

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:
ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS PROYECCIONES AL 2070 EN
EL CANTÓN VENTANAS, PROVINCIA DE LOS RÍOS**

**AUTOR:
KEVIN ALEXANDER PACHECO PROAÑO**

**DOCENTE TUTOR:
MARÍA SHEILA FABIOLA SERRANO VINCENTI**

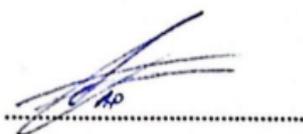
Quito, marzo del 2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Kevin Alexander Pacheco Proaño con documento de identificación N°172616929-3, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: Estudio de cambio climático y sus proyecciones al 2070 en el Cantón Ventanas, provincia de Los Ríos, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, marzo del 2022



Kevin Alexander Pacheco Proaño
172616929-3

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, Estudio de Cambio Climático y sus proyecciones al 2070 en el cantón Ventanas, provincia de Los Ríos, realizado por Kevin Alexander Pacheco Proaño, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sheila Serrano Vincenti', written over a faint circular stamp or watermark.

.....
María Sheila Fabiola Serrano Vincenti
171026757-4

DEDICATORIA

A mis padres Lucrecia Proaño y Washington Pacheco por ser grandes ejemplos de personas, con su amor incondicional, trabajo, sacrificio en todos estos años me han dado la fuerza necesaria para seguir adelante, forjándome como persona y profesional. Gracias a ellos que me inspira con grandes enseñanzas día a día, sobre todo la confianza que me deposita, motivándome constantemente y siendo la principal protagonista de este logro que sin su ayuda no hubiera sido posible.

A mi hermano Alan Pacheco, por estar siempre presente proporcionándome su cariño, apoyo durante todo este proceso, además de acompañarme en cada uno de mis sueños y por siempre guiarme con sus consejos que hicieron de mí una mejor persona.

Kevin Pacheco

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, especialmente al cuerpo docente de la carrera de Ingeniería Ambiental porque fueron quienes nos forjaron académicamente y nos dieron las herramientas necesarias para poder desempeñar un buen papel en el ámbito laboral, cada uno desarrolló un papel muy importante en su momento; no solo por transmitirnos sus valiosos conocimientos, sino también por haber hecho que podamos pensar más allá y tener una visión más amplia y más completa de las cosas, para que de esta manera se pueda tener un enfoque diferente del mundo y sus interacciones.

Un agradecimiento especial a mi tutor, Fis. Sheila Serrano por haberme guiado y apoyado en la realización del trabajo experimental; además de tenerme mucha paciencia, lo cual me permitió poder solventar todas las dudas y culminar con gran éxito esta investigación. Gracias por haberme exigido tanto, pero a la vez darnos ánimos para continuar.

Al Msc. Rodrigo Tufiño por su conocimiento, apoyo y soporte en la investigación.

Al grupo ASU de RHINOS RUGBY CLUB, a todos mis amigos que se convirtieron en mis hermanos y al Coach Álvaro Martínez por sus enseñanzas y su apoyo, gracias por ser parte de una de las mejores etapas de mi vida y por ser la familia de la que pude aprender muchísimas cosas como lecciones de vida, es por ello por lo que “Jugamos al Rugby, porque en el Rugby existe todo lo que hay que saber de la vida”.

A mis mejores amigos Bryan y Johnny, por el tiempo y los recuerdos que se mantienen vivos y la amistad latente, esperando que Dios nos de muchos más años juntos y que podamos seguir compartiendo momentos juntos.

A Fernanda, quien durante los últimos años supo entenderme, apoyarme y por levantarme muchas veces de las que no recuerdo y por reírnos otras tantas que faltarían hojas para nombrarlas. “Eres mi luz, y a veces brillas tanto que no puedo mirarte directamente, pero a pesar de eso. ¿Aun puedo quedarme a tu lado?”.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
SUMMARY	3
1.INTRODUCCIÓN	4
1.1. Problema.....	4
1.2. Delimitación	4
1.3. Pregunta científica	5
1.4. Objetivos:.....	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos	5
1.5. Hipótesis	5
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1. Cambio Climático	7
2.2. Factores que causan el Cambio Climático.....	7
2.3. Ecuador y Cambio Climático	12
2.4. ¿Cuáles son las metas que se planteó el Ecuador?	14
2.5. Herramientas de Análisis Estadístico	16
2.5.1. R Studio	16
2.5.2. RclimDex	16
2.6. Índices utilizados para evaluar el Cambio Climático, incluidos en Rclimdex	16
2.7. IPCC	18
2.8. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático	20
2.9. Escenarios Climáticos.....	21
2.10. Modelos de Circulación General de Cambio Climático.....	22
2.11. Aplicación del Downscaling.....	23
3. MATERIALES Y METODOS	24
3.1. Área de estudio	24
3.3. Datos de los modelos atmosféricos utilizados en la TCN	30
3.4. Lectura de los Datos Mensuales y Diarios	34
3.5. Control De Calidad De Los Datos Mensuales y Diarios	38

3.6. Análisis Climatológico	40
3.6.1. <i>Elaboración de Cartografías</i>	40
3.7. Análisis de índices de Cambio Climático con RCLimDex.....	41
3.7.1. <i>Control de Calidad Climatológico de datos en RCLimDex</i>	42
3.8. Downscaling estadístico: corrección del modelo vs. dato in-situ.....	43
3.9. Corrección de Datos Modelados.....	44
3.10. Índices de Cambio Climático proyectados al 2070.	44
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1 Descripción de la climatología en la zona de estudio.....	45
4.1.1 <i>Climatología de la precipitación</i>	45
4.1.2 <i>Climatología de las temperaturas máximas y mínimas</i>	46
4.2 Índices de Cambio Climático sobre datos in-situ.	50
4.2.1. <i>Análisis de los índices de Cambio Climático con los datos In-situ</i>	50
4.3. Comparación de datos in-situ vs datos históricos modelados	74
4.4. Factores de corrección para el downscaling estadístico.	84
4.5. Análisis de los índices de Cambio Climático proyectados al 2070	86
4.5.1. <i>Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5</i>	86
4.6. Discusión	122
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1 Conclusiones.....	124
5.2. Recomendaciones	125
6. BIBLIOGRAFÍA.....	127
7. ANEXOS.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Índices de Cambio Climático basados en la temperatura, recomendados por la ECTCCDI, para este estudio.</i>	17
Tabla 2. <i>Índices de Cambio Climático relacionados con las anomalías de la precipitación recomendados por la ECTCCDI para este estudio.</i>	18
Tabla 3. <i>Características Generales de todas las estaciones meteorológicas con datos mensuales de la zona de estudio. Las variables meteorológicas empleadas para el estudio son precipitación (rr), temperatura máxima (tx) y temperatura mínima (tn).</i>	26
Tabla 4. <i>Características Generales las estaciones meteorológicas con datos diarios de la zona de estudio. Las variables meteorológicas empleadas para el estudio son precipitación (rr), temperatura máxima (tx) y temperatura mínima (tn).</i>	27
Tabla 5. <i>Porcentaje de datos mensuales validos por Estación Meteorológica entregados por el INAMHI.</i>	27
Tabla 6. <i>Formato simplificado de los datos mensuales entregados por el INAMHI</i>	28
Tabla 7. <i>Formato de los datos diarios entregada por el Ministerio del Ambiente y Agua</i>	29
Tabla 8. <i>Porcentaje de datos diarios validos por estación Meteorológica otorgados por el Ministerio del Ambiente y Agua.</i>	30
Tabla 9. <i>Formato de los datos diarios por grilla de los modelos climáticos entregada por Ministerio del Ambiente y Agua. Periodo de prueba del 1980 a 2015.</i>	33
Tabla 10. <i>Formato de los datos para valores proyectados hasta el año 2070 de los modelos climáticos entregada por Ministerio del Ambiente y Agua para escenario RCP 4.5. y RCP 8.5.</i>	33
Tabla 11. <i>Representación del formato de datos para RClmDex para precipitación, temperatura máxima y mínima.</i>	42
Tabla 12. <i>Tabla de récords de datos diarios</i>	50
Tabla 13. <i>Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la temperatura para las 2 estaciones para Data In-situ.</i>	62
Tabla 14. <i>Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la precipitación para las 2 estaciones para Data In-situ.</i>	71

