daily temperature and precipitation data recorded by 39 meteorological stations for 40 years (1980-2019). The results showed that the Canicula occurs in almost all of Guatemala, except in the Caribbean, starting between June 30 and August 3 and ending between August 3 and September 12. The duration of the Canicula ranges from 20 to 65 days, its intensity varies from -212 to 80 millimeters, the magnitude is 72-91%, and the reported precipitation is 59-268 millimeters. The areas within Guatemala with high and very high risk to the potential impact of this phenomenon are Zacapa, El Progreso, Baja Verapaz, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Huehuetenango, Guatemala, Santa Rosa and Quiché.

Introducción

La “canícula”, es una disminución parcial o total de la precipitación, que ocurre a mediados de la época lluviosa durante julio y agosto, y coincide con el verano en el hemisferio norte, de ahí su nombre en inglés “Mid-Summer Drought”, aunque en otros países se le conoce como “Veranillo”. La canícula afecta principalmente a países de Centroamérica, aumentando las temperaturas por consecuencia del incremento de la radiación solar incidente sobre la superficie terrestre, condiciones características de la época seca (Bardales et al., 2018). El fenómeno de la canícula se da por el fortalecimiento de los vientos alisios, la corriente en chorro de bajo nivel del Caribe, que alcanza su máximo (Amador, 2008), y la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) hacia el sur (Amador et, al. 2006; Magaña et, al.1999; citado por Alfaro, 2015). La canícula no ocurre en toda la región de Mesoamérica; se da principalmente en áreas cercanas al Pacífico y no se desarrolla en el Caribe (García-Oliva y Pazos, 2021; Verbist et, al., 2018).

La canícula es un fenómeno recurrente que ha sido poco estudiado en la región centroamericana, siendo Costa Rica el único país que cuenta con información sistematizada

sobre el mismo (Alfaro, 2015). En Guatemala aún no se cuenta con una caracterización climatológica de la canícula, los pocos estudios que existen hasta la fecha utilizaron datos de pocas estaciones meteorológicas (Maldonado et, al. 2016), datos de modelos regionales o de precipitación satelital (García-Oliva y Pazos, 2021; Verbist et, al. 2018).

Dada la importancia de la canícula por sus potenciales efectos negativos en la población y la economía local (e.g., el 24% del PIB nacional responde a la agricultura; 7 de cada 10 hogares que se dedican a la agricultura viven en situación de pobreza; SGCCC, 2019), es necesario contar con información climática sólida para la gestión de la sequía y sus impactos en los recursos hídricos. Por lo anterior, el objetivo principal del estudio es caracterizar el comportamiento de la canícula en Guatemala, generando una referencia sobre la frecuencia del fenómeno, su duración, intensidad y magnitud en el país. Se espera que la información básica sobre la climatología de la canícula aquí presentada constituya un aporte directo para la gestión de los recursos hídricos, oriente la toma de decisiones en los diferentes sistemas productivos y ayude a reducir la vulnerabilidad del país.

Materiales y métodos

Para caracterizar el comportamiento de la canícula se utilizaron datos meteorológicos de temperatura media y precipitación diaria registrados por 39 estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) durante 40 años (1980-2019). La información sobre las estaciones meteorológicas incluídas en este estudio se muestra en el Cuadro 1 y la Figura 1.

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas incluidas en el estudio.

Estación	Coordenadas		Altitud (msnm)	Región climática	Municipio	Departamento	Período		Datos faltantes %
	Longitud	Latitud					Fecha inicial	Fecha final	
Alameda ICTA	-90.80333	14.63389	1766	Altiplano Central	El Tejar	Chimaltenango	1980	2019	22%
Asunción Mita	-89.70583	14.33444	478	Valles de Oriente	Asunción Mita	Jutiapa	1980	2019	5%
Santa María Cahabón	-89.81000	15.60000	380	Franja Transversal	Cahabón	Alta Verapaz	1980	2019	7%
Catarina	-92.07722	14.85556	233	Boca Costa	Catarina	San Marcos	1980	2019	25%
Camotan	-89.37278	14.82056	450	Valles de Oriente	Camotán	Chiquimula	1980	2019	2%
Chinique	-91.02444	15.04389	1880	Altiplano Central	Chinique	Quiché	1980	2019	2%
Chixoy	-90.66056	15.35611	680	Altiplano Central	Chicaman	Quiché	1980	2019	15%
Cobán	-90.40750	15.46667	1323	Franja Transversal	Cobán	Alta Verapaz	1980	2019	5%
Cubulco	-90.61417	15.10889	994	Altiplano Central	Cubulco	Baja Verapaz	1980	2019	7%
Esquipulas	-89.34194	14.55889	950	Valles de Oriente	Esquipulas	Chiquimula	1980	2019	0%
Flores	-89.86639	16.91472	123	Norte	Flores	Petén	1980	2019	5%
Huehuetenango	-91.50306	15.31722	1870	Occidente	Huehuetenango	Huehuetenango	1980	2019	10%
Insivumeh	-91.50306	14.58639	1502	Altiplano Central	Guatemala	Guatemala	1980	2019	12%
La Ceibita	-89.87555	14.49278	960	Valles de Oriente	Monjas	Jalapa	1980	2019	25%
La Fragua	-89.58444	14.96417	210	Valles de Oriente	Estanzuela	Zacapa	1980	2019	2%
La Unión	-89.29111	14.96333	1000	Valles de Oriente	La Unión	Zacapa	1980	2019	2%
Labor Ovalle	-91.51388	15.87000	2390	Occidente	Olintepeque	Huehuetenango	1980	2019	7%
Las Vegas	-88.96667	15.60000	10	Caribe	Livingston	Izabal	1980	2019	0%
Los Esclavos	-90.27830	14.25280	737	Altiplano Central	Cuilapa	Santa Rosa	1980	2019	3%
Montufar	-90.15444	13.80861	10	Pacífico	Moyuta	Jutiapa	1980	2019	7%
Nebaj	-91.14222	15.39806	1906	Franja Transversal	Nebaj	Quiché	1980	2019	5%
Panzós	-89.64390	15.39720	33	Franja Transversal	Panzós	Alta Verapaz	1980	2019	10%
Pasabien	-89.68000	15.03000	260	Valles de Oriente	Río Hondo	Zacapa	1980	2019	12%
Potrero Carrillo	-89.93222	14.76056	260	Valles de Oriente	Jalapa	Jalapa	1980	2019	20%
Puerto Barrios	-88.59167	15.73778	2	Caribe	Puerto Barrios	Izabal	1980	2019	15%
Quesada	-90.03611	14.23278	980	Valles de Oriente	Quesada	Jutiapa	1980	2019	2%
Retalhuleu	-91.69583	14.52194	205	Boca Costa	Retalhuleu	Retalhuleu	1980	2019	5%
Sabana Grande	-90.83055	14.37389	730	Boca Costa	Escuintla	Escuintla	1980	2019	7%
Sacapulas	-91.09222	15.29111	1220	Altiplano Central	Sacapulas	Quiché	1980	2019	10%
San Agustín Chixoy	-90.43889	16.06667	140	Franja Transversal	Chisec	Alta Verapaz	1980	2019	0%
San Jerónimo	-90.25000	15.06111	1000	Altiplano Central	San Jerónimo	Baja Verapaz	1980	2019	5%
San José	-90.83444	13.93611	6	Pacífico	San José	Escuintla	1980	2019	2%
San Marcos	-91.80944	14.95417	2420	Occidente	San Marcos	San Marcos	1980	2019	7%
San Pedro Necta	-91.76247	15.49467	1641	Occidente	San Pedro Necta	Huehuetenango	1980	2019	3%
San Martín Jilotepeque	-90.78861	14.76194	1800	Altiplano Central	San Martín Jilotepeque	Chimaltenango	1980	2019	0%
Santa Cruz Balanyá	-90.91528	14.68667	2080	Altiplano Central	Santa Cruz Balanyá	Chimaltenango	1980	2019	10%
Santiago Atitlán	-91.23139	14.63167	1580	Altiplano Central	Santiago Atitlán	Sololá	1980	2019	0%
Suiza Contenta	-90.65916	14.61860	2105	Altiplano Central	San Lucas Sacatepéquez	Sacatepéquez	1980	2019	0%
Todos Santos	-91.60361	15.50472	2460	Occidente	Todos Santos	Huehuetenango	1980	2019	7%

Fuente: Elaboración propia basado en INSIVUMEH(2022).

