

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTERANUAL DE 1978 A
2017, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE
IZABAL, GUATEMALA



KATHERIN ALEJANDRA CRÚZ LIRA

CHIQUMULA, GUATEMALA, MAYO 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTERANUAL DE 1978 A
2017, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE
IZABAL, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

KATHERIN ALEJANDRA CRÚZ LIRA

Al conferírsele el título de

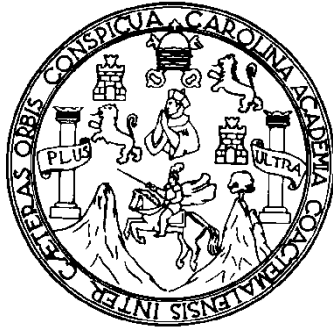
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Deedee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	P.C. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	M. A. Marlon Alcides Valdez Velásquez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. David Horacio Estrada Jerez
Secretario:	Inga. Agra. Magda Irene Medrano Guerra
Vocal:	M.Sc. José Ramiro García Álvarez

TERNA EVALUADORA

M.Sc. José Gabriel Suchini Ramírez
Inga. Evelin Deedee Sumalé Arenas
M.Sc. Víctor Augusto Sandoval Roque

Chiquimula, mayo de 2019

Señores:

Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

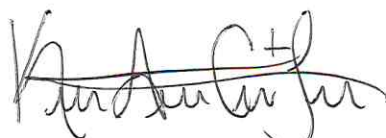
Ciudad Chiquimula

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley organica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: "ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTERANUAL DE 1978 A 2017, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA", como requisito previo a optar el título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

"ID Y ENSEÑAD A TODO"



Katherin Alejandra Cruz Lira

Chiquimula, 16 de mayo de 2019.

Ing. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

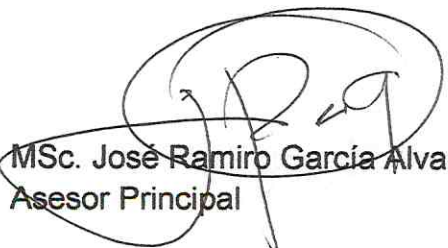
Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar a la estudiante **KATHERIN ALEJANDRA CRÚZ LIRA** en el trabajo de investigación denominado **“ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTERANUAL DE 1978 A 2017, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA”**, tenemos el agrado de dirigirnos a usted, para informarle que hemos procedido a asesorar y orientar a la sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En nuestra opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomendamos la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local , en el Grado Académico de Licenciada.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. José Ramiro García Álvarez
Asesor Principal



Ing. Pedro Luis Bollat Flores
Asesor Adjunto

cc. Archivo

D-TG-GAL-072/2019

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO **HACE CONSTAR QUE:** Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante **KATHERIN ALEJANDRA CRÚZ LIRA** titulado **“ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTERANUAL DE 1978 A 2017, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA”**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Gestión Ambiental Local. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintidós de mayo de dos mil diecinueve.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Por sus victorias en mi vida, por su misericordia y bondad cada mañana. Ya que su mano fuerte nunca ha faltado, por la bendición de permitirme cumplir esta meta tan importante en mi vida y nunca dejarme caer.
- A MIS PADRES:** Brenda Amarilis y Edwin Rolando por su amor infinito, por siempre motivarme y ser los dos pilares más grandes e importantes de mi vida; a quienes admiro mucho. Los amo con todo mi corazón.
- A MIS HERMANOS:** Kellyn Itzel y Edwin Antonio por motivarme y estar conmigo en todo momento, Dios me bendijo con sus vidas, no sé qué sería de mi sin ustedes, son muy importantes para mí.
- A MIS ABUELAS:** Por su cariño, amor y consejos a lo largo de mi vida, le agradezco a Dios por aun tenerlas a mi lado.
- A MIS TIOS (AS):** Por el cariño, apoyo y ser ejemplo en mi vida. Cada uno tiene un lugar muy especial en mi corazón.
- A MIS PRIMOS (AS):** Por tantos buenos momentos que hemos vivido, los guardaré siempre en mi corazón, son especiales en mi vida. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

**AL CENTRO
UNIVERSITARIO DE
ORIENTE -CUNORI-:** Por abrirme sus puertas y haber sido mi casa de estudios, brindándome las herramientas necesarias para mi formación profesional.

**A LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL
LOCAL:** Por brindarme los instrumentos necesarios que ayudaron a mi formación profesional.

A MIS CATEDRÁTICOS: Por transmitirme sus conocimientos y enseñanzas no solo de cátedra, sino de vida, lo cual ha ayudado en mi crecimiento tanto profesional como personal.

A MI ASESORES: MSc. José Ramiro García Álvarez e Ing. Pedro Luis Bollat Flores por su apoyo, entrega, paciencia y disposición en el proceso para la elaboración de este trabajo, su colaboración y guía ha sido fundamental.

A MIS EVALUADORES: MSc. José Suchini Ramírez, Inga. Evelin Deedee Sumalé Arenas y MSc. Víctor Augusto Sandoval Roque por la dedicación y sugerencias brindadas en las diferentes fases de la investigación.

A MIS COMPAÑEROS: Por todos los buenos momentos compartidos, paciencia y motivación en estos años de estudio, los cuales guardaré en mi corazón.

A MIS AMIGAS: Claudia Castañeda, Elissa Soto, Yanileysi, Claudia Pinto, Karen Chacón, Dulce Moreira, Alba Marina, Marcela Meza, Mariana Diaz y Fabiola Suchini; por

tantas alegrías y momentos compartidos, gracias por darme su amistad sincera, estar conmigo en las buenas y las malas y nunca dejarme sola.

A MIS AMIGOS:

Por su apoyo y motivación en todo momento, gracias por tantas alegrías y buenos recuerdos.

AI LIC. LUIS VÁSQUEZ:

Por su apoyo, disposición y orientación brindada en la elaboración del análisis estadístico

**A LA FAMILIA SUCHINI
OLIVA:**

Gracias por todo su cariño y apoyo en este proceso, son muy importantes para mi

A ALGUIEN ESPECIAL

Por su comprensión, amor, motivación y paciencia en esta etapa de mi vida

**A TODOS LOS
PRESENTES:**

Quienes de una u otra forma colaboraron con la realización de esta investigación, gracias por su compañía en este momento tan importante de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. OBJETIVOS	6
4.1 Objetivo general	6
4.2 Objetivos específicos	6
5. MARCO TEORICO	7
5.1 Meteorología	7
5.2 Climatología	7
5.3 Clima	7
5.4 Factores del clima	8
5.5 Variables meteorológicas	8
5.5.1 Precipitación pluvial	8
5.5.2 Temperatura	9
5.5.3 Humedad	10
5.5.4 Evaporación	11
5.5.5 Presión atmosférica	12
5.6 Estación meteorológica	12
5.7 Climodiagrama	13
5.8 Balance Hídrico Climático	13
5.9 Regiones climáticas de Guatemala	13

5.10	Variabilidad climática	14
5.11	Cambio climático	15
5.11.1	Impacto Regional del Fenómeno “El Niño”	16
5.11.2	Calentamiento global	16
6.	MARCO REFERENCIAL	19
6.1	Ubicación del área de estudio	19
6.2	Ubicación de la estación meteorológica	19
6.3	Vías de acceso	19
6.4	Extensión territorial	19
6.5	Características biofísicas del área de estudio	19
6.5.1	Clima	19
6.5.2	Zonas de Vida	20
6.5.3	Recursos Naturales	20
6.5.4	Hidrografía	21
6.5.5	Geología	21
6.5.6	Flora	21
6.5.7	Fauna	21
6.6	Investigaciones relacionadas con el tema de estudio	22
6.6.1	Evidencias del cambio climático en la vertiente del pacífico de Guatemala, período 1971-2010	22
6.6.2	Determinación de la variabilidad climática interanual en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, de 1972 a 2012.	23
7.	MARCO METODOLÓGICO	27
7.1	Recopilación y selección de datos climáticos	27
7.2	Análisis de calidad de los datos	28
7.3	Determinación de medida de tendencia central	29
7.4	Análisis de los factores climáticos	29
7.4.1	Análisis univariado	29
7.4.2	Análisis de la tendencia de la precipitación y temperaturas	29
7.5	Determinación del balance hídrico climático	29
7.6	Elaboración de climograma o climodiagramas	30
7.7	Análisis de tendencia de las variables	32

7.8	Determinación de anomalía	32
7.9	Análisis de fenómenos asociados a la variabilidad climática	32
7.10	El análisis e interpretación de los resultados	33
7.11	Período del estudio	33
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
8.1	Análisis y control de la calidad de los datos de las variables climáticas	34
8.2	Análisis de las variables climáticas	34
8.2.1	Análisis univariado de las variables climáticas	34
8.3	Balance hídrico climático del municipio de Puerto Barrios	38
8.4	Climogramas por quinquenio	41
8.5	Análisis de la tendencia de la precipitación y temperaturas	47
8.5.1	Precipitación	47
8.5.2	Temperaturas	47
8.7	Análisis de anomalías de la precipitación pluvial	54
8.8	Análisis de la variable temperatura	58
8.9	Análisis de la tendencia de la temperatura máxima	70
8.10	Análisis de la tendencia de la temperatura mínima	71
8.11	Análisis de la tendencia de la temperatura media	71
8.12	Análisis de anomalías de la temperatura máxima	72
8.13	Análisis de anomalías de la temperatura media	76
8.14	Análisis de anomalías de la temperatura mínima	79
8.15	Recopilación de fenómenos atmosféricos asociados a la variabilidad climática	83
9.	CONCLUSIONES	87
10.	RECOMENDACIONES	89
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
12.	ANEXO	94

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Valores anuales de temperaturas, precipitación, presión atmosférica y humedad relativa de 1978 a 2017 de la estación meteorológica ubicada en el municipio de ‘Puerto Barrios	35
2	Balance hídrico climático de 1978 a 2017	39
3	Temperatura media y precipitación por quinquenio en el periodo de 1978 a 2017	41
4	Precipitación mensual y temperatura media mensual del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	45
5	Días de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	51
6	Días de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 por quinquenios del municipio de Puerto Barrios	52
7	Anomalías de precipitación pluvial del año 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	55
8	Anomalías de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios	57
9	Temperaturas máximas, mínimas y medias promedio anuales de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	59
10	Temperaturas máximas, mínimas y medias promedio de los meses: enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio de 1978 a 2017	61
11	Temperaturas máximas, mínimas y medias promedio de los meses: julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1978 a 2017	66
12	Anomalías de la temperatura máxima anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	73
13	Anomalías de la temperatura máxima anual de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios	76
14	Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	77

Cuadro		Página
15	Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios	78
16	Anomalías de la temperatura mínima anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	80
17	Anomalías de la temperatura mínima de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios	81

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Página
1 Análisis univariado de la temperatura máxima de 1978 a 2017	36
2 Análisis univariado de la temperatura media de 1978 a 2017	36
3 Análisis univariado de la temperatura mínima de 1978 a 2017	36
4 Análisis univariado de la precipitación pluvial de 1978 a 2017	37
5 Análisis univariado de la humedad relativa de 1978 a 2017	37
6 Análisis univariado de la presión atmosférica de 1978 a 2017	37
7 Balance hídrico climático del período de 1978 al 2017 del municipio de Puerto Barrios, Izabal	40
8 Climograma del período de 1978 a 1982	42
9 Climograma del período de 1983 a 1987	42
10 Climograma del período de 1988 a 1992	42
11 Climograma del período de 1993 a 1997	42
12 Climograma del período de 1998 a 2002	42
13 Climograma del período de 2003 a 2007	42
14 Climograma del período de 2008 a 2012	42
15 Climograma del período de 2013 a 2017	42
16 Climograma del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	46
17 Boxplot de la precipitación anual para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios	47
18 Boxplot de la temperatura máxima para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios	48
19 Boxplot de la temperatura mínima para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios	48
20 Boxplot de la temperatura media para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios	49
21 Precipitación pluvial y tendencia durante el período de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios	50

Gráfica	Página
22 Días de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	52
23 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1978 a 1982	53
24 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1983 a 1987	53
25 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1988 a 1992	53
26 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1993 a 1997	53
27 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1998 a 2002	53
28 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 2003 a 2007	53
29 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 2008 a 2002	53
30 Días de precipitación pluvial del quinquenio de 2003 a 2007	53
31 Anomalías de la precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	56
32 Anomalías de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios	57
33 Temperatura mínima, media y máxima de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	60
34 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de enero de 1978 a 2017	63
35 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de febrero de 1978 a 2017	63
36 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de marzo de 1978 a 2017	63
37 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de abril de 1978 a 2017	63
38 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de mayo de 1978 a 2017	63
39 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de junio de 1978 a 2017	63
40 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de julio de 1978 a 2017	68

Gráfica	Página
41 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de agosto de 1978 a 2017	68
42 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de septiembre de 1978 a 2017	68
43 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de octubre de 1978 a 2017	68
44 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de noviembre de 1978 a 2017	68
45 Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de diciembre de 1978 a 2017	68
46 Temperaturas máxima promedio anual y su tendencia de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	70
47 Temperaturas mínima promedio anual y su tendencia de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	71
48 Temperaturas media promedio anual y su tendencia de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	72
49 Anomalías de la temperaturas máximas anual de 1978 a 20017 del municipio de Puerto Barrios	74
50 Anomalías de la temperatura máxima anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	75
51 Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios	78
52 Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios	79
53 Anomalías de la temperatura mínima anual de 1978 a 20017 del municipio de Puerto Barrios	81
54 Anomalías de la temperatura mínima de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios	82
55 Línea del tiempo con fenómenos ocurridos en Izabal	84
56 Distribución de los fenómenos de Niña y del Niño por quinquenio	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ejemplo de elaboración de climograma	31
2	Ejemplo climograma elaborado	31

LISTA DE ABREVIATURAS

CFC: Florurocarbono

CMCC: Convenio Marco de las Naciones Unidas

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CUNIZAB: Centro Universitario de Izabal

ENOS: El Niño Oscilación del Sur

HCFC: Hidroclorofluorocarbonos

HFC: Hidrofluorocarbonos

INSIVUMEH: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change / Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

MAGA: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación

MARN: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

NOAA: National Oceanic and Atmospheric / Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

OMM: Organización Meteorológica Mundial

RESUMEN

En Guatemala, específicamente en el área de Izabal son escasos los estudios dirigidos a evaluar la variabilidad climática a nivel local, debido a la falta de información climática histórica, es decir de 30 años o más y de forma consecutiva, sin embargo, la falta de esto es un riesgo para el medio ambiente, la economía y la sociedad en el departamento, porque no permite la toma de decisiones de forma oportuna, ni la implementación de medidas de mitigación y adaptación ante los fenómenos climáticos extremos.

El objetivo de esta investigación fue analizar la variabilidad climática interanual a partir de los principales parámetros climáticos en el municipio de Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, en el período de 1978 a 2017 para conocer los cambios ocurridos y proponer estrategias para la adaptación al cambio climático.

La metodología para desarrollar la presente investigación consistió en: recopilar y seleccionar los datos climáticos, luego se analizó la calidad de los mismos. Se realizaron las medidas de tendencia central (media, median y moda) con los datos; creando así un análisis de los factores climáticos con los que se trabajó. Se logró determinar el balance hídrico climático y elaboraron climodiagramas. Así mismo, un análisis de tendencia de las variables donde se encuentran anomalías y fenómenos asociados a la variabilidad climática.

Así mismo, se presentan los resultados de la investigación, donde inicialmente se realizó el análisis univariado de la temperatura máxima, media y mínima, el análisis univariado de la precipitación, el análisis univariado de humedad relativa y el análisis de la presión atmosférica; se determinó el balance hídrico y se presentan los climogramas de forma quinquenal para el período bajo estudio; los días con precipitación de forma anual y por quinquenio. También se realizó el análisis de tendencia principalmente de temperaturas y de precipitación pluvial donde se identifica que existe variabilidad climática en la región, así mismo, se presenta mediante una línea del tiempo los fenómenos del niño y de la Niña que según la NOAA se registraron en el período 1978 a 2017.

Los resultados de la temperatura máxima, media y mínima muestran que entre 1978 al 2017, han tenido un leve incremento el cual se estima en 1.1°C. En el caso de la precipitación pluvial se muestra una tendencia a disminuir en el período de 1978 al 2017; los resultados indican que esta tiene un comportamiento con alta dispersión al comparar la precipitación durante los 40 años de estudio. La humedad relativa y la presión atmosférica presentan poca variación en los 40 años.

En el balance hídrico, no existió déficit hídrico en ningún año, todos los años muestran que la precipitación pluvial es superior a la evapotranspiración. Por otro lado, en el 49% de los años analizados, existen valores atípicos, es decir, que en al menos un mes de cada año se presentaron escenarios con los cuales el acumulado de precipitación aumentó de manera considerable en relación al resto de días con lluvia.

Los climogramas realizados por quinquenio durante el período de 1978 a 2017, muestran que el último quinquenio estudiado de 2013 al 2017 es el que presentó una reducción significativa en la precipitación total anual, por lo tanto, este quinquenio puede considerarse más seco que los anteriores.

1. INTRODUCCIÓN

El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), define al "cambio climático" como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, es decir, se distingue dos fenómenos en el "cambio climático"; los atribuidos a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y aquellas de "variabilidad climática" atribuidas a causas naturales.

La región Mesoamérica, una de las más vulnerables al cambio climático, a pesar de contribuir sólo con aproximadamente el 3% de las emisiones de gases de efecto invernadero del planeta. La recurrencia de sequías e inundaciones, y de intensos y frecuentes huracanes pone en grave riesgo a las heterogéneas economías de la región, mayormente extractivas y basadas en recursos naturales que dependen fuertemente del clima (agricultura, turismo, etc.), en general, la región mesoamericana es altamente vulnerable al cambio climático.

El cambio climático afecta la zona de Centroamérica de manera extrema y poco usual, la región en la que se encuentra Guatemala ha incrementado su temperatura en las últimas décadas y que los extremos de temperatura han aumentado su frecuencia.

En Guatemala no existen análisis de los altos niveles de riesgo ante un clima cambiante e inestable, esto es particularmente relevante para segmentos sociales extremadamente expuestos, los cuales dependen para su subsistencia de actividades y recursos que, a su vez, son directamente dependientes del clima (Gómez, 2014).

Considerando lo anterior, el objetivo de la investigación es determinar la variabilidad climática en el municipio de Puerto Barrios del departamento de Izabal, mediante un análisis de datos históricos a partir de 1978 al 2017.

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011) para hacer un análisis de variabilidad sugieren contar con 30 años de registro, sin embargo, para este estudio se cuenta con la información de 40 años registrados. Se calculó el promedio de dichos registros y se determinaron variaciones a lo largo del tiempo. En este estudio los datos recolectados fueron a partir de enero de 1978 a diciembre de 2017, los cuales se organizaron por quinquenios para este análisis, en hojas electrónicas de Excel para su análisis.

La metodología que se utilizó para la investigación conlleva los pasos siguientes: recopilación y selección de datos climáticos, análisis de calidad de los datos con la que se cuenta; se calculó la media, mediana y moda los diferentes datos; creando así un análisis de los factores climáticos con los que se trabajó. Se determinó el balance hídrico climático y elaboraron climodiagramas. A través de un análisis de tendencia de las variables se encontraron anomalías y fenómenos asociados a la variabilidad climática.

Se presentan los resultados del estudio, donde se realizó el análisis univariado de la temperatura máxima, media y mínima, el análisis univariado de la precipitación, el análisis univariado de humedad relativa y el análisis de la presión atmosférica, también se determinó el balance hídrico y se elaboraron los climogramas por quinquenio, para el período bajo estudio; los días con precipitación anual y por quinquenio. Así mismo, se presenta y el análisis de tendencia de temperaturas y precipitación pluvial donde se identifican las existencias de la variabilidad climática en la región y mediante una línea del tiempo los fenómenos del Niño y de la Niña según la NOAA (s.f.) en el período 1978 a 2017.

Con base a los resultados se formularon las principales conclusiones y recomendaciones de la investigación que permitan proponer estrategias de adaptación al cambio climático en el municipio de Puerto Barrios y departamento de Izabal.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio y la variabilidad climática es una realidad, y sus efectos se han notado en nuestro país. La característica más evidente es su variabilidad, el tiempo cambia con mayor frecuencia e intensidad, afectando su estabilidad, generando la ocurrencia de fenómenos extremos con precipitaciones más intensas por períodos largos, seguidas de períodos secos extremos y extensos.

En Guatemala las manifestaciones de la variabilidad climática, se presenta con fenómenos meteorológicos como inundaciones, vientos huracanados, heladas, tormentas locales intensas, sequías, entre otros. Los impactos por altas precipitaciones y episodios de sequía en los últimos años han dado como resultados pérdidas de algunos ecosistemas, de recursos hídricos, en cultivos como granos básicos o cultivos de la zona (banano, plátano y palma de aceite, entre otros), reducción de la calidad de vida y repercusiones en enfermedades que afectan la población.

Por ejemplo, las inundaciones son fenómenos que siempre han ocurrido a lo largo de los tiempos sin embargo, los efectos que estas generan han venido evolucionando negativamente de tal forma que hoy en día sus consecuencias son más devastadoras para los ecosistemas, la economía y habitantes de la región; entre las más notorias están el huracán FIFI en el año 1974, el huracán MITCH en 1998, el huracán STAN en 2005 y la tormenta tropical AGATHA en 2010, que provocaron consecuencias devastadoras en la agricultura, ganadería y a la economía de la población.

La variabilidad natural en la precipitación, la temperatura y de otras variables climáticas, son los principales factores que afectan los ecosistemas y los procesos productivos, que en muchas ocasiones derivan en degradación del medio ambiente y muchas regiones climáticas son particularmente propensas.

Los efectos climáticos como las inundaciones, sequias, tormentas tropicales y/o huracanes, son fenómenos que impactan considerablemente los niveles de productividad y desarrollo de la población en el departamento de Izabal.

Son escasos los estudios dirigidos a evaluar la variabilidad climática a nivel local, debido a la falta de información climática histórica, es decir, de 30 años o más y de forma consecutiva, sin embargo, la falta de esto es un riesgo para el medio ambiente, la economía y la sociedad en el departamento, porque no permite la toma de decisiones de forma oportuna, ni la implementación de medidas de mitigación y adaptación ante los fenómenos climáticos extremos.

3. JUSTIFICACIÓN

El cambio climático actual es atribuido a la actividad humana, quienes han promovido la explotación insostenible de los recursos naturales y al incremento de los niveles de contaminación en el sistema atmosférico, hídrico y edáfico.

La posición geográfica de Guatemala, entre dos océanos (Atlántico y Pacífico), la hace más vulnerable a fenómenos extremos del clima como: tormentas tropicales, heladas, huracanes, inundaciones y sequías. Por tal razón, la importancia de analizar la variabilidad del clima a detalle en regiones específicas del país es preponderante para conocer los cambios ocurridos y realizar predicciones del comportamiento del clima.

Es importante indicar que el clima está relacionado con actividades económicas como la producción de alimentos, materias primas y la salud humana; por lo que debe ser monitoreado, evaluado y analizado de forma sistemática, para prevenir desastres, daños a la salud pública, la agricultura, conservaciones de los ecosistemas, aprovechar sus servicios ambientales, entre otros.

En Izabal, los fenómenos climáticos más frecuentes en las últimas décadas han sido las inundaciones, por precipitaciones intensas que provocan impactos negativos en la ecología, el sector agrícola, agroindustrial, ganadero y en la sociedad; estos impactos afectan el desarrollo de la economía, siendo los más vulnerables el conglomerado de habitantes de escasos recursos.

Por lo tanto, es importante realizar estudios para analizar la variabilidad climática en la región de la costa norte de Guatemala, con el objetivo de generar información para aplicarla en la toma de decisiones que permitan desarrollar estrategias y planes de adaptación al cambio climático.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Analizar la variabilidad climática interanual a partir de los principales parámetros climáticos en el municipio de Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, en el período de 1978 a 2017 para conocer los cambios ocurridos y proponer estrategias para la adaptación al cambio climático.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de las variables climáticas: precipitación pluvial, temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa y presión atmosférica, en el municipio de Puerto Barrios, Izabal en un período de registro de 40 años, de 1978 a 2017 para determinar la variabilidad climática en la región de la costa norte de Guatemala.
- Determinar los cambios en las variables climáticas: precipitación pluvial y temperatura, durante el período de 1978 al 2017 para conocer la variabilidad climática.
- Estimar las tendencias de las principales variables climáticas en el municipio de Puerto Barrios, Izabal durante el período de 1978 al 2017 para proponer estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático.

5. MARCO TEORICO

5.1 Meteorología

La meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar, los llamados meteoros. El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo (Rodríguez *et. al.* 2004).

5.2 Climatología

La climatología consiste en el estudio del clima, sus variaciones y extremos y su influencia en varias actividades, sobre todo (aunque no exclusivamente) en los ámbitos de la salud, la seguridad y el bienestar humanos. En sentido estricto, se entiende por clima las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y período de tiempo determinados. El clima puede explicarse mediante descripciones estadísticas de las tendencias y la variabilidad principales de elementos pertinentes, como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos, o mediante combinaciones de elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos, que son característicos de un lugar o región, o del mundo en su conjunto, durante cualquier período de tiempo (UM, 2000).

5.3 Clima

(Rodríguez *et. al.* 2004)

El clima es la síntesis del tiempo. Formalmente, el clima se define como el conjunto de estados de tiempo atmosférico que se producen en una determinada región y que otorgan a ésta una particular idiosincrasia.

El estudio del comportamiento climático a lo largo de la historia de nuestro planeta siempre ha sido muy dinámico, oscilando repetidamente, en largos períodos de tiempo, desde momentos de calentamiento y momentos de glaciación, denominándose cambio climático. Los cambios en el clima que se suceden en períodos cortos se denominan variabilidad climática y puede ser más local (PNUD 2019).

5.4 Factores del clima

Algunos factores que influyen en el clima de un lugar pueden ser conocidos, previstos o cíclicos, que dependen de la atmosfera y de las coordenadas en las que se encuentra; entre ellos: temperatura, presión, humedad y precipitaciones, viento, latitud, altitud, barreras montañosas, distancia al mar, corrientes marinas, estaciones del año, los días y las noches, el ciclo del agua, etc. (IPCC, 2014).

5.5 Variables meteorológicas

Un elemento climático consiste en cualquiera de las propiedades del sistema climático que se combinan con otros elementos, estas propiedades permiten describir el tiempo o clima en un lugar dado durante un determinado período de tiempo. Cada elemento meteorológico observado puede también designarse como un elemento climático (OMM, 2011).

5.5.1 Precipitación pluvial

(Rodríguez *et. al.* 2004)

Una nube puede estar formada por una gran cantidad de gotitas minúsculas y cristallitos de hielo, procedentes del cambio de estado del vapor de agua de una masa de aire que, al ascender en la atmósfera, se enfría hasta llegar a la saturación.

En la realidad, para que el vapor existente en una masa de aire que alcanza la saturación pueda condensarse en forma de gotitas es preciso que se cumplan dos condiciones: la primera es que la masa de aire se haya enfriado lo suficiente, y la segunda es que existan en el aire núcleos de condensación (denominados núcleos higroscópicos) sobre los que puedan formarse gotitas de agua.

La precipitación se puede dar también en forma sólida. El origen de esta está en la formación de cristales de hielo en las nubes que tienen su tope a grandes alturas y bajísimas temperaturas (-40°C). Estos cristales pueden crecer a expensas de gotitas de agua a muy baja temperatura que se congelan sobre ellos (siendo el inicio de la formación del granizo) o bien uniéndose a otros cristales para formar los copos de nieve. Cuando

alcanzan un tamaño adecuado y debido a la acción de la gravedad, pueden salir de la nube dando lugar a la precipitación sólida en superficie, si las condiciones ambientales son las apropiadas. A veces los copos de nieve o el granizo que salieron de la nube, si encuentran una capa de aire cálida en su caída, se derriten antes de alcanzar el suelo, dando lugar finalmente a precipitación en forma líquida.