Tabla 15. Tabla de resumen de índices de cambio climático para 2 estaciones.....	72
Tabla 16. <i>Promedios de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estaciones</i> <i>Temperatura Máxima</i>	74
Tabla 17. <i>Promedios de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estaciones</i> <i>Temperatura Mínima</i>	75
Tabla 18. <i>Promedios de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estaciones</i> <i>Precipitación</i>	81
Tabla 19. <i>Corrección de Sesgo para Temperaturas Máximas en Escenarios 4.5 y 8.5</i>	85
Tabla 20. <i>Corrección de Sesgo para Temperaturas Mínimas en Escenarios 4.5 y 8.5</i>	85
Tabla 21. <i>Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la</i> <i>temperatura para las 2 estaciones en Escenario 4.5.y Escenario 8.5.</i>	102
Tabla 22. <i>Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la</i> <i>precipitación para las 2 estaciones en Escenario 4.5 y 8.5.</i>	116
Tabla 23. <i>Tabla de resumen de datos de temperatura en ambos escenarios (4.5 y 8.5)</i>	119
Tabla 24. <i>Tabla de resumen de datos de precipitación en ambos escenarios (4.5 y 8.5)</i>	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Aumento de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos en un clima más cálido, con respecto a la temperatura.</i>	9
Figura 2. <i>Aumento de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos en un clima más cálido con respecto a la precipitación.</i>	9
Figura 3. <i>Cambios en la temperatura máxima promedio °C, para el año 2050</i>	11
Figura 4. <i>Cambios en la precipitación (mm), para el año 2050</i>	11
Figura 5. Escenarios RCP	21
Figura 6. Ubicación de la zona de estudio de la provincia de Los Ríos y Bolívar con las respectivas estaciones meteorológicas.	25
Figura 7. Mapa de las grillas utilizadas en los datos modelados de la TCN con su codificación	32
Figura 8. <i>Formato de datos MAE en libros de Excel.</i>	32
Figura 9. <i>Representación simplificada de las entradas y salida del algoritmo de conversión de formatos.</i>	35
Figura 10. Algoritmo de entrada de datos y variables	36
Figura 11. Algoritmos de lectura de datos con Python	37
Figura 12. Algoritmo de programación para generar listas ordenadas de los datos	38
Figura 13. <i>A) Izq. series de tiempo con datos atípicos. B) Der. series de tiempo sin datos atípicos.</i>	39
Figura 14. <i>Promedio de Precipitación Mensual (mm/mes) por estación</i>	45
Figura 15. Mapa de Isoyetas de Precipitación (mm).....	46
Figura 16. <i>Series de Promedios (con datos diarios) de Temperatura Máxima y Mínima</i>	46
Figura 17. Mapa Isotermas de Temperatura Máxima °C	48
Figura 18. Mapa Isotermas de Temperatura Mínima °C.....	49
Figura 19. <i>Gráfica del índice de días secos consecutivos [día/año] (CDD) generada por RClimDex</i>	51
Figura 20. <i>Resultado del índice TXx de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.</i>	52
Figura 21. <i>Resultado del índice TXn las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.</i>	53
Figura 22. <i>Resultado del índice TX90p de las estaciones (a y b) para Data In-situ.</i>	54
Figura 23. <i>Resultado del índice TX10p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.</i>	55
Figura 24. <i>Resultado del índice SU25 de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.</i>	55
Figura 25. <i>Resultado del índice máximo de temperatura mínima diaria (TNx) para Data In-situ.</i>	56

Figura 26. Resultado del índice TNn de las estaciones (a y b) para Data In-situ.	57
Figura 27. Resultado del índice TR20 de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	58
Figura 28. Resultado del índice TN90p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	59
Figura 29. Resultado del índice TN10p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	59
Figura 30. Resultado del índice DTR de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.....	60
Figura 31. Resultado del índice WSDI de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.....	61
Figura 32. Resultado del índice CSDI de las 2 estaciones para Data In-situ.....	61
Figura 33. Resultado del índice SDII de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.....	63
Figura 34. Resultado del índice RX5Day de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.....	64
Figura 35. Resultado del índice RX1Day de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.....	65
Figura 36. Resultado del índice R99p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.....	65
Figura 37. Resultado del índice R95p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.....	66
Figura 38. Resultado del índice R25mm de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	67
Figura 39. Resultado del índice R20mm de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	68
Figura 40. Resultado del índice R10mm de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	68
Figura 41. Resultado del índice PRCPTOT de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	69
Figura 42. Resultado del índice CDD de las 2 estaciones para Data In-situ.	70
Figura 43. Resultado del índice CWD de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.	70
Figura 44. Comparación de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos estación Pichilingue M0006 y estación Babahoyo UTB – M0051 para Temperatura Máxima.....	78
Figura 45. Comparación de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos estación Pichilingue M0006 y estación Babahoyo UTB – M0051 para Temperatura Mínima	79
Figura 46. Histogramas de Distribución de Frecuencias de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estación Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB M0051 Temperatura Máxima.....	80
Figura 47. Histogramas de Distribución Normal de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estación Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB M0051 Temperatura Mínima	81
Figura 48. Estacionalidad de la lluvia, de datos In-situ vs Datos Modelados Históricos estación Pichilingue M0006 y estación Babahoyo – UTB – M0051.....	83
Figura 49. Histogramas de Distribución Normal de Precipitación de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos	84
Figura 50. Resultado del índice TXx de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.....	86
Figura 51. Resultado del índice TXn las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	88
Figura 52. Resultado del índice TX90p de las estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	90

Figura 53. Resultado del índice TX10p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5. .	91
Figura 54. Resultado del índice SU25 de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5. ...	92
Figura 55. Resultado del índice máximo de temperatura mínima diaria (TNx) para Data Escenario 4.5.....	93
Figura 56. Resultado del índice TNn de las estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	94
Figura 57. Resultado del índice TR20 de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5. ...	96
Figura 58. Resultado del índice TN90p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5. .	97
Figura 61. Resultado del índice WSDI de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5...	100
Figura 62. Resultado del índice CSDI de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5....	101
Figura 63. Resultado del índice SDII de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	103
Figura 64. Resultado del índice RX5Day de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	105
Figura 65. Resultado del índice RX1Day de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	106
Figura 66. Resultado del índice R99p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5...	107
Figura 67. Resultado del índice R95p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5...	108
Figura 68. Resultado del índice R25mm de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	109
Figura 69. Resultado del índice R20mm de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	110
Figura 70. Resultado del índice R10mm de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.	111
Figura 71. Resultado del índice PRCPTOT de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.....	112
Figura 72. Resultado del índice CDD de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5...	114
Figura 73. Resultado del índice CWD de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5. .	115