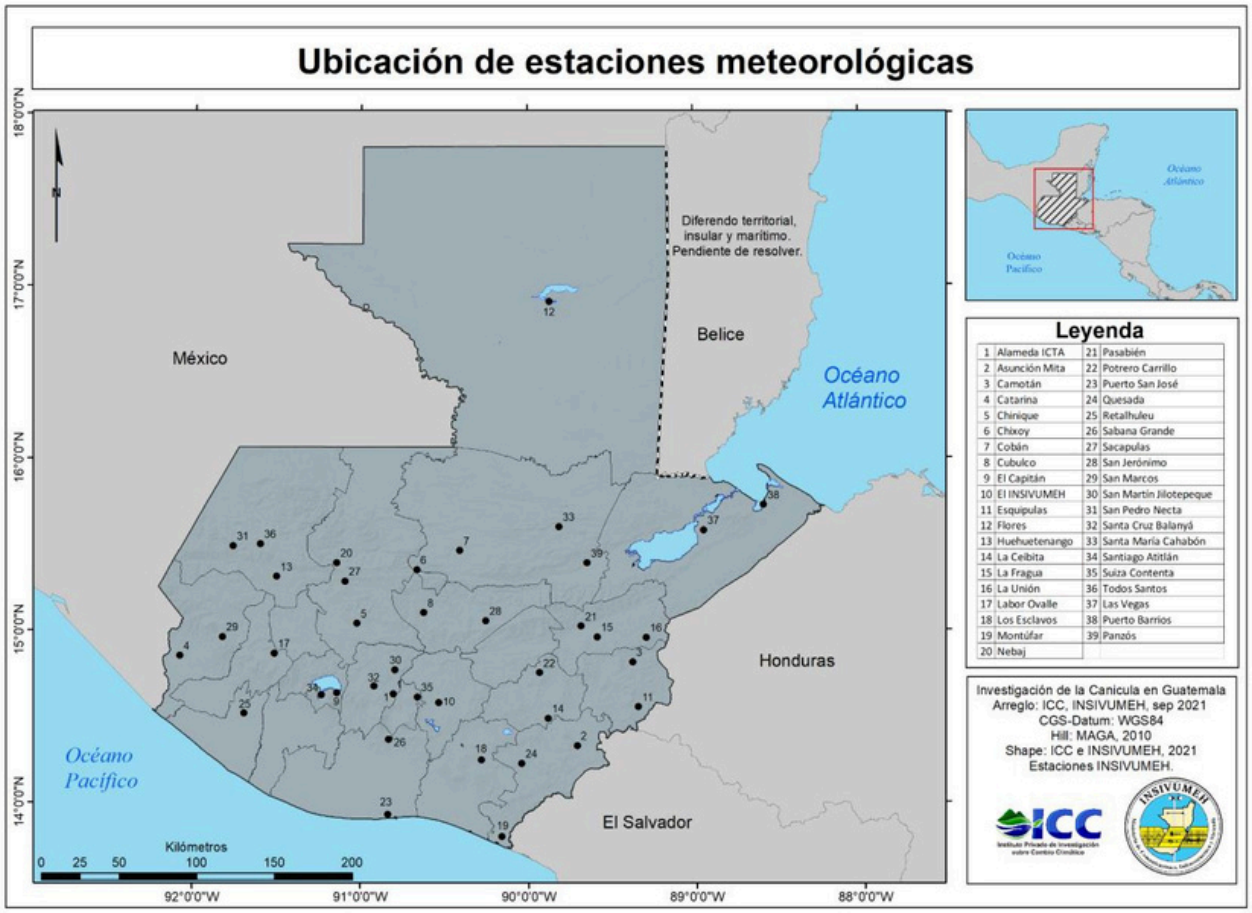

Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio.

Las estaciones miden las variables de precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media, humedad relativa, algunas miden viento, presión atmosférica y radiación solar global. Los datos faltantes de las estaciones utilizadas oscilan entre 0 a 25%. Los años con datos faltantes fueron excluidos de análisis para la caracterización de la canícula. Las estaciones reciben mantenimiento a través de sus observadores cada vez que es necesario y los datos reciben control de calidad mensual, esto último se hace directamente en la sección de climatología de INSIVUMEH. Para determinar la ocurrencia de la canícula, se verificó que tuviera un comportamiento bimodal en su distribución de frecuencias de los acumulados de lluvia quincenal, similar a lo propuesto por Alfaro (2015). Para la estimación del inicio y final de la canícula se adaptaron los métodos propuestos por Orrego et, al. (2021) y Diaz (1972) para la estimación del inicio y final de la época lluviosa. Dichos métodos presentan las siguientes ventajas: (a) considera la oferta y la demanda de agua de la atmósfera en cada lugar, (b) identifica el inicio o final de la canícula durante los años lluviosos y en lugares lluviosos, (c) considera la información meteorológica y no climática. Sin embargo, son necesarios datos de temperatura para la estimación de la evapotranspiración potencial.

El inicio de la canícula (IC) se identificó al haber dos pentadas consecutivas donde la evapotranspiración potencial supera la precipitación durante la época lluviosa (Orrego et, al., 2021) o en el momento donde cambia la pendiente del déficit (Diaz, 1972), este último método se utilizó especialmente durante los años o lugares donde rara vez la precipitación se ve superada por la evapotranspiración potencial. El final de la canícula (FC) se calculó con el mismo método de estimación de IC, pero en sentido inverso. La duración de la canícula (DC) se estimó con la siguiente fórmula:

$$DC = 5 * [(IC - FC) + 1];$$

En donde IC es el inicio de la canícula (pentada), FC es el final de la canícula (pentada) y DC corresponde a la duración de la canícula (días). La intensidad de la canícula (InC) se estimó con la siguiente fórmula:

$$InC = \sum_{i=IC}^{l=FC} Déficit,$$

En donde; Déficit: Precipitación – Evapotranspiración potencial, i: Pentada de IC y l: Pentada FC. La magnitud de la canícula (MC) se estimó con la siguiente fórmula:

$$MC = \left[\left(\frac{a+b}{2}\right) - \mu\right] / \left(\frac{a+b}{2}\right),$$