5.5.2 Temperatura

Según OMM (2011) “La temperatura es la condición que determina la dirección del flujo neto de calor entre dos cuerpos.” Aunque el concepto más común de temperatura es el resultado de una sensación, en efecto cuando se toca un cuerpo se dice que está caliente o frío, según la sensación que se experimente.

Las escalas prácticas de temperatura se basan en dos puntos fijos que corresponden a temperaturas corrientes que pueden reproducirse fácilmente. Los dos puntos fijos reconocidos internacionalmente son el punto de fusión:

- Punto de fusión del hielo: temperatura a la cual el hielo puro funde cuando la presión externa es igual a una atmósfera normal.
- Punto de ebullición del agua: temperatura a la cual el agua pura hierve cuando la presión externa es igual a una atmósfera normal.

a) Escalas de temperatura

(INSIVUMEH, 2018)

El instrumento que se utiliza para medir la temperatura es el termómetro. Se pueden utilizar dos escalas:

- En la escala Celsius (o escala centígrada) 0° corresponde al punto de fusión del hielo, mientras que 1000 corresponde al punto de ebullición del agua.
- Escala Kelvin de temperatura, para los trabajos científicos se utiliza mucho esta escala de temperatura.

b) Temperatura del aire en superficie

Se entiende por temperatura del aire en superficie a la temperatura del aire libre a una altura comprendida entre 1.25 m y 2 m sobre nivel del suelo, generalmente se admite que esta temperatura es representativa de las condiciones a que están sometidos los seres vivientes en la superficie de la tierra. Por lo general la temperatura disminuye con la altitud, esta variación decreciente de la temperatura en función de la altitud se llama gradiente térmico vertical (INSIVUMEH, 2018).

c) Lectura y toma de Temperaturas Máximas, Mínimas y Media

(INSIVUMEH, 2018)

La lectura y toma de las temperaturas se realiza diariamente, donde se obtiene la temperatura máxima del día, la mínima de día y la media. Para la temperatura máxima y mínima se hace la toma de los datos diarios a las 7:00 am, pero la temperatura media se obtiene de los termómetros de bulbo húmedo y seco con el promedio de sus mediciones de 7, 13 y 18 horas.

Con los datos de un mes determinado, se puede obtener la media de todas las máximas, la media de todas las mínimas, y la máxima y mínima absoluta del mes. Para una serie de “n” años y para un mes se puede obtener la temperatura media, temperatura media de las máximas, temperatura media de mínimas, temperatura media de las máximas absolutas, temperatura media de mínimas absolutas, y las temperaturas mínima absoluta y máxima absoluta.

5.5.3 Humedad

(Rodríguez *et. al.* 2004)

El agua es uno de los principales componentes de la atmósfera, en la que puede existir como gas, como líquido, y como sólido. La presencia del agua en los tres estados de agregación se debe a que las condiciones físicas (temperatura y presión) necesarias para que se produzcan dichos cambios de estado se dan normalmente en la atmósfera.

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc.

Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera:

- Humedad absoluta: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1m³ de aire seco.
- Humedad específica: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.
- Razón de mezcla: masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco.

Sin embargo, la medida de humedad que más se utiliza es la denominada humedad relativa, que se expresa en tanto por ciento (%) y se calcula según la siguiente expresión:

$$h = \frac{e}{E} 100$$

5.5.4 Evaporación

(OMM, 2011)

Se entiende por evaporación el proceso en virtud del cual el agua pasa del estado líquido o sólido al estado gaseoso mediante la transferencia de energía calórica.

En el ciclo hidrológico la evaporación es un proceso importante, hasta el punto de que, a nivel continental, entre un 70 y un 75 por ciento de la precipitación anual total retorna a la atmósfera por evaporación y transpiración. En climas cálidos, la pérdida de agua por evaporación en ríos, canales y equipos de almacenamiento de agua a cielo abierto es de vital importancia, ya que la evaporación detrae una proporción considerable del suministro total de agua. La mayor parte del agua utilizada para fines beneficiosos acaba retornando a los ríos y acuíferos y puede ser reutilizada, mientras que el agua perdida por evaporación desaparece completamente del suministro aprovechable.

5.5.5 Presión atmosférica

(Rodríguez *et. al.* 2004)

El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal ($1 \text{ Pascal} = 1\text{N/m}^2$). La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima de nosotros será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí.

Pero la presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables, la situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son sus principales condicionantes precisamente la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental en la información meteorológica en cualquier caso, para poder comparar todos los valores de presión registrados en distintos puntos del mundo y extraer conclusiones respecto a las condiciones atmosféricas, las mediciones directas deben corregirse, al menos respecto a la altitud. Nuevamente, la Organización Meteorológica Mundial establece las pautas para que todas las medidas registradas en distintos lugares del mundo se efectúen del mismo modo, y, por tanto, puedan ser comparables.

5.6 Estación meteorológica

La estación meteorología es el espacio físico donde están instalados los instrumentos para la medición de los diversos elementos meteorológicos. Consta de un pequeño edificio que sirve de oficina y protege algunos instrumentos como el barómetro, el barógrafo, además tiene una área adjunta de terreno de tamaño variable (por lo general de 9m de largo por 6m de ancho) llamada parcela meteorológica. Esta parcela está cercada por una malla metálica de 1,70 metros de alto, en ella se ubica la garita meteorológica y los instrumentos de medición al aire libre (OMM, 2011).

5.7 Climodiagrama

Un climodiagrama o climograma es un gráfico en el que representamos simultáneamente los valores de temperatura media mensual, mediante una línea, y los de precipitaciones mensuales medias, mediante barras verticales, para los doce meses del año. Para ello se utilizan los valores climatológicos promediados en un período estándar de 30 años (Rodríguez *et. al.* 2004).

5.8 Balance Hídrico Climático

Según la metodología de Thornthwaite se construye a partir de la evapotranspiración potencial (ET_p) y la precipitación (P) media mensual para un período de años. Conociendo los valores mensuales de ET_p y disponiendo de los registros de precipitación se obtiene balance hídrico anual, de esta manera se puede conocer el agua que se pierde por evaporación desde el suelo y por transpiración de las plantas, también la cantidad de agua almacenada en el suelo y aquella que se escurre superficialmente y en profundidad. Así habrá meses en que el aporte de agua será suficiente y meses en los que se registren excesos o deficiencias de agua en el suelo; también pueden darse situaciones extremas en que deficiencias de agua o viceversa.

5.9 Regiones climáticas de Guatemala

(INSIVUMEH, 2018)

El clima de Guatemala se origina a partir de los fenómenos que se generan por efecto de la circulación general de la atmósfera, la influencia oceánica, y este va adquiriendo características particulares por la posición geográfica y la topografía del país.

Las cuatro estaciones que normalmente se marcan en el hemisferio Norte, no se marcan en Guatemala. Si no, que se marcan dos épocas particulares, siendo estas: La época lluviosa (mayo a octubre) y seca (noviembre a abril).

El ciclo lluvioso se produce cuando se establece el régimen de los vientos Alisios del Noreste, y subsecuentemente la zona de convergencia Intertropical (ZCTI) se aproxima a nuestras latitudes, se dependen sistemas nubosos desde las costa africana y son trasladadas por los vientos alisios que adquieren mayor componente del Este (Ondas del

Este), a su paso estas ondas del Este van generando lluvia y algunas veces adquieren un componente de vorticidad convirtiéndolas en ciclones tropicales, este fenómeno genera una gran cantidad de lluvia durante su paso. La época lluviosa por lo general da inicio en el mes de mayo, en el mes de junio suelen presentarse días nublados y lluviosos. En julio y parte de agosto se produce un período seco denominado canícula, esto debido a la inversión de los alisios, y al fortalecimiento del anticiclón del Golfo de México, posteriormente al debilitarse y desaparecer vuelve nuevamente las precipitaciones intensas que completan la temporada lluviosa (septiembre y octubre). La época seca da inicio con el incremento de la presión atmosférica y la migración de masas de aire frío proveniente de la zona polar (Frentes fríos), causando un descenso de la temperatura e incrementando la velocidad del viento, por lo general se tiene predominancia de viento norte, esta época fría se marca de noviembre a febrero, y posteriormente, se incrementa la temperatura presentándose olas de calor en los meses de marzo y abril. Durante esta época se pueden presentar algunas lluvias locales de tipo convectivo, o prefrontales por la influencia de frentes fríos.

Las condiciones descritas son de carácter general; pero cada región tiene sus propias características climáticas locales debido al efecto de la topografía regional, vegetación, geología y tipos de suelo, permitiendo definir las regiones perfectamente caracterizadas:

- a) Región de los Valles de Oriente
- b) Región de Occidente
- c) Región Boca Costa
- d) Región Pacífico
- e) Región del Altiplano Central
- f) Región Franja Transversal del Norte
- g) Región Norte
- h) Región Caribe

5.10 Variabilidad climática

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.)

del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC 2014).

5.11 Cambio climático

(IPCC 2017)

Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “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”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

En términos simples, el fenómeno “El Niño” es parte de un ciclo natural de temperaturas en el océano Pacífico. El nombre completo del ciclo es El Niño Oscilación del Sur (ENOS), que es un reconocimiento a la interacción entre el océano y la atmósfera, el cual está asociado con un calentamiento del Pacífico ecuatorial central y oriental. El incremento en la temperatura del océano Pacífico genera cambios en la atmósfera que pueden tener impactos de gran escala en el clima global.

Según la NOAA (2010) se determina la existencia del ENOS cuando la temperatura superficial del mar de la región definida como “El Niño”, 3.4 (el centro y este del Pacífico ecuatorial) supera el valor umbral (+0,5 °C para “El Niño”, -0,5 °C para “La Niña”) durante, al menos, cinco períodos consecutivos.

En presencia de “El Niño”, vientos que soplan de este a oeste a lo largo del Pacífico se debilitan, lo que permite que las aguas cálidas ubicadas cerca de Australia e Indonesia se desplacen en dirección oeste a este. Asimismo, una gran masa nubosa ubicada en el extremo occidental del Pacífico Ecuatorial, que causa lluvias y tormentas en períodos normales o fase neutra, se desplaza hacia el este. Por otra parte, en presencia de “El Niño”, aguas más cálidas se profundizan cerca del continente americano, como puede apreciarse al comparar las condiciones de “El Niño” y condiciones normales. Los eventos de “El Niño” difieren entre sí, suelen presentarse de manera irregular en intervalos de dos a siete años, con diferencias en su intensidad y ubicación en el tiempo, y tienen una duración de 12 a 18 meses.

5.11.1 Impacto Regional del Fenómeno “El Niño”

(IICA, 2016)

En Centroamérica y República Dominicana, el fenómeno de “El Niño” se manifiesta con aumentos de temperatura del aire y del mar, una distribución irregular de las lluvias y sequías, la canícula de mediados de año tiende a ser más marcada y se mantiene por mayor tiempo, y la temporada seca suele ser más intensa y prolongada en el litoral Pacífico, especialmente en el Corredor Seco Centroamericano.

De acuerdo con lo sucedido en episodios anteriores de “El Niño”, la intensidad de los efectos en la subregión centroamericana no necesariamente guarda relación con la calificación internacional de la severidad del episodio. En varias ocasiones anteriores, el territorio centroamericano se ha visto impactado con fuertes sequías hidrológicas, meteorológicas y agrícolas, aun cuando no se llegara a alcanzar el umbral de temperatura establecido en las definiciones operativas de “El Niño”.

5.11.2 Calentamiento global

(MARN, 2018)

De todas las capas que tiene la atmósfera, sólo en la más baja, llamada troposfera, hay clima. Esta capa tiene algunas peculiaridades: en ella está contenida toda el agua atmosférica y, como la mitad del clima está constituido por la humedad en forma de

nubes, precipitación, heladas, etcétera, en las capas superiores de la atmósfera no hay clima.

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del Sol. El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2), proveniente del uso de combustibles fósiles, ha provocado la intensificación del fenómeno y el consecuente aumento de la temperatura global, el derretimiento de los hielos polares y el aumento del nivel de los océanos, ya que el calentamiento mayor se da en las latitudes altas.

Todos los gases están presentes en la atmósfera en una proporción cien veces menor que el dióxido de carbono CO_2 . Sin embargo, la rapidez con que están aumentando los gases presentes en la atmósfera y su eficiencia tradicional producirán un calentamiento similar al causado por el CO_2 .

Es decir, si la duplicación del dióxido de carbono (CO_2) causaría por sí sola un aumento de temperatura de 2°C , reforzando el calentamiento con dos grados adicionales, resultando, finalmente, en un aumento de temperatura de aproximadamente 4°C .

El vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2) y el gas metano forman una capa natural en la atmósfera terrestre que retiene parte de la energía proveniente del Sol. El uso de combustibles fósiles y la deforestación han provocado el aumento de las concentraciones de CO_2 y metano, además de otros gases, como el óxido nitroso, los que han incrementado el efecto invernadero.

La superficie de la Tierra es calentada por el Sol. Pero ésta no absorbe toda la energía, sino que refleja parte de ella de regreso hacia la atmósfera.

Alrededor del 70% de la energía solar que llega a la superficie de la Tierra es devuelta al espacio. Pero parte de la radiación infrarroja es retenida por los gases que producen el efecto invernadero, y se queda en la superficie terrestre.

Como resultado del efecto invernadero, la Tierra se mantiene lo suficientemente caliente como para hacer posible la vida sobre el planeta. De no existir ese efecto, las fluctuaciones climáticas serían intolerables. Sin embargo, una pequeña variación en el delicado balance de la temperatura global puede causar estragos. En los últimos 100 años la Tierra ha registrado un aumento de entre 0.4 y 0.8° C en su temperatura promedio.

Los CFCs, HCFC, HFC son gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global de la atmósfera, por lo cual es importante evitar su emisión a la atmósfera. El calentamiento global de la atmósfera puede provocar otras alteraciones en nuestro planeta, tal vez la más llamativa es la elevación del nivel del mar, calculada entre 30 centímetros y 1 metro, debido a las siguientes causas:

- a) La fusión parcial de los casquetes polares.
- b) La expansión térmica de los océanos (éstos se dilatan al calentarse).
- c) La explotación masiva de los mantos freáticos (insuficientemente recargados), cuyas aguas finales van a dar al mar.

Por tales motivos, el mar cubriría algunas regiones costeras bajas, provocando pérdida de terrenos cultivados o habitados, también demandaría ajustes en instalaciones portuarias, etcétera.

El impacto potencial es enorme, con predicciones de falta de agua potable, cambios en las condiciones para la producción de alimentos, y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y calor.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 Ubicación del área de estudio

El departamento de Izabal cuenta con una extensión territorial de 9,039km², ubicado en la latitud 15° 44' 06" N y la longitud de 88° 36' 17" O. Está situado en la Región Nor-Oriental de la Republica, su cabecera departamental es Puerto Barrios, limita al Norte con el departamento de Petén, Belice y el Mar Caribe; al Sur con el departamento de Zacapa; al Este con la República de Honduras; y al Oeste con el departamento de Alta Verapaz (SEGEPLAN, 2011).

6.2 Ubicación de la estación meteorológica

La estación meteorológica se encuentra ubicada en el municipio de Puerto Barrios departamento de Izabal a una altitud de 88°35'30", a una longitud de 15°44'16" y a una altitud de 8 msnm (INSIVUMEH, 2018). (Anexo 1)

6.3 Vías de acceso

La cabecera departamental de Izabal se ubica a una distancia de 300 kilómetros de la ciudad de Guatemala y se comunica a través de la ruta CA-9 (SEGEPLAN, 2011).

6.4 Extensión territorial

Cuenta con una extensión territorial de mil doscientos noventa y dos kilómetros cuadrados, distribuidos en cinco aldeas, veintitrés fincas o haciendas y trece parcelamientos o parajes (SEGEPLAN, 2011).

6.5 Características biofísicas del área de estudio

6.5.1 Clima

Las condiciones climáticas en el departamento de Izabal son variadas, esto debido a su ubicación geográfica: la precipitación media anual es de 300 mm (siendo los meses de febrero, marzo y abril los más secos). La humedad relativa varía del 80 al 85 % y la temperatura media es de 25 °C, su topografía es variada, aunque las alturas de las cabeceras municipales van desde los 0.67 msnm en Puerto Barrios y los 77 msnm en

Los Amates. El clima es generalmente cálido, con fuertes lluvias durante el invierno (INSIVUMEH, 2018).

De acuerdo a las características climáticas se establecen dos regiones geográficas:

La región geográfica cálida: constituyendo aproximadamente el 98% del departamento, conformada por una zona cálida pluvial con vegetación de bosque húmedo; zona cálida muy húmeda con vegetación de bosque muy húmedo subtropical cálido y una zona fría cálida seca con vegetación de bosque seco subtropical (INSIVUMEH, 2018).

La región geográfica templada: que comprende el restante 2% de la superficie territorial y está representada por dos zonas: una zona templada húmeda con vegetación de bosque húmedo subtropical templado y la otra, muy húmeda con vegetación de bosque muy húmedo subtropical (INSIVUMEH, 2018).

6.5.2 Zonas de Vida

(SEGEPLAN, 2011)

En el departamento se han determinado 6 zonas de vida vegetal (específicas de diversos climas, temperaturas y elevaciones) que son:

- Bosques secos subtropicales
- Bosque muy húmedo tropical
- Bosque húmedo tropical templado.
- Bosque muy húmedo subtropical frío
- Bosque muy húmedo subtropical cálido
- Bosque pluvial montano bajo subtropical

6.5.3 Recursos Naturales

Izabal posee una importante diversidad de recursos naturales, por lo que aproximadamente el 40% de su territorio está declarado como área protegida o área de protección especial; siendo una de estas la del Biotopo del Manatí, especie que, por sus

características particulares, está en peligro de extinción. Puerto Barrios cuenta con 635,14 km² de área protegida y 17,01 km² de protección especial (SEGEPLAN, 2011).

6.5.4 Hidrografía

El departamento cuenta con varias fuentes hídricas, dentro de las cuales sobresalen, el Lago de Izabal, que es el de mayor extensión de la República, con dimensiones aproximadas de 50km de largo por 25 km de ancho. Es alimentado por el Río Polochic y desagua por el Río Dulce atravesando el Golfo Dulce. Otro recurso hídrico importante, es el Río Dulce, que tiene 36km de largo y desemboca en el Mar Caribe, forma, a poca distancia del lago, un golfo que tiene 61, 8km² de área (SEGEPLAN, 2011). (Ver anexo 2)

6.5.5 Geología

En gran parte del territorio de Izabal, se encuentran: carbonatos, neocomianos-campanianos que incluye formaciones Cobán, Ixvoy, Campur, Sierra Madre y Grupo Yojoa (Ksd); rocas del período paleozoico, donde predominan las rocas metamórficas sin dividir, filitas, esquitas cloríticas y granatíferos, esquistos y gneises de cuarzo (PZM); los Aluviones Cuaternarios (Qa); Carbonífero – Pérmico (CPsr); y Predominan las fallas geológicas: inferidas y cubiertas, que se pueden observar gran cantidad de ellas (SEGEPLAN, 2011).

6.5.6 Flora

La situación actual del municipio con respecto a la flora indica una deforestación creciente, sin embargo, cuenta con una amplia variedad de especie en las que se pueden mencionar: Caoba, Cedro, Nogal Palo blanco, Conacaste, Guachipilín, Laurel, San Juan, Santa María Castaño, Pino, Cedrillo y Ciprés de montaña (SEGEPLAN, 2011).

6.5.7 Fauna

Por su ubicación privilegiada, el municipio cuenta con venados, tepezcuinte, iguana, tigre, león, armadillo, gato de monte, monos, tigrillos, pizote, coche de monte, serpientes (coral, barba amarilla, cantil, cascabel), guacamayas, loros, patos de agua, alcatraz, garzas. Fauna acuática como: tortugas, almejas, estrellas de mar, lagartos,

calamares, manatí, especies de peces como: guasas, sardinas, robalo, jurel, sábalo, sierra (SEGEPLAN, 2011).

6.6 Investigaciones relacionadas con el tema de estudio

6.6.1 Evidencias del cambio climático en la vertiente del pacífico de Guatemala, período 1971-2010 con base en información estadística, diagnóstico y servicios prestados en el departamento de investigación y servicios climáticos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, Guatemala. C.A.

(Gómez 2014)

En este estudio se muestra la metodología para la utilización de herramientas en el análisis de control de calidad de los datos climáticos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial. La investigación se realizó durante el EPSA en el departamento de investigación y servicios climáticos. La investigación tuvo como objetivos evidenciar la tendencia presentada por la temperatura máxima, mínima y precipitación pluvial en el período de 1971 a 2010; así como, el análisis de índices de cambio climático. Los resultados mostraron una tendencia de aumento para la temperatura máxima, la cual oscila entre 0.17°C y 1.5°C; En el caso de la temperatura mínima, la tendencia también es hacia el aumento en un rango de 0.17°C y 1.3°C.

De igual forma, la precipitación pluvial muestra una tendencia de aumento en un rango de 16 mm y 220 mm. A través del análisis de índices de cambio climático, se logró determinar un incremento del 38% de las noches cálidas, un incremento del 32% de los días cálidos, un incremento del 95% en las cantidades máximas mensuales de precipitación en un día y un incremento del 95% en los días húmedos.

Se describe el servicio prestado al departamento de investigación y servicios climáticos, el cual incluye el análisis de calidad de los datos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial de las estaciones de la red meteorológica nacional para el período de 1970 al 2011. Tras el desarrollo de esta actividad se logró realizar el control

de calidad, para las variables climáticas anteriormente mencionadas, a las 51 estaciones que componen la red meteorológica nacional.

Se determinó que el porcentaje de datos faltantes para la variable de precipitación pluvial oscila en un rango entre 2.37% a 81.32%, para la temperatura máxima el porcentaje de datos faltantes oscila un rango entre 2.75% a 81.34% y para la temperatura mínima el porcentaje de datos faltantes oscila en un rango entre 2.45% a 81.29%.

6.6.2 Determinación de la variabilidad climática interanual en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, de 1972 a 2012.

(Sumalé, 2016)

La disponibilidad de información climática de calidad es importante para el desarrollo de investigación en distintas disciplinas como la Hidrología, Agronomía, Climatología y Ecología. El trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la variabilidad climática de los elementos climáticos disponibles: precipitación pluvial, temperaturas, humedad relativa, evaporación, vientos, radiación solar, presión atmosférica, heliofanía y nubosidad en la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, donde se analiza e interrelaciona las diferentes variables climáticas.

El análisis de las variables se realizó a través de la base de datos producto de registros en la estación meteorológica del municipio de Esquipulas, durante el período de 1972 a 2012, los cuales fueron proporcionados por el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala, INSIVUMEH.

Para realizar el presente estudio se desarrolló la siguiente metodología: inicialmente se realizó la selección y recopilación de datos climáticos; posteriormente se hizo un análisis y control de calidad de los datos; luego se procesó la información para hacer un análisis de los factores climáticos; donde se realizó el análisis univariado; análisis pareado; análisis multivariado; así mismo, se realizó el cálculo del balance hídrico climático;

desarrollo de climogramas; análisis de anomalías y análisis de tendencia de las variables y el análisis e interpretación de los resultados.

De acuerdo a los resultados obtenidos, inicialmente se seleccionaron las variables climáticas disponibles, se realizó un análisis de control y calidad de los datos seleccionados, donde se eliminaron los valores extremos y faltantes de los registros. Para el análisis de los factores climáticos se realizó un análisis univariado, donde se calculó las medias mensuales y anuales, se evaluó la distribución de cada variable respecto a la media, donde la variable humedad relativa, radiación solar, dirección y velocidad del viento y presión atmosférica presentaron una distribución alta respecto al promedio.

En el análisis pareado se evaluó el comportamiento de cada variable climática a través del tiempo con el objeto de detectar la existencia de diferencias significativas, donde se pueden observar que las variables temperatura máxima, precipitación pluvial, heliofanía y nubosidad sí presentan diferencias significativas al comparar los resultados por década.

Durante la realización del análisis multivariado se puede observar que la correlación de las variables temperatura y humedad relativa, y la correlación de las variables heliofanía y evaporación presenta una correlación media de 0.61 y 0.51, respectivamente. Para el cálculo del balance hídrico climático del período de 1972 a 2012, se determinó que el 12% de los años del período de estudio presentaron déficit de humedad y el 88% presentó un superávit de humedad.

Así mismo, se elaboraron climogramas para el municipio de Esquipulas, el déficit de humedad ha tenido una duración de seis meses comprendidos de noviembre a abril. Donde se observa durante el período de estudio, el mes con mayores precipitaciones era junio, y actualmente es septiembre durante las últimas dos décadas.

Con el análisis de tendencia se estimó un incremento en la precipitación promedio anual en el 54% de los años del período analizado; es decir, un 2.5% de aumento en el régimen pluviométrico que equivale a 67 mm. Así mismo, un incremento de la temperatura media durante el período de estudio de un 2.5% (0.45°C), en donde se observa hasta una oscilación térmica de 1.02°C durante los 41 años.

En la variable heliofanía se observa una tendencia a la disminución de los promedios anuales en un 36% de los años, por lo tanto, una disminución de horas luz de 0.11 (horas de brillo solar).

El análisis de tendencia de la variable nubosidad indica un ligero incremento en un 7% (0.02 oktas). Los incrementos de temperatura y las modificaciones en los patrones de precipitación propician el desarrollo y la alteración de los ciclos de vida.

De acuerdo a los climogramas elaborados de la década de 1992 a 2001, el déficit de humedad se concentró en los meses de diciembre a marzo y en la década de 1972 a 1981, 1982 a 1991 y 2002 a 2012 el déficit de humedad ha tenido una duración de seis meses comprendidos en el mes de noviembre a abril.

En la época lluviosa se observó que en las primeras dos décadas el mes de junio fue el mes con mayores precipitaciones, en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre han incrementado las precipitaciones en las últimas tres décadas; así mismo, se observó que el mes de septiembre ha sido el mes con mayores precipitaciones en las últimas dos décadas.

Las precipitaciones han aumentado, pero también se han incrementado las temperaturas y se han distanciado en cada una de las décadas, provocando una temperatura ambiente más cálida por más tiempo, dando como resultado cambios en las condiciones climáticas generales.

La importancia de este estudio radica en considerar las tendencias en las variables climáticas de las últimas cuatro décadas y a través de esto, obtener información para generar un atlas climatológico sobre la situación actual que se presenta en el mismo.

De esta manera se presenta información puntual que puede ser considerada por la población que abarca esta región, por lo que es recomendable realizar estudios relacionados con los efectos que causan la variabilidad climática en el municipio de

Esquipulas; también, desarrollar estudios de la determinación de la variabilidad climática en otras estaciones de la región Ch'ortí' para generar y enriquecer de información necesaria en este sector.

7. MARCO METODOLÓGICO

La variabilidad climática en el municipio de Puerto Barrios, Izabal, se determinó a partir de los datos registrados por la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios que cuenta con un registro de 40 años de 1978 a 2017.

A continuación, se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación.

7.1 Recopilación y selección de datos climáticos

Se coordinó con el departamento de investigación y servicios climáticos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala para la obtención los datos climáticos de interés para el estudio.

Se obtuvieron los registros de las variables climáticas de forma diaria por un período de 40 años (1978-2017). Con base a los datos, se estimaron los promedios mensuales y anuales de las seis variables bajo estudio, para posteriormente continuar con el análisis de la variabilidad.

Para determinar la variabilidad climática se analizaron los siguientes parámetros (variables) climáticos:

- Precipitación pluvial
- Temperaturas promedio
- Temperaturas máximas
- Temperaturas mínimas
- Humedad relativa
- Presión atmosférica

Según la Organización Meteorológica Mundial o en inglés, World Meteorological Organization (OMM, 2011) para hacer el análisis de variabilidad sugieren contar con 30 años, para el estudio se cuenta con información de 40 años. En este estudio los datos disponibles son del período comprendido de enero de 1978 a diciembre de 2017.

7.2 Análisis de calidad de los datos

Los datos de la estación fueron seleccionados y sistematizados, de tal forma que cumplen ciertas características y se ajustan a los formatos de entrada de los archivos utilizados.