RESUMEN

La presente investigación analiza los posibles efectos de cambio climático sobre la climatología del lugar a través de los índices recomendados por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (ECTCCDI), en el Cantón Ventanas, en la Provincia de Los Ríos, tanto sobre datos históricos de 1980 a 2019, como proyectados al año 2070. Para el análisis de la climatología se usaron datos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación mensuales y diarios de 5 estaciones meteorológicas aledañas a la zona de estudio del INAMHI: Pichilingue (M0006); Babahoyo – UTB (M0051); Echeandía (M0383); Ventanas (M0465); y Mocache (M0470) en un rango temporal de 30 a 40 años. El análisis de CC, se realizó con datos diarios correspondientes a las estaciones de Pichilingue (M0006) y Babahoyo – UTB (M0051), los datos modelados en dos escenarios (4.5 para escenario optimista y 8.5 para escenario pesimista), los datos proyectados fueron proporcionados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. La conversión de formatos se realizó con Python, y el control de calidad en RStudio, así como el estudio de la climatología y la corrección de los datos modelados previa corrección de sesgo restando los promedios de los dato sin-situ vs la proyectada, utilizando el período histórico de 1980 a 2015. Se realizaron las cartografías temáticas de la zona y finalmente el análisis de los índices de CC se realizó en RClimDex tanto con los datos históricos de 1980 a 2019 como con los datos proyectados corregidos de 2015 a 2070. Los resultados indican efectos estadísticamente significativos del cambio climático sobre la zona de estudio, donde experimenta un incremento de temperaturas máximas de 1.5 °C a 1.9°C, mínimas 1.8°C° al 2.2° C, y eventos extremos de lluvia sobre el percentil 99 de 50 mm/año a 300 mm/año. Donde se evidencian incrementos tanto en intensidad como en frecuencia de eventos extremos de lluvia como de temperaturas máximas y mínimas como incrementos en la frecuencia de ocurrencia de estos eventos. Se recomienda a los habitantes, y tomadores de decisión generar planes de adaptación y mitigación de estos frente estos eventos inminentes de cambio climático.

Palabras claves: cambio climático, meteorología, eventos extremos.

SUMMARY

This research analyzes the possible effects of climate change on the climatology of the area through the rates recommended by the Climate Change Intergovernmental Panel (ECTCCDI), in *Ventanas* Canton, in *Los Ríos* Province, both on historical data from 1980 to 2015, and projected to the year 2070. For the climatology analysis, we used monthly and daily maximum temperature, minimum temperature, and precipitation data from 5 INAMHI weather stations near the study area: *Pichilingue* (M0006); *Babahoyo - UTB* (M0051); *Echeandía* (M0383); *Ventanas* (M0465); and *Mocache* (M0470) over a time range of 30 to 40 years. The CC analysis was performed with daily data corresponding to the *Pichilingue* (M0006) and *Babahoyo - UTB* (M0051) stations, the data modeled in two scenarios (4.5 for optimistic scenario and 8.5 for pessimistic scenario), the projected data were provided by the Ministry of Environment, Water and Ecological Transition. Format conversion was performed with Python, and quality assurance in RStudio, as well as the climatology study and correction of the modeled data after bias correction by subtracting the averages of the in-situ vs. projected data, using the historical period from 1980 to 2015. Thematic mapping of the area was performed and finally the analysis of the CC rates was performed in RClimDex both with historical data from 1980 to 2015 and with the corrected projected data from 2011 to 2070. The results indicate statistically significant effects of climate change on the study area, where it experiences an increase in maximum temperatures from 1.5°C to 1.9°C, minimum temperatures from 1.8°C to 2.2°C, and extreme rain events over 99th percentile from 50 mm/year to 300 mm/year by 2070. This will show increases in both the intensity and frequency of extreme rain events and in maximum and minimum temperatures as well as increases in the frequency of occurrence of these events. It is recommended that inhabitants and decision makers generate adaptation and mitigation plans for these imminent climate change events.

Palabras claves: climate change, meteorology, extreme events

1.INTRODUCCIÓN

1.1.Problema

El cambio climático corresponde a un resultado del calentamiento de la Tierra, esencialmente generado por la generación y la presencia de los "Gases de Efecto Invernadero (GEI), como lo son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃)"

Estos Gases de Efecto Invernadero (GEI), son propiamente emitidos por fuentes naturales, y fuentes antrópicas, cabe recalcar que en las fuentes naturales se les atribuye a los fenómenos naturales como lo son las plantas en estado de descomposición y materia animal, incendios forestales, otros fenómenos naturales y erupciones volcánicas; además de que fuentes antrópicas se da por el uso combustibles de fósiles, agricultura extensiva, deforestación, entre otros. El cambio climático, en las últimas décadas se ha venido agravando considerablemente, desatando varios efectos adversos a las distintas actividades humanas, zonas cuyos cambios de clima repentinos pueden derivar en lluvias torrenciales, incendios forestales, sequías, huracanes en mayor intensidad y/o frecuencia, olas cálidas o frías intensas.

Inclusive diversas consecuencias para la salud "(traumáticas, infecciosas, nutricionales, psicológicas y de otro tipo) que se producen en poblaciones desmoralizadas y desplazadas a raíz de perturbaciones económicas, degradaciones ambientales y situaciones conflictivas originadas por el cambio climático" (Mc Michael et al., 2003, pp 79 - 96).

1.2. Delimitación

Cabe mencionar que los impactos del Cambio Climático, pueden llegar a ser diferentes para cada región; de manera que en la región Litoral se han venido presentando sequías más largas en las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena, así como lluvias torrenciales en las provincias de Los Ríos, Esmeraldas, El Oro, sin embargo, para la investigación se ha enfocado

en el Cantón Ventanas, en la provincia de los Ríos, analizando los datos históricos y modelados de dos periodos distintos (histórico de 1981 – 2019 y modelados de 2015 – 2070); con el pasar de los años, se proyecta, que los impactos generador por el Cambio Climático llegaran a ser negativos, para los países de tercer mundo, en vías de desarrollo.

1.3. Pregunta científica

¿Existen los efectos del Cambio Climático en la zona de estudio, basados en los datos in-situ climatológicos en la Provincia de los Ríos?

1.4. Objetivos:

1.4.1. General

- Analizar los efectos producidos por el Cambio Climático con datos in-situ, y sus proyecciones al año 2070 generados por Modelos de Cambio Climático publicados para la Provincia de los Ríos, en el cantón Ventanas.

1.4.2. Específicos

- Recolectar los datos meteorológicos a emplear para el levantamiento del estudio de Cambio climático (Tmax, Tmin, Precipitación) en un rango de 20 - 30 años de las estaciones meteorológicas para determinar la zona de estudio y realizar el cálculo de los índices del IPCC.
- Comparar los índices obtenidos in-situ con las proyecciones sobre los Modelos de Cambio Climático, a través de un Downscaling estadístico, logrando la validación de los resultados del modelo global.
- Identificar los índices de Cambio Climático que más afectarán la zona de estudio al año 2070.

1.5. Hipótesis

Dado que el cambio climático hace referencia a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos, la hipótesis del presente estudio sería la de determinar la presencia de estos efectos del Cambio Climático con datos in-situ en la Provincia de Los Ríos, a través de los índices determinados por el IPCC en el cantón Ventanas y con esto verificar las proyecciones al año 2070 utilizando Modelos de Cambio Climático de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Cambio Climático

El concepto principal establecido según la (CMNUCC, 1992) define como “ El cambio en el clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana lo cual altera la atmósfera de un entorno global ”, considerando realizar una diferenciación entre el cambio climático atribuibles en relación con las actividades humanas, sin embargo, existe otra definición que se toma en cuenta (Nielsen, 2009).

En el informe , Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre cambio climático (IPCC, 2001) lo define como “ la variación del estado del clima en sus propiedades y datos estadísticos en períodos largos de tiempo ” evidenciando que este se produce al momento de registrar valores externos de los valores promedio que tienen los fenómenos como es el caso de velocidades del viento, precipitaciones, caudal del río, entre otros (Lampis, 2013).