En donde; a: primer máximo de precipitación por pentada durante la época lluviosa, b: Segundo máximo de precipitación por pentada durante la época lluviosa, μ: Promedio de la precipitación durante la canícula (PpDC). Este método se adaptó a lo propuesto por García-Oliva et, al. (2021), la diferencia es que se utiliza el promedio de la precipitación durante la canícula, en lugar de utilizar el mínimo de precipitación, esto principalmente porque durante la canícula pueden ocurrir algunos eventos de precipitación. Para estimar el promedio de la PpDC se realizó una sumatoria de precipitación durante las pentadas en las que ocurrió la canícula. Para estimar la evapotranspiración potencial (Etp) Hargreaves & Samani, 1985) se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Etp = 0.0023\,(Tm + 17.78) * Rs$$

$$Rs = Ra * 0.408 * \sqrt{(Tmax - Tmin)}$$

$$Ra = \left(\frac{24 * 60}{\pi}\right) * (0.082 * Dr) * [(W * Sen\,L) * (Sen * De) + (Cos\,L) * (Cos\,De) * (Sen\,W)]$$

$$Dr = 1 + \left[0.033 * Cos\left(\frac{2\pi}{365}\right) * J\right] \qquad De = 0.409 * Sen\left\{\left(\left(\frac{2\pi}{365}\right) * J\right) - 1.39\right\} \qquad W = ACos[-(Tan\,L * Tan\,De)]$$

En donde: Rs: Radiación solar incidente (MJ m-2 día-1), Ra: Radiación solar en el tope de la atmósfera o astronómica (MJ m-2 día-1), Tmax: Temperatura máxima diaria (°C), Tm: Temperatura media diaria (°C), Tmin: Temperatura mínima diaria (°C), L: Latitud en radianes, Dr: Distancia relativa del sol-tierra, W: Ángulo horario a la puesta del sol, De: Declinación en grados y J: Día juliano.

Las probabilidades fueron calculadas con la siguiente fórmula para las anomalías estandarizadas: $Z=(X-\mu)/\sigma$, En donde; Z: Es el valor de la tabla para la probabilidad acumulada, X: Es el valor al cual se le calculó la probabilidad acumulada, μ: La media de la variable y estación en estudio, σ: Desviación estándar de la variable y estación en estudio. Los valores estandarizados (Z) son introducidos en la tabla de valores de probabilidad acumulada (f) para una distribución normal estándar, obteniendo una proporción que al multiplicarla por cien se obtuvo la probabilidad acumulada expresada en porcentaje. Para calcular el comportamiento normal del inicio, final, duración, intensidad, magnitud y precipitación durante la canícula se tomaron de referencia las probabilidades, de 34 a 67% como comportamiento normal. Se utilizó Kriging Ordinario como método de interpolación para estimaciones del inicio, final, duración, intensidad, magnitud y la precipitación durante la canícula, utilizando ArcGis® de Esri. Las variables fueron transformadas utilizando el logaritmo natural, usando un modelo esférico, sin nuget y ajustando el semivariograma de manera manual.

Finalmente, para estimar las tendencias de las variables se utilizó el método no paramétrico Man (1945) y Kendall (1955) con el 95 y 99% de confianza, 1.96 y 2.58 respectivamente calculados utilizando la tabla de t-Student en dos colas. Como se muestra en las siguientes fórmulas:

$$P = \sum_{i}^{n} K > Xi \qquad \text{Tau absoluta} = \pm \left(\frac{4*P}{N*(N-1)}\right) - 1$$

P: Tendencia de la variable estudiada
K: Cantidad de años que superan Xi
X: El valor de la variable estudiada
i: Año para una estación
N: Número de datos de la estación en estudio

Para identificar la tendencia se utilizaron las siguientes reglas de decisión: Si Tau absoluta ≥ Tau crítico, entonces existe tendencia significativa y se rechaza la hipótesis nula (Ho), y Si Tau absoluta < Tau crítico, entonces no existe tendencia significativa y se rechaza la hipótesis alternativa (Ha). El signo de Tau absoluta indica el tipo de tendencia, positivo es igual a incremento y negativo a disminución.

Resultados

La canícula en Guatemala ocurre en 36 de las 39 localidades estudiadas; no ocurre en tres estaciones que se encuentran cercanas al Caribe (Las Vegas y Puerto Barrios del departamento de Izabal y Panzós del departamento de Alta Verapaz; Figura 1). La canícula tiene su inicio entre el 30 de junio (en Chixoy del departamento de Quiché) y el 3 de agosto (en Santa Cruz Balanyá del departamento de Chimaltenango); el final ocurre entre el 3 de agosto (Retalhuleu) y el 12 de septiembre (El Capitán del departamento de Sololá y Alameda ICTA del departamento de Chimaltenango). La canícula tiene una duración entre 20 (Retalhuleu y Santa María Cahabón del departamento de Alta Verapaz) y 65 días (Chixoy), su intensidad oscila entre -212.8 (Pasabien del departamento de Zacapa) y 78.9 (Nebaj del departamento de Quiché), la magnitud es de 72% (Alameda ICTA) a 91% (Puerto San José del departamento de Escuintla), y la PpDC oscila entre 58.6 mm (San Marcos) y 268.4 mm (Chixoy). Los detalles y las tendencias que caracterizan a la canícula en Guatemala se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Comportamiento medio del inicio, final, duración, intensidad, magnitud y precipitación durante la canícula en Guatemala.