Los requisitos del formato de entrada para cada archivo son los siguientes:

- a. Una primera columna que indica el año de registro.
- b. La segunda columna el número del mes.
- c. La tercera columna indica el día.
- d. La cuarta, quinta y sexta columna corresponden a los datos de temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media respectivamente con un decimal.
- e. La séptima columna el dato de la precipitación pluvial media, con un decimal.
- f. La octava columna el dato de la humedad relativa media, con un decimal.
- g. La novena columna corresponde al dato de la presión atmosférica media, con un decimal.
- h. Los vacíos serán cambiados con el número –99.9 (valor indiferente al programa y por lo tanto no altera los resultados).
- i. Para la creación de las tablas, los datos faltantes serán sustituidos por ND que hace referencia a no disponibles.

El control de calidad (CC) de los datos, es un prerrequisito para el cálculo de los índices, por lo tanto, se realizó un control de calidad interno del software.

Mediante gráficas se identificaron los valores extraños, que exceden o disminuyen el rango de variación habitual de la variable a analizar, es decir, valores poco comunes que estén sujetos de verificación dentro del período de 40 años (1978 al 2017).

Para identificar anomalías o vacíos de información se realizaron revisiones de registros diarios, cálculos mensuales, eliminación de años que tuvieran algún mes sin registro, etc. con el propósito de obtención un control de calidad de los datos para el desarrollo del estudio.

7.3 Determinación de medida de tendencia central

Se determinaron los promedios con los datos de las variables bajo estudio.

- Promedios de precipitación mensual y anual.
- Promedios de temperatura máxima mensual y anual.
- Promedios de temperatura mínima mensual y anual.
- Promedios de humedad relativa mensual y anual.
- Promedios de presión atmosférica mensual y anual.

7.4 Análisis de los factores climáticos

Con los datos meteorológicos obtenidos por el período de 40 años para el municipio de Puerto Barrios se procedió a ordenarlos y realizar el análisis correspondiente.

7.4.1 Análisis univariado

Se realizó el análisis univariado, en el cual se tomaron cada una de las variable de modo independiente con distribuciones de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de dispersión.

7.4.2 Análisis de la tendencia de la precipitación y temperaturas

Se organizó la información en una hoja de Excel de la siguiente forma:

- a. En la primera columna se ingresaron los años que se estarán utilizando
- b. En la siguiente columna el número del mes a trabajar.
- c. En las columnas siguientes, los parámetro que se presentarán observando en dichas cajas.

Se ingresó la información al programa estadístico Infostat donde este proyectó una gráfica por diferente parámetro.

Se diseñó el modelo de cada gráfica para los diferentes parámetros presentados.

7.5 Determinación del balance hídrico climático

El cálculo del balance climático se determinó mediante el método propuesto por Thornthwaite y Mather. Para utilizar este método se estimó la evapotranspiración (ETO). Donde para obtener la evapotranspiración (pérdidas de agua) se utilizó la fórmula:

Fórmula propuesta por Hargreaves:

$$ETO = 0,0023 (t_{med} + 17,78) * RO * (t_{max} - t_{min})^{0,5}$$

Donde:

ETO = Evapotranspiración potencial diaria, mm/día.

t med = Temperatura media diaria, en °C.

RO = Radiación solar extraterrestre mm/día (tabulada)

t max = Temperatura máxima diaria en °C

t min = Temperatura mínima diaria en °C

Para el cálculo del balance climático se utilizó la fórmula propuesta por Thornthwaite y Mather:

$$B = P - ETO$$

Donde:

B = Balance climático en mm

P = Precipitación media anual en mm

ETO = Evapotranspiración en mm/año

7.6 Elaboración de climograma o climodiagramas

Un climograma consta de tres ejes, uno horizontal y dos verticales, que conforman una especie de " caja". Para hacerla es necesario seguir los siguientes pasos.

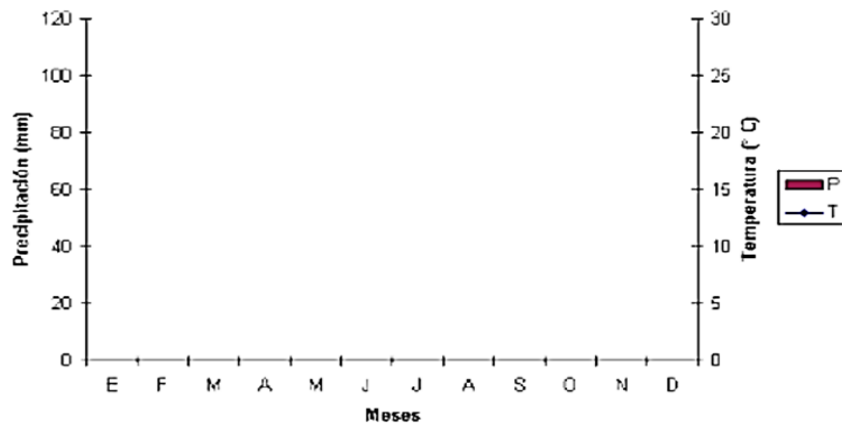


Figura 1. Ejemplo de elaboración de climograma

En primer lugar, se traza el eje horizontal, que se divide en 12 partes iguales, conforme a los meses del año (cada parte puede tener, por ejemplo, 1 cm de ancho). Debajo de cada segmento se escriben las iniciales de cada mes.

En segundo lugar, se indica en el eje vertical izquierdo (que se traza perpendicular al eje horizontal, desde su extremo izquierdo) la escala para las precipitaciones, y en el eje vertical derecho, la escala para las temperaturas, de acuerdo con la serie de datos que se estará trabajando.

Una vez dibujada la " caja " del climograma, se representan las precipitaciones con barras (usando la escala de la izquierda) y las temperaturas, con puntos (usando la escala de la derecha). Luego se unen los puntos de temperaturas con una línea, para que el resultado sea una curva de temperaturas.

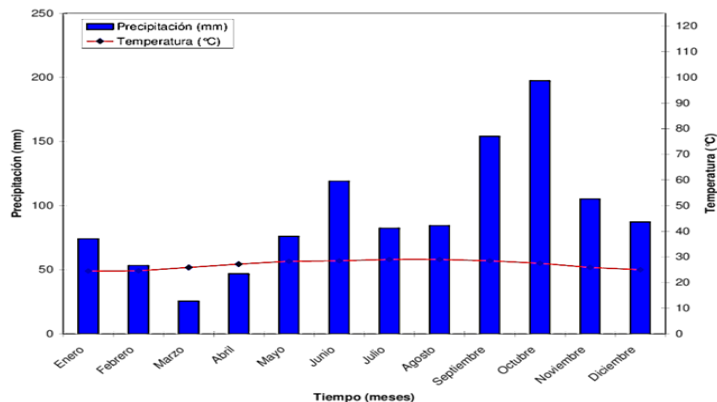


Figura 2. Ejemplo climograma

Los climogramas se elaboraron para ejemplificar los parámetros de temperatura y precipitación, tomando la precipitación total anual y la temperatura media anual para los 40 años observados.

Se determinaron los límites entre las precipitaciones de los meses secos y las de los meses lluviosos para cada año mediante el índice xerotérmico de Gaussen, para ello se utilizó la herramienta del programa de gráficos de Excel. También, se consideró, además del monto pluviométrico mensual, la mayor o menor temperatura media de ese mes, naturalmente, sobre la mayor o menor evaporación también en dicho mes.

Así mismo, se determinó el período de sequía mediante un climograma mediante el método propuesto por Gaussen:

$$\textit{Precipitaciones} = \textit{Temperaturas} * 2$$

Es decir, que la escala de precipitaciones es el doble de las temperaturas.

7.7 Análisis de tendencia de las variables

Se realizaron gráficas con los elementos a través del tiempo para determinar la tendencia de estas, por ejemplo, si la lluvia incrementa o disminuye.

7.8 Determinación de anomalía

Este análisis es útil para determinar cuándo las variables están por encima de la media y cuando están por debajo y cuando detecta el comportamiento de la variabilidad climática y la influencia de fenómenos océano-atmosféricos.

$$\textit{Anomalía} = \textit{Valor observado} - \textit{valor promedio}$$

7.9 Análisis de fenómenos asociados a la variabilidad climática

Se evaluaron todos aquellos fenómenos que han provocado una anomalía en los datos climáticos recolectados en el período de 1978 a 2017.

Indicando cuales han sido los períodos del fenómeno de El Niño durante los 40 años (de 1978 al 2017); y cuales han sido los períodos del fenómeno de La Niña durante los 40 años de estudio (de 1978 al 2017).

7.10 El análisis e interpretación de los resultados

Se realizaron utilizando los programas de Excel y Word, en los cuales se elaboraron cuadros comparativos y gráficas para la interpretación, una discusión de los resultados del análisis estadístico y los climogramas elaborados.

7.11 Período del estudio

El análisis de las variables climáticas se realizó con datos de 40 años de observación (1978 a 2017), en la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios departamento de Izabal.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar la variabilidad climática en el municipio de Puerto Barrios, Izabal; se utilizaron los datos de la estación de Puerto Barrios, con el apoyo del departamento de Investigación y Servicios Climáticos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

8.1 Análisis y control de la calidad de los datos de las variables climáticas

Inicialmente se realizó el análisis y control de calidad de los datos de cada variable climática, para ello se utilizaron los datos diarios.

Posteriormente, se realizó la revisión de los registros diarios y se identificaron los datos faltantes y valores extraños (valores que exageradamente excedieron o disminuyeron su rango habitual) para proceder a sustituirlos por el valor de -99.9 (valor indiferente al programa y por lo tanto no altera los resultados) que permitió realizar el análisis de control de calidad, luego se ingresaron a la base de datos en el programa de Microsoft Excel y luego un análisis estadístico en Infostat, por un período de 40 años (1978 a 2017).

8.2 Análisis de las variables climáticas

Para el análisis de las variables climáticas en el municipio de Puerto Barrios, se realizó el análisis univariado.

8.2.1 Análisis univariado de las variables climáticas

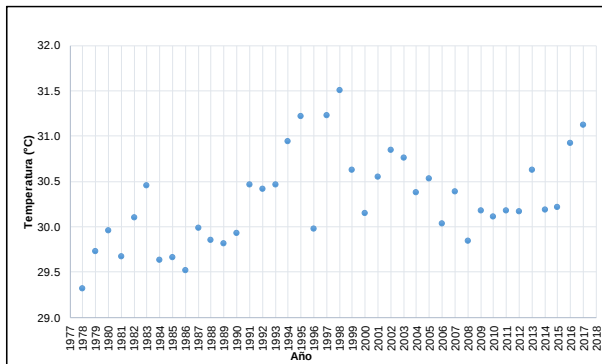
Para realizar el análisis univariado se calcularon las medias mensuales y anuales de las variables temperatura precipitación humedad relativa y presión atmosférica.

Cuadro 1. Valores anuales de temperaturas, precipitación, presión atmosférica y humedad relativa de 1978 a 2017 de la estación meteorológica ubicada en el municipio de Puerto Barrios

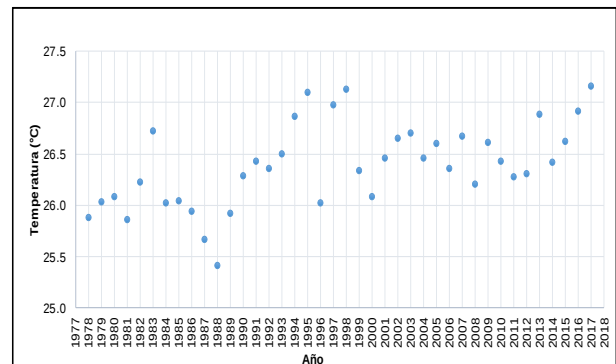
Año	Temperatura máxima promedio °C	Temperatura mínima promedio °C	Temperatura media promedio °C	Precipitación pluvial mm	Presión atmosférica promedio mbar	Humedad relativa promedio %
1978	29.3	21.7	25.9	3423.2	759.1	82.2
1979	29.7	22.1	26.0	3726.2	758.4	82.1
1980	30.0	21.9	26.1	3089.3	758.8	82.6
1981	29.7	20.8	25.9	3750.0	ND	81.7
1982	30.1	20.9	26.2	3237.2	ND	81.2
1983	30.5	21.0	26.7	2672.1	ND	80.8
1984	29.6	20.5	26.0	3250.2	ND	81.3
1985	29.7	21.3	26.0	3036.7	ND	81.7
1986	29.5	21.2	25.9	3427.4	758.5	81.8
1987	30.0	21.3	25.7	2673.2	758.1	83.7
1988	29.9	21.7	25.4	3664.1	758.2	84.8
1989	29.8	21.6	25.9	3422.3	756.4	82.9
1990	29.9	21.6	26.3	4135.5	758.5	82.1
1991	30.5	21.6	26.4	3726.4	757.7	83.0
1992	30.4	21.9	26.4	3924.1	757.8	81.9
1993	30.5	21.6	26.5	4134.0	757.9	81.0
1994	30.9	22.0	26.9	2936.7	758.2	80.0
1995	31.2	22.6	27.1	3050.9	757.4	80.1
1996	30.0	22.0	26.0	3827.0	758.6	81.5
1997	31.2	22.7	27.0	3263.8	757.7	81.2
1998	31.5	22.7	27.1	3223.4	757.0	80.4
1999	30.6	22.0	26.3	3153.6	758.1	79.5
2000	30.2	22.0	26.1	4253.7	758.5	81.8
2001	30.6	22.3	26.5	3534.9	758.3	81.8
2002	30.8	22.7	26.6	3064.4	758.2	80.8
2003	30.8	22.5	26.7	2874.5	757.5	80.6
2004	30.4	22.2	26.5	3094.2	757.9	81.6
2005	30.5	22.3	26.6	2749.5	ND	79.9
2006	30.0	21.7	26.3	4040.7	757.9	74.4
2007	30.4	22.1	26.7	2680.0	758.6	79.5
2008	29.8	21.9	26.2	3804.1	758.7	80.4
2009	30.2	22.2	26.6	3090.7	758.7	80.1
2010	30.1	22.1	26.4	3210.2	758.4	79.6
2011	30.2	21.9	26.3	3719.0	758.4	83.9
2012	30.2	21.9	26.3	3277.4	758.7	83.7
2013	30.6	22.5	26.9	3654.2	758.5	83.7
2014	30.2	22.4	26.4	2931.8	759.0	84.4
2015	30.2	22.7	26.6	3051.1	758.9	83.6
2016	30.9	22.8	26.9	3311.9	759.0	84.4
2017	31.1	22.8	27.2	2466.7	758.5	82.5

a. Temperaturas

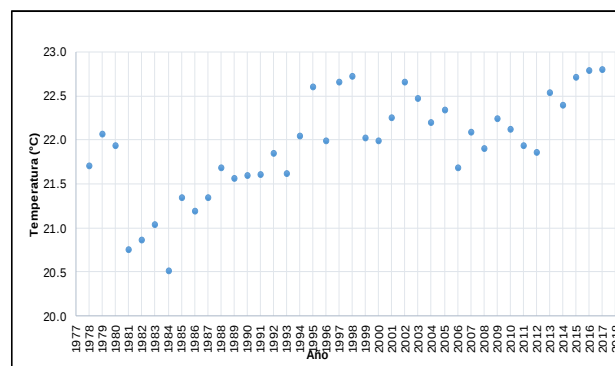
Como se observa en la gráfica 1, los resultados del análisis univariado muestran que la temperatura máxima tiene una variación de 29.3°C a 31.5°C en el período de 1978 al 2017. La gráfica 2, muestra que la temperatura media promedio tiene una variación de 25.4°C a 27.2°C en el mismo período; y en la gráfica 3 la temperatura mínima muestra una variación de 20.5°C a 22.8°C.



Gráfica 1. Análisis univariado de la temperatura máxima de 1978 a 2017



Gráfica 2. Análisis univariado de la temperatura media de 1978 a 2017



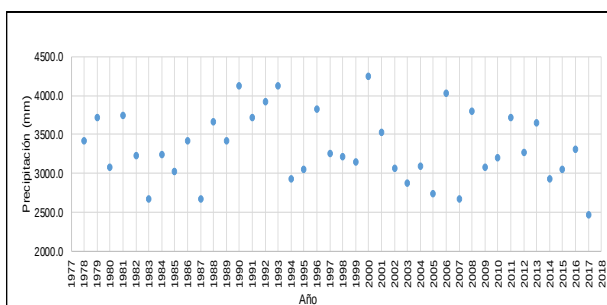
Gráfica 3. Análisis univariado de la temperatura mínima de 1978 a 2017

El análisis realizado muestra que las temperaturas tienen tendencia a incrementarse debido a los efectos del cambio climático de esta zona.

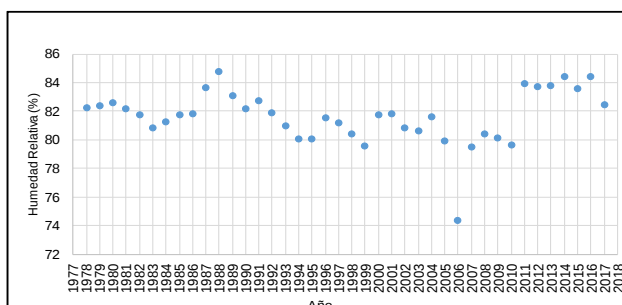
b. Precipitación pluvial y humedad relativa

En la gráfica 4, se presenta el análisis univariado de la variable precipitación pluvia de 1978 a 2017, registrada en la estación meteorológica del municipio de Puerto Barrios, donde se observa una variación de 2466.7mm a 4253.7mm.

En la gráfica 5, se presenta el análisis univariado de la variable humedad relativa, donde se puede observar que varía de 74.36% a 84.76%, el cual se presentó la variable más alta con 84.76%.



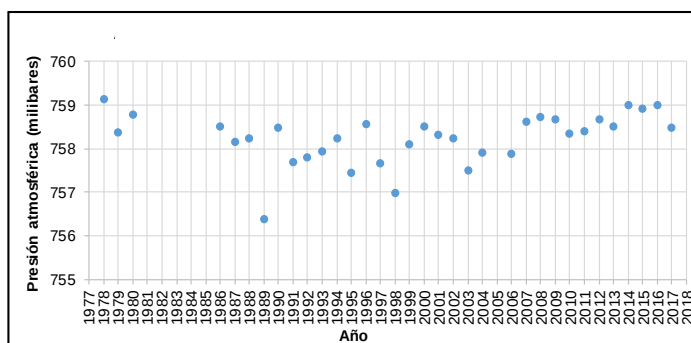
Gráfica 4. Análisis univariado de la precipitación pluvial de 1978 a 2017



Gráfica 5. Análisis univariado de la humedad relativa de 1978 a 2017

c. Presión atmosférica

En la gráfica 6 se presenta el análisis univariado de la variable presión atmosférica de 1978 a 2017, registrada en la estación meteorológica del municipio de Puerto Barrios, donde se observa que la variación para la presión atmosférica es de 756.4 milibares a 759.1 milibares.



Gráfica 6. Análisis univariado de la presión atmosférica de 1978 a 2017

8.3 Balance hídrico climático del municipio de Puerto Barrios

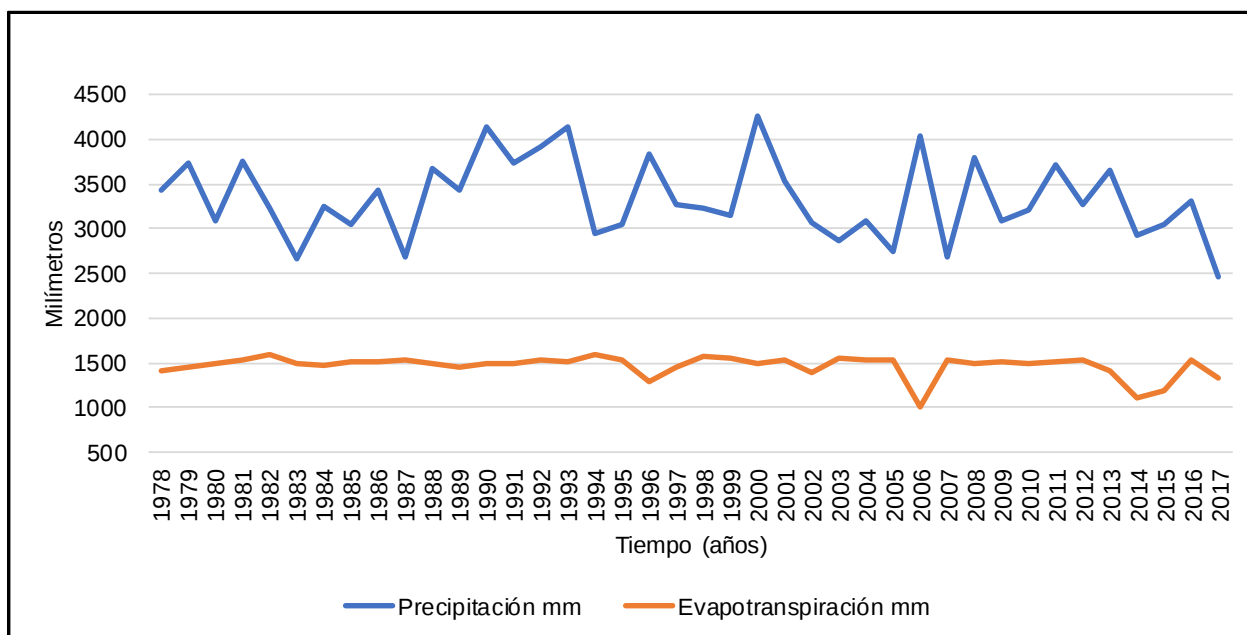
El balance hídrico se define como el equilibrio de los recursos hídricos que ingresan y salen del sistema climático en un intervalo de tiempo determinado. En el cuadro 2, se presenta el balance hídrico climático de 40 años de 1978 a 2017, donde se presenta la precipitación total anual y la evapotranspiración en mm por año, así como el balance hídrico climático en valores absolutos y relativos; donde se puede observar la precipitación anual en milímetros, donde se puede observar que el año 1990 es el que registró mayor precipitación con 4,135.5 mm y el año 2017 es el año de menor precipitación con 2,466.7 mm.

Así mismo, se muestran los resultados del cálculo de la evapotranspiración potencial que se utilizó para estimar el balance hídrico climático, donde se observa que en los años correspondientes al período de 1978 a 2017 no se registran años con un balance negativo.

Cuadro 2. Balance hídrico climático de 1978 a 2017

Año	Precipitación mm	Evapotranspiración mm	Balance hídrico climático en mm
1978	3423.2	1415.9	2007.3
1979	3726.2	1456.4	2269.8
1980	3089.3	1483.8	1605.5
1981	3750.0	1538.3	2211.7
1982	3237.2	1598.2	1639.0
1983	2672.1	1491.8	1180.3
1984	3250.2	1461.9	1788.3
1985	3036.7	1507.2	1529.5
1986	3427.4	1513.7	1913.7
1987	2673.2	1523.7	1149.5
1988	3664.1	1481.0	2183.1
1989	3422.3	1450.6	1971.7
1990	4135.5	1481.2	2654.3
1991	3726.4	1482.9	2243.5
1992	3924.1	1533.0	2391.1
1993	4134.0	1517.3	2616.7
1994	2936.7	1596.5	1340.2
1995	3050.9	1526.3	1524.6
1996	3827.0	1285.3	2541.7
1997	3263.8	1456.1	1807.7
1998	3223.4	1580.1	1643.3
1999	3153.6	1557.4	1596.2
2000	4253.7	1499.6	2754.1
2001	3534.9	1527.8	2007.1
2002	3064.4	1388.6	1675.8
2003	2874.5	1546.7	1327.8
2004	3094.2	1526.6	1567.6
2005	2749.5	1521.5	1228.0
2006	4040.7	1002.5	3038.2
2007	2680.0	1539.8	1140.2
2008	3804.1	1483.7	2320.4
2009	3090.7	1501.9	1588.8
2010	3210.2	1497.8	1712.4
2011	3719.0	1519.7	2199.3
2012	3277.4	1529.4	1748.0
2013	3654.2	1417.4	2236.8
2014	2931.8	1106.4	1825.4
2015	3051.1	1196.6	1854.5
2016	3311.9	1539.2	1772.7
2017	2466.7	1332.1	1134.6

La gráfica 7 muestra el balance hídrico climático, donde se puede observar la diferencia que existe entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, evidenciando que esta región es una zona muy húmeda debido a la alta precipitación por su ubicación geográfica; también es evidente que la evapotranspiración en ninguno de los años analizados es igual o superior a la precipitación pluvial.



Gráfica 7. Balance hídrico climático del período de 1978 al 2017 del municipio de Puerto Barrios, Izabal

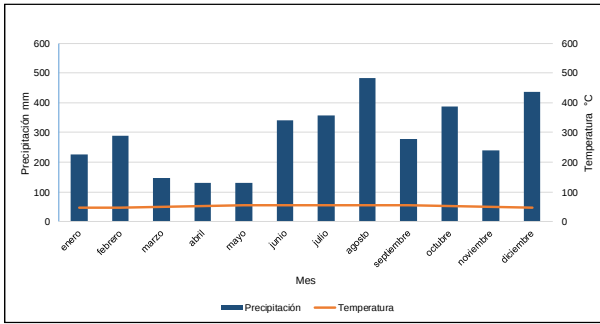
8.4 Climogramas por quinquenio

Con el objetivo de conocer el comportamiento de los períodos lluviosos se elaboraron climogramas mediante el uso del Índice Xerotérmico de Gaussen, el cual muestra que existe déficit de humedad si el doble de la temperatura media supera la precipitación correspondiente a cada uno de los meses. Para el presente estudio los climogramas se realizaron en períodos de cinco años (quinquenios) con el objeto de identificar si existe variabilidad climática analizando la precipitación pluvial y la temperatura.

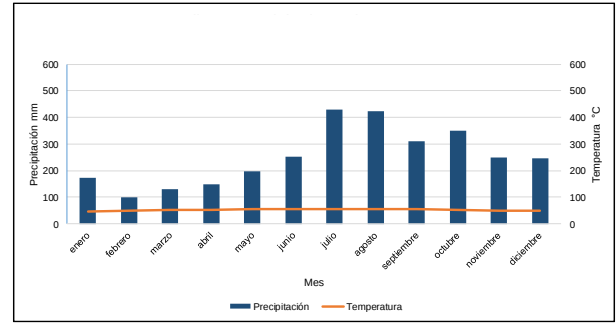
En el cuadro 3, se muestra la temperatura promedio por período de cinco años (quinquenio), así como la precipitación pluvial en períodos similares por espacio de 1978 al 2017. Estos datos fueron los utilizados para elaborar climodiagramas quinquenales para observar el comportamiento de la precipitación los períodos con déficit de humedad que pudieron presentarse en este período de estudio.