2.2. Factores que causan el Cambio Climático

La observación histórica para cambio climático evidencia la incidencia regional (Galindo et al., 2014). Existen diferentes factores que afectan al cambio climático, entre ellos están considerados la temperatura de la tierra, desnivel del mar, emisiones de aerosoles o el aumento de las concentraciones de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI), gases como: metano (16%), dióxido de carbono (65%), óxido nitroso, además de otros gases presentes en la atmósfera, mencionados en la Cumbre de Poznan 2008 que las emisiones de efecto invernadero se deben a la quema de combustibles fósiles (Díaz, 2012).

Según el informe de la IPCC existen dos causas por las que se da el cambio climático que son por origen natural antropogénicas para lo cual al año 2004 se evidenció un incremento de emisiones de GEI las mismas que provenían de actividades industriales, transporte,

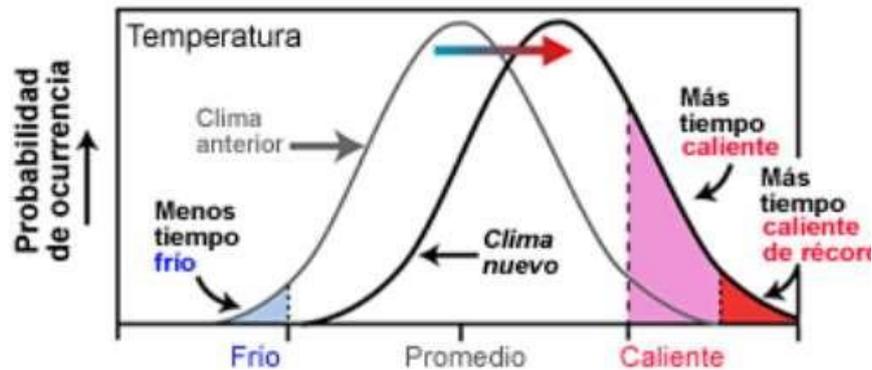
agricultura. El estudio de (Cordero et al., 2019) establece los principales países de emisiones globales mayorista los cuales son: China (28%), Estados Unidos (15%), Unión Europea (9%), India (7%), Rusia (5%), Japón (3%) y otros. Así mismo existen manifestación en las cuales se presenta un aumento de temperatura entre los años 1906 y 2005 de tendencia línea en donde han existido la disminución de extensiones de hielo y nieve.

Los modelos para cambio climático en la actualidad llegan a predecir que entre 1990 a 2100 se dará un calentamiento de aproximadamente 1,4 a 5,8 grados Celsius posiblemente por el crecimiento poblacional y los cambios que presenta la tecnología considerando los motivos de preocupación de los sistemas únicos y amenazados con niveles de confianza altos. Según el estudio del IPCC al año 2019 se indica que la Tierra en el último siglo alcanzó a calentarse medio grado Celsius y el nivel del mar se incrementó de 1 a 20 cm respecto al año 2015 que se registró un aumento de 70 mm y las proyecciones al 2070 indican que el planeta se calentará de 1 a 1,5 grados Celsius respecto a temperaturas y aumento del mar que oscila entre los 26 a 55 cm (IPCC, 2019a).

Las tendencias climáticas son significativas respecto a la variabilidad natural como son temperatura de océanos, nubosidad, precipitaciones, nivel del mar, extensiones de hielo o patrones de viento (Cordero et al., 2019), que tiene un sistema climático que va cambiando referente a un periodo de tiempo y aumenta en relación intensidad y frecuencia dando paso a eventos climáticos como los huracanes, lluvias, sequias, como se muestra en la Figura 1 y Figura 2.

Figura 1

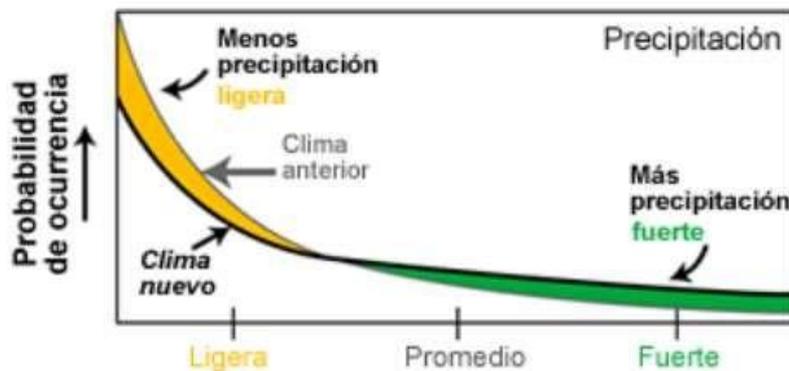
Aumento de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos en un clima más cálido, con respecto a la temperatura.



Nota. El gráfico, indica los cambios proyectados por los efectos de Cambio Climático de origen Antrópico, en las distribuciones de frecuencia, con respecto a la temperatura, en la cual se puede observar que existe mayor probabilidad de sufrir temperaturas calientes récord. Tomado de The COMET programa NOAA.

Figura 2

Aumento de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos en un clima más cálido con respecto a la precipitación.



NOAA

Nota. El gráfico, indica los cambios proyectados por los efectos de Cambio Climático Antrópico, en las distribuciones de frecuencia de la precipitación, en la cual que aprecia como antes existía mayor probabilidad de precipitaciones ligeras, mientras que ahora ocurre existe menor probabilidad de precipitaciones, pero más intensas. Tomado de The COMET programa NOAA.

En la investigación sobre impactos del cambio climático en España realizada por (Manuel et al., 2005) se manifiesta que el rango de precipitaciones al año va desde los 150 mm a 2500 mm , considerando que el 30% de variabilidad pluviométrica se da en regiones mediterráneas condicionada por patrones de circulación atmosférica que oscila en el Atlántico

Norte además desde el siglo XX las temperaturas han ido aumentando sobrepasando el límite global y las precipitaciones han disminuido estos escenarios cambian junto con las emisiones de gases de efecto invernadero. Otro ejemplo lo podemos recalcar en la Región Andina Tropical en donde al menos 70% de glaciares han perdido masa a causa del derretimiento de hielo por aumento de temperatura donde los cambios de precipitaciones son cada vez más evidentes (Francou et al., 2013).

Los modelos climáticos son un aporte importante para evidenciar el cambio climático, las proyecciones han predicho aumentos de vapor de agua y dióxido de carbono, bajo un umbral de 95% de confianza, afirmando que las emisiones de gases de efecto invernadero son los factores causantes de estos cambios para lo cual realizar simulaciones ayudará a conocer las posibles causas futuras para cierto tipo de fenómeno como por ejemplo en el estudio de (Mall et al., 2017) , donde en los modelos de ciclo de carbono en las simulaciones muestran un calentamiento bajo con un aumento del 1% anual de dióxido de carbono. Las alteraciones de los eventos extremos producen efectos en la biosfera y afectan a las actividades humanas debido a que son dependientes del clima (Altieri, M. y Nicholls, C. 2009).

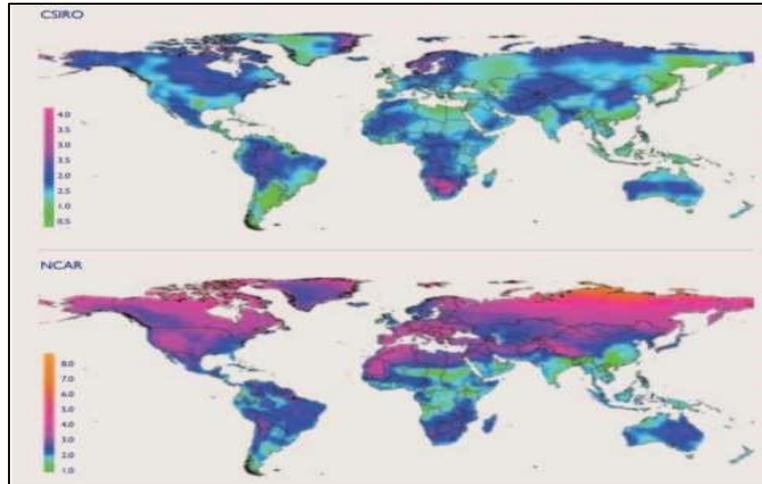
Según el estudio de cambio climático de (Rosegrant, 2009), del conjunto desprendido de las simulaciones, se establecen dos modelos para el clima , basados en los índices del IPCC. El primer modelo del Centro Nacional de los Estados Unidos (NCAR) y el segundo modelo de la Organización Commonwealth de Australia (CSIRO) ambos escenarios llegan a una proyección con altas temperaturas al año 2050 causando el aumento de precipitaciones y de evaporación (Rosegrant, 2009).