Estación	Región climática	Fecha IC	Fecha FC	Duración (dias)	Intensidad (mm)	Magnitud (%)	Precipitación DC (mm)
Alameda ICTA	Altiplano Central	10 - 14 jul	8 - 12 sep	60	10.3	72	242.0
Chinique	Altiplano Central	25 - 29 jul	19 - 23 ago	25	-9.2	81	113.4
Chixoy	Altiplano Central	30 jun - 4 jul	3 - 7 sep	65	-54.8	73	268.4
Cubulco	Altiplano Central	5 - 9 jul (-**)	29 ago - 2 sep	55	-99.1	76	189.9
El Capitán	Altiplano Central	10 - 14 jul (-**)	8 - 12 sep	60	-99.4	84	158.5
Insivumeh	Altiplano Central	10 - 14 jul	24 - 28 ago	45	-34.5	79	151.8
Los esclavos	Altiplano Central	5 - 9 jul	24 - 28 ago	50	1.9	78	227.5
Sacapulas	Altiplano Central	10 - 14 jul (-**)	29 ago - 2 sep (-**)	50	-147.5	84	109.4
San Jerónimo	Altiplano Central	20 - 24 jul	24 - 28 ago	35	-86.4	87	62.2
San Martin Jilotepeque	Altiplano Central	10 - 14 jul (-**)	24 - 28 ago (-*)	45	-16.8 (-**)	81	169.0
Santa Cruz Balanyá	Altiplano Central	30 jul - 3 ago	29 ago - 2 sep	30	-44.9	83	61.2
Santiago Atitlán	Altiplano Central	15 - 19 jul	19 - 23 ago	35	-85.3	89	67.7
Suiza Contenta	Altiplano Central	20 - 24 jul	24 - 28 ago	35	-36.4	82	92.5
Catarina	Boca Costa	15 - 19 jul	14 - 18 ago	30	61.3	82	196.2
Retalhuleu	Boca Costa	15 - 19 jul	3 - 8 ago	20 (-**)	0.2	83	84.6
Sabana Grande	Boca Costa	15 - 19 jul	9 - 13 ago	25	-10.0	88	113.3 (+*)
Las Vegas	Caribe	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Puerto Barrios	Caribe	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Cobán	Franja Transversal del Norte	10 - 14 jul	14 - 18 ago	35	6.7	82	167.4
Nebaj	Franja Transversal del Norte	15 - 19 jul (-**)	19 - 23 ago	35	78.9	79	221.1
Panzós	Franja Transversal del Norte	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Santa María Cahabón	Franja Transversal del Norte	25 - 29 jul	14 - 18 ago	20	-15.1	85	82.9
Flores	Norte	15 - 19 jul (-*)	19 - 23 ago (-**)	35	-52.9	86	162.3 (+*)
Huehuetenango	Occidente	5 - 9 jul (-**)	24 - 28 ago	50	-124.6	90	102.0
Labor Ovalle	Occidente	30 jun - 4 jul	24 - 28 ago	55	-80.8	85	130.1
San Marcos	Occidente	10 - 14 jul (-*)	9 - 13 ago	30	-44.9	89	58.6
San Pedro Necta	Occidente	15 - 19 jul (-*)	9 - 13 ago	25	-12.2 (-**)	81	100.2
Todos Santos	Occidente	10 - 14 jul (-*)	14 - 18 ago	35	-39.7	85	79.2
Montúfar	Pacífico	15 - 19 jul	14 - 18 ago	30	-67.2	89	80.3
Puerto San José	Pacífico	10 - 14 jul	9 - 13 ago	30	-53.1	91	122.8
Asunción Mita	Valles de Oriente	15 - 19 jul	14 - 18 ago	30	-66.6	89	71.4
Camotán	Valles de Oriente	5 - 9 jul	14 - 18 ago	40	-101.9 (-*)	90	84.6
Esquipulas	Valles de Oriente	10 - 14 jul (-*)	9 - 13 ago (-**)	30	-35.5	90	82.9
La Ceibita	Valles de Oriente	10 - 14 jul (-*)	19 - 23 ago	40	-91.6	88(-*)	95.1(-*)
La Fragua	Valles de Oriente	5 - 9 jul (-*)	29 ago - 2 sep	55	-174.7 (-*)	89	115.6
La Unión	Valles de Oriente	10 - 14 jul	9 - 13 ago	30	-20.3	88	73.8
Pasabién	Valles de Oriente	5 - 9 jul (-**)	24 - 28 ago	50	-212.8 (-**)	90	89.7
Potrero Carrillo	Valles de Oriente	15 - 19 jul (-**)	14 - 18 ago	30	-44.6	90	59.5
Quesada	Valles de Oriente	10 - 14 jul	14 - 18 ago	35	-62.7	87	85.8

Fuente: Basado en registros climatológicos de 1980 al 2019. (-) Tendencia negativa, (+) Tendencia positiva, (*) Significativo al 95% de confianza, (**) Significativo al 99% de confianza, N/C No ocurre la canícula.

El inicio de la canícula (IC) muestra una tendencia a mantenerse en la mayor parte del país, excepto en los departamentos de Baja Verapaz (Cubulco y San Jerónimo), Jalapa (La Ceibita y Potrero Carrillo), Zacapa (La Fragua y Pasabien), Chimaltenango (Alameda ICTA) y Sololá (El Capitán), en donde tiende a adelantarse. El final de la canícula (FC) tiende a mantenerse en la mayor parte del país, excepto en los departamentos de Chiquimula (Esquipulas), Escuintla (Puerto de San José), Quiché (Sacapulas) y Chimaltenango (San Martín Jilotepeque), en donde se está adelantando. Asimismo, la tendencia de la duración de la canícula (DC) es a mantenerse, excepto en Retalhuleu (Retalhuleu), en donde muestra una tendencia a reducir su duración. En algunos casos, durante la canícula pueden presentarse precipitaciones, esto muestra una tendencia a mantenerse en casi todo el país, excepto en los departamentos de Huehuetenango (Todos Santos) y Escuintla (Sabana Grande), en donde están aumentando y por último en Jalapa (La Ceibita) se están reduciendo (Cuadro 2).

Por otro lado, la tendencia de la intensidad de la canícula (InC) es a mantenerse en la mayor parte del país, excepto en los departamentos de Huehuetenango (San Pedro Nectá), Chimaltenango (San Martín Jilotepeque), Zacapa (Pasabién y La Fragua) y Chiquimula (Camotán), en donde se observa una tendencia a aumentar. Por último, la tendencia de la magnitud de la canícula (MC) es a mantenerse, excepto en el departamento de Jalapa (La Ceibita), en donde se está reduciendo (Cuadro 2).

Asimismo, se calcularon los comportamientos normales basado en su climatología para cada una de las estaciones y variables evaluadas, los cuales se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3: Comportamiento normal de la canícula en 39 localidades estudiadas de Guatemala durante 40 años (1980-2019).

Estación	Región climática	Fecha IC	Fecha FC	Duración (días)	Intensidad (mm)	Magnitud (%)	Precipitación DC (mm)
Alameda ICTA	Altiplano Central	09 - 19 jul	02-17 sep	60-70	1 a 100	71-80	201-300
Chinique	Altiplano Central	24 jul - 03 ago	08-18 ago	30-40	-100 a -1	81-90	101-200
Chixoy	Altiplano Central	29 jun - 09 jul	23 ago-07 sep	55-65	-100 a -1	71-80	201-300
Cubulco	Altiplano Central	04 - 14 jul	23 ago - 02 sep	50-60	-200 a -1	71-80	101-200
El Capitán	Altiplano Central	04 - 24 jul	28 ago - 12 sep	50-70	-100 a -1	81-90	101-200
Insivumeh	Altiplano Central	09 -19 jul	18-28 ago	35-45	-100 a -1	81-90	101-200
Los esclavos	Altiplano Central	04 - 14 jul	18-28 ago	40-50	-1 a 100	71-90	101-300
Sacapulas	Altiplano Central	09 - 19 jul	23 ago - 02 sep	40-50	-100 a -1	81-90	101-200
San Jerónimo	Altiplano Central	14 - 29 jul	23 ago - 02 sep	30-40	-100 a -1	81-90	201-300
San Martin Jilotepeque	Altiplano Central	09 - 19 jul	18-28 ago	35-45	-200 a -101	81-90	101-200
Santa Cruz Balanyá	Altiplano Central	29 jul - 08 ago	23 ago - 02 sep	20-25	-100 a -1	81-90	201-300
Santiago Atitlán	Altiplano Central	14 - 24 jul	18-23 ago	30-40	-100 a -1	81-90	201-300
Suiza Contenta	Altiplano Central	19 jul - 03 ago	18-28 ago	30-40	-100 a -1	81-90	101-200
Catarina	Boca Costa	14-24 jul	08-18 ago	25-35	-100 a 300	81-90	201-300
Retalhuleu	Boca Costa	14-29 jul	29 jul-08 ago	15-20	-1 a 100	71-80	0-200
Sabana Grande	Boca Costa	14-24 jul	03-13 ago	20-30	-200 a -101	81-90	101-200
Las Vegas	Caribe	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Puerto Barrios	Caribe	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Cobán	Franja Transversal del Norte	09-19 jul	08-18 ago	30-40	-1 a 100	81-90	101-300
Nebaj	Franja Transversal del Norte	19-24 jul	13-23 ago	30-40	-1 a 100	71-80	101-300
Panzós	Franja Transversal del Norte	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
Santa María Cahabón	Franja Transversal del Norte	19 jul - 03 ago	03-18 ago	20-25	-1 a 100	81-90	0-200
Flores	Norte	09-24 jul	13-23 ago	35-40	-200 a -1	81-90	101-200
Huehuetenango	Occidente	04-14 jul	18-28 ago	45-55	-100 a -1	91-100	101-200
Labor Ovalle	Occidente	04-09 jul	13-28 ago	40-60	-100 a -1	81-90	0-200
San Marcos	Occidente	14-19 jul	03-13 ago	25-30	-200 a 100	81-90	0-200
San Pedro Necta	Occidente	14-24 jul	03-13 ago	25-30	-1 a 100	71-80	0-200
Todos Santos	Occidente	09-19 jul	08-18 ago	30-40	-200 a 100	81-90	0-200
Montúfar	Pacífico	14-24 jul	08-18 ago	25-35	-200 a 100	81-90	101-200
Puerto San José	Pacífico	04-19 jul	03-18 ago	25-45	-200 a 100	81-90	101-300
Asunción Mita	Valles de Oriente	14-19 jul	08-13 ago	25-35	-100 a -1	81-90	0-100
Camotán	Valles de Oriente	09-14 jul	08-18 ago	35-45	-200 a -101	91-100	101-200
Esquipulas	Valles de Oriente	09-19 jul	03-08 ago	25-30	-200 a 100	81-90	101-200
La Ceibita	Valles de Oriente	09-19 jul	13-23 ago	35-45	-200 a -1	81-90	0-200
La Fragua	Valles de Oriente	04-14 jul	23 ago - 02 sep	50-65	-200 a -101	81-90	0-200
La Unión	Valles de Oriente	09-19 jul	29 jul-13 ago	25-35	-200 a -1	91-100	0-100
Pasabién	Valles de Oriente	04-14 jul	18 ago- 02sep	45-60	-300 a -201	81-90	0-200
Potrero Carrillo	Valles de Oriente	14-19 jul	08-18 ago	25-35	-100 a 100	81-90	0-100
Quesada	Valles de Oriente	09-19 jul	08-18 ago	30-45	-200 a -1	81-90	0-100