Cuadro 3. Temperatura media y precipitación por quinquenio en el período de 1978 a 2017

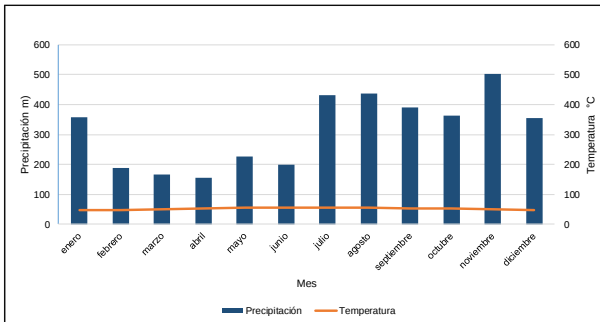
Temperatura media anual °C												
Quinquenio	Mes											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1978-1982	23.3	23.8	25.6	26.8	28.3	27.7	27.2	27.4	27.2	26.2	24.9	23.8
1983-1987	23.0	24.3	25.6	26.4	27.7	28.1	27.2	27.3	27.0	26.3	25.1	24.1
1988-1992	23.9	24.0	25.3	27.1	27.6	28.2	27.7	27.4	27.0	26.1	25.1	23.5
1993-1997	24.2	24.7	25.9	27.9	28.5	28.7	27.8	28.0	28.0	27.3	25.3	24.3
1998-2002	23.8	24.7	25.7	27.3	28.2	28.6	27.9	28.2	28.4	26.7	25.1	23.9
2003-2007	23.3	24.6	26.2	27.1	28.5	28.6	28.1	28.2	28.1	27.1	24.8	23.7
2008-2012	23.5	24.5	25.3	27.4	28.4	28.4	28.0	28.2	28.1	26.4	24.3	23.7
2013-2017	23.7	24.8	25.9	28.1	28.4	28.3	28.2	28.2	28.2	27.2	25.2	25.5
Precipitación pluvial mm												
Quinquenio	Mes											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1978-1982	1128.4	1442.7	739.1	657.1	657.5	1703.2	1780.2	2409.0	1390.0	1931.9	1205.9	2180.9
1983-1987	863.7	495.4	651.0	739.4	990.8	1265.6	2144.9	2120.0	1552.9	1754.4	1246.4	1235.1
1988-1992	1782.4	946.8	826.5	783.8	1126.5	1000.0	2164.6	2188.6	1951.3	1818.4	2513.7	1769.8
1993-1997	1232.6	618.1	865.9	737.0	988.5	1065.2	2450.3	2474.1	1996.6	1466.6	1850.0	1467.5
1998-2002	1153.1	968.5	590.3	983.0	862.8	1435.4	2149.6	2009.2	1218.8	2507.1	1862.9	1489.3
2003-2007	1631.0	1042.6	784.5	665.5	631.5	1325.2	1826.8	1209.4	1343.9	1597.2	2130.6	1250.7
2008-2012	1823.3	1112.7	713.8	635.3	1357.7	1368.2	2303.8	1846.4	2055.0	1733.4	1131.7	1020.1
2013-2017	1077.3	1091.0	1106.8	287.4	867.8	1292.8	1818.8	1533.5	1303.1	1963.9	2211.2	862.1



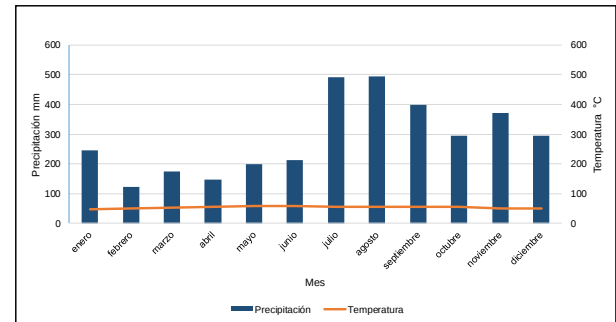
Gráfica 8. Climograma del período de 1978 a 1982



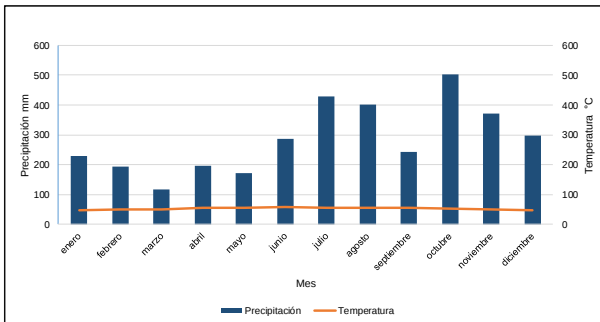
Gráfica 9. Climograma del período de 1983 a 1987



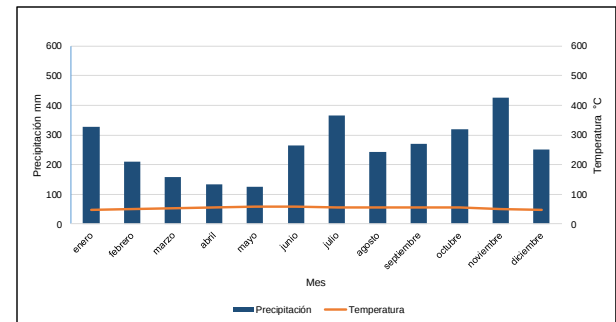
Gráfica 10. Climograma del período de 1988 a 1992



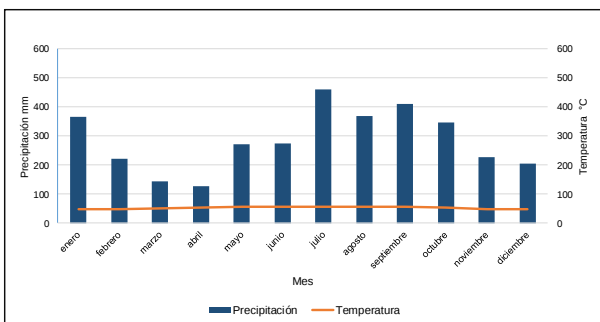
Gráfica 11. Climograma del período de 1993 a 1997



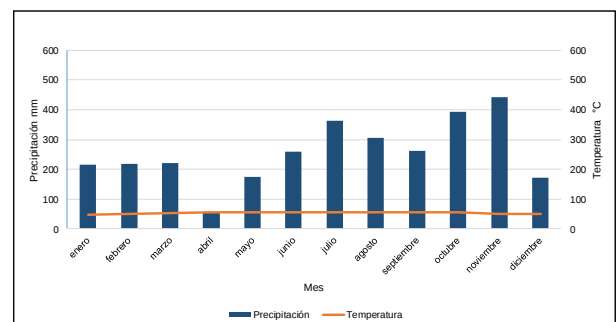
Gráfica 12. Climograma del período de 1998 a 2002



Gráfica 13. Climograma del período de 2003 a 2007



Gráfica 14. Climograma del período de 2008 a 2012



Gráfica 15. Climograma del período de 2013 a 2017

En la gráfica 8 hasta la número 15, se presentan los climogramas por períodos de cinco años (quinquenio) donde se puede observar que los meses con menor precipitación en los ochos quinquenios analizados corresponden a febrero, marzo y abril; sin embargo, no se pueden considerar como meses secos porque la precipitación es superior al doble de la temperatura media de cada mes. Es importante indicar que en el climograma del último quinquenio bajo estudio (2013 al 2017) el mes de abril muestra ser el mes con menor precipitación, por lo tanto, se puede considerar que en este quinquenio corresponde al mes más seco del año, los resultados muestran que esta puede ser una tendencia a futuro donde la precipitación puede reducirse en los meses de marzo y abril y alcanzar valores que puedan representar un período seco que anteriormente no era evidente en esta región.

Analizando cada uno se puede concluir que el climograma mostrado en la gráfica 8 corresponde al quinquenio 1978 a 1982, se observa un período con menor precipitación de 3 meses, comprendido por los meses de marzo, abril y mayo (136 mm en promedio por mes); así mismo se observa que el mes de agosto es el de mayor precipitación con un promedio de 481.8 mm. Según la Agencia Nacional para los Océanos y la Atmósfera (NOAA) en 1982 específicamente en el mes de marzo a diciembre se registró un fenómeno del niño el cual redujo la precipitación anual en un 8%.

El climograma del quinquenio de 1983 al 1987 (gráfica 9), muestra que los meses con menor precipitación corresponde a febrero, marzo y abril y el mes con mayor precipitación corresponde al mes de julio; es importante indicar que en este quinquenio el fenómeno del Niño continuó en 1983 con una duración de 15 meses consecutivos de 1982 a 1983, según los registros de la NOAA, así mismo los años de 1986 y 1987 registraron la presencia del fenómeno del Niño por 16 meses consecutivos; reduciendo la precipitación en aproximadamente 12.6% con relación al quinquenio anterior.

El climograma del quinquenio de 1988 a 1993 (gráfica 10) muestra que durante este período los meses con menor precipitación corresponden a febrero, marzo, abril, mayo y junio; es importante indicar que en el inicio de este quinquenio se registró el fenómeno

de la Niña con una duración de trece meses según la NOAA, donde la precipitación pluvial registro un incremento del 25% con relación al quinquenio anterior.

En los años de 1994 y 1995 según la NOAA se registró un nuevo fenómeno del Niño con una duración de siete meses, así mismo durante los años de 1995 y 1996 se registró un fenómeno de la Niña con una duración de ocho meses, en 1997 se presentó un nuevo fenómeno del Niño con una duración de ocho meses. La precipitación pluvial en este quinquenio disminuyo aproximadamente 9%.

El quinquenio correspondiente de 1998 al 2002 (gráfica 12), muestra que el mes con menor lluvia es el marzo y el mes con mayor precipitación es octubre; en los años 1998 al 2001 se registró un fenómeno de la Niña con una duración de treinta y dos meses consecutivos según la NOAA; el 22 de octubre al 5 de noviembre de 1998 se desarrolló el huracán Mitch donde se registró una precipitación de 418mm según el INSIVUMEH, este fenómeno es catalogado como uno de los más fuertes mortales para el país, el huracán Mitch causó graves daños a la infraestructura, producción agrícola, ganadera y a la economía en general.

En el climograma del quinquenio de 2003 a 2007 (gráfica 13), se puede observar que el período con menos lluvia es de 3 meses, comprendidos por marzo, abril y mayo (693.7mm en promedio por mes), el resto de los meses la precipitación supera los 205mm. De acuerdo a los resultados, el mes con mayor precipitación es noviembre con 2130.6mm y el mes con menor precipitación es mayo con 631.5mm. Según la NOAA a finales del 2005 e inicios del 2006 el fenómeno de La Niña empieza a ocurrir con una duración de 5 meses; con un aumento del 47% de precipitación en relación al año anterior. Es importante indicar que el quinquenio disminuyó 10.4% (358.2mm) en relación al quinquenio anterior.

El climograma del quinquenio de 2008 a 2012 (gráfica 14), se puede observar que los meses con menos lluvia fueron marzo y abril (134.9mm en promedio por mes), en el resto de los meses la precipitación supera los 200mm. El mes con mayor precipitación es julio con 460.8mm y el mes con menor precipitación es abril con 127.1mm.

En mayo del 2010 inicia un período prolongado del fenómeno de La Niña con una duración de 22 meses, según la NOAA con una precipitación promedio mensual de 327mm, el 29 de mayo del 2010 la tormenta tropical Agatha causa destrucción, damnificados y evacuados, la muerte de 12 personas; daños, en 11 departamentos de Guatemala. La precipitación acumulada de este quinquenio se incrementó 11% (1662.5mm) con relación al quinquenio anterior.

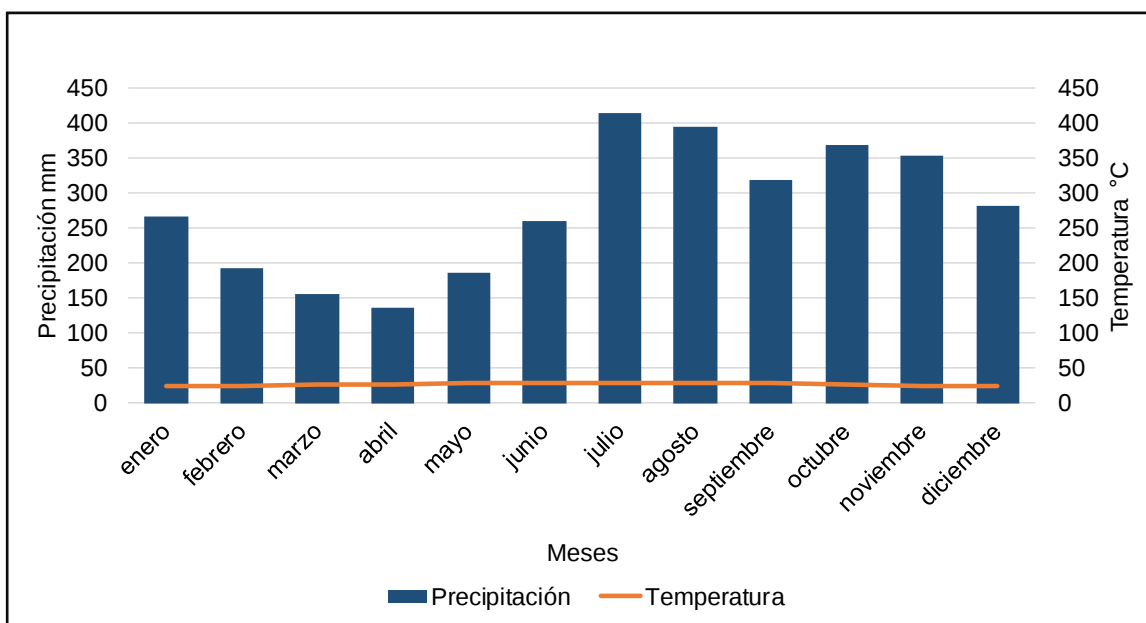
En la gráfica 19, se presenta el climograma del quinquenio de 2013 a 2017, donde se puede observar que el mes de menor precipitación es abril con 57.5mm, en los meses restantes la cantidad de precipitación supera los 170mm. Siendo este el quinquenio con el mes de menor precipitación de los 40 años evaluados. De acuerdo a los resultados, el mes de mayor precipitación es noviembre con 442.2mm. A finales del año 2014 inicia el fenómeno del Niño por un período de 19 meses, esto provocó una disminución de la precipitación en este quinquenio en un 10% (1686mm) en relación al quinquenio anterior.

En el cuadro 4, se describen las precipitaciones y temperaturas promedio mensual de 1978 al 2017, esta información se utilizó en el climograma general del período de estudio.

Cuadro 4. Precipitación mensual y temperatura media mensual del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

Variables Climáticas	Mes											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Precipitación	267.3	192.9	156.9	137.2	187.1	261.4	416.0	394.8	320.3	369.3	353.8	281.9
Temperatura	23.6	24.4	25.7	27.3	28.2	28.3	27.8	27.8	27.7	26.6	25.0	24.1

En la gráfica 16, se presenta el climograma de 1978 a 2017, donde se observa que los meses de febrero a mayo, corresponden al periodo de menor lluvia y el mes con mayor precipitación es julio.

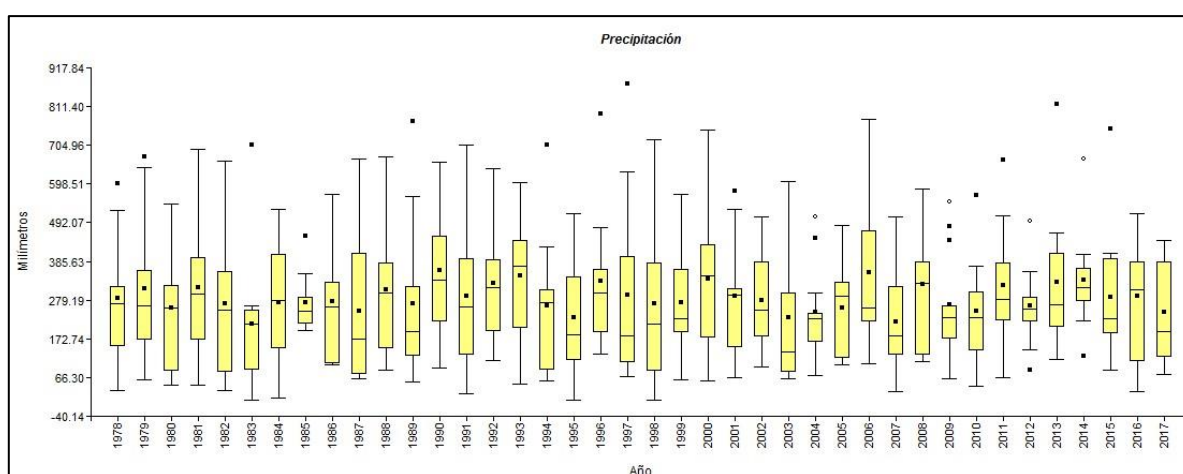


Gráfica 16. Climograma del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

8.5 Análisis de la tendencia de la precipitación y temperaturas

8.5.1 Precipitación

En la gráfica 17, se presenta el comportamiento de la precipitación en el período de 40 años, donde se puede observar que los años 1979 y 1981, la precipitación mensual se comportó de una forma más dispersa, lo mismo sucede con los años 1982, 1987, 1988, 1991, 1998, 2000 y 2006; así mismo, se observó que en el 49% de los años existen valores atípicos en la precipitación, uno de los mes del año existe un comportamiento de la precipitación que supera los límites de los cuartiles.

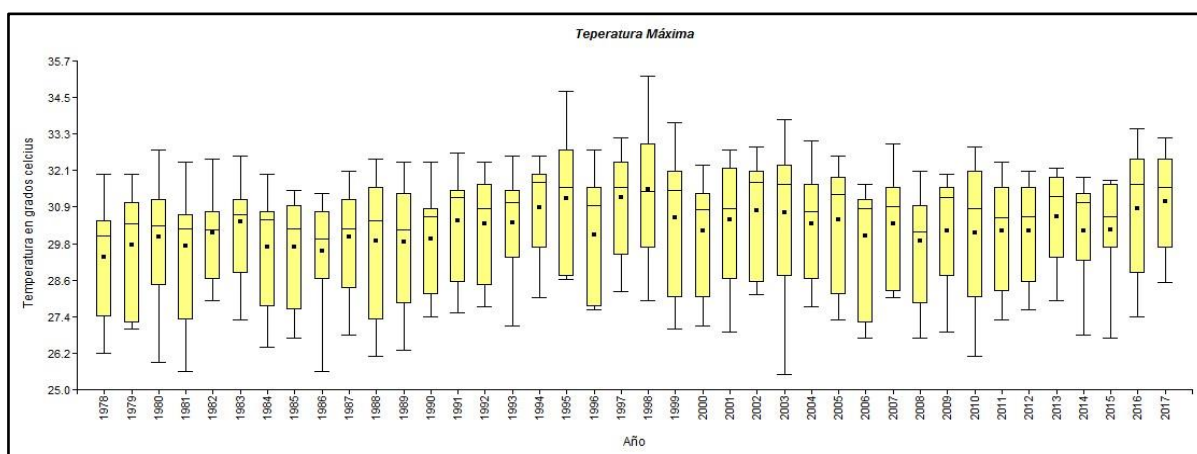


Gráfica 17. Boxplot de la precipitación anual para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios

8.5.2 Temperaturas

a. Temperatura máxima

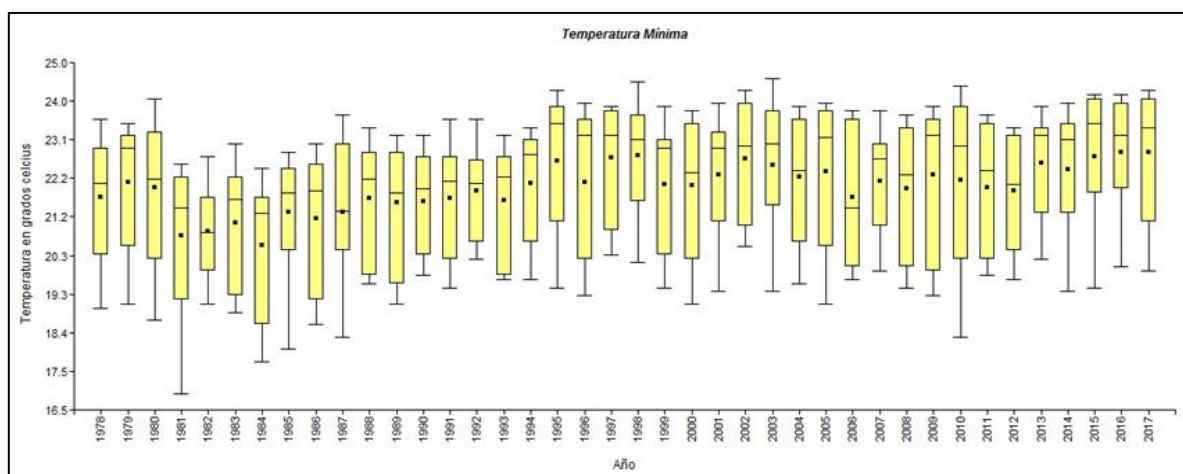
En la gráfica 18, se presenta el comportamiento de la temperatura máxima en el período de 40 años, donde se observan que los años 1980, 1981, 1988, 1995, 1998, 2003, 2010 y 2016 la temperatura máxima se comporta de forma dispersa; así mismo se puede observar que en la mayoría de los años entre el 25% y 50% de los datos de temperatura máxima tienen mayor dispersión en comparación con el resto de los cuartiles.



Gráfica 18. Boxplot de la temperatura máxima para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios

b. Temperatura mínima

En la gráfica 19, se presenta el comportamiento de la temperatura mínima por un período de 40 años, donde se puede observar que, los años 1980, 1981, 1987, 2003 y 2010 la temperatura mínima se comportó de forma más dispersa; así mismo se observa que en el 80% de los años, la temperatura mínima tiene mayor dispersión en comparación con el resto de los cuartiles.

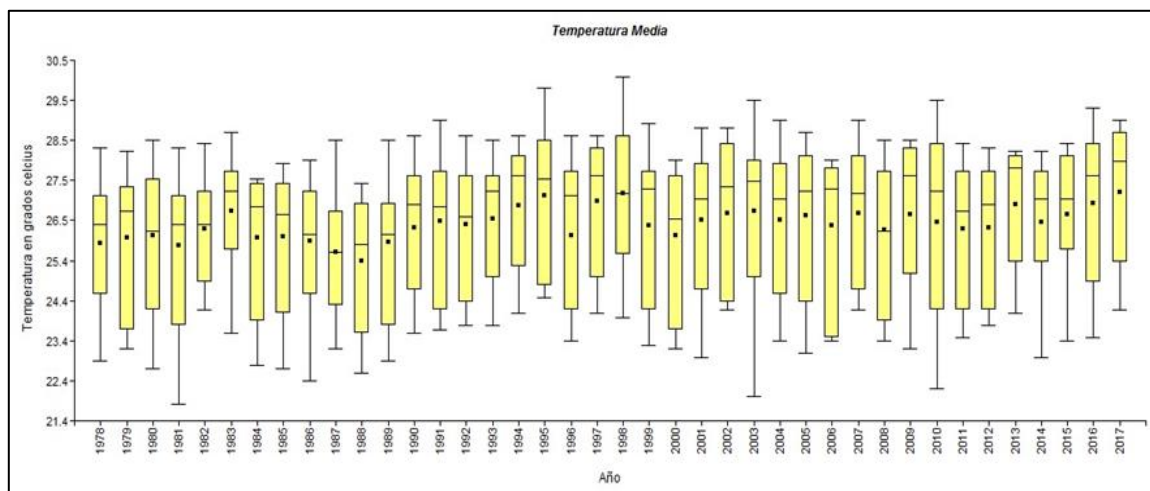


Gráfica 19. Boxplot de la temperatura mínima para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios

c. Temperatura media

En la gráfica 20, se presenta el comportamiento de la temperatura media por un período de 40 años, donde se observa que los años 1980, 1981, 1989, 1995, 1998, 2003, 2010,

2014 y 2016 la temperatura mínima se comportó de forma más dispersa; así mismo se observa que en todos los años los datos de temperatura media en el primer y segundo cuartil existe mayor dispersión que en el resto de cuartiles.



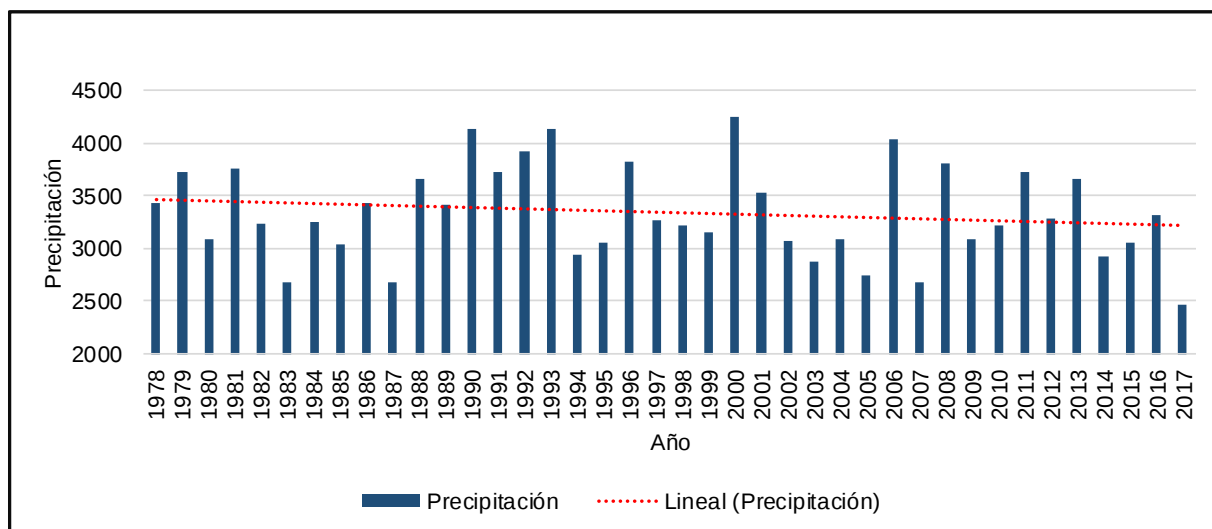
Gráfica 20. Boxplot de la temperatura media para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios

a. Análisis de tendencia de la precipitación pluvial

En el cuadro 1, se describe la precipitación total anual de 1978 a 2017, donde la menor precipitación anual registrada es de 2466.7 mm registrada en 2017, la mayor precipitación registrada es de 4253.7 mm en 2000 y la precipitación promedio anual es de 3016.9 mm.

Se determinó que la tendencia de esta variable en el período de 1978 a 2017, es a disminuir levemente.

En la gráfica 21, se presenta el análisis de tendencia de la precipitación pluvial, donde se observa la precipitación total anual y la línea de tendencia del período de 1978 al 2017, donde el comportamiento estadístico muestra una tendencia a disminuir la cantidad de precipitación.



Gráfica 21. Precipitación pluvial y tendencia durante el período de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios

8.6 Días de precipitación pluvial

Se determinó el número de días con precipitación de forma mensual, anual y durante el período de estudio (40 años).

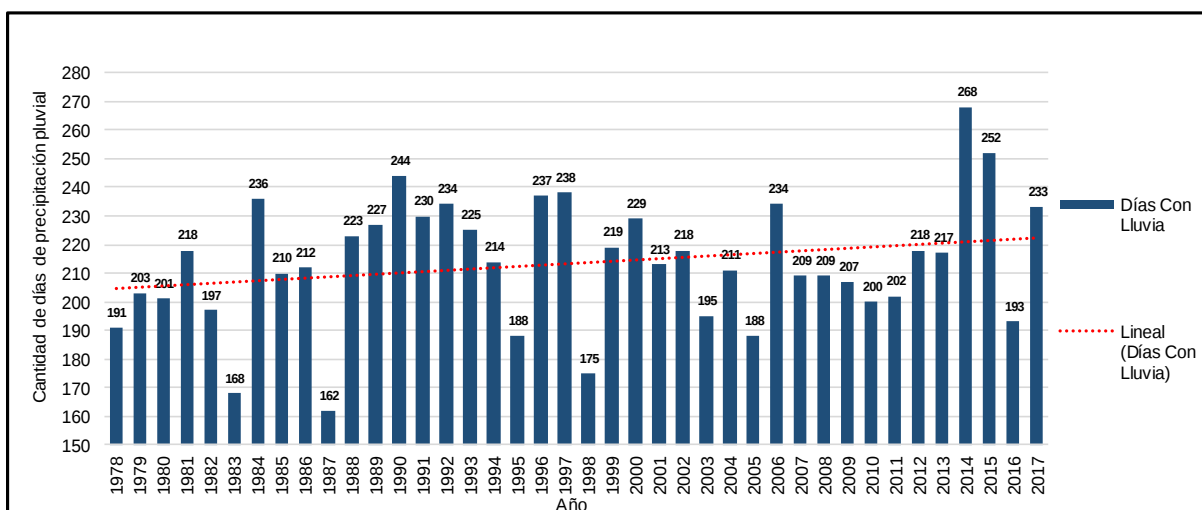
En el cuadro 5, se presentan los días de precipitación pluvial mensual de 1978 a 2017; así como, el total anual de días con precipitación y el total anual de días sin lluvia. El

año 2014 presenta la mayor cantidad de días de lluvia con un total de 268 días, el año 1987 se presenta la menor cantidad de días con lluvia con 162 días.