Los dos escenarios expuestos en las Figura 3 y Figura 4 muestran diferencias en los modelos de NCAR y CSIRO entre el año 2000 al 2500, relacionado con temperatura máxima y de precipitación. Por ejemplo, en el caso de NCAR se da el incremento de lluvias en un 10% y en el segundo caso de CSIRO analiza un aumento del 2% al ser más seco mostrando

un rango cualitativo para los resultados de modelación de cambios climáticos (Rosegrant, 2009).

Figura 3

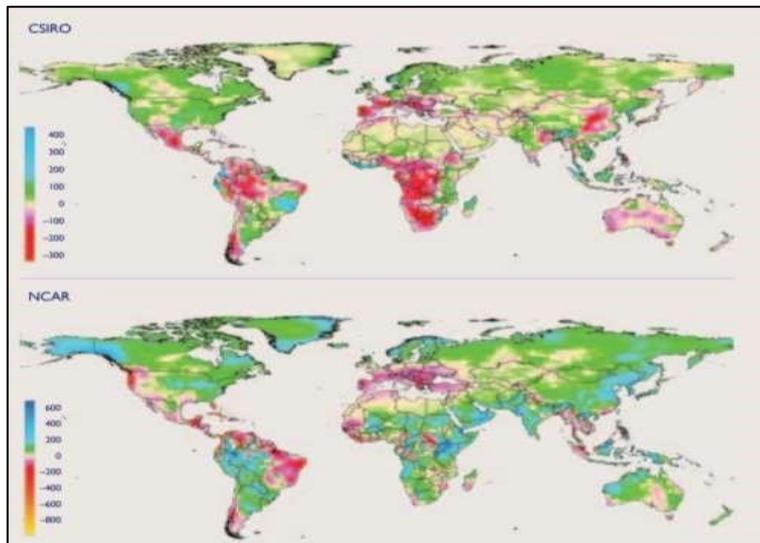
Cambios en la temperatura máxima promedio °C, para el año 2050



Nota. En la Figura se indican las proyecciones de temperaturas más altas para el año 2050. Tomada Nelson et al. (2009, 2 p.)

Figura 4

Cambios en la precipitación (mm), para el año 2050



Nota. Se puede observar que existe mayor cantidad de precipitaciones para el año 2050. Tomada de Nelson et al. (2009, 3 p.)

2.3. Ecuador y Cambio Climático

Las condiciones climáticas en Ecuador están influenciadas por varios factores como la ubicación y/o la presencia de Océano, Amazonía o los Andes lo cual llegará a presentar variaciones climáticas en diferentes regiones, es así como el país ha ido incrementando paulatinamente sus temperaturas, además de la intensidad de ciertos fenómenos naturales. Según un estudio del INAMHI el volumen para cada año de las precipitaciones varía entre zonas de la Costa y Sierra , de esta forma aumentando un 33% y 8% respectivamente (Elbehri et al., 2015).

Según el informe realizado por (Wilk, 2017) entre el año de 1960 al 2006 se registró un aumento de 0,8°C de temperatura media anual además de incrementos de temperatura por eventos climáticos, modificación de precipitaciones, disminución del nivel del mar y de la cubierta de los glaciares en un 28% especialmente en el volcán Cotopaxi.

En Ecuador las emisiones de gases de efecto invernadero, se presentan en mayor cantidad por la industrialización junto con la deforestación y la expansión agrícola, se debe llevar reportes de los GEI para poder realizar aportación o reportes que serán soporte para llevar a cabo medidas de mitigación. Los científicos en la actualidad mencionan que si no se logra controlar los niveles de producción los daños del planeta por el cambio climático llagaran a ser irreversibles (MAE, 2012).

En el informe de la (IPCC, 2019b) las actividades antrópicas han llevado a un desequilibrio en la naturaleza por lo cual se da incremento de la temperatura y que llegará al 1,5 en modelos de predicciones realizadas para el año 2052 como consecuencia de este cambio los fenómenos meteorológicos serán cada vez más extremos, generando cambios en los patrones climáticos con afectaciones en varias áreas, como por ejemplo la pérdida de la biodiversidad, aumento del nivel del mar, huracanes, inundaciones, sequías y muchos otros que se tendrán con el pasar de los años. Además de si llevamos la proyección al 2100 al tener un

incremento de la temperatura de 2°C se obtendrá 70% de pérdida en los arrecifes (UNICEF, 2013).

En el Ecuador es vulnerable a los efectos del Cambio Climático, y sus relaciones con la Oscilación del Sur ENSO, comúnmente conocida como los Fenómenos del Niño y la Niña. Se han verificado intensificaciones de fenómenos como El Niño con ciclos de ocurrencia de 2,4 y 7 años generando incrementos en las precipitaciones afectando en gran magnitud al país sin contar las pérdidas humanas que se puede tener y La Niña que por otro lado desencadena sequías extremas llegando a tener afectación con la parte socio económica del Ecuador (Toulkeridis et al., 2020) .

El Cambio Climático, inclusive tiene afectaciones sobre la salud, según un informe del (MAE, 2017) se han llegado a identificar cerca de 26 especies de *Anopheles* también conocidos como vectores de malaria y alrededor de 55 especies de *Lutzomyia sensulato* ,debido a la alteración de temperatura, ligado directamente a los fenómenos de El Niño.

Según el estudio del (MAE, 2019) acerca de los gases de efecto invernadero (GEI) , el Ecuador llega a generar emisiones de estos, las cuales aumentan a 50 627,16 Gg de dióxido de carbono equivalente en donde el sector de energía es el que mayor generación tiene con el 46,6%, los sectores de uso del suelo con el 25,3%, el sector agrícola con el 18,17%, el sector industrial con el 5,67% y por último los residuos con el 4,19% . Estos resultados fueron analizados tomando en consideración las emisiones de gases no controlados del protocolo de Montreal. Al conocer los diferentes porcentajes según las diferentes industrias se tiene un preocupación en la cantidad de GEI que se está generando sin contar la generación de residuos sólidos que va en aumento cada año y solo un pequeño porcentaje llega a un proceso de tratamiento para reciclaje.(MAE, 2019)

Como respuesta ante la problemática referente a las emisiones globales de GEI se han creado políticas nacionales y ambientales, las cuales declaran la adaptación y mitigación del

cambio climático, además de actualizar el Código Orgánico Ambiental (COA), para que exista una mejor adaptación en la planificación del desarrollo para los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), del país junto con implementación de diversos programas con acciones favorables a la gestión de riesgos naturales, estas iniciativas se ha dado mediante la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) ,como un compromiso al Acuerdo de París dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (MAE, 2019).

La NDC al ser un proceso netamente activo, puesto que tiene principios como es facilitar participación ciudadana, para lograr fomentar a las personas que sigan con el programa, tener un mejor enfoque de género en el proceso y obtener mecanismos de mejora para tener mejores resultados, todo este proceso se ha ido realizando desde el 2019; oficialmente obteniendo 30 talleres con más de 1000 personas involucradas, siendo un paso importante para el país por ser la primera participación del sector privado en una política pública, con el compromiso a la lucha contra el cambio climático mejorando los instrumentos internacionales, nacionales logrando así llegar a un reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero (MAE, 2019).