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

La canícula es un fenómeno metereológico que ocurre en América Central, identificado por una disminución parcial o total de la precipitación a mediados de la época lluviosa, durante los meses de julio y agosto. Con el presente estudio se realizó una caracterización de la canícula en Guatemala durante 40 años, generando una línea base de información sobre el inicio, final, duración, magnitud e intensidad de este fenómeno en el país y la tendencia en su comportamiento.

La canícula se determinó a través de la distribución bimodal en los acumulados quincenales de la precipitación, lo cual permitió identificar ocurrencia de canícula en 36 de las 39 localidades estudiadas. Al igual que estudios previos, no se observó el fenómeno de la canícula en las localidades cercanas al Caribe (Las Vegas, Puerto Barrios y Panzós; García-Oliva et al., 2018; 2021; Verbist et al., 2018). El principal factor que provoca la ocurrencia de la canícula es la intensificación de los vientos alisios, provocando el incremento de las lluvias en el Caribe de Centro América y disminuyendo en las costas del Pacífico (Grandoso et al.,1982; Magaña et al., 1999).

El IC en Guatemala varía de acuerdo con la ubicación geográfica, pero en promedio ocurre entre el 29 de junio al 03 de agosto, empezando en la zona norte y sur del país, siendo la zona del centro la última en iniciar. Dicho patrón se debe a la orografía, la altitud, la latitud y la influencia de los vientos alisios en Guatemala (Ramirez, 1983) y es similar a lo reportado para la canícula en Costa Rica (Alfato 2015). En Costa Rica, país centroamericano hacia el sur, el IC se da entre el 11 de junio al 21 de julio y se encuentra influenciado, al igual que el FC, por la temperatura superficial del Océano Atlántico Norte (ATN) y su interacción con los vientos alisios (Magaña et al., 1999). El FC está definido por el segundo máximo de precipitación en la región de Centro América (García-Oliva, 2019; Magaña et al., 1999) y varía también según la ubicación geográfica. El FC en Guatemala puede ocurrir en promedio entre el 3 de agosto al 12 de septiembre, finalizando primero en Boca Costa y por último en el centro del país. El FC en Costa Rica presenta un patrón similar (FC promedio 12 de agosto; Alfaro, 2015). Al igual que otras variables, la DC en Guatemala depende de la ubicación geográfica. En general, la canícula tiene menor duración (i.e., 15-35 días de duración) en la zona norte, sur y occidente del país (San Marcos y Huehuetenango) cuando se compara con el centro del país (i.e., 36-65 días de duración (Figura 2). Los resultados observados coinciden con lo encontrado por Verbist et al. (2018) quien reporta el corredor seco como una de las zonas más afectadas por la duración de la canícula. De igual forma, los resultados coinciden con Alfaro (2015) y Ramirez (1983), quienes reportaron las zonas del pacífico de Costa Rica como las de menor duración de la canícula.

Según Ramirez (1983), la DC aumenta cuando los vientos alisios se fortalecen y disminuyen cuando se debilitan, asimismo, menciona que en Costa Rica la orografía juega un papel importante, principalmente en las zonas más bajas y planas que presentan una menor duración