Cuadro 5. Días de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

Año	Mes												Días sin lluvia	Días con lluvia
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre		
1978	15	10	11	7	8	23	25	26	20	15	20	11	174	191
1979	12	10	22	6	9	27	24	27	19	21	13	13	162	203
1980	13	15	9	10	7	28	26	18	25	20	11	19	165	201
1981	13	20	8	20	8	24	27	21	20	25	17	15	147	218
1982	21	19	8	6	13	5	30	28	20	23	15	9	168	197
1983	14	11	8	11	5	17	26	1	23	19	14	19	197	168
1984	19	29	10	2	21	23	24	28	21	23	14	22	130	236
1985	3	17	18	14	11	17	24	26	26	21	16	17	155	210
1986	15	5	12	11	11	23	24	29	25	20	17	20	153	212
1987	10	8	5	4	3	16	27	28	22	15	12	12	203	162
1988	20	12	19	3	12	19	27	21	21	29	15	25	143	223
1989	26	16	7	15	17	14	25	19	24	21	26	17	138	227
1990	22	13	20	16	13	25	22	28	26	18	23	18	121	244
1991	16	20	6	4	19	19	24	29	24	21	23	25	135	230
1992	20	14	15	13	20	16	24	26	22	20	20	24	132	234
1993	21	11	11	12	19	17	28	26	23	18	19	20	140	225
1994	19	11	9	15	18	18	28	23	24	11	19	19	151	214
1995	15	11	10	5	4	12	20	19	25	21	25	21	177	188
1996	12	15	13	14	27	29	25	22	16	22	21	21	129	237
1997	19	17	13	9	18	21	30	30	21	19	30	11	127	238
1998	15	2	15	8	4	10	26	17	9	26	27	16	190	175
1999	14	18	13	9	18	25	26	24	21	17	18	16	146	219
2000	16	15	11	11	21	20	29	25	16	27	17	21	137	229
2001	15	20	5	18	17	17	21	23	17	22	16	22	152	213
2002	14	19	15	10	19	19	22	27	15	21	17	20	147	218
2003	25	14	8	5	11	11	25	28	14	15	22	17	170	195
2004	20	13	16	13	18	19	21	20	12	20	18	21	155	211
2005	20	13	7	5	5	18	19	20	24	21	19	17	177	188
2006	21	17	18	8	12	25	25	31	21	19	17	20	131	234
2007	18	16	20	7	8	17	20	26	25	15	22	15	156	209
2008	18	13	9	13	8	26	21	20	19	24	11	27	157	209
2009	15	21	16	13	13	16	26	26	18	12	17	14	158	207
2010	18	11	8	16	21	16	21	21	20	16	15	17	165	200
2011	13	17	12	8	8	20	22	20	21	20	20	21	163	202
2012	19	19	19	6	12	19	28	21	21	18	21	15	148	218
2013	20	9	12	6	11	20	24	22	19	24	19	31	148	217
2014	21	16	11	30	20	20	26	31	19	22	21	31	97	268
2015	23	13	19	30	18	24	22	31	21	10	27	14	113	252
2016	11	18	7	8	8	16	24	18	21	20	22	20	173	193
2017	11	12	21	9	19	21	27	18	11	23	30	31	132	233

En la gráfica 22, se presentan los días de precipitación pluvial de 1978 a 2017 de la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en Puerto Barrios, Izabal.

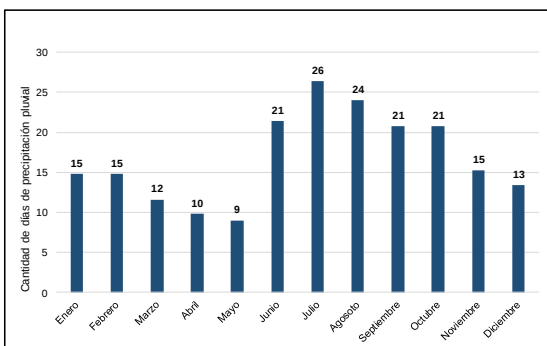


Gráfica 22. Días de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

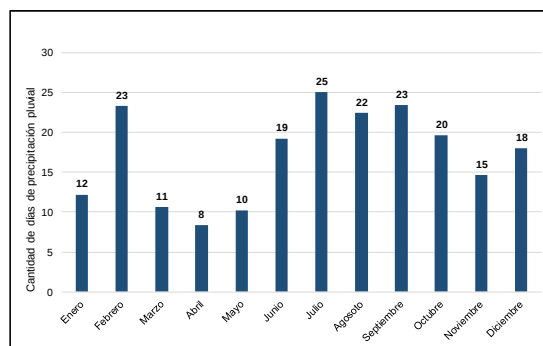
En el cuadro 6, se presentan los días de precipitación pluvial de forma mensual en el período de 1978 a 2017 por quinquenio; donde se observa que los meses con mayor número de días de precipitación son los que corresponden a la época lluviosa (de junio a octubre).

Cuadro 6. Días de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 por quinquenios del municipio de Puerto Barrios

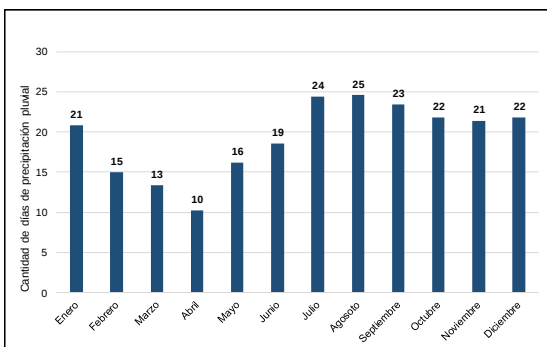
Año	Mes											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1978-1982	15	15	12	10	9	21	26	24	21	21	15	13
1983-1987	12	23	11	8	10	19	25	22	23	20	15	18
1988-1992	21	15	13	10	16	19	24	25	23	22	21	22
1993-1997	17	13	11	11	17	19	26	24	22	18	23	18
1998-2002	15	15	12	11	16	18	25	23	16	23	19	19
2003-2007	21	15	14	8	11	18	22	25	19	18	20	18
2008-2012	17	16	13	11	12	19	24	22	20	18	17	19
2013-2017	17	14	14	17	15	20	25	24	18	20	24	25



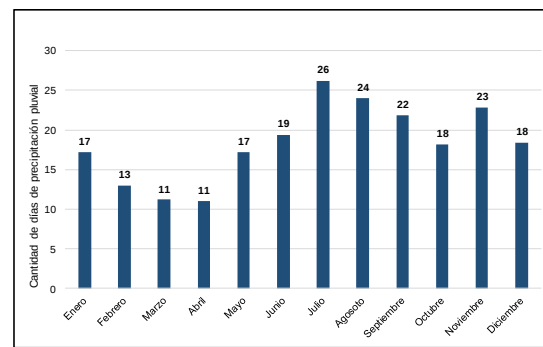
Gráfica 23. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1978 a 1982



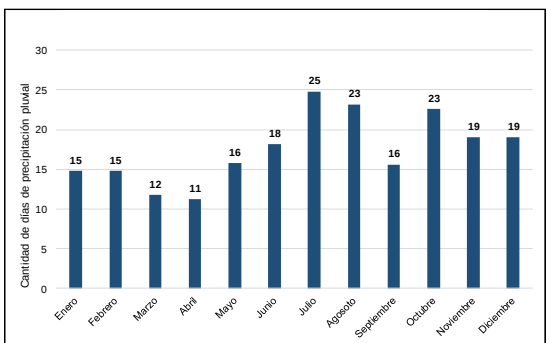
Gráfica 24. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1983 a 1987



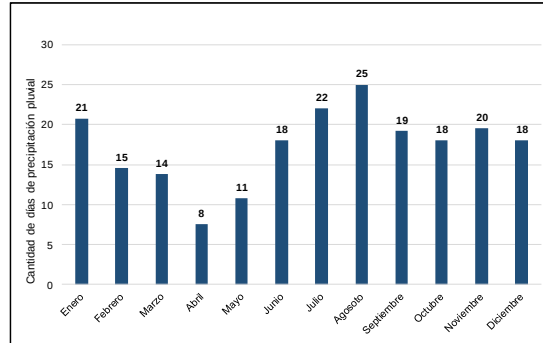
Gráfica 25. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1988 a 1992



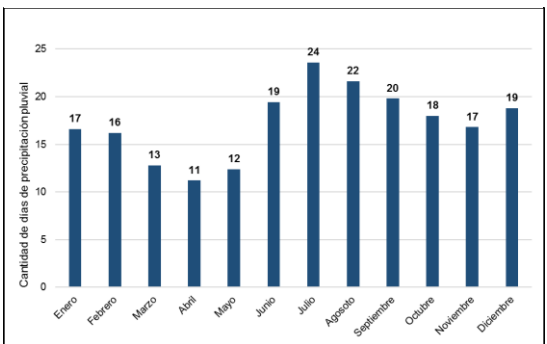
Gráfica 26. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1993 a 1997



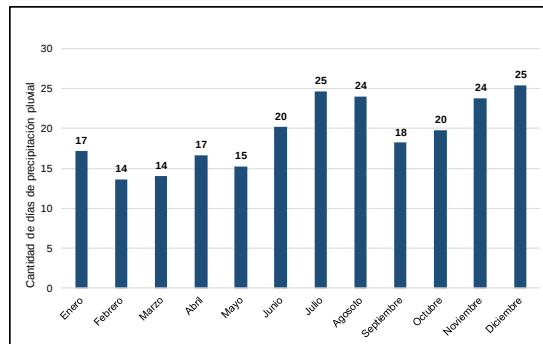
Gráfica 27. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 1998 a 2002



Gráfica 28. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 2003 a 2007



Gráfica 29. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 2008 a 2012



Gráfica 30. Días de precipitación pluvial del quinquenio de 2013 a 2017

En la gráfica 23 a la número 30, se presentan los días de precipitación pluvial por períodos de cinco años (quinquenio) donde se puede observar que los meses con mayor número de días de precipitación corresponde a julio y agosto; y los meses con menor cantidad de días con precipitación pluvial corresponden a marzo, abril y mayo; sin embargo, no se pueden considerar como meses secos porque, aunque la cantidad de días de con precipitación es menor, esta es superior a la temperatura media de cada mes.

8.7 Análisis de anomalías de la precipitación pluvial

El análisis de anomalías determina los valores de la variable que son superiores o inferiores a la media.

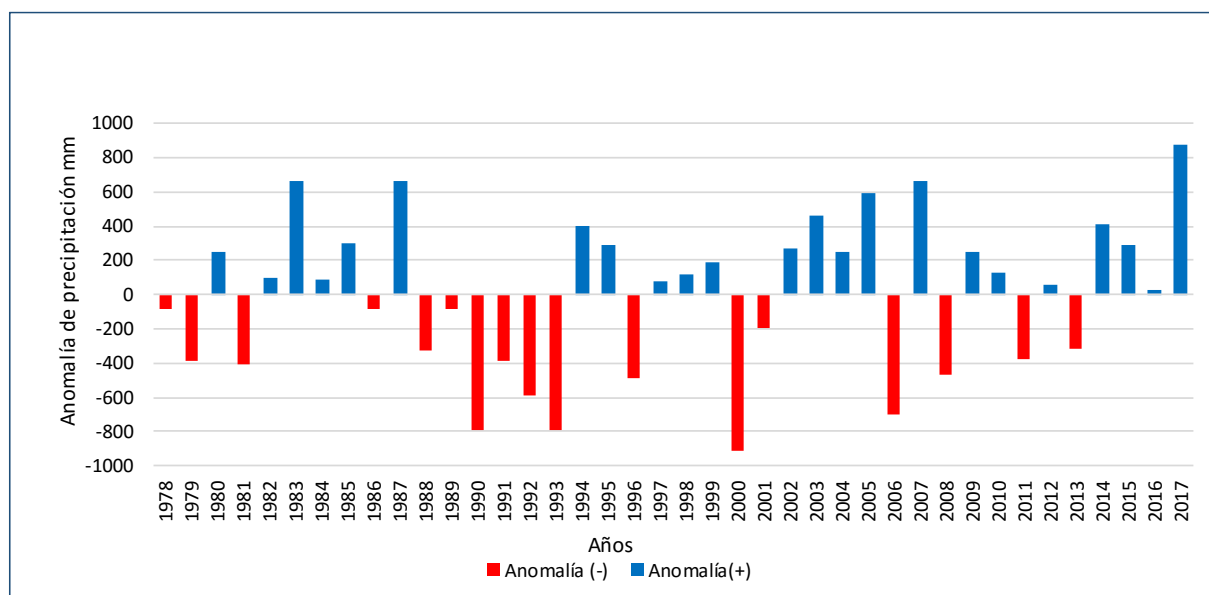
En el cuadro 7, se presentan las anomalías de la variable precipitación pluvial del período 1978 al 2017, donde se observa que en el año 2000 se presenta la mayor anomalía negativa con -915mm de precipitación, y en 2017 se presentó la mayor anomalía positiva con 872 mm.

En cuanto al análisis de anomalías de forma general en el periodo de 1978 a 2017 se presentaron mayor cantidad de años con anomalía positiva (+) que anomalías negativa (-).

**Cuadro 7. Anomalías de precipitación pluvial del 1978 a 2017 en el municipio de
Puerto Barrios**

Año	Precipitación total anual	Diferencia de precipitación mm	Anomalía (-)	Anomalía(+)
1978	3423.2	-84	-84	
1979	3726.2	-387	-387	
1980	3089.3	250		250
1981	3750.0	-411	-411	
1982	3237.2	102		102
1983	2672.1	667		667
1984	3250.2	89		89
1985	3036.7	302		302
1986	3427.4	-88	-88	
1987	2673.2	666		666
1988	3664.1	-325	-325	
1989	3422.3	-83	-83	
1990	4135.5	-797	-797	
1991	3726.4	-387	-387	
1992	3924.1	-585	-585	
1993	4134.0	-795	-795	
1994	2936.7	402		402
1995	3050.9	288		288
1996	3827.0	-488	-488	
1997	3263.8	75		75
1998	3223.4	116		116
1999	3153.6	185		185
2000	4253.7	-915	-915	
2001	3534.9	-196	-196	
2002	3064.4	275		275
2003	2874.5	464		464
2004	3094.2	245		245
2005	2749.5	589		589
2006	4040.7	-702	-702	
2007	2680.0	659		659
2008	3804.1	-465	-465	
2009	3090.7	248		248
2010	3210.2	129		129
2011	3719.0	-380	-380	
2012	3277.4	62		62
2013	3654.2	-315	-315	
2014	2931.8	407		407
2015	3051.1	288		288
2016	3311.9	27		27
2017	2466.7	872		872
Promedio	3338.9			

En la gráfica 31, se presentan las anomalías positivas y negativas de la precipitación pluvial del municipio de Puerto Barrios, durante el período de 1978 a 2017.



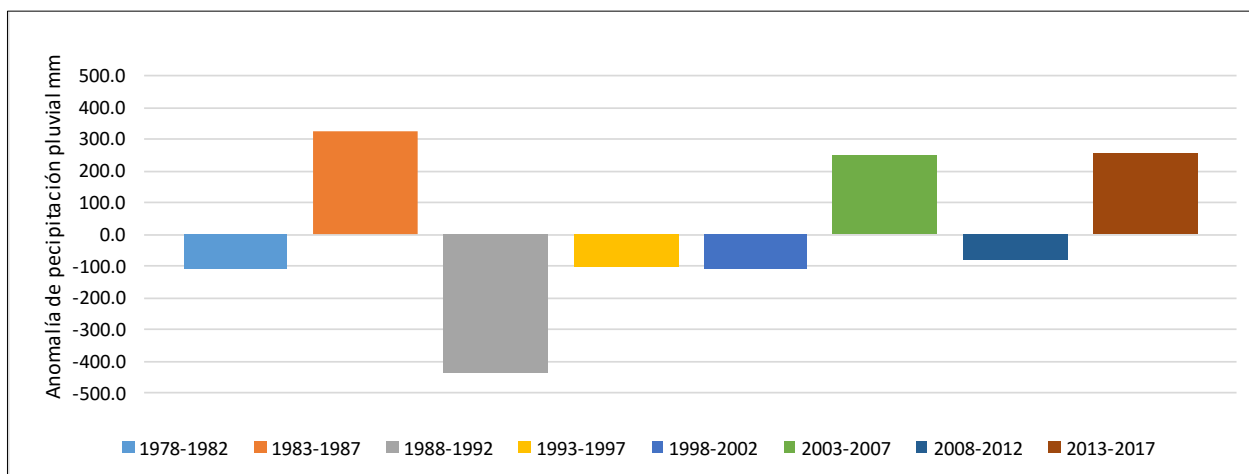
Gráfica 31. Anomalías de la precipitación pluvial en el período de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios

En el cuadro 8, se presentan las anomalías por quinquenios de la precipitación pluvial en el período de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios; en el quinquenio de 1978 a 1982 se presentó una anomalía negativa de -106.2mm, en el quinquenio de 1983 a 1987 una anomalía positiva de 327.0mm, en el quinquenio de 1988 a 1992 una anomalía negativa de -435.5mm, en el quinquenio de 1993 a 1997 una anomalía negativa de 103.5mm, en el de 1998 a 2002 una anomalía negativa de -107.0mm, en el quinquenio de 2008 a 2012 presenta una anomalía negativa de -81.3mm y en el quinquenio de 2013 a 2017 presenta una anomalía positiva de 254.8.

Cuadro 8. Anomalías de la precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios

Año	Precipitación total/quinquenio	Diferencia de precipitación mm	Anomalía (-)	Anomalía (+)
1978-1982	3445.2	-106.2	-106.2	
1983-1987	3011.9	327.0		327.0
1988-1992	3774.5	-435.5	-435.5	
1993-1997	3442.5	-103.5	-103.5	
1998-2002	3446.0	-107.0	-107.0	
2003-2007	3087.3	251.7		251.7
2008-2012	3420.3	-81.3	-81.3	
2013-2017	3084.1	254.8		254.8

En la gráfica 32, se presentan las anomalías de la precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 por quinquenio en el municipio de Puerto Barrios.



Gráfica 32. Anomalías de precipitación pluvial del período de 1978 a 2017 por quinquenio en el municipio de Puerto Barrios

8.8 Análisis de la variable temperatura

Para analizar la temperatura en el municipio de Puerto Barrios se realizó el análisis de la tendencia y de anomalías de la temperatura máxima, mínima y media que se registraron durante el período de 1978 a 2017.

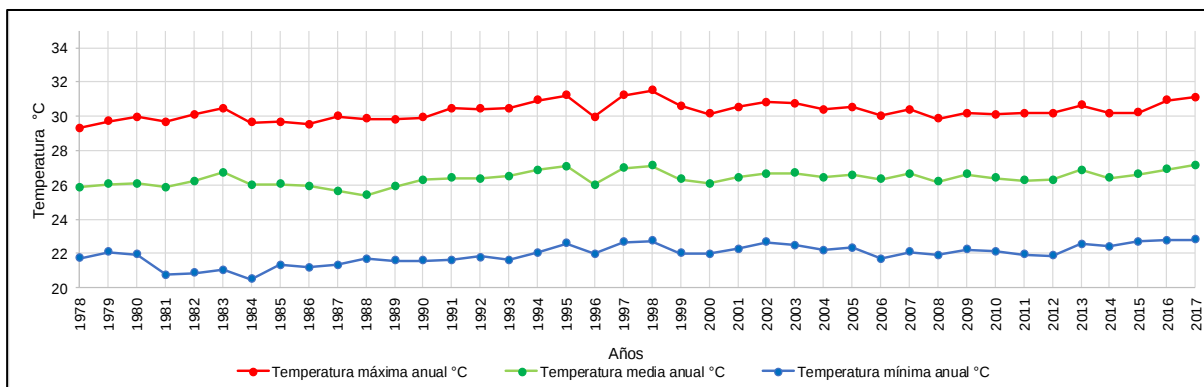
En el cuadro 9, se describe la temperatura máxima, mínima y media promedio anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios, donde se puede observar que la temperatura máxima oscila de 29.3°C a 31.1°C, la temperatura mínima de 20.5°C a 22.8°C, y la temperatura media de 25.4°C a 27.2°C.

La temperatura máxima promedio es de 30.3°C, la temperatura mínima promedio es de 21.9 °C y la temperatura media promedio es de 26.4°C.

Cuadro 9. Temperaturas máximas, mínimas y medias promedio anuales de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios

Año	Temperatura máxima anual °C	Temperatura media anual °C	Temperatura mínima anual °C
1978	29.3	25.9	21.7
1979	29.7	26.0	22.1
1980	30.0	26.1	21.9
1981	29.7	25.9	20.8
1982	30.1	26.2	20.9
1983	30.5	26.7	21.0
1984	29.6	26.0	20.5
1985	29.7	26.0	21.3
1986	29.5	25.9	21.2
1987	30.0	25.7	21.3
1988	29.9	25.4	21.7
1989	29.8	25.9	21.6
1990	29.9	26.3	21.6
1991	30.5	26.4	21.6
1992	30.4	26.4	21.9
1993	30.5	26.5	21.6
1994	30.9	26.9	22.0
1995	31.2	27.1	22.6
1996	30.0	26.0	22.0
1997	31.2	27.0	22.7
1998	31.5	27.1	22.7
1999	30.6	26.3	22.0
2000	30.2	26.1	22.0
2001	30.6	26.5	22.3
2002	30.8	26.6	22.7
2003	30.8	26.7	22.5
2004	30.4	26.5	22.2
2005	30.5	26.6	22.3
2006	30.0	26.3	21.7
2007	30.4	26.7	22.1
2008	29.8	26.2	21.9
2009	30.2	26.6	22.2
2010	30.1	26.4	22.1
2011	30.2	26.3	21.9
2012	30.2	26.3	21.9
2013	30.6	26.9	22.5
2014	30.2	26.4	22.4
2015	30.2	26.6	22.7
2016	30.9	26.9	22.8
2017	31.1	27.2	22.8

En la gráfica 33, se observa el registro anual promedio de la temperatura mínima, media y máxima de 1972 a 2012 en el municipio de Puerto Barrios.



Gráfica 33. Temperatura mínima, media y máxima de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios

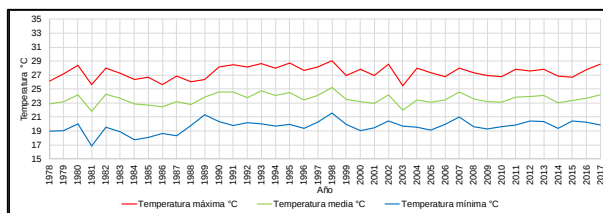
A continuación, se presentan los registros de temperatura mínima, máxima y media promedio mensual los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio del período de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios.

Cuadro 10. Temperaturas máximas, mínimas y medias promedio de los meses: enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio de 1978 a 2017

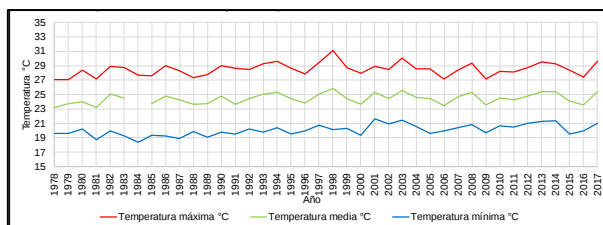
	Mes																	
	enero			febrero			marzo			arbil			mayo			junio		
Año	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C
1978	26.2	22.9	19.0	27.0	23.2	19.6	27.4	24.6	20.3	30.8	26.5	21.6	32.0	28.3	23.6	31.1	27.6	23.0
1979	27.2	23.2	19.1	27.1	23.7	19.6	29.5	25.7	21.9	32.0	27.5	23.3	32.0	28.2	23.3	31.0	27.3	23.2
1980	28.4	24.2	20.0	28.4	24.0	20.2	30.7	26.0	21.5	30.0	26.1	22.2	32.8	28.5	24.1	31.0	27.3	23.8
1981	25.6	21.8	16.9	27.2	23.2	18.7	30.5	26.0	20.4	30.0	26.4	21.1	32.4	28.3	22.2	31.8	27.8	22.5
1982	28.0	24.2	19.5	28.9	25.1	20.0	30.1	25.9	19.9	31.8	27.4	20.8	32.0	27.9	21.5	32.5	28.4	22.7
1983	27.3	23.6	18.9	28.8	24.5	19.3	30.7	26.2	19.8	32.1	27.7	22.1	32.6	28.7	23.0	32.5	28.7	22.8
1984	26.4	22.8	17.7	27.7	ND	18.4	30.4	25.6	19.2	32.0	27.4	21.1	30.9	27.5	22.3	30.7	27.5	22.4
1985	26.7	22.7	18.0	27.6	23.8	19.3	29.6	25.8	21.3	30.2	26.3	21.5	31.3	27.7	22.1	31.5	27.9	22.8
1986	25.6	22.4	18.6	29.0	24.8	19.2	28.7	24.2	18.6	30.2	26.1	20.1	30.9	27.4	22.4	31.4	28.0	23.0
1987	26.8	23.2	18.3	28.3	24.3	18.9	30.4	26.2	20.9	30.1	24.7	20.4	32.0	27.1	21.8	32.1	28.5	23.7
1988	26.1	22.8	19.8	27.3	23.6	19.8	29.1	24.3	20.5	31.8	26.9	22.3	32.5	27.4	22.8	32.0	27.4	23.4
1989	26.3	23.8	21.3	27.8	23.7	19.1	29.4	24.9	19.6	30.6	26.3	21.8	31.5	28.1	23.2	32.4	28.5	23.1
1990	28.1	24.6	20.3	29.0	24.8	19.8	28.9	25.0	20.4	30.9	27.1	21.9	32.4	28.6	23.2	31.3	27.8	23.2
1991	28.5	24.6	19.7	28.7	23.7	19.5	31.5	26.7	20.2	32.2	27.6	22.3	32.4	27.7	23.3	32.7	29.0	23.6
1992	28.2	23.8	20.2	28.4	24.4	20.2	30.7	25.4	21.3	31.7	27.6	22.4	31.2	26.3	21.5	32.4	28.6	23.6
1993	28.6	24.8	20.0	29.3	25.0	19.8	29.5	25.2	19.8	31.7	27.3	22.0	32.6	28.0	22.5	32.3	28.5	23.2
1994	28.0	24.1	19.7	29.6	25.3	20.4	31.0	26.2	20.6	32.3	28.1	22.6	32.6	28.6	23.1	32.5	28.5	23.4
1995	28.7	24.5	19.9	28.6	24.5	19.5	30.5	26.2	21.1	33.0	28.5	23.5	34.7	29.8	24.3	32.8	29.0	24.0
1996	27.7	23.4	19.3	27.9	23.8	20.0	29.3	24.8	20.2	31.4	27.3	23.3	31.5	27.7	24.0	ND	ND	ND
1997	28.2	24.1	20.3	29.4	25.0	20.8	31.4	26.9	22.3	33.2	28.5	23.0	32.3	28.3	23.9	33.1	28.6	23.9
1998	29.0	25.2	21.6	31.1	25.8	20.1	29.8	25.6	21.6	31.8	27.4	23.3	33.2	28.6	23.4	35.2	30.1	24.5
1999	27.0	23.5	19.9	28.8	24.5	20.3	30.6	25.7	21.0	32.0	27.6	22.8	33.7	28.9	23.9	32.1	27.9	23.4
2000	27.8	23.2	19.1	28.0	23.7	19.3	30.5	25.9	21.1	31.8	27.1	22.0	31.4	27.6	23.8	31.2	27.6	23.5
2001	26.9	23.0	19.4	28.9	25.3	21.7	30.5	25.4	20.0	31.2	27.3	23.0	31.8	27.7	22.8	32.8	28.8	24.0
2002	28.5	24.2	20.5	28.5	24.4	20.9	30.4	25.9	21.4	31.9	27.3	22.2	32.4	28.4	24.1	32.7	28.8	24.3
2003	25.5	22.0	19.7	30.1	25.6	21.5	32.5	27.8	22.7	31.9	27.0	21.6	33.8	29.1	24.6	33.7	29.5	24.1
2004	28.0	23.4	19.6	28.6	24.6	20.6	29.4	25.3	21.4	30.7	26.8	21.6	31.6	27.9	23.7	31.8	28.3	23.7
2005	27.3	23.1	19.1	28.6	24.5	19.6	31.2	26.9	22.5	31.7	27.4	22.8	32.6	28.7	23.8	32.3	28.5	23.5
2006	26.7	23.4	20.0	27.2	23.5	20.0	29.9	25.6	20.8	30.8	26.9	22.1	31.7	28.0	23.6	31.0	27.6	23.6
2007	28.0	24.5	21.0	28.4	24.7	20.4	29.6	25.6	21.0	31.5	27.5	22.5	33.0	28.6	22.8	32.6	29.0	23.8
2008	27.3	23.6	19.6	29.4	25.3	20.8	29.8	25.6	20.8	30.5	26.8	22.0	32.1	28.5	23.6	31.0	27.7	23.7
2009	26.9	23.2	19.3	27.1	23.6	19.7	29.3	25.1	19.9	31.6	27.5	22.9	31.7	28.3	23.8	31.9	28.4	23.7
2010	26.7	23.1	19.6	28.2	24.5	20.6	28.8	24.9	20.3	31.9	28.1	23.7	32.2	28.8	24.4	32.9	29.5	24.4
2011	27.8	23.9	19.9	28.2	24.2	20.5	30.0	25.4	20.2	31.6	27.4	22.5	32.3	28.4	23.6	32.4	28.3	23.7
2012	27.6	23.9	20.4	28.7	24.7	21.0	29.5	25.4	20.9	31.6	27.2	21.6	31.8	28.0	23.1	32.1	28.3	23.4
2013	27.9	24.1	20.4	29.5	25.4	21.3	28.8	24.8	20.2	32.1	28.0	22.9	32.2	28.2	23.2	31.6	28.1	23.4
2014	26.8	23.0	19.4	29.2	25.4	21.3	31.1	26.9	22.0	ND	ND	ND	31.4	27.7	23.5	31.9	28.1	24.0
2015	26.7	23.4	20.4	28.3	24.1	19.5	30.0	26.1	21.8	ND	ND	ND	31.4	27.9	23.7	31.3	28.1	24.2
2016	27.7	23.7	20.2	27.4	23.5	20.0	31.1	26.8	22.5	32.7	28.3	23.6	33.5	29.3	24.2	32.5	28.7	24.2
2017	28.5	24.2	19.9	29.6	25.4	21.0	29.3	25.2	21.1	32.4	27.9	22.7	32.5	28.7	24.1	32.6	28.7	24.3
Promedio	27.4	23.6	19.6	28.5	24.4	20.1	30.0	25.7	20.8	31.5	27.2	22.2	32.2	28.2	23.3	32.1	28.3	23.6

En el cuadro 10, se muestra la temperatura máxima, mínima y media promedio de los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios, donde se puede observar que la temperatura máxima de enero oscila de 25.5 °C a 28.6 °C, la temperatura mínima de 16.9°C a 21.6°C, y la temperatura media de 21.8°C a 24.8°C. La temperatura máxima promedio es de 27.4 °C, la temperatura mínima promedio es de 19.6 °C y la temperatura media promedio es de 23.6°C; en el caso de febrero se puede observar que la temperatura máxima oscila de 27.1°C a 31.1°C, la temperatura mínima de 18.4°C a 21.7°C, y la temperatura media de 24.2°C a 25.8°C. La temperatura máxima promedio es de 30.0°C, la temperatura mínima promedio es de 20.8°C y la temperatura media promedio es de 25.7°C.