2.4. ¿Cuáles son las metas que se planteó el Ecuador?

En el país se planteó ciertos objetivos para poder implementar políticas, acciones y esfuerzos para llegar a limitar el incremento de la temperatura a nivel global por debajo de los 2°C y lograr una adaptación con mayor severidad en los impactos del cambio climático incorporando un enfoque de género destacando al país al tener éxito en el plan piloto de transversal de género programa NDC (Brown, 1998).

Considerando el cumplimiento con el Acuerdo de París las acciones que contribuyen a la mitigación del cambio climáticos en los sectores industriales han tenido una reducción significativa del 9% en comparación al año 2005 , además de reducir el 20.9% de las emisiones de gases de efecto invernadero obteniendo un potencial de mitigación superior al esperado para

este programa. Con esto en mente, la NDC en el sector de mitigación se planteó líneas de acción que tienen el potencial de reducir en un 9% las emisiones de gases de efecto invernadero de los sectores de energía, procesos industriales, residuos y agricultura; adicionalmente, un 4% de reducción en materia de deforestación y degradación de la tierra (MAE, 2019).

Las metas que se han establecido orientarán a una mejor gestión del gobierno frente a las políticas ambientales y como estrategia para el cambio climático además de obtener alianzas, esfuerzos y guía de organismos internacionales y el sector privado del país quien cumplen un rol fundamental para lograr un cambio en el Ecuador más resistente.

Asimismo según la NDC (2019) las políticas públicas tienen un papel importante debido a que es el punto central de defensa ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático como inclusión de variable climática en los diferentes sectores del país.

Las organizaciones, instituciones y empresas no solamente son las encargadas de dar soluciones para el cambio climático si no que requiere apoyo de la población referente a los modos y estilo de vida que tiene cada familia como es el caso de los patrones de consumo.

Para poder tener una participación ciudadana se han generado acciones y programas los cuales desean alcanzar y llegar a las personas para que comiencen a realizar la separación y reciclaje de residuos generando una costumbre en las familias y que siga de generación en generación, además gracias a la tecnología se puede tener por aplicaciones móviles para fomentar estas campañas. Los jóvenes son clave para el cambio y han tomado acciones para hacer conocer los efectos del cambio climático un ejemplo es la campaña global Fridays For Future de la globalmente reconocida Greta Thunberg en la cual se realizan gestos para promover cambios personales en la concientización ambiental.

El compromiso climático que se va generando con el pasar de los años y la ayuda de la NDC ha sido un paso muy importante para permitir llegar a un desarrollo sostenible al año 2025 que seguirá fortaleciéndose tanto en capacidades técnicas como individuales. (MAE, 2019).

2.5. Herramientas de Análisis Estadístico

2.5.1. R Studio

El Software de Rstudio por definición de Santillán y Zamora (2021) afirman que:

Corresponde a una herramienta útil en la interpretación de datos mediante un lenguaje especializado de programación en R, a su vez es un software que posee código abierto y de libre descarga que permite realizar el análisis estadístico mediante gráficas ilustrativas fin hacer comparaciones y emitir resultados favorables en cuanto al desarrollo de diversos estudios(pp 23 - 24).

2.5.2. RclimDex

RclimDex, según los autores de Santillán y Zamora,(2021) afirma que:

Es un programa computarizado de Microsoft Excel que se ejecuta en los sistemas operativos tales como Microsoft Windows y Unix / Linux, que permite obtener resultados estadísticos y gráficos, basados en índices de cambio climático con variables tales como: Precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima(p 24).

Para que el programa informático sea de utilidad, se necesita rangos históricos con un número considerable de data. Borbor (Serrano et al., 2012) afirman lo siguiente: “Se puede calcular los índices de cambio climático recomendados por el Grupo de Expertos de Índices y Detección de Cambio Climático (ETCCDI) del IPCC, los cuales requieren datos de temperatura y precipitación diarios con un rango superior a 30 años” (p,34).

2.6. Índices utilizados para evaluar el Cambio Climático, incluidos en Rclimdex

Según Guamán (2020), afirma sobre: el equipo de expertos en climatología sobre detección, monitoreo e índices de cambio climático establecido en 1999, ha desarrollado un conjunto de 26 índices utilizados en el paquete computacional RCLimDex (RCLimDex, 2020), que nos permite comprender los patrones de temperatura y precipitaciones extremas en periodos de tiempo y regiones, también nos proporciona

métricas que se pueden utilizar para evaluar la capacidad de los modelos climáticos, (Alexander et al., 2006). Debido a que las principales incidencias del Cambio climático recaen en el incremento de la temperatura y precipitación, tanto en magnitud, frecuencia y permanencia (duración de los eventos extremos) Estos índices se presentaran en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1

Índices de Cambio Climático basados en la temperatura, recomendados por la ECTCCDI, para este estudio.

ID	Nombre del Indicador	Definición	UNIDAD
FD0	Días de heladas	Número de días en un año cuando TN (mínimo diario) <0°C	Días/año
SU25	Días de verano	Número de días en un año cuando TX (máximo diario) >25°C	Días/año
TR20	Noches tropicales	Número de días en un año cuando TN (mínimo diario) >20°C	Días/año
GSL	Duración de la estación de cultivo	Duración de la estación de cultivo	Días
TXx	Max Tmax	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNx	Max Tmin	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TXn	Min Tmax	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria	°C
TNn	Min Tmin	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria	°C
TN10p	Noches frías	Porcentaje de días cuando TN < 10th percentil	Días
TX10p	Días fríos	Porcentaje de días cuando TX < 10th percentil	Días
TN90p	Noches calientes	Porcentaje de días cuando TN > 90th percentil	Días
TX90p	Días calientes	Porcentaje de días cuando TX > 90th percentil	Días
WSDI	Indicador de la duración de periodos calientes	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX > 90th percentil	Días
CSDI	Indicador de la duración de periodos fríos	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TN < 10th percentil	Días
DTR	Rango diurno de temperatura	Diferencia media mensual entre TX y TN	°C

Nota. Esta tabla muestra los índices de cambio climático basados en la temperatura, recomendados por la ECTCCDI, adaptado de (Climdex, 2020)

Tabla 2

Índices de Cambio Climático relacionados con las anomalías de la precipitación recomendados por la ECTCCDI para este estudio.

ID	Nombre del Indicador	Definición	UNIDAD
RX1day	Cantidad Máxima de precipitación en un día	Máximo mensual de precipitación en 1 día	Mm
Rx5day	Cantidad Máxima de precipitación en 5 días	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	Mm
SDII	Índice simple de intensidad diaria	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por $PRCP \geq 1.0\text{mm}$) en un año	Mm/día
R10	Número de días con precipitación intensa	Número de días en un año en que $PRCP \geq 10\text{mm}$	Días
R20	Número de días con precipitación muy intensa	Número de días en un año en que $PRCP \geq 20\text{mm}$	Días
Rnn	Número de días sobre nn mm	Número de días en un año en que $PRCP \geq nn\text{ mm}$, nn es un parámetro definido por el usuario	Días
CDD	Número máximo de días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con $RR < 1\text{mm}$	Días
CWD	Días húmedos consecutivos ²	Número máximo de días consecutivos con $RR \geq 1\text{mm}$	Días
R95p	Días muy húmedos	Precipitación anual total en que $RR > 95$ percentil	Mm
R99p	Días extremadamente secos	Precipitación anual total en que $RR > 99$ percentil	mm
PRCPTOT	Precipitación total anual en los días húmedos	Precipitación anual total en los días húmedos ($RR \geq 1\text{mm}$)	mm

Nota. Esta tabla muestra los índices de cambio climático basados en la precipitación, recomendados por la ECTCCDI, adaptado de (Climdex, 2020)

2.7. IPCC

Fue creado en 1998, conocido como Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) conjunto al Programa de Naciones Unidas para Medio Ambiente (PNUMA), con el fin de realizar la evaluación de conocimiento científicos relacionados al cambio climático, facilitando a los responsables de las evaluaciones científicas conocer sobre los posibles impactos y riesgos que se pueden presentar a futuro, para obtener opciones de mitigación y adaptación (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2019).