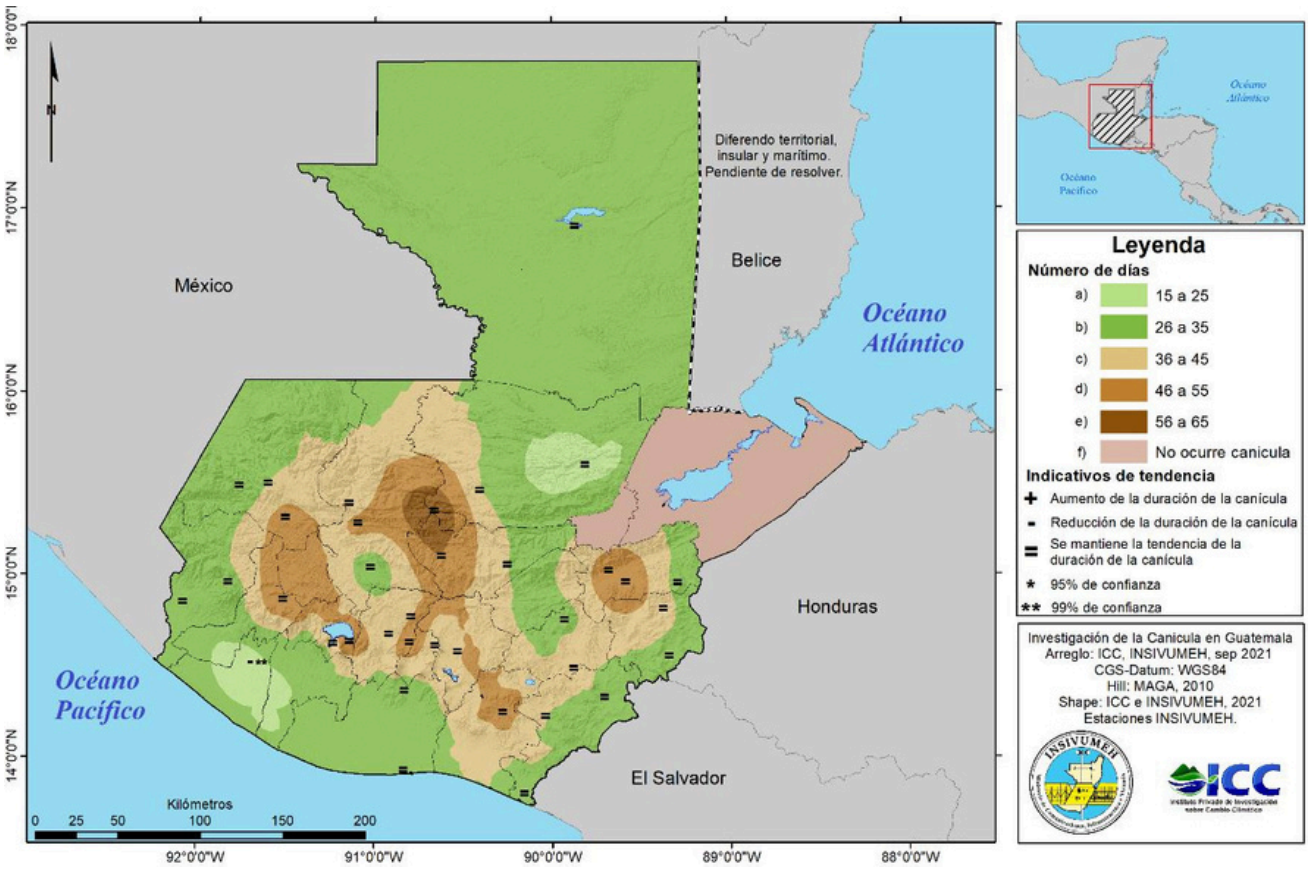

Figura 2. Duración media y tendencia de la canícula en Guatemala. Estimado de duración con base en 40 años (1980-2019) de datos meteorológicos en 36 estaciones.

Las zonas más afectadas por la InC en Guatemala son el corredor seco y la zona central, con intensidades entre -150 a -50 mm; el resto del país tiene intensidades mayores a -50 mm, lo que significa que durante la canícula ocurren precipitaciones que superan la evapotranspiración potencial (Figura 3). La InC es mayor en los lugares donde climatológicamente existe una menor precipitación y la DC es mayor. Según la literatura consultada, no existen en Centro América otros estudios de la InC utilizando de referencia el déficit durante la canícula, por lo cual no tenemos como comparar con otros estudios.

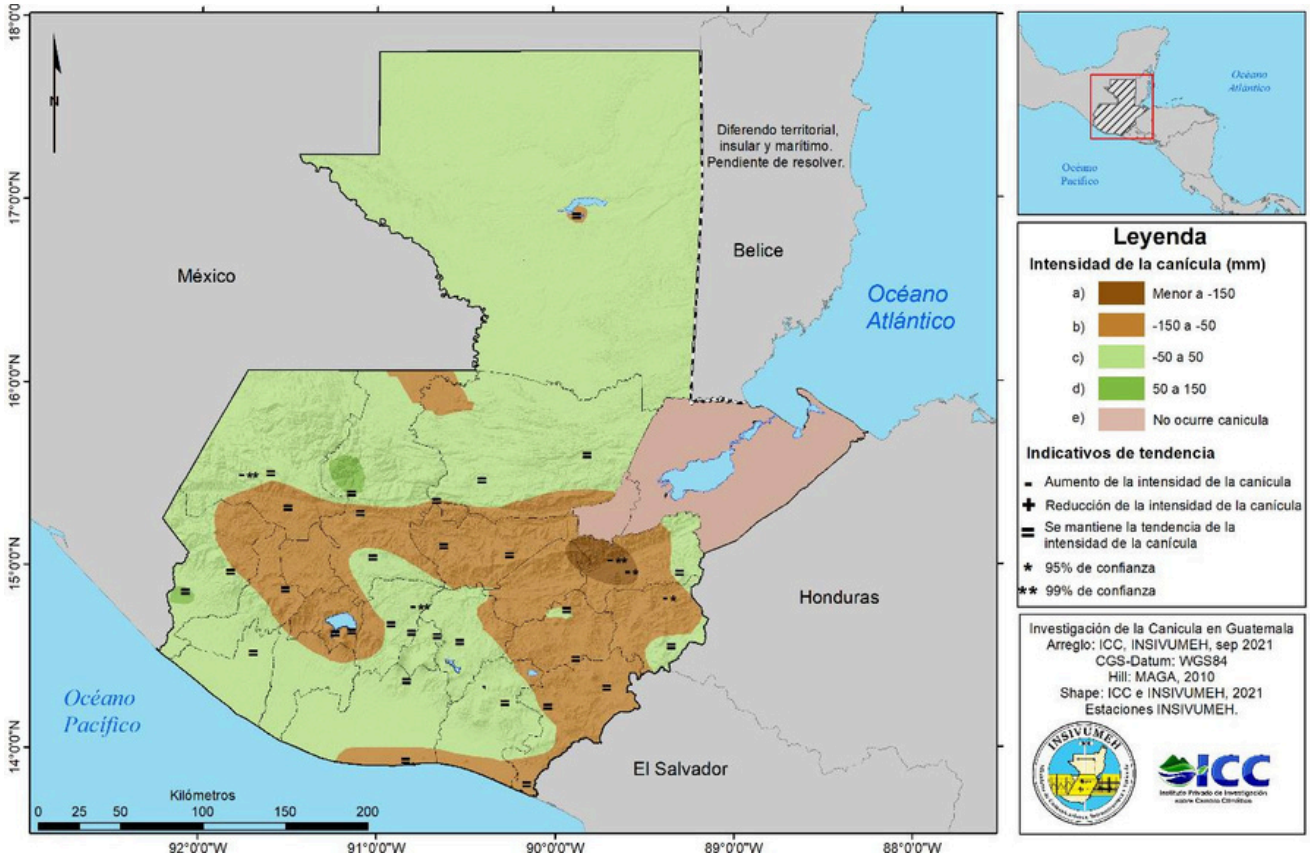

Figura 3. Intensidad media y su tendencia de la canícula en Guatemala. Estimado de duración en base a 40 años (1980-2019) de datos meteorológicos en 36 estaciones.

La MC es la relación entre los máximos de precipitación durante la época lluviosa y el promedio de precipitación durante cada pentada de la canícula. Esta variable por sí sola no explica el impacto que se pueda dar en los sistemas productivos de cada localidad, debido a que depende de la DC y de la cantidad de precipitación que ocurra; es decir, pueden existir algunos impactos en localidades donde la duración de la canícula es muy grande (>20 días o 4 pentadas) y en lugares donde la precipitación acumulada es menor a 200 mm, contrario a lo reportado por García-Oliva et al. (2021), con una MC 13-60%, la MC para Guatemala estimada oscila entre el 70 al 100% de reducción de la precipitación durante el período de la canícula, siendo lo más frecuente entre 80 al 90%. Es posible que la discrepancia se deba a que García-Oliva et al. (2021) utilizaron únicamente datos de seis años (2011-2016) del Modelo Climático Regional RegCM, mientras que el presente estudio uso registros de 40 años.

La PpDC oscila entre 0 y 300 mm, siendo lo más frecuente en promedio entre 100 a 200 mm en las localidades donde ocurre la canícula (Figura 4), esto refleja que durante la canícula pueden existir eventos de precipitación.