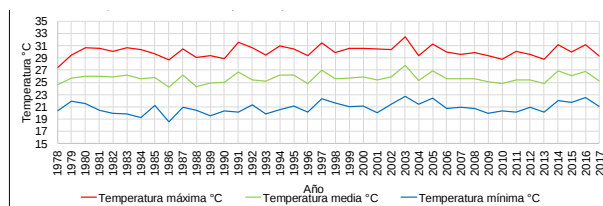
Para el mes de marzo se puede observar que la temperatura máxima oscila de 27.4°C a 31.5°C, la temperatura mínima de 18.6°C a 22.5°C y la temperatura media de 24.2°C a 27.8°C; en el caso de abril la temperatura máxima oscila entre 30.9°C y 33.8°C, la temperatura mínima entre 21.5°C y 24.6°C y la temperatura media entre 26.3°C y 29.8°C. Con mayo se puede observar que la temperatura máxima oscila entre 30.9°C y 33.8°C, la temperatura mínima entre 21.5°C y 24.6°C y la temperatura media entre 26.3°C y 29.8°C, de igual forma en junio se pudo observar que la temperatura máxima oscila entre 31.0°C a 35.2°C, la temperatura mínima entre 22.4°C a 24.5°C y la temperatura media entre 27.3°C a 30.1°C. La temperatura mínima, media y máxima promedio en junio es de 23°C, 28.3°C y 32.1°C.



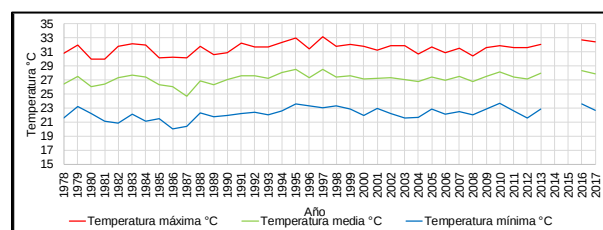
Gráfica 34. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de enero de 1978 a 2017



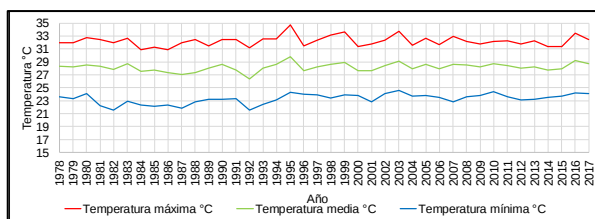
Gráfica 35. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de febrero de 1978 a 2017



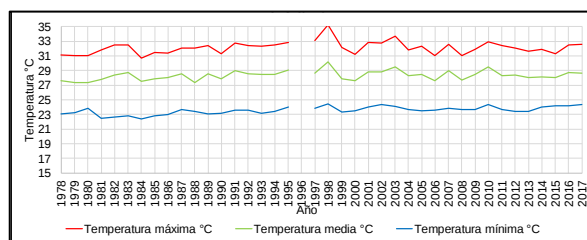
Gráfica 36. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de marzo de 1978 a 2017



Gráfica 37. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de abril de 1978 a 2017



Gráfica 38. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de mayo de 1978 a 2017



Gráfica 39. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de junio de 1978 a 2017

En las gráficas 34 - 39, se presentan los registros de la temperatura mínima, máxima y media promedio de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio de 1978 a 2017. Para el mes de enero (gráfica 34) se observó que la temperatura mínima registró un descenso en 1981 y aumentó en los años 1989, 1998 y 2007. La temperatura media registró descensos en 1981 y 2003 y aumentó en 1998. Con respecto a la temperatura máxima descendió en 1981 y 2003; así como incrementos en 1980 y 1998; en el mes de febrero (gráfica 35) se observan descensos en la temperatura mínima en el 2000 y 2015, se observa un aumento de temperatura en 2001. La temperatura media se observan descensos en 2000 y 2016; así como incremento en 1998. En la temperatura máxima se observa descenso de temperatura en 1996 e incrementos bruscos en 1998 y 2008.

En el mes de marzo (gráfica 36), se observó descenso en la temperatura mínima en 1986, 2001 y 2013; y un aumento de temperatura en 1979, 1985, 1992, 1997, 2003 y 2014. En la temperatura media se observan descensos en 1986, 1996 y 2004. En la temperatura máxima se observan descensos en 1978 y 1986, e incrementos en 1987, 1991, 1997 y 2003. Para el mes de abril (gráfica 37) se observó descenso en la temperatura mínima en los años 1982, 1986, 2000 y 2012; y un aumento de temperatura en 1979, 1983, 1988 y 2010. En la temperatura media se observa descenso en 1980, 1987 y 1996; y se observan incrementos de temperatura de la media histórica anual en 1979, 1988, 1995, 1997 y 2010. En la temperatura máxima se observó descensos de temperatura en 1980, 1985, 1996 y 2008 e incrementos de temperatura en 1979, 1988, 1995 y 1997.

En el mes de mayo (gráfica 38), se observó descensos en la temperatura mínima en 1982, 1992 y 2001; aumento de temperatura en los años 1980 y 1995. En la temperatura media se observa descenso en 1992 y 1996; se observa aumento de temperatura por encima de la media histórica anual en 1995. En la temperatura máxima se observó descensos de temperatura en 1984, 1996 y 2000 e incrementos de temperatura en 1995, 1999 y 2003.

El mes de junio (gráfica 39), se observó descenso en la temperatura mínima en 1981 y 1999 y aumento de temperatura en 1980 y 1998. En la temperatura media se observa descenso en el año 1999 y 2000; se observa aumentos de temperatura por encima de la

media histórica anual en 1998, 2007 y 2010. En la temperatura máxima se observó descenso en 1984, 1990, 2000 y 2008; e incrementos de la temperatura máxima en 1998, siendo este muy significativo con 35.2°C.

En el cuadro 11, se presentan los registros de temperatura mínima, máxima y media promedio mensual de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios.

Cuadro 11. Temperaturas máximas, mínimas y medias promedio de los meses: julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1978 a 2017

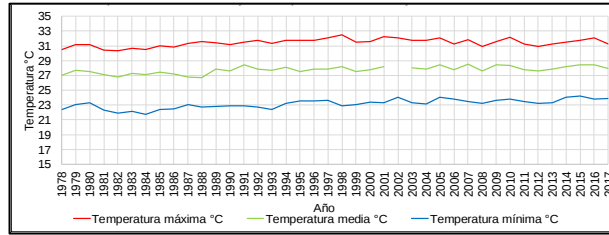
Año	Mes																	
	julio			agosto			septiembre			octubre			noviembre			diciembre		
	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C	Temperatura mínima °C
1978	30.5	27.1	22.4	30.3	27.2	22.9	30.4	27.0	23.3	29.7	26.2	22.2	28.5	25.2	21.9	28.0	24.6	20.7
1979	31.2	27.7	23.1	30.9	27.2	23.0	31.1	27.3	23.5	29.9	26.2	22.8	27.7	24.5	21.4	27.0	23.6	20.5
1980	31.2	27.5	23.3	31.6	27.8	23.6	31.3	27.5	22.7	29.8	26.3	22.1	28.7	25.0	20.9	25.9	22.7	18.7
1981	30.5	27.1	22.3	31.3	27.5	22.3	30.7	27.1	22.1	29.8	26.3	21.8	28.9	24.7	19.6	27.3	23.8	19.2
1982	30.3	26.8	21.9	30.8	27.2	21.7	30.5	26.9	21.9	29.9	25.9	20.9	28.6	24.9	20.4	27.9	24.2	19.1
1983	30.7	27.2	22.2	31.2	27.5	22.1	31.1	27.3	22.2	30.3	26.6	21.2	29.8	25.7	20.0	28.7	ND	19.3
1984	30.5	27.2	21.7	31.0	27.2	21.7	30.8	26.8	21.8	30.6	26.7	21.5	27.7	23.9	18.6	27.1	23.6	19.8
1985	31.0	27.4	22.4	31.0	27.5	22.5	30.3	26.9	22.5	30.6	26.9	22.1	28.9	25.5	21.2	27.2	24.1	20.4
1986	30.8	27.2	22.5	30.9	27.5	22.8	30.6	27.2	22.9	29.6	26.1	22.0	28.6	25.6	21.7	27.8	24.6	20.5
1987	31.3	26.8	23.0	31.1	26.7	23.1	31.2	26.7	23.1	29.7	25.1	22.0	28.5	24.6	20.4	28.3	24.0	20.4
1988	31.6	26.7	22.7	31.5	26.7	23.2	31.4	26.9	22.9	28.9	25.0	22.0	29.6	24.7	21.0	26.4	22.6	19.6
1989	31.4	27.9	22.8	31.4	26.9	22.6	31.0	26.7	22.8	29.8	25.2	21.8	29.4	25.9	21.5	26.7	22.9	19.1
1990	31.2	27.6	22.9	30.9	27.7	22.4	30.9	27.1	22.7	30.4	26.6	21.9	27.5	24.7	20.4	27.4	23.6	19.9
1991	31.5	28.4	22.9	31.3	27.8	22.7	31.2	26.9	22.6	30.3	26.7	21.9	28.2	23.9	20.7	27.5	24.2	20.6
1992	31.7	27.9	22.8	31.7	27.7	22.8	31.1	27.4	22.6	30.5	26.8	22.5	29.7	26.0	21.7	27.7	24.4	20.6
1993	31.3	27.7	22.4	31.0	27.4	23.0	31.5	27.6	23.0	31.2	27.1	22.7	29.3	25.5	21.3	27.1	23.8	19.7
1994	31.7	28.1	23.2	32.0	28.0	23.2	31.8	27.4	23.1	32.0	27.8	22.9	29.7	25.6	21.7	28.0	24.4	20.6
1995	31.7	27.6	23.5	33.2	28.9	23.9	32.1	28.1	24.0	31.5	27.4	23.5	29.4	25.7	22.2	28.6	24.8	21.5
1996	31.8	27.9	23.6	31.6	27.7	23.3	32.8	28.6	23.9	31.0	27.1	23.2	27.6	24.4	21.3	27.7	24.2	20.5
1997	32.1	27.8	23.7	31.6	27.6	23.6	32.4	28.2	23.8	31.3	27.0	23.2	ND	ND	ND	28.7	24.5	20.9
1998	32.5	28.2	22.9	33.0	28.7	23.7	34.4	29.6	24.5	30.9	26.9	23.8	29.6	25.6	22.5	27.9	24.0	20.8
1999	31.5	27.5	23.0	32.5	28.2	23.4	32.4	27.7	23.1	31.5	27.0	23.0	28.0	24.2	20.7	27.3	23.3	19.5
2000	31.6	27.8	23.4	31.3	27.5	23.6	32.3	28.0	23.8	29.2	25.4	22.6	29.8	25.8	21.5	27.1	23.4	20.2
2001	32.2	28.2	23.3	32.5	28.2	23.7	32.3	27.9	23.6	30.6	26.7	23.1	28.6	24.7	21.4	28.2	24.4	21.1
2002	32.1	ND	24.0	32.0	28.2	23.7	32.9	28.7	24.1	31.6	27.6	23.7	29.0	25.1	21.8	28.1	24.4	21.0
2003	31.7	28.0	23.3	31.7	28.0	23.8	32.3	28.6	24.0	31.0	27.1	23.4	28.7	25.0	21.7	26.3	22.7	19.4
2004	31.7	27.9	23.1	32.2	28.5	23.6	33.1	29.0	23.9	30.9	27.2	23.1	29.0	25.1	21.6	27.7	23.6	20.4
2005	32.1	28.4	24.0	31.9	28.1	23.8	31.5	27.7	23.8	31.0	27.0	23.5	28.1	24.4	21.0	28.0	24.2	20.5
2006	31.2	27.8	23.8	ND	ND	ND	31.5	27.9	23.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2007	31.9	28.5	23.5	31.6	28.1	23.3	30.9	27.2	23.0	31.0	27.1	22.8	28.2	24.8	21.2	28.1	24.2	19.9
2008	30.9	27.6	23.2	31.8	28.3	23.4	32.1	28.2	23.7	28.7	25.6	22.5	27.8	23.9	19.5	26.7	23.4	20.0
2009	31.5	28.4	23.6	31.3	28.0	23.6	32.0	28.5	23.9	31.2	27.7	23.5	28.7	25.3	21.6	28.7	25.2	21.4
2010	32.1	28.4	23.8	31.8	28.4	23.9	32.5	28.6	24.0	30.0	26.3	22.2	28.0	24.2	20.2	26.1	22.2	18.3
2011	31.2	27.7	23.5	31.9	28.4	23.5	31.4	27.6	23.2	29.7	26.0	22.2	28.3	24.3	20.5	27.3	23.5	19.8
2012	30.9	27.6	23.2	32.0	28.1	23.4	31.5	27.7	23.2	30.4	26.5	22.4	27.6	23.8	20.1	28.5	24.2	19.7
2013	31.3	27.9	23.3	31.5	27.8	23.3	31.9	28.1	23.9	30.9	27.4	23.6	29.3	25.7	22.4	ND	ND	ND
2014	31.5	28.2	24.0	ND	ND	ND	31.3	27.5	23.5	30.7	27.0	23.1	27.8	23.8	20.6	ND	ND	ND
2015	31.8	28.4	24.2	ND	ND	ND	31.7	28.1	23.9	31.7	28.1	24.1	29.6	26.1	23.4	29.6	25.7	21.9
2016	32.1	28.4	23.8	32.7	28.6	24.1	31.9	28.2	24.0	31.5	27.0	22.8	28.8	24.9	21.9	28.9	25.3	22.1
2017	31.3	28.0	23.9	31.9	28.2	23.6	33.2	29.0	24.1	30.0	26.4	23.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Promedio	31.4	27.8	23.2	31.6	27.8	23.2	31.7	27.7	23.3	30.5	26.6	22.6	28.7	24.9	21.1	27.7	24.0	20.2

En el cuadro 11, se describe la temperatura máxima, mínima y media promedio de los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios, donde se puede observar que en el mes de julio se observó descenso en la temperatura mínima de 1981 a 1984 en relación con el período de estudio y se observan incrementos de temperatura mínima en el año 2002. En la temperatura media se observa un incremento en 1989 y se observan descensos en la temperatura en el 2008. En la temperatura máxima se observan incrementos en el año 1998 y 2010; y se observan descensos de temperatura en 2008.

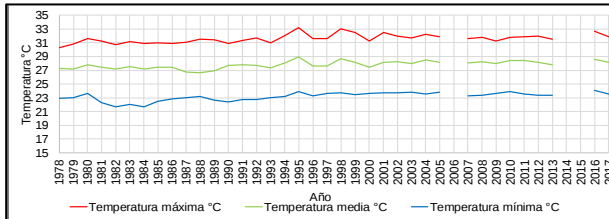
En el mes de agosto, la temperatura máxima oscila de 30.3°C a 32.7°C, la temperatura mínima de 21.7°C a 24.1°C y la temperatura media de 26.7°C a 28.9°C. La temperatura mínima, media y máxima promedio en agosto es de 23.2°C, 27.8°C y 31.6°C. En el 2006, 2014 y 2015 no hubo registros de datos. En el mes de septiembre se puede observar que la temperatura máxima oscila de 30.3°C a 33.2°C, la temperatura mínima de 21.8°C a 24.1°C y la temperatura media de 26.7°C a 29.6°C.

Para el mes de septiembre, se puede observar que la temperatura máxima oscila 29.2°C a 31.7°C, la temperatura mínima entre 20.9°C a 22.9°C y la temperatura media entre 25.0°C a 28.1°C. En el año 2006 no hubo registro de datos; así como en octubre la temperatura máxima oscila 29.2°C a 31.7°C, la temperatura mínima entre 20.9°C a 22.9°C y la temperatura media entre 25.0°C a 28.1°C.

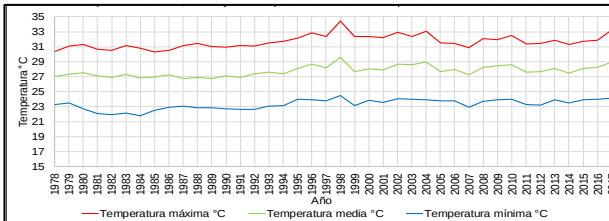
En el mes de noviembre, la temperatura máxima oscila de 27.5°C a 29.8°C, la temperatura mínima de 18.6°C a 23.4°C, la temperatura media de 23.8°C a 26.1°C. En los años 1997, 2006 y 2017 no hubo registro de datos. En el mes de diciembre, la temperatura máxima oscila de 25.9°C a 29.6°C, la temperatura mínima de 18.3°C a 22.1°C y la temperatura media de 22.7°C a 25.7°C. La temperatura mínima, media y máxima promedio en diciembre es de 20.2°C, 24.0°C y 27.7°C. En los años 2006, 2013, 2014, 2017 no hubo registro de datos.



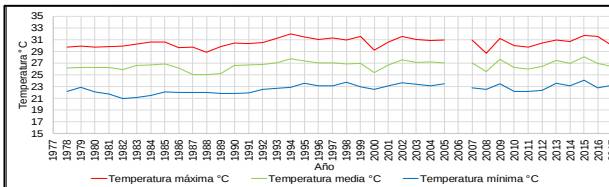
Gráfica 40. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de julio de 1978 a 2017



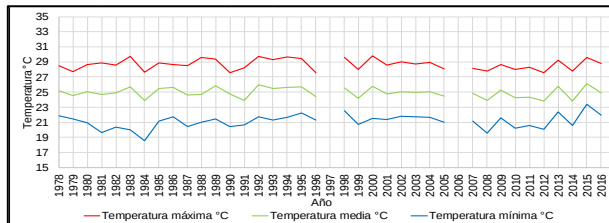
Gráfica 41. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de agosto de 1978 a 2017



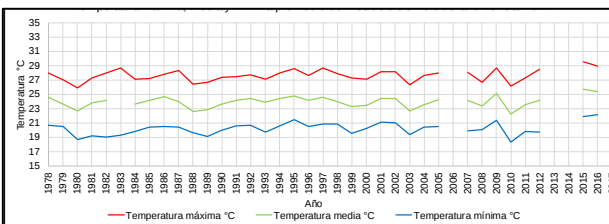
Gráfica 42. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de septiembre de 1978 a 2017



Gráfica 43. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de octubre de 1978 a 2017



Gráfica 44. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de noviembre de 1978 a 2017



Gráfica 45. Temperatura máxima, media y mínima promedio del mes de diciembre de 1978 a 2017

En la gráfica número 40 hasta la número 45, se muestran los registros de la temperatura máxima, media y mínima promedio de los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1978 a 2017.

En el mes de julio (gráfica 40), se observó descenso en la temperatura mínima de 1981 a 1984 en relación con el período de estudio y se observan incrementos de temperatura mínima en el año 2002. En la temperatura media se observa un incremento en 1989 y se observan descensos en la temperatura en el 2008. En la temperatura máxima se observan incrementos en el año 1998 y 2010; y se observan descensos de temperatura en 2008; para el mes de agosto (gráfica 41) se observan descenso de temperatura mínima en los años 1982 y 1984; así como incrementos en la temperatura mínima en 1980, en la temperatura media se observan descensos en 1996, 1997 y 2000 y se observan aumentos de temperatura por encima de la media histórica anual en 1995 y 1998. En la temperatura máxima se observó descenso de temperatura en 1996 y 2000; así como incrementos en la temperatura en 1995.

En el mes de septiembre (gráfica 42), se observó descenso en la temperatura mínima en 1999 y 2007; así como incrementos en 1979 y 1998. En la temperatura media se observa descenso en 1999 e incremento en 1998. En la temperatura máxima se observó descenso de temperatura en 1999 y 2007; así como incremento de temperatura en 1998 y 2017; con el mes de octubre (gráfica 43) se observó descenso en la temperatura mínima en 1982, 2010 y 2011; e incrementos de temperatura en 1998, 2009 y 2015. En la temperatura media se observó descenso en 1987, 1988, 1989, 2000 y 2008; e incrementos de temperatura media en 1994, 2009 y 2015. En la temperatura máxima se observó descensos significativos de temperatura en 1988, 2000 y 2008; e incrementos de temperatura en 1994 y 2002.

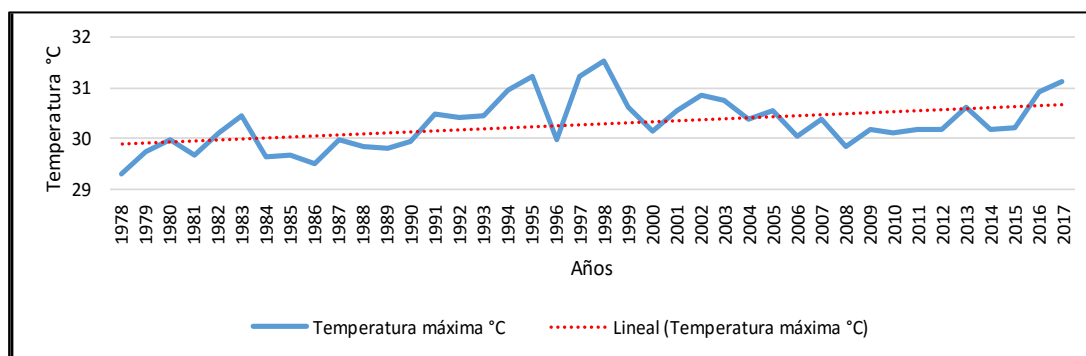
En el mes de noviembre (gráfica 44), se observaron descensos significativos en la temperatura mínima en 1984, 1999, 2008 y 2014; así como incrementos en 1986, 1998, 2013 y 2015. En la temperatura media se observa descenso en 1984, 1991,

1999, 2008, 2012 y 2014; así como se observan aumentos de temperatura por encima de la media histórica anual en 1983, 1989, 1992, 1998, 2000, 2013 y 2015. En la temperatura máxima se observó descensos significativos de temperatura en 1984, 1990, 1996, 1999, 2012 y 2014; así como se observaron aumento en la temperatura en 1983, 1992, 2000, 2013 y 2015. Finalmente, para el mes de diciembre se observó descenso en la temperatura mínima en 1980, 1989, 1993, 1999, 2003 y 2010; así como se observó aumentos de temperatura en 1985, 1986, 1987, 1995, 2001 y 2002. En la temperatura media se observó descenso en 1980, 1988, 1999, 2000, 2003 y 2010; así como aumentos de la temperatura por encima de la media histórica anual en 1986, 1995 y 2009. En la temperatura máxima se observó descensos bruscos de temperatura en 1980, 1988, 1993, 1996, 2000, 2008 y 2010.

8.9 Análisis de la tendencia de la temperatura máxima

La temperatura máxima promedio en 1978 se registra con 29.3°C y en el año 2017 con 31.1°C, donde la temperatura máxima durante el período analizado incrementó 1.8°C. En el cuadro 1, se presentan las temperaturas máximas promedio anuales de 1978 a 2017, donde la temperatura máxima más baja registrada durante el período fue en 1978 con 29.3°C y la temperatura más alta registrada fue en 1998 con 31.5°C.

En la gráfica 46, se muestra los registros de los promedios de la temperatura máxima anual y tendencia histórica de 1978 al 2017.



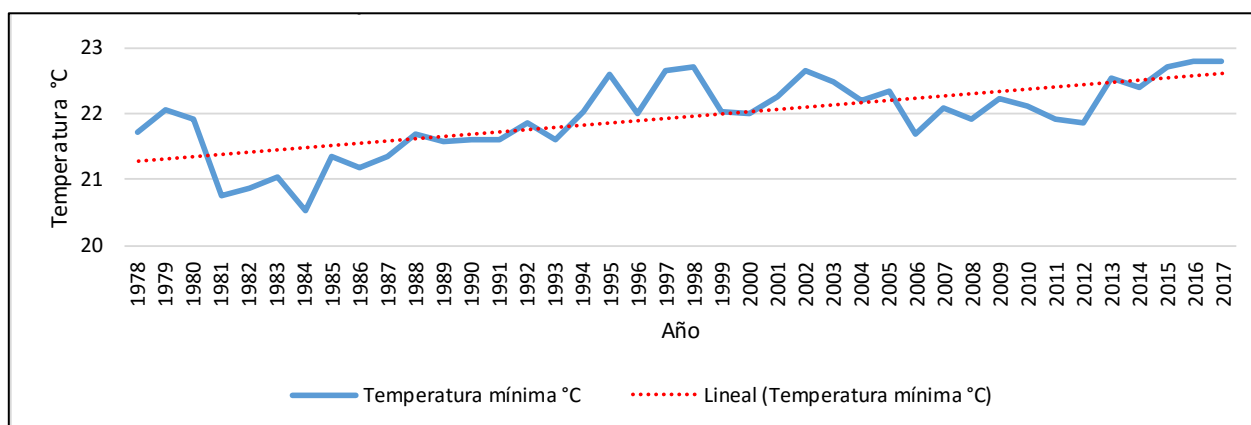
Gráfica 46. Temperaturas máxima promedio anual y su tendencia de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

8.10 Análisis de la tendencia de la temperatura mínima

La temperatura mínima en 1978 fue de 21.7°C y en el año 2017 de 22.8°C, la temperatura mínima durante incrementó 1.1°C.