Los principales representantes de gobierno se reúnen una vez al año para poder realizar toma de decisiones y llegar a obtener una mejora en la estructura y principios del IPCC junto a la elección del presidente y mesa de trabajo para realizar los diferentes planes de trabajo además su mandato varía de acuerdo con los informes que se evalúan que van de 5 a 6 años aproximadamente. Según el sexto ciclo de evaluación de la IPCC (Santriono Refki, 2019) las evaluaciones que se realizan son una base fidedigna y los procedimientos respaldan la confiabilidad de los objetivos del grupo. Se incluye también los requisitos para realizar los inventarios de los gases de efecto invernadero según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Las evaluaciones que realizan tienen gran importancia a nivel político sin embargo no presentan caracteres reglamentarios, por lo cual ayudan a realizar proyecciones de cambio climático en base a hipótesis con el fin de adaptar normativas. El IPCC cuenta con la cooperación de 195 países entre los cuales se encuentran cooperando miembros de la ONU y de la OMM además cientos de científicos llegan a realizar colaboración voluntaria siendo los autores fundamentales para la creación de los informes en donde se presenta un procedimiento de examen en fases, ayudando a garantizar resultados transparentes y confiables (IPCC, 2013b).

El trabajo de los autores de acuerdo a la ficha informativa de la IPCC (IPCC, 2013b) se realiza en tres grupos, el primero considerado como el sustento científico, el segundo encargando de toda evaluación de impactos, vulnerabilidad y la adaptación y el tercer grupo de los procesos de mitigación para el cambio climático, además, se considera un grupo especial que mejore la aplicación de datos para posibles escenarios que pueden darse referente al cambio climático.

2.8. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático

En el reporte desarrollado por el Ministerio de Ambiente de Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2017) se evidencian los ajustes institucionales para la elaboración de la plataforma de investigación considerando el cambio climático y su aplicación en el país, este reporte se divide en capítulos en donde se expone la situación nacional, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero obteniendo resultados de emisiones a nivel nacional, siendo un proceso importante para institucionalidades elaborando con mayor facilidad los inventarios, las acciones de mitigación avalados en ejes como modificación en la matriz de producción y la diversidad en la matriz de energía del país con el objetivo de unir el Plan Nacional para el Buen Vivir y la reducción de GEI.

Los avances de adaptación en cambio climático es un punto estratégico fundamental para poder reducir las vulnerabilidades tanto a nivel, social, ambiental y económico frente al cambio climático para lo cual consideran varios estudios referentes a proyecciones climáticas y cambio climático en diferentes ramas de la ciencia además de las barreras y apoyo otorgado para poder gestionar e cambio climático mediante toma de acciones e iniciativas de adaptabilidad y mitigación obteniendo en el análisis datos estadísticos más acertados.

El mayor avance que se considera en el país es en el sector energético, debido a que tiene la mayor cantidad de iniciativas para la matriz de cambio energético y la soberanía energética, con el fin de lograr aumentar la energía con fuentes renovables y asegurar que se de

abastecimiento según la demanda que tiene el país, tomando como consideración los criterios técnicos , sociales, ambientales y financieros.

En las industrias también se han ido formulando acciones para realizar cambios en su producción para lo cual se obtiene el Plan de Acción REDD+, el cual ayuda a conocer que componentes a nivel operativo deben cambiar, además, de tener políticas directas con la deforestación para mitigar el cambio climático, mejorando la sostenibilidad ambiental y contribuyendo a los objetivos de desarrollo.

2.9. Escenarios Climáticos

Las bases físicas que se presentan para el quinto informe de contribución (IPCC, 2013a) define a un escenario climático como una “Representación probable y simplificada del clima futuro”. Esto quiere decir que se tendrá como fundamento diferentes tipos de relaciones a nivel climatológico para poder llegar a una investigación más profundizada de acuerdo con cambios antropogénicos los mismos que serán utilizados para diferentes proyecciones climáticas y así lograr una correcta definición de los escenarios climáticos.

El quinto informe sobre la evaluación (IPCC, 2014) define a los escenarios como “ Rutas de Concentración Representativas (RCP)” en lo cual proporcionan un rango en las emisiones y las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero con el propósito de explorar probables climas futuros con una estructura más amplia.

Se describen cuatro escenarios los mismos que se considera como probabilidades para un futuro según varias posibilidades que se evalúan en diferentes investigaciones. Además se analiza según la Figura 5, las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) para lo cual el RCP8.5 se considera como nivel de elevadas emisiones de GEI, el escenario RCP 6.0 y RCP 4.5 son de estabilización, es decir que tendrán una mitigación media, mientras que el RCP2.6 presenta un esfuerzo bajo para mitigación. (IPCC, Cambio climático 2014: Informe de

síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo , 2014).

Figura 5

Escenarios RCP

	FR	Tendencia del FR	[CO ₂] en 2100
RCP2.6	2,6 W/m ²	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W/m ²	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W/m ²	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W/m ²	creciente	936 ppm

2.10. Modelos de Circulación General de Cambio Climático.

Los Modelos de Circulación General del Cambio Climático, son conocidos también como modelos numéricos en donde se dan simulaciones con respecto al sistema de climas, para dar un respuesta en el futuro sobre GEI, representando procesos físicos en la atmosfera, tierra, océanos y así lograr obtener estadísticas para los estados climáticos de la zona de estudio (Oglesby & Grünwaldt, 2010).

En la investigación de las proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, Armenta define a los Modelos de Circulación General, “son una representación numérica multidimensional de la dinámica atmosférica, y por lo tanto de la circulación general alrededor del planeta, la resolución de los Modelos de Circulación General es baja”(Armenta et al., 2016).

Al realizar la representación del clima se presenta escalas regionales sin embargo presentar problemas por que la resolución de los MCG es bajas para lo cual se aplican varios métodos para lograr una adecuada reducción en la escala.

El método estadístico busca analizar los diferentes comportamientos de los datos obtenidos de una variable en específico a largo plazo, el método dinámico configura los datos

de las resoluciones de cada zona de estudio para lo cual se necesita mayor capacidad en los sistemas informáticos y presentar un elevado tiempo para obtener los resultados, el método dinámico y estadístico como el nombre lo menciona trata de unir los dos métodos anteriores para lo cual se reduce la escala considerando un área de influencia para la zona de estudio y se procede a utilizar la información para poder reducir a escala con datos obtenidos en diferentes estaciones. (Armenta et al., 2016).

Es por ello por lo que se debe de tomar en cuenta a las proyecciones climáticas, las cuales corresponde a un sistema de clima con diferentes escenarios de GEI, forzamientos radiactivos, aerosoles o las concentraciones de gases que son las principales causas de estudio en las simulaciones mediante el presente modelo (IPCC, 2014).