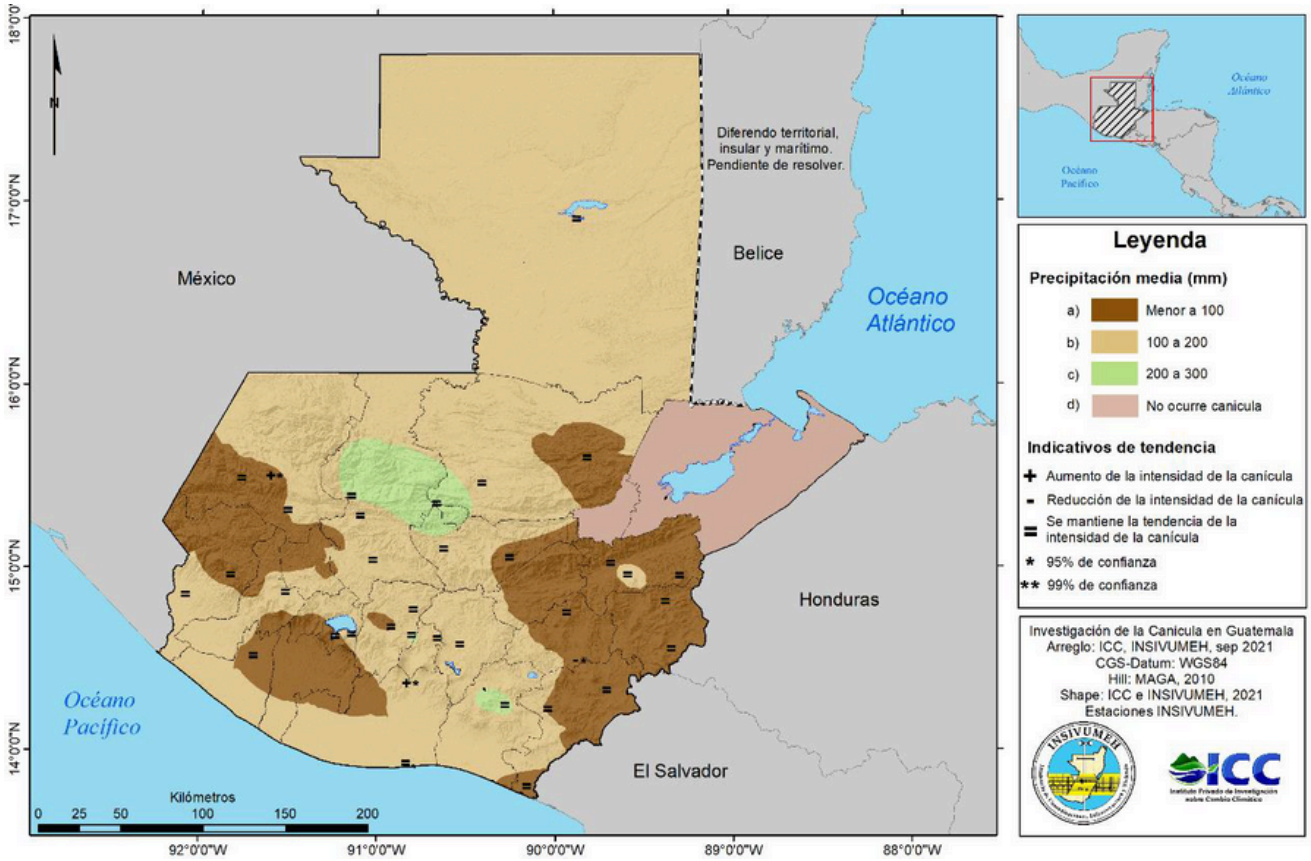

Figura 4. Precipitación media y su tendencia de la precipitación media durante la canícula en Guatemala. Estimado de duración en base a 40 años (1980-2019) de datos meteorológicos en 36 estaciones.

Por último, con base en la interacción entre la intensidad y la duración, se identificaron las áreas con potencial riesgo al impacto de la canícula en Guatemala (Figura 5). El 2% del territorio presenta muy bajo riesgo a ser impactado por la canícula, el 23% con bajo riesgo, el 61% con riesgo medio, el 9% con riesgo alto, el 5% con riesgo muy alto. Siendo algunas áreas de los departamentos de: Zacapa, El Progreso, Chiquimula, Baja Verapaz, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Huehuetenango, Guatemala, Chimaltenango, Sacatepéquez, Santa Rosa y Quiché, las que presentan riesgo alto y muy alto al potencial impacto de la canícula.

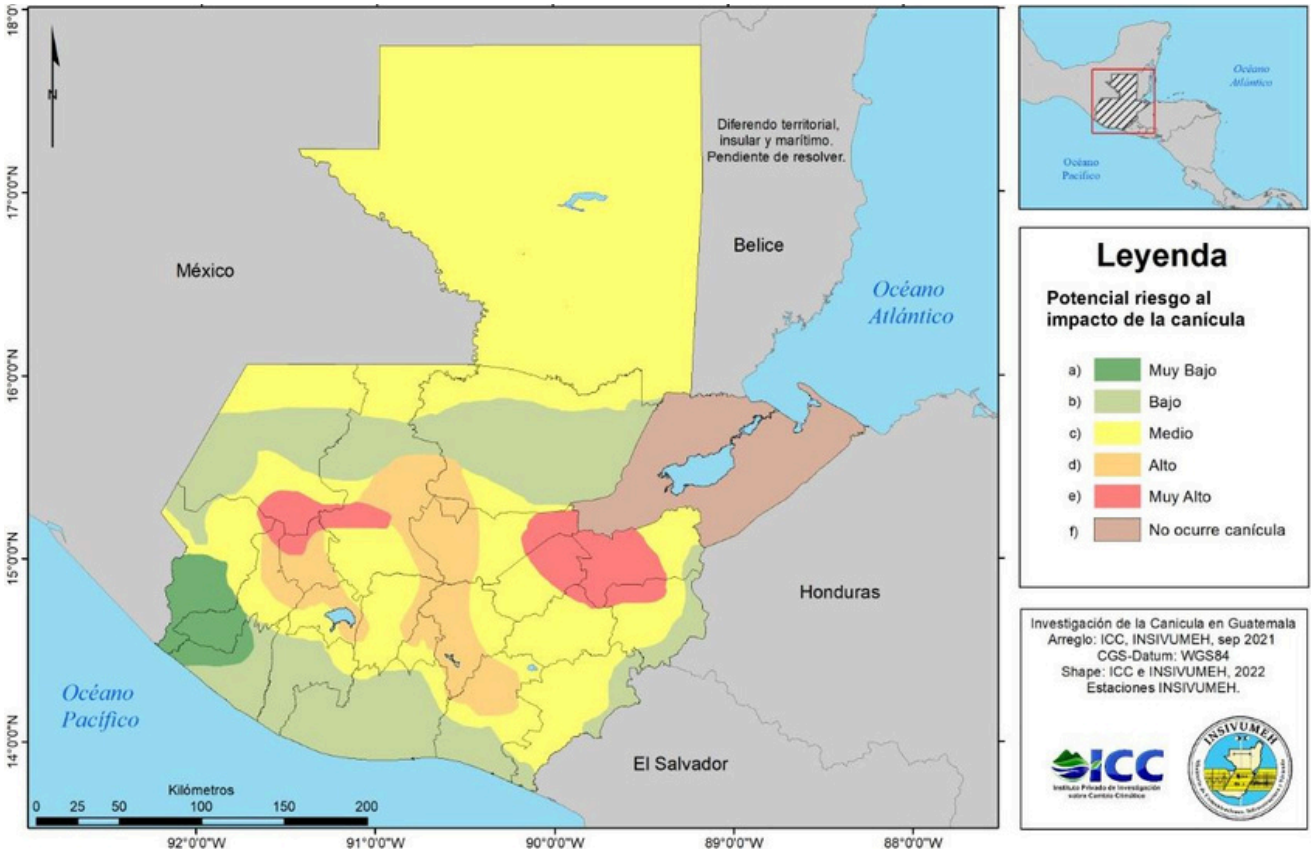

Figura 5. Áreas con potencial riesgo al impacto de la canícula en Guatemala.