En el cuadro 1, se presentan los promedios de la temperatura mínima anual de 1978 a 2017, donde la temperatura mínima más baja registrada fue en 1984 con 20.5°C y la temperatura más alta se registró en 2016 y 2017 con 22.8°C.

En la gráfica 47, se muestra los promedios de temperatura mínima anual y su tendencia durante el periodo de 1978 al 2017.



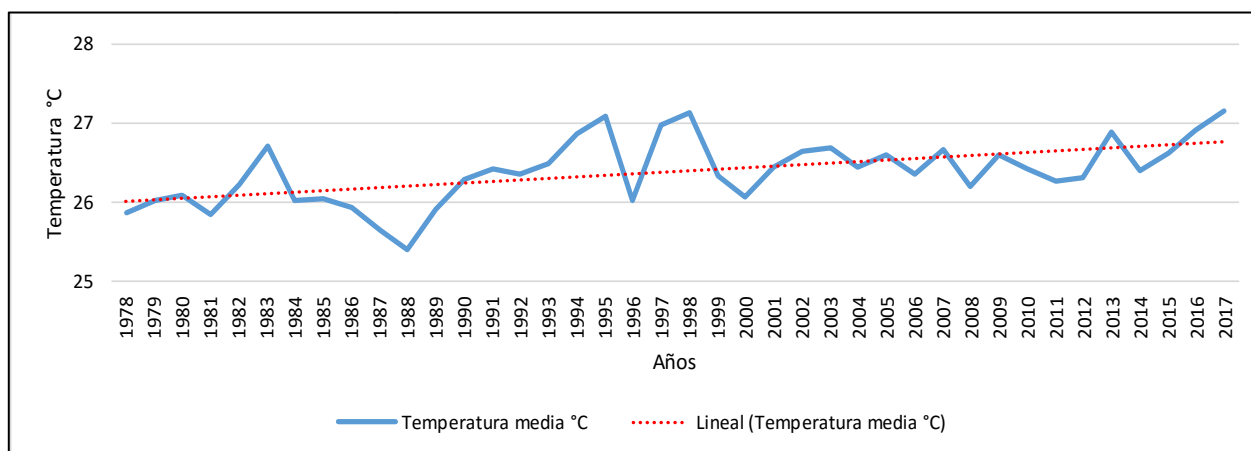
Gráfica 47. Temperaturas mínima promedio y su tendencia de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios

8.11 Análisis de la tendencia de la temperatura media

La temperatura media anual en 1978 fue de 25.9°C y en 2017 de 27.2°C, el incremento en la temperatura media durante el período de estudio fue de 1.3°C.

En el cuadro 1, se presentan los promedios de temperaturas medias anuales de 1978 a 2017, donde la temperatura media más baja fue registrada en 1988 con 25.4 y la temperatura más alta fue registrada en 2017 con 27.2°C.

En la gráfica 48, se muestra los registros de la temperatura media anual y la tendencia histórica de 1978 al 2017.



Gráfica 48. Temperaturas media promedio anual y su tendencia de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

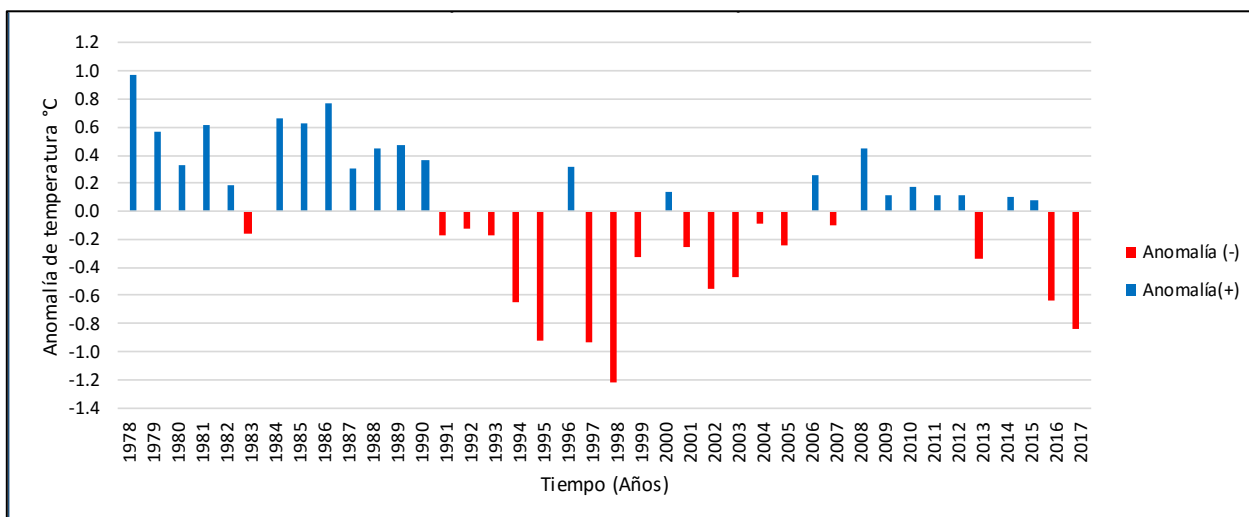
8.12 Análisis de anomalías de la temperatura máxima

En el cuadro 12, se presenta la temperatura máxima promedio anual y sus anomalías para el período de 1978 a 2017; donde la mayor anomalía negativa es de -1.2°C en el año 1998 y la mayor anomalía positiva es de 1.0°C en el año 1978.

**Cuadro 12. Anomalías de la temperatura máxima anual de 1978 a 2017 del
municipio de Puerto Barrios**

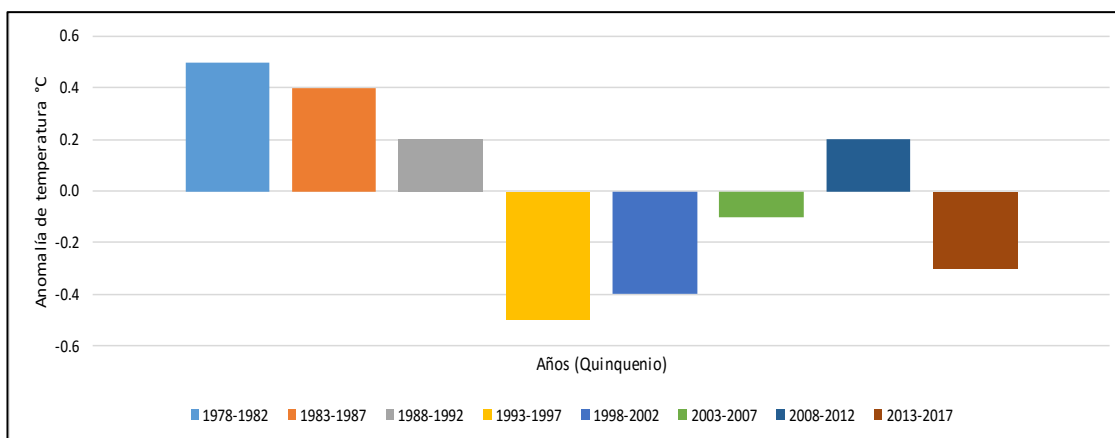
Año	Promedio temperatura máxima anual °C	Diferencia de temperatura máxima	Anomalía (-)	Anomalía(+)
1978	29.3	1.0		1.0
1979	29.7	0.6		0.6
1980	30.0	0.3		0.3
1981	29.7	0.6		0.6
1982	30.1	0.2		0.2
1983	30.5	-0.2	-0.2	
1984	29.6	0.7		0.7
1985	29.7	0.6		0.6
1986	29.5	0.8		0.8
1987	30.0	0.3		0.3
1988	29.9	0.4		0.4
1989	29.8	0.5		0.5
1990	29.9	0.4		0.4
1991	30.5	-0.2	-0.2	
1992	30.4	-0.1	-0.1	
1993	30.5	-0.2	-0.2	
1994	30.9	-0.7	-0.7	
1995	31.2	-0.9	-0.9	
1996	30.0	0.3		0.3
1997	31.2	-0.9	-0.9	
1998	31.5	-1.2	-1.2	
1999	30.6	-0.3	-0.3	
2000	30.2	0.1		0.1
2001	30.6	-0.3	-0.3	
2002	30.8	-0.6	-0.6	
2003	30.8	-0.5	-0.5	
2004	30.4	-0.1	-0.1	
2005	30.5	-0.2	-0.2	
2006	30.0	0.3		0.3
2007	30.4	-0.1	-0.1	
2008	29.8	0.4		0.4
2009	30.2	0.1		0.1
2010	30.1	0.2		0.2
2011	30.2	0.1		0.1
2012	30.2	0.1		0.1
2013	30.6	-0.3	-0.3	
2014	30.2	0.1		0.1
2015	30.2	0.1		0.1
2016	30.9	-0.6	-0.6	
2017	31.1	-0.8	-0.8	
Promedio	30.3			

En la gráfica 49, se muestra las anomalías de la temperatura máxima de 1978 a 2017, en donde se observan incrementos de temperaturas de 1978 a 1982, 1984 a 1990, 1996, 2000, 2006, 2008 a 2012, 2014 y 2015. Los descensos de temperatura 1983, 1991 a 1995, 1997 a 1999, 2001 a 2005, 2007, 2013, 2016 y 2017. Se presentó la mayor temperatura máxima registrada durante todo el período de estudio con 1.0°C en 1978.



Gráfica 49. Anomalías de la temperaturas máximas anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

En la gráfica 50, se detallan las anomalías de la temperatura máxima de 1978 a 2017; en donde se observan los incrementos de temperatura en 1978 al 1982, 1984 al 1990, 1996, 2000, 2006, 2008 al 2012, 2014 al 2015, en el cual el más caluroso fue en 1978 alrededor de los 1.0°C; y el año donde se percibió la temperatura máxima menor fue en 1998 con -1.2°C.



Gráfica 50. Anomalías de la temperatura máxima anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios por quinquenio

En el cuadro 13, se presentan las temperaturas máximas mensuales y las anomalías de 1978 al 2017 por quinquenio, donde se observa que en el quinquenio de 1978 al 1982 la temperatura máxima presentó anomalías positivas; es decir, que en ese quinquenio hubo un incremento de temperatura en 0.5°C respecto a la temperatura promedio. En el quinquenio de 1983 al 1987 la temperatura máxima se mantuvo positiva, pero con un 0.4°C . El quinquenio de 1988 al 1992 la temperatura máxima disminuyó a 0.02°C . En el quinquenio de 1993 a 1997 presenta anomalías negativas; es decir, que en ese quinquenio hubo un descenso de temperatura en -0.5°C respecto a la temperatura promedio. El quinquenio de 1998 a 2002 la anomalía negativa fue de -0.4°C . y en el quinquenio de 2003 a 2007 la anomalía fue de -0.1°C . En el quinquenio de 2008 a 2012 la temperatura presentó un incremento de 0.2°C . Por último, en el quinquenio de 2013 a 2017 vuelve a presentar una anomalía negativa de 0.3°C .

Cuadro 13. Anomalías de la temperatura máxima anual de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios

Año	Temperatura maxima promedio °C /quinquenio	Diferencia de temperatura máxima °C	Anomalia (-)	Anomalia (+)
1978-1982	29.8	0.5		0.5
1983-1987	29.9	0.4		0.4
1988-1992	30.1	0.2		0.2
1993-1997	30.8	-0.5	-0.5	
1998-2002	30.7	-0.4	-0.4	
2003-2007	30.4	-0.1	-0.1	
2008-2012	30.1	0.2		0.2
2013-2017	30.6	-0.3	-0.3	
Promedio	30.3			

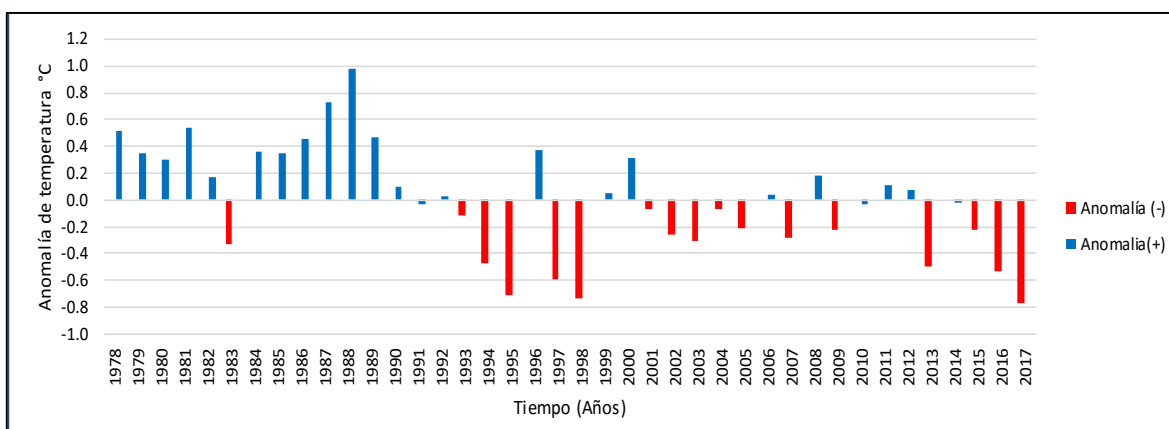
8.13 Análisis de anomalías de la temperatura media

En el cuadro 14, se presenta la temperatura media promedio anual y sus anomalías del 1978 a 2017.

Cuadro 14. Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017, del municipio de Puerto Barrios

Año	Promedio temperatura media anual °C	Diferencia de temperatura media	Anomalía (-)	Anomalia(+)
1978	25.9	0.5		0.5
1979	26.0	0.4		0.4
1980	26.1	0.3		0.3
1981	25.9	0.5		0.5
1982	26.2	0.2		0.2
1983	26.7	-0.3	-0.3	
1984	26.0	0.4		0.4
1985	26.0	0.4		0.4
1986	25.9	0.5		0.5
1987	25.7	0.7		0.7
1988	25.4	1.0		1.0
1989	25.9	0.5		0.5
1990	26.3	0.1		0.1
1991	26.4	0.0		0.0
1992	26.4	0.0		0.0
1993	26.5	-0.1	-0.1	
1994	26.9	-0.5	-0.5	
1995	27.1	-0.7	-0.7	
1996	26.0	0.4		0.4
1997	27.0	-0.6	-0.6	
1998	27.1	-0.7	-0.7	
1999	26.3	0.1		0.1
2000	26.1	0.3		0.3
2001	26.5	-0.1	-0.1	
2002	26.6	-0.3	-0.3	
2003	26.7	-0.3	-0.3	
2004	26.5	-0.1	-0.1	
2005	26.6	-0.2	-0.2	
2006	26.3	0.0		0.0
2007	26.7	-0.3	-0.3	
2008	26.2	0.2		0.2
2009	26.6	-0.2	-0.2	
2010	26.4	0.0		0.0
2011	26.3	0.1		0.1
2012	26.3	0.1		0.1
2013	26.9	-0.5	-0.5	
2014	26.4	0.0		0.0
2015	26.6	-0.2	-0.2	
2016	26.9	-0.5	-0.5	
2017	27.2	-0.8	-0.8	
Promedio	26.4			

En la gráfica 52, se presentan las anomalías de la temperatura media de 1978 a 2017; en donde se observan incrementos de temperatura en 1983, 1993 a 1994, 1997, 1998, 2001 a 2005, 2007, 2009, 2013 2015 a 2017; donde el año en el cual se ha registrado menores temperaturas es en 2017 con una anomalía de -0.8°C; y en el que se ha registrado mayores temperaturas es en 1988 con 1.0°C supera a la temperatura media promedio.



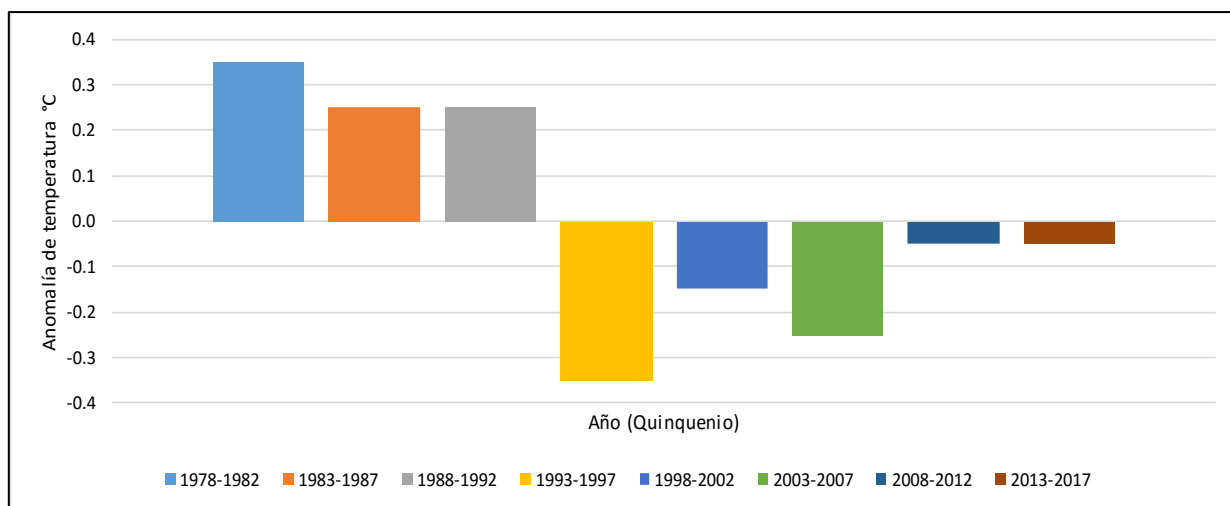
Gráfica 51. Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

En el cuadro 15, se presentan las temperaturas medias anuales y las anomalías de 1978 a 2017 por quinquenio, donde se observa que los quinquenios de 1978 a 1982, 1983 a 1987, 1988 a 1992 presentan anomalías positivas; es decir que estos quinquenios hubo un incremento de la temperatura media anual; el quinquenio con temperatura más alta fue el de 1978 a 1982 con 0.4°C respecto con la temperatura promedio. En el quinquenio de 1993 a 1997 la temperatura media presentó anomalías de -0.3°C. El quinquenio de 1998 a 2002 presentó anomalías negativas de -0.1°C, lo cual no es significativa y en el quinquenio de 2003 a 2007 se observa anomalías negativas de -0.3°C.

Cuadro 15. Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017 por quinquenio del municipio de Puerto Barrios

Año	Temperatura media total °C /quinquenio	Diferencia de temperatura media	Anomalia (-)	Anomalia (+)
1978-1982	26.0	0.4		0.4
1983-1987	26.1	0.3		0.3
1988-1992	26.1	0.3		0.3
1993-1997	26.7	-0.3	-0.3	
1998-2002	26.5	-0.1	-0.1	
2003-2007	26.6	-0.3	-0.3	
2008-2012	26.4	0.0		0.0
2013-2017	26.4	0.0		0.0
Promedio	26.4			

En la gráfica 52, se detallan las anomalías de temperatura media durante el período de 1978 a 2017 por quinquenio.



Gráfica 52. Anomalías de la temperatura media anual de 1978 a 2017 por quinquenio en municipio de Puerto Barrios

8.14 Análisis de anomalías de la temperatura mínima

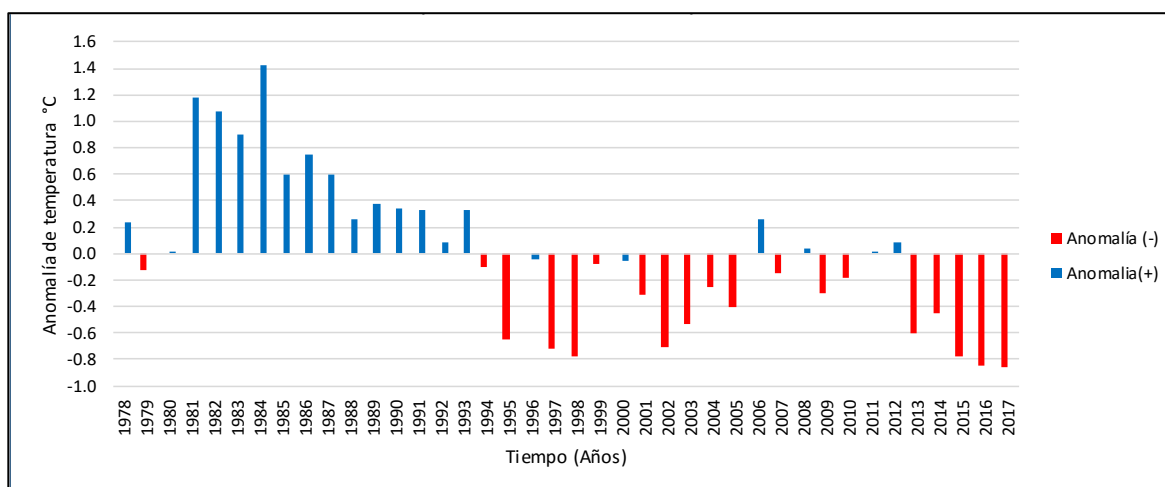
En el cuadro 16, se presentan la temperatura mínima promedio anual y sus anomalías para el período de 1978 a 2017, donde se observa que la mayor anomalía negativa se registró en 2017 con -0.9°C y la mayor anomalía positiva se registró en 1981 con 1.2°C .

Cuadro 16. Anomalías de la temperatura mínima anual de 1978 a 2017 del municipio de Puerto Barrios

Año	Promedio temperatura mínima anual °C	Diferencia de temperatura mínima	Anomalía (-)	Anomalia(+)
1978	21.7	0.2		0.2
1979	22.1	-0.1	-0.1	
1980	21.9	0.0		0.0
1981	20.8	1.2		1.2
1982	20.9	1.1		1.1
1983	21.0	0.9		0.9
1984	20.5	1.4		1.4
1985	21.3	0.6		0.6
1986	21.2	0.8		0.8
1987	21.3	0.6		0.6
1988	21.7	0.3		0.3
1989	21.6	0.4		0.4
1990	21.6	0.3		0.3
1991	21.6	0.3		0.3
1992	21.9	0.1		0.1
1993	21.6	0.3		0.3
1994	22.0	-0.1	-0.1	
1995	22.6	-0.7	-0.7	
1996	22.0	0.0		0.0
1997	22.7	-0.7	-0.7	
1998	22.7	-0.8	-0.8	
1999	22.0	-0.1	-0.1	
2000	22.0	0.0		0.0
2001	22.3	-0.3	-0.3	
2002	22.7	-0.7	-0.7	
2003	22.5	-0.5	-0.5	
2004	22.2	-0.3	-0.3	
2005	22.3	-0.4	-0.4	
2006	21.7	0.3		0.3
2007	22.1	-0.1	-0.1	
2008	21.9	0.0		0.0
2009	22.2	-0.3	-0.3	
2010	22.1	-0.2	-0.2	
2011	21.9	0.0		0.0
2012	21.9	0.1		0.1
2013	22.5	-0.6	-0.6	
2014	22.4	-0.5	-0.5	
2015	22.7	-0.8	-0.8	
2016	22.8	-0.8	-0.8	
2017	22.8	-0.9	-0.9	
Promedio	21.9			

En la gráfica 53, se muestra las anomalías de la temperatura mínima de 1978 a 2017, en donde se observan incrementos de temperaturas de 1978, 1980 a 1993, 2006 y 2012. Los descensos de temperatura son 1979, 1994 a 1995, 1997 a 1999, 2006 y 2012.

2001 a 2005, 2007, 2009 a 2010 y 2013 a 2017. El registro más alto de temperatura mínima registrada durante todo el período de estudio con 1.4°C en 1984.



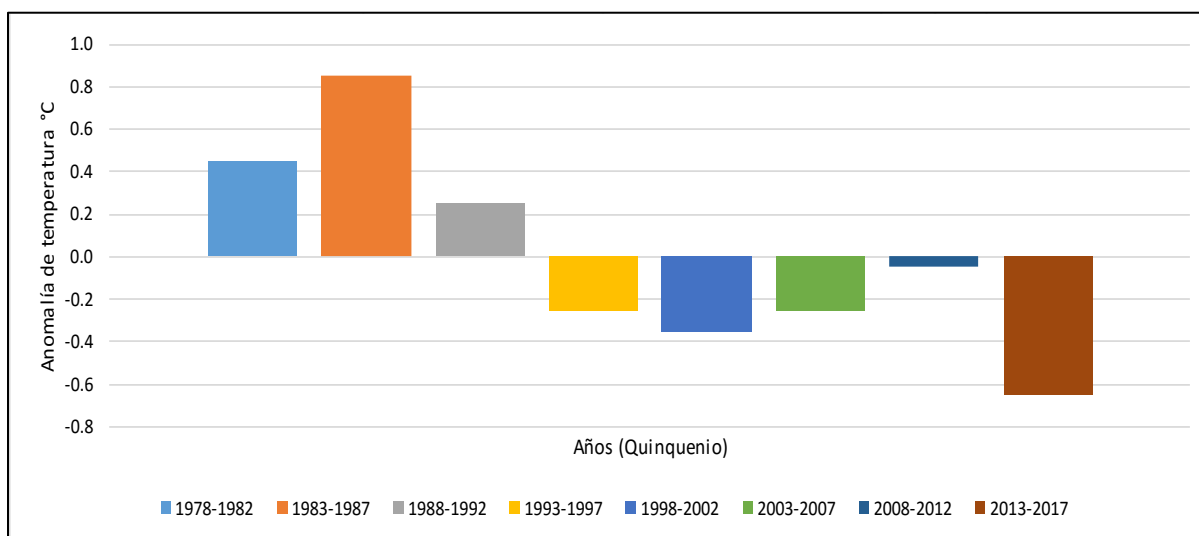
Gráfica 53. Anomalías de la temperatura mínima anual de 1978 a 2017 en el municipio de Puerto Barrios

En el cuadro 17, se presentan las temperaturas mínimas mensuales y las anomalías de 1978 a 2017 por quinquenio, donde se observa que los primeros tres quinquenios (1978 a 1982, 1983 a 1987, 1988 a 1992) presentan temperaturas con anomalías positivas y en los siguientes (1993 a 1997, 1998 a 2002, 2003 a 2007, 2008 a 2012 y 2013 a 2017) con anomalías negativas, con la diferencia más baja de -0.7°C.

Cuadro 17. Anomalías de la temperatura mínima de 1978 a 2017 por quinquenio en el municipio de Puerto Barrios

Año	Temperatura mínima total °C/quinquenio	Diferencia de temperatura mínima	Anomalia (-)	Anomalia (+)
1978-1982	21.5	0.4		0.4
1983-1987	21.1	0.8		0.8
1988-1992	21.7	0.3		0.3
1993-1997	22.2	-0.3	-0.3	
1998-2002	22.3	-0.4	-0.4	
2003-2007	22.2	-0.3	-0.3	
2008-2012	22.0	-0.1	-0.1	
2013-2017	22.6	-0.7	-0.7	
Promedio	22.0			

En la gráfica 54, se muestran las anomalías de 1978 a 2017 por quinquenio.



Gráfica 54. Anomalías de la temperatura mínima de 1978 a 2017 en el quinquenio del municipio de Puerto Barrios

8.15 Recopilación de fenómenos atmosféricos asociados a la variabilidad climática

América Central es una de las regiones con mayor riesgo a desastres a nivel mundial, resultado de la convergencia de diversos factores geográficos y de composición geológica, que sumando aspectos de carácter social han incrementado el impacto de los eventos naturales en las últimas décadas y Guatemala no escapa a esta situación. De acuerdo con el Informe Mundial del Riesgo, elaborado por la Universidad de Lovaina de Bélgica, Guatemala está catalogado como el cuarto país en vulnerabilidad de riesgo a desastres.

El área del departamento de Izabal por su cercanía al Océano Atlántico y a la desembocadura del Río Motagua, es uno de los departamentos que ha sido más afectado por los desastres naturales asociados al clima como las inundaciones y deslizamientos.

En el país, el fenómeno de El Niño está íntimamente relacionado con la ocurrencia de sequías sobre su territorio; lo contrario sucede con el fenómeno de La Niña donde este está asociado a estaciones lluviosas benignas o más húmedas y también con la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos que causan desastres naturales como depresiones atmosféricas, tormentas y ciclones tropicales.

Guatemala se ha visto afectada por el impacto del fenómeno de El Niño, de acuerdo con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2019) este fenómeno presentó los efectos más severos de los últimos años. Según datos del INSIVUMEH; algunas áreas del país a lo largo del corredor seco registraron hasta 70 días sin lluvias asociados con altas temperaturas. Las evaluaciones conjuntas realizadas por el Equipo Humanitario del País en el año 2015 indican que, unas 248,000 familias fueron afectadas y un número significativo de niños y niñas con problemas de desnutrición aguda grave. La condición de inseguridad alimentaria y

nutricional se vio agravada por factores paralelos como la afectación de la cosecha de café y el escaso trabajo.

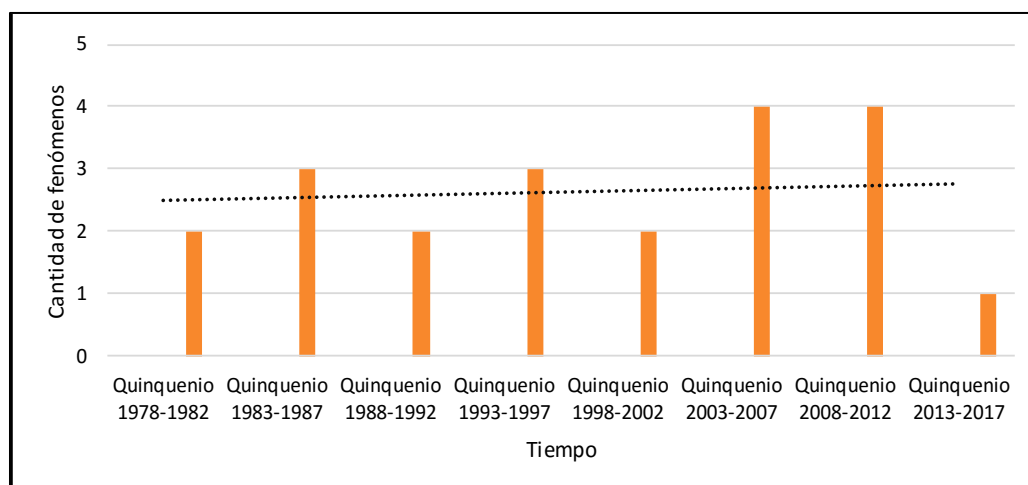
El fenómeno de La Niña ha ocurrido en ocasiones causando grandes impactos y desastres naturales que han marcado al territorio, como el huracán Mitch y la tormenta tropical Stan.



Gráfica 55. Línea del tiempo con fenómenos del Niño y de la Niña en el periodo de 1978 a 2017

En la gráfica 56 se encuentra la distribución de los fenómenos del Niño y de la Niña ocurridos por quinquenio, del año 1978 al 2017. Donde se puede observar que la cantidad de fenómenos es mínima (4) por quinquenio, sin embargo, el 41% de los fenómenos tienen una duración mayor a 12 meses. El 50% de los fenómenos han sido Niño y el otro 50% Niña. Durante el periodo de estudio se registraron un total de 22 fenómenos.

El ultimo fenómeno del Niño con mayor relevancia en el municipio fue registrado en el año 2014, el cual tuvo como duración 19 meses; y el ultimo fenómeno de la Niña que ocasionó daños en la región fue en el año 2010 con una duración de 12 meses donde ocurrió la tormenta tropical Agatha.



Gráfica 56. Distribución de los fenómenos del Niño y de la Niña por quinquenio

8.16 Estrategias para la adaptación y mitigación a la variabilidad del departamento de Izabal

8.16.1 Estrategias de mitigación

- a. Promover la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las siguientes fuentes: cambio de uso de la tierra y silvicultura, producción de energía eléctrica, transporte e industria.
- b. Promover un mayor aprovechamiento de recursos renovables.

- c. Desarrollar actividades de mitigación al cambio climático con base en acuerdos y normativa nacional e internacional promoviendo la compensación de emisiones de gases de efecto invernadero.

8.16.2 Estrategias de adaptación

- a. Incrementar y reforzar los programas de prevención y gestión de riesgo para minimizar las pérdidas de vidas humanas y de infraestructura.
- b. Reducir la vulnerabilidad de la población del departamento a los efectos producidos en la variabilidad por el Cambio Climático, especialmente en la salud; la agricultura, la ganadería y la seguridad alimentaria; en lo que corresponde a los recursos forestales; los recursos hídricos; los suelos y la infraestructura.
- c. Reducir los impactos del cambio climático en la biodiversidad que consiste en ecosistemas y especies
- d. Mejorar la capacidad local de la adaptación a la variabilidad y Cambio Climático.

9. CONCLUSIONES

1. La temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima, muestran que entre 1978 al 2017, han tenido un leve incremento el cual se estima en 1.1°C.
2. La precipitación pluvial muestra una tendencia a disminuir en el período de 1978 al 2017; los resultados indican que esta tiene un comportamiento con alta dispersión al comparar la precipitación durante los 40 años de estudio.
3. La humedad relativa presenta poca variación en el período comprendido de 1978 a 2017, dicha variación se debe principalmente al incremento a la tendencia de la temperatura y la disminución del régimen de precipitación.
4. La presión atmosférica no muestra variación en el período de estudio que corresponde de 1978 a 2017, es decir la presión atmosférica no se ve afectada por los cambios existentes en la temperatura y la precipitación pluvial.
5. El balance hídrico muestra que en la zona durante el período de 1978 al 2017 no existió déficit hídrico en ningún año, todos los años muestran que la precipitación pluvial es superior a la evapotranspiración.
6. En el 49% de los años analizados del período de 1978 a 2017, existen valores atípicos, es decir que en al menos un mes de cada año se presentaron escenarios con los cuales el acumulado de precipitación aumentó de manera considerable en relación al resto de días con lluvia.
7. En el período comprendido de 1978 a 2017, los días con lluvia por año se han incrementado; aunque es importante indicar que la precipitación total anual manifiesta una reducción del 6% aproximadamente.

8. Los climogramas realizados por quinquenio durante el período de 1978 a 2017, muestran que el último quinquenio estudiado de 2013 al 2017 es el que presentó una reducción significativa en la precipitación total anual, por lo tanto, este quinquenio puede considerarse más seco que los anteriores.
9. En más del 80% de los años estudiados las temperaturas media, máxima y mínima tienen un comportamiento disperso lo cual evidencia que el clima está sufriendo variaciones en un período de tiempo.
10. Al realizar el análisis de anomalías de la variable precipitación pluvial se determinó que la precipitación en el año 2000 se redujo 915mm comparado con la media del período de 1978 a 2017; por el contrario, la precipitación en el año 1983 se incrementó 667mm con respecto a la media.
11. Al analizar las anomalías correspondientes a la temperatura media, se determinó que el año 1988 tiene la temperatura media más baja (25.4°C) y el año 2017 es el que presentó la temperatura media más alta (27.2°C).

10. RECOMENDACIONES

- Realizar un mapeo y diagnóstico de las estaciones climáticas tanto públicas como privadas existentes en el departamento de Izabal, para establecer una red participativa de monitoreo climático con los diferentes actores locales con el apoyo del INSIVUMEH.
- Al INSIVUMEH, MARN y MAGA, sede Izabal, evaluar la factibilidad de establecer una mesa agroclimática, considerando los actores locales que actualmente participan en el departamento de Izabal.
- A la carrera de Ingeniería de Gestión Ambiental Local del CUNIZAB, socializar los resultados de la investigación con los diferentes actores locales en el departamento de Izabal para promover acciones que permitan la adaptación a la variabilidad climática.
- A la CONRED, realizar estudios de vulnerabilidad y riesgo a desastres ambientales en el departamento de Izabal.
- Al MARN Y MAGA, promover prácticas de adaptación al cambio climático que le permitan a la población disponer de planes para reducir el riesgo a fenómenos naturales derivados de la amenaza a inundaciones por desbordamiento de ríos.
- A las diferentes universidades, continuar realizando estudios de variabilidad climática en los siguientes períodos quinquenales con los datos registrados por la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios.
- Promover medidas de mitigación y protección de los bosques de galería, los ecosistemas de manglares que se encuentran dentro de las explotaciones

agrícolas y ganaderas para reducir el riesgo a desbordamiento de ríos y evitar la deforestación en el departamento de Izabal por medio de la CONRED.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gómez Jordán, RC. 2014. Evidencias del cambio climático en la vertiente del pacífico de Guatemala, período 1971-2010 con base en información estadística, diagnóstico y servicios prestados en el departamento de Investigación y servicios climáticos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, Guatemala. C.A. (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. ix, x. Consultado 14 nov. 2018. Disponible <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2676/1/Rosario%20G%C3%B3mez.pdf>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2016. El fenómeno de “El Niño” en la agricultura de las Américas (en línea). Boletín IICA. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/290192959_El_fenomeno_de_El_Nino_en_la_agricultura_de_las_Americas.
- INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). 2018. Base de datos de variables climáticas de la estación meteorológica de Puerto Barrios (base de datos en Excel). Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, INSIVUMEH, Departamento de investigación y servicios climáticos.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Cambio climático 2014: informe de síntesis (en línea). Ginebra, Suiza. p. 127-140. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_es.pdf.
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). 2001. 1a comunicación nacional sobre cambio climático (en línea). Guatemala. 124 p. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en <http://www.marn.gob.gt/MUpdf>.

NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE. UU.). 2010. Los peores huracanes de los últimos 50 años (en línea). Estados Unidos de América, RT/TV Novosti. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en <https://actualidad.rt.com/ciencias/view/12668-Los-peores-huracanes-de%20los-50-años>

NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE. UU.). s.f. Cold & warm episodes by season (en línea, sitio web). Estados Unidos de América. Consultado 16 may. 2019. Disponible en https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

OMM (Organización Meteorológica Mundial, Suiza). 2011. Guía de prácticas climatológicas: OMM-nº100 (en línea). Ginebra, Suiza. 128 p. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2019. Objetivo 13: acción climática (en línea, sitio web). Guatemala. Consultado 04 feb. 2019. Disponible en <http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/post-2015/sdg-overview/goal-13.html>

Rodríguez Jiménez, RM; Capa Benito, A; Portela Lozano, A. 2004. Meteorología y climatología: semana de la ciencia y la tecnología 2004 (en línea). España, FECYT. 170 p. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>

SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia). 2011. Plan de desarrollo Puerto Barrios, Izabal (en línea). Guatemala, SEGEPLAN/DPT. 121 p. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/66-izabal?download=309:pdm-puerto-barrios>

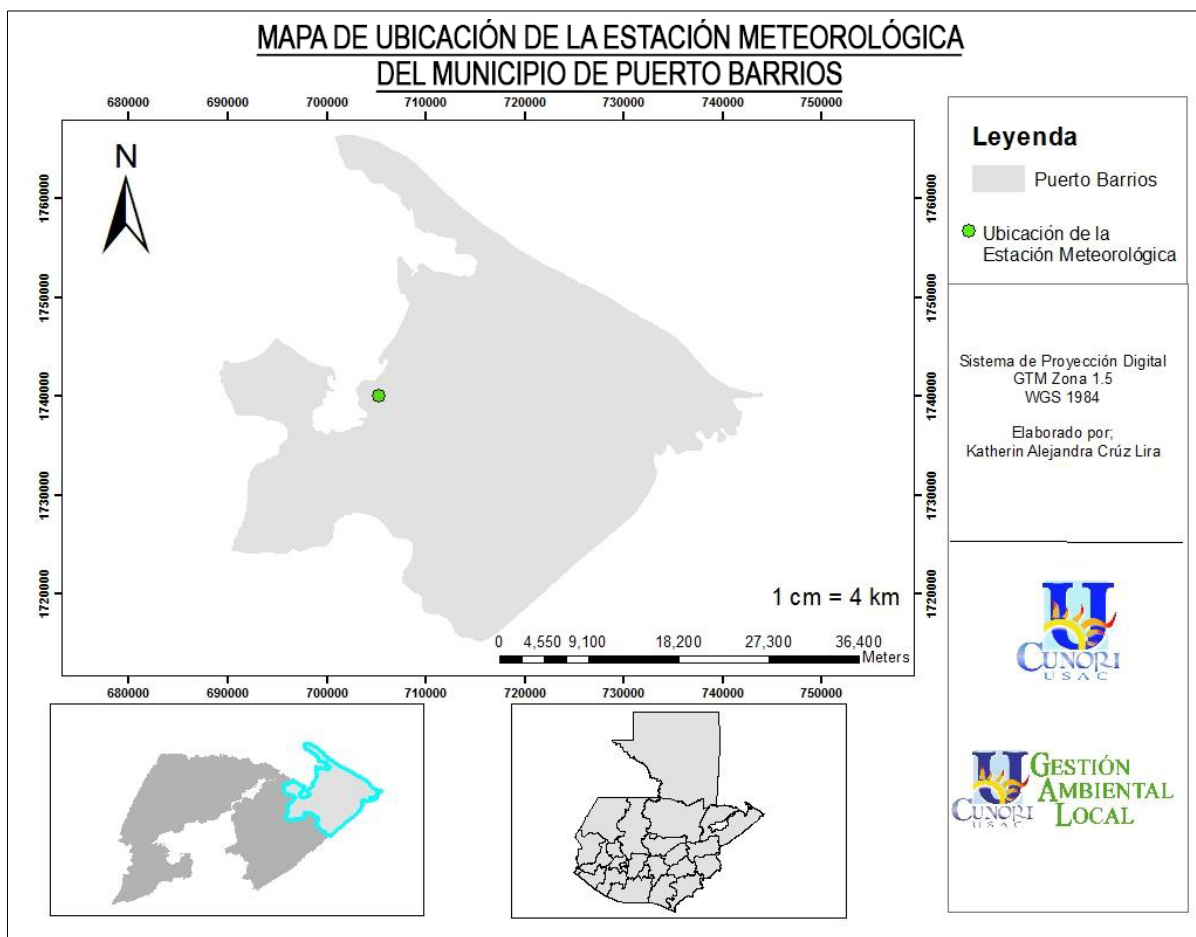
Sumalé Arenas, ED. 2016. Determinación de la variabilidad climática interanual en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, de 1972 a 2012 (en línea 121). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, CUNORI-USAC. p. xvi-xviii. Consultado 30 ene. 2018. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/Determinacion_de_la_variabilidad_climatica_interanual_en_el_municipio_de_Esquipulas_departamento_de_Chiquimula_de_1972_a_2012.pdf

UM (Universidad de Murcia). 2000. Tema 1: definición de climatología. elementos y factores climáticos, problemas de método (en línea, sitio web). Murcia, España. Consultado 25 sep. 2018. Disponible en <https://www.um.es/geograf/clima/tema01.html>



12. ANEXO

Anexo 1. Ubicación referencia de la estación meteorológica de Puerto Barrios, Izabal.



Mapa de Cuencas Hidrográficas

Departamento de Izabal

Legenda:

- Limite Departamental
- Limite Municipal
- Limite de Cuencas
- Cuerpos de Agua
- Rios

Proyector de Mapa Oficial
UTM, zona 15, DATUM IAG 27
Proyector de Mapa Oficial
UTM, zona 15, DATUM IAG 27

Fuente:
Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PECN)
Procesado por:
Laboratorio de Estudios de Información Geográfica (SIG MAGA)
Cartable a. Mapa de Cuencas
de la República de Guatemala, 1:500,000

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)
Unidad de Planificación Geográfica y Gestión
de Riesgos (UNIGR)
Laboratorio de Información Geográfica (SIG MAGA)
Guatemala, de enero a 2004

Cuenca	Área (km ²)	Área (%)
Lago de Izabal-Rio Dulce	3,424	41.55
Rio Motagua	3,319	40.26
Rio San Juan	954	11.57
Rio Patzún	455	5.52
Rio Cahabón	91	1.10
Total	8,242	100.00

96

Evidencia del cambio climático en el departamento de Izabal

En Guatemala las manifestaciones de la variabilidad climática, se presenta con fenómenos meteorológicos como inundaciones, vientos huracanados, heladas, tormentas locales intensas, sequías, entre otros. Los impactos por altas precipitaciones y episodios de sequía en los últimos años han dado como resultados pérdidas de algunos ecosistemas, de recursos hídricos, en cultivos como granos básicos o cultivos de la zona, reducción de la calidad de vida y repercusiones en enfermedades que afectan la población.

No existen análisis de los altos niveles de riesgo ante un clima cambiante e inestable, esto es particularmente relevante para segmentos sociales extremadamente expuestos, los cuales dependen para su subsistencia de actividades y recursos que, a su vez, son directamente dependientes del clima.

Los efectos climáticos como las inundaciones, sequías, tormentas tropicales y/o huracanes, son fenómenos que impactan considerablemente los niveles de



Imagen 1. Puente El Rico, colapsado por la fuerte corriente provocada para la Tormenta Tropical Agatha

productividad y desarrollo de la población en el departamento de Izabal.

Es importante realizar estudios para analizar la variabilidad climática en la región de la costa norte de Guatemala, con el objetivo de generar información para aplicarla en la toma de decisiones que permitan desarrollar estrategias y planes de adaptación al cambio climático. Analizando 40 años de registro (1978 a 2017) se obtuvo información relevante sobre el municipio de Izabal.

La temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima, entre 1978 al 2017, han tenido un leve incremento el cual se estima en 1.1°C.

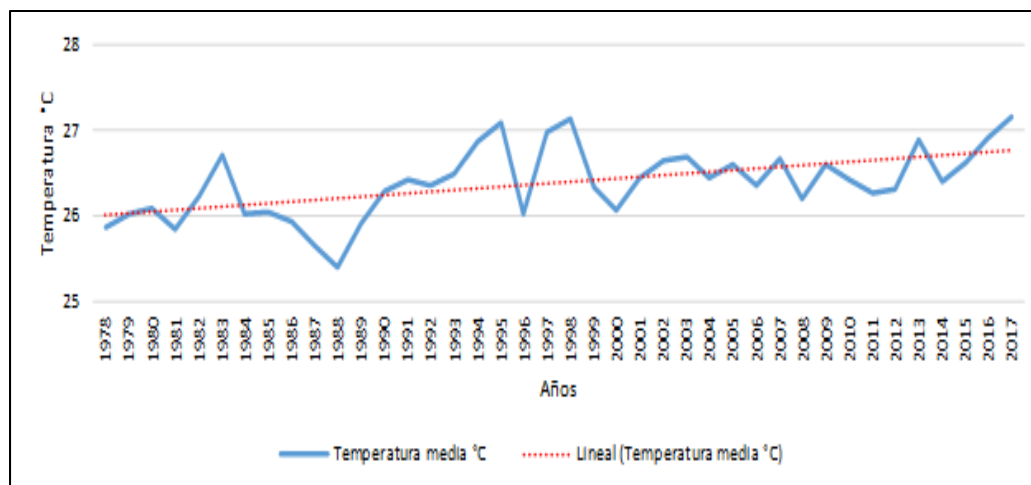


Imagen 2. Promedio temperatura media del año 1978 a 2017 / Elaboración Propia

En el municipio de Puerto Barrios los registros muestran que en el período comprendido de 1978 a 2017, los días con lluvia por año se han incrementado; aunque es importante indicar que la precipitación total anual manifiesta una reducción del 6% aproximadamente; los resultados indican que esta tiene un comportamiento con alta dispersión al comparar la precipitación durante los 40 años de estudio.

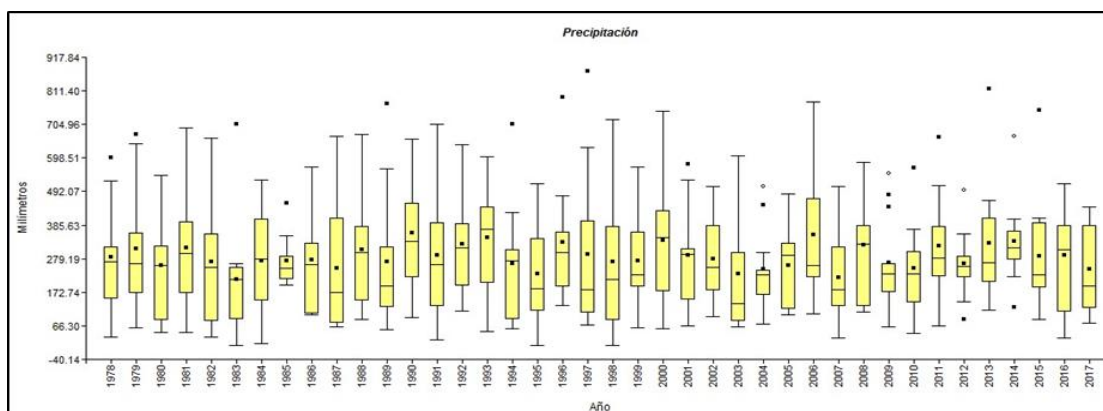


Imagen 3. Boxplot de la precipitación anual para la estación del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Puerto Barrios / Elaboración Propia

En el país, el fenómeno de El Niño está íntimamente relacionado con la ocurrencia de sequías sobre su territorio; lo contrario sucede con el fenómeno de La Niña donde este está asociado a estaciones lluviosas benignas o más húmedas y también con la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos que causan desastres naturales como depresiones atmosféricas, tormentas y ciclones tropicales.

Guatemala se ha visto afectada por el impacto del fenómeno de El Niño, de acuerdo con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) este fenómeno presentó los efectos más severos de los últimos años. Según datos del INSIVUMEH; algunas áreas del país a lo largo del corredor seco registraron hasta 70 días sin lluvias asociados con altas temperaturas. El fenómeno de La Niña ha ocurrido en ocasiones causando grandes impactos y desastres naturales que han marcado al territorio, como el huracán Mitch y la tormenta tropical Stan.



1979-1980	• Fenómeno del Niño con un periodo de 5 meses desde septiembre hasta enero del siguiente año
1982-1983	• Fenómeno del Niño con un periodo de 15 meses desde marzo hasta mayo del siguiente año
1983-1984	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 5 meses desde agosto hasta diciembre
1984-1985	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 11 meses desde septiembre hasta julio del siguiente año
1986-1988	• Fenómeno del Niño con un periodo de 18 meses desde agosto hasta enero del siguiente año
1988-1989	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 13 meses desde abril hasta abril del siguiente año
1991-1992	• Fenómeno del Niño con un periodo de 14 meses desde abril hasta marzo del siguiente año
1994-1995	• Fenómeno del Niño con un periodo de 7 meses desde abril hasta febrero del siguiente año
1995-1996	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 8 meses desde julio hasta febrero del siguiente año
1997-1998	• Fenómeno del Niño con un periodo de 13 meses desde abril hasta abril del siguiente año
1998-2001	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 32 meses consecutivos de junio del 1998 hasta enero de 2001
2002- 2003	• Fenómeno del Niño con un periodo de 9 meses desde mayo hasta enero del siguiente año
2004-2005	• Fenómeno del Niño con un periodo de 8 meses desde junio hasta enero del siguiente año
2005-2006	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 5 meses desde octubre hasta febrero del siguiente año
2006-2007	• Fenómeno del Niño con un periodo de 5 meses desde agosto hasta diciembre
2007-2008	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 12 meses desde junio hasta mayo del siguiente año
2008-2009	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 5 meses desde octubre hasta febrero del siguiente año
2009-2010	• Fenómeno del Niño con un periodo de 9 meses desde junio hasta febrero del siguiente año
2010-2011	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 12 meses desde mayo hasta abril del siguiente año
2011-2012	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 9 meses desde junio hasta febrero del siguiente año
2014-2016	• Fenómeno del Niño con un periodo de 19 meses desde octubre del 2014 hasta abril del 2016
2016	• Fenómeno de la Niña con un periodo de 5 meses desde julio hasta noviembre

Imagen 4. Línea del tiempo con fenómenos ocurridos en Izabal de 1978 a 2017 / información extraído de: NOAA; Elaboración propia

El climograma del último quinquenio de 2013 al 2017 el mes de abril muestra ser el mes con menor precipitación, por lo tanto, se puede considerar que en este quinquenio corresponde al mes más seco del año, los resultados muestran que esta puede ser una tendencia a futuro donde la precipitación puede reducirse en los meses de marzo y abril y alcanzar valores que puedan representar un período seco que anteriormente no era evidente en esta región.

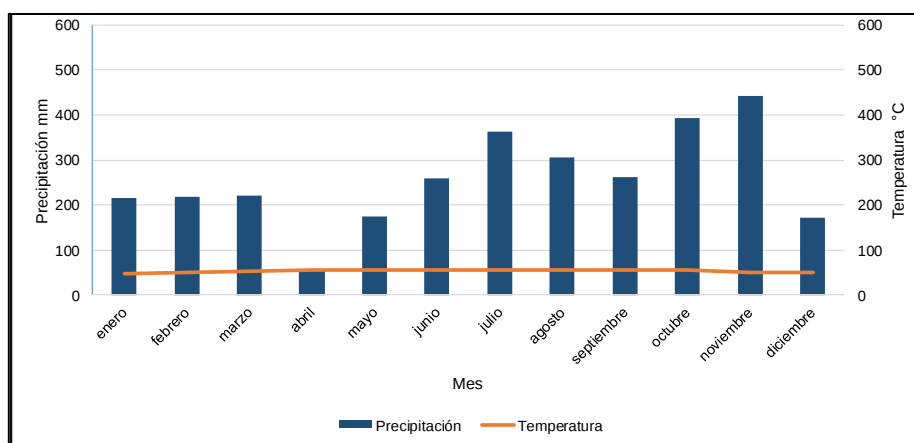


Imagen 5. Climograma del período de 2013 a 2017 / Elaboración propia

Sin embargo, no todas las noticias son malas; el balance hídrico climático muestra la diferencia que existe entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, evidenciando que esta región es una zona muy húmeda debido a la alta precipitación por su ubicación geográfica; también es evidente que la evapotranspiración en ninguno de los años analizados es igual o superior a la precipitación pluvial. Esto quiere decir, que no existe déficit hídrico.

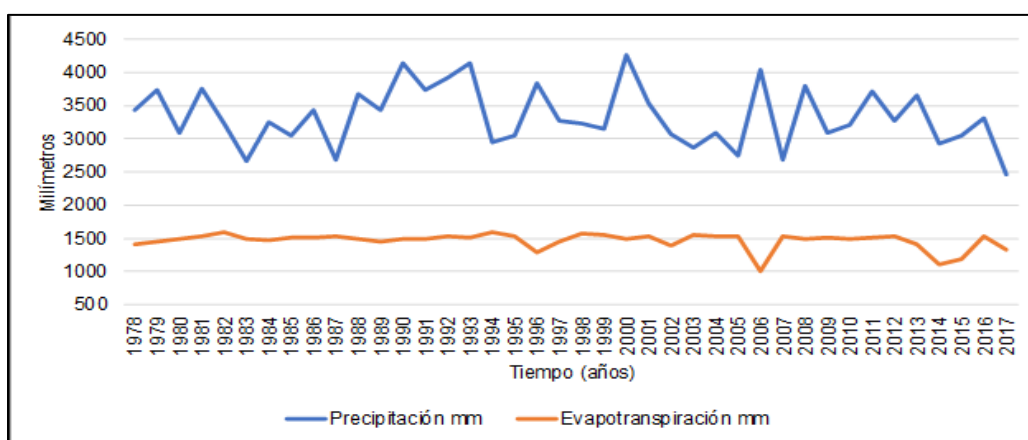


Imagen 6. Balance hídrico climático del período de 1978 al 2017 del municipio de Puerto Barrios, Izabal / Elaboración propia

Existen algunas estrategias para la adaptación y mitigación a la variabilidad del departamento de Izabal, las cuales son:



Imagen 7. Estrategias para la adaptación y mitigación a la variabilidad del departamento de Izabal

NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration). s.f. Cold & warm episodes by season (en línea, sitio web). Estados Unidos de América. Consultado 16 may. 2019. Disponible en https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php