Todas las variables que se analizaron sobre el comportamiento de la canícula dependen de la variabilidad que pueda ocurrir durante cada año; por ejemplo, en un año lluvioso la intensidad, la magnitud y la duración se reducen, el inicio se retrasa y el final se adelanta. Por otro lado, en un año seco la intensidad, la magnitud y la duración se incrementan, el inicio se adelanta y el final se retrasa.

A pesar de generar información sobre el comportamiento de la canícula, este estudio presenta las siguientes limitaciones: a) existen vacíos de información de estaciones climáticas en el norte de Guatemala, b) el alcance de este trabajo se enmarca en una caracterización general; no se aborda y discute el porqué de las tendencias observadas o la causa de variabilidad espacial y temporal.

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que existe el fenómeno de la canícula en casi toda Guatemala, excepto en áreas cercanas al Caribe. La canícula ocurre principalmente entre julio a agosto, aunque en algunos años y en algunas localidades puede iniciar antes y finalizar después. El inicio de la canícula sucede, en promedio, entre el 30 junio al 03 de agosto, finaliza entre el 03 de agosto al 12 de septiembre, y su duración oscila entre 20 a 65 días. La variabilidad de la canícula depende de la localidad. Estas variables por si solas no indican el impacto potencial de la canícula, ya que para ello es necesario evaluar la intensidad, la magnitud y la precipitación en cada localidad. La intensidad en promedio de la canícula oscila entre -212 a 79 milímetros y tiene tendencia al aumento en algunas localidades; la magnitud en promedio oscila entre 70 al 90% y la precipitación durante la canícula oscila entre 60 a 270 mm, lo cual muestra que pueden existir precipitaciones aún durante la canícula. Aunque la intensidad y magnitud de la canícula pueden usarse como indicadores de su impacto potencial, las estimaciones del impacto real dependen de la climatología general mensual, particularmente la precipitación acumulada, de cada localidad. Es decir, el impacto real de una reducción del 80% en una localidad con 800 mm de precipitación acumulada mensual no es el mismo que la misma reducción en otra localidad con 200 mm de precipitación acumulada mensual.

Es evidente que la canícula es muy variable espacial y temporalmente en Guatemala y la mejor manera para evaluar sus impactos es a través de la combinación de las variables aquí estudiadas (i.e., DC, InC, MC, la PpDC). En Guatemala el 2% de su territorio tiene muy bajo riesgo a ser impactado por la canícula, el 23% con bajo riesgo, el 61% con riesgo medio, el 9% con riesgo alto y el 5% con riesgo muy alto, basado en áreas donde ocurre la canícula.

La importancia del presente estudio es la generación de información e insumos para planificar acciones e identificar las localidades más vulnerables a los potenciales impactos de la canícula. Con el interés de ampliar el estudio y conocimientos sobre la canícula, se proponen las siguientes recomendaciones: (a) instalar estaciones meteorológicas en la parte Norte, Franja Transversal del Norte y el Caribe de Guatemala, para lograr una mejor caracterización de la variabilidad de la canícula en estás regiones; (b) analizar los impactos de la canícula incorporando la relación entre las variables DC, InC, MC y PpDC para cada localidad; (c) realizar un análisis comparativo entre los resultados de este estudio, la perspectiva climática y el pronóstico de la canícula para identificar las localidades que podrían ser impactadas durante cada año, ejercicio que podría llevar a cabo el INSIVUMEH y el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA); (d) profundizar en el estudio de la variabilidad de la canícula y relacionarla con las teleconexiones2; (e) divulgar la información de este estudio con

las mesas técnicas agroclimáticas, los extensionistas del MAGA y productores agropecuarios; y finalmente, (f) priorizar las áreas con riesgo medio, alto y muy alto para el monitoreo e implementación de medidas de adaptación que reduzcan el impacto en el sector agropecuario y energético.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) por compartir sus bases de datos de las estaciones meteorológicas. A German Alfaro por su aporte en el análisis del riesgo potencial a la amenaza de la canícula.

Literatura citada

Alfaro, E. (2015). Caracterización del “veranillo” en dos cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa Rica, América Central. Revista de Biología tropical. ISSN-0034-7744. Vol. 62. (suppl. 4): 1-15. https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/76135

Amador, J. (2008). The Intra-Americas Seas Low-Level Jet (IALLJ): Overview and future research. Ann. New York Academica Science., 1146, 153-188. https://doi.org/10.1196/annals.1446.012

Banco de Guatemala. (8 de septiembre 2021). Aporte de la Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Producto interno bruto real medido por el origen de la producción 2020-2021. Disponible en: http://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/cuentasnac/PIB2013/resumidos/2.3_Proyeccion_PIB_por_el_origen_de_la_produccion_tasas_de_variacion_AR2013.pdf

Bardales, W.; Campos, L.; Gómez, R.; Ordoñez, S.; Machuca, N. (2018). Variabilidad y Cambio Climático en Guatemala. 147 páginas, 122. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). https://insivumeh.gob.gt/wp-content/uploads/2021/02/Variabilidad_y_cambio_climatico.pdf

Díaz Alcántara, S. G. (2019). "Inicio de las lluvias de verano en las costas del Pacífico Mesoamericano". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, UNAM. Recuperado de https://repositorio.unam.mx/contenidos/3466119

García-Oliva, L. Pazos, E. (2021). The midsummer drought over Mesoamerica spatial variability. Journal Atmósfera 34(2), 227-232 (2021). https://doi.org/10.20937/ATM.52790

Hargreaves, G.; Samani, Z. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. Applied Engineering in Agriculture. http://dx.doi.org/10.13031/2013.26773

INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). (2021). Base de datos de 39 estaciones meteorológicas. Guatemala.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2013). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

Kendall, M.R. (1955). Rank correlation methods, 4th edn. Chareles Griffin, London.

MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2010). Modelo de elevación digital nacional a escala de 15 metros. Guatemala.

Magaña, V.; Amador, J.; Medina, S. (1999). The Midsummer Drought over Mexico and Central America. Journal of Climate. Volume 12. 1577-1588. https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1577:TMDOMA>2.0.CO;2

Mann, H.B. (1945). Non-parametric tests against trend. Econométrica 13:245–259. https://doi.org/10.2307/1907187

Orrego León, E.O., Hernández Quevedo, M.P. y Gómez Jordán, R.C. (2021). Variabilidad del inicio, final y duración de la época lluviosa en Guatemala y su tendencia. Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático – Yu´am, 5(1):4-24p. https://www.revistayuam.com/wp-content/uploads/2021/09/Yuam-variabilidad.pdf

Ramírez, P. (1983). Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica. Nota de Investigación, Instituto Meteorológico nacional. 28 páginas. https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Estudio+sobre+veranillos+en+Costa+Rica

Verbist, K.; Maureira, H.; Aroche, R. (2018). Atlas de la canícula de América Central y El Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 44 páginas. ISBN: 978-92-3-300102-2. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266144