2.11. Aplicación del Downscaling

Para garantizar la mejor adaptación a los cambios asociados al Cambio Climático, y debido a que los datos son modelados, se requiere siempre una validación de los datos in-situ, es decir, a escala local (a la que se planifican las actuaciones) y en concordancia con la zona de estudio de impactos. Se hace por tanto necesario extraer de la información más fiable aportada por los MGS (información de baja resolución, y preferentemente de atmósfera libre) la información requerida por los modelos de impacto (información de alta resolución -local-, en superficie). “El proceso de downscaling consiste en adaptar las salidas proporcionadas por los MCGs a escala local, por lo cual en el proceso de downscaling se adaptan las salidas de los MCGs en su rejilla global a resultados a escala local” (FIC, 2011).

Aunque generalmente, los modelos trabajan muy bien, en lugares como Ecuador, en donde la topografía es accidentada y no existe suficiente información meteorológica, el proceso de downscaling estadístico es fundamental para la validación de los índices de Cambio Climático (Muñoz et al., 2010).

3. MATERIALES Y METODOS .

3.1. Área de estudio

El Cantón Ventanas es uno de los 13 cantones que conforman la provincia ecuatoriana de Los Ríos. Tiene una extensión de 533 km² y una población de más de 75.635 habitantes ((INEC), 2010). Su cabecera cantonal es la ciudad de Ventanas, lugar donde se agrupa gran parte de su población total. Es el quinto cantón más poblado de la provincia además se asienta a 25 msnm, por lo que el cantón Ventanas tiene dos tipos de clima. El clima mega térmico lluvioso, el cual tiene un 63% de ocupación sobre la superficie del cantón, de más o menos 33 589,26 ha, ubicado en la parte del sur del cantón. El clima tropical mega térmico, con un 37% de ocupación sobre el territorio que corresponde a 19.730,92 has y se ubica en la parte norte del cantón. (Guerrero et al., 2014).

Con respecto a su relieve, se encuentran a 0 msnm, juntamente con el cantón de Mocache, y hasta los 147 msnm como los es Quevedo. Además, sobre su componente social tienen una población total de 365 743 habitantes ((INEC), 2010).

En el presente estudio, es importante indicar que la información de estaciones en tierra es escasa, y para comparar los efectos del cambio climático dentro del mismo piso climático, se decidió ampliar la zona de estudio hasta la Provincia de Bolívar, tomando en consideración los datos meteorológicos de la estación ubicada en el Cantón Echeandía (*Figura 6*). El mismo que ocupa un territorio en la parte subtropical de la Provincia Bolívar que a su vez está situada en el centro - oeste del Ecuador, además Echeandía es uno de los siete cantones de la provincia de Bolívar junto con Caluma, Chillanes, Chimbo, Guaranda, Las Naves y San Miguel (Bonilla, 2019). El cantón Echeandía se ubica en una superficie de 232,06 km² y representa el 5.9% de la superficie total de la provincia de Bolívar. De acuerdo con el censo poblacional

con el 70% de datos válidos, debido a que en las estaciones meteorológicas del INAMHI, existen datos faltantes o con unos valores menos que 0 (Berkeley, 2018).

Por lo que para el estudio se utilizaran 5 estaciones, cuyas características geográficas se detallan en las Tabla 3 y Tabla 4, su ubicación geográfica en el Figura 6 Cumpliendo así los requerimientos básicos del paquete computacional de RCLimDex, y la guía de prácticas Climatológicas de la OMM. Asimismo, se muestra la cantidad mínima y datos válidos, que debe superar el 70% Tabla 5, para lograr un análisis climático válido. Para este estudio se trabaja con los datos históricos mensuales y diarios, los cuales deben tener un formato de ingreso especificado en la Tabla 6

Tabla 3

Características Generales de todas las estaciones meteorológicas con datos mensuales de la zona de estudio. Las variables meteorológicas empleadas para el estudio son precipitación (rr), temperatura máxima (tx) y temperatura mínima (tn).

Código Estación	Estación	Latitud	Longitud	Altitud [msnm]	Desde	Has ta	Rango Temporal [años]	Variables meteorológicas disponibles
M006	PICHILINGUE	1G 04' 27.61" S	79G 29' 34.45" W	120	1980	2019	39	rr, tn, tx
M0051	BABAHOYO	1G 47' 46.72" S	79G 32' 50.44" W	7	1980	2015	35	rr, tn, tx
M0383	ECHEANDI A	1G 25' 54.1" S	79G 16' 43" W	308	1980	2015	35	rr
M0465	VENTANA S	1G 26' 39" S	79G 27' 56" W	52	1980	2019	39	rr
M0470	MOCACHE	1G 10' 37" S	79G 29' 39" W	0	1980	2015	35	rr, tn, tx

Nota. Las estaciones meteorológicas con datos mensuales deben contar con un rango temporal apropiado de 30 años o más. Elaborado por: Kevin Pacheco, 2021, Adaptado de : (Guamán, 2020)

Tabla 4

Características Generales las estaciones meteorológicas con datos diarios de la zona de estudio. Las variables meteorológicas empleadas para el estudio son precipitación (rr), temperatura máxima (tx) y temperatura mínima (tn).

Código Estación	Estación	Latitud	Longitud	Altitud [msnm]	Desde	Hasta	Rango Temporal [años]	Variables meteorológicas disponibles
M0006	PICHILINGUE	1G 04' 27.61" S	79G 29' 34.45" W	120	1980	2019	39	rr, tn, tx
M0051	BABAHOYO	1G 47' 46.72" S	79G 32' 50.44" W	7	1980	2014	34	rr, tn, tx
M0383	ECHEANDÍA	1G 25' 54.1" S	79G 16' 43" W	308	1980	2018	38	rr
M0465	VENTANA	1G 26' 39" S	79G 27' 56" W	52	1980	2018	38	rr
M0470	MOCACHE	1G 10' 37" S	79G 29' 39" W	0	1980	2018	38	rr

Nota. Las estaciones meteorológicas con datos mensuales deben contar con un rango temporal apropiado de 30 años o más. Elaborado por: Kevin Pacheco, 2021.

Tabla 5

Porcentaje de datos mensuales validos por Estación Meteorológica entregados por el INAMHI.

Estación	Variable	Precipitación	T-Max	T-Min
M0006 – Pichilingue 120 msnm	Mínimo	0.1	31.2	17.1
	Máximo	1134.8	36.7	23
	n	479	459	438
	Porcentaje de datos validos	100%	95%	90%
M0051 – Babahoyo – UTB 51 msnm	Mínimo	0.1	31.1	18.3
	Máximo	1109.8	35.4	23.4
	n	395	340	281
	Porcentaje de datos validos	94%	80%	63%
M0383 – Echeandía 383 msnm	Mínimo	0.3		
	Máximo	1446.3		
	n	395		
	Porcentaje de datos validos	85%		
M0465 – Ventanas 52 msnm	Mínimo	0.2		
	Máximo	1667		
	n	437		

Estación	Variable	Precipitación	T- Max	T- Min
	Porcentaje de datos validos	93%		
M0470 – Mocache	Mínimo	0.1		
	Máximo	1108		
0 msnm	n	400		
	Porcentaje de datos validos	89%		

El formato de a los datos mensual entregada por el Ministerio del Ambiente y Agua, se detalla a continuación en la Tabla 6

Tabla 6

Formato simplificado de los datos mensuales entregados por el INAMHI

NOMBRE: PICHILINGUE CODIGO: M0006 PRECIPITACION (mmSUM)					
PERIODO: 1980 - 2021 LATITUD: 1G 04' 27.61" S LONGITUD: 79G 29' 34.45"W					
ELEVACION: 120.00 msnm					
AÑOS	ENE	FEB	...	NOV	DIC
1980	338.2	478.1	...	5.4	51.5
1981	245.4	458	...	56.2	67.1
1982	488.1	284.7	...	408.6	891.3
...
2019	430.6	750.8	...	99.5	

Nota. Las estaciones meteorológicas con datos mensuales deben contar con un rango temporal apropiado de 30 años o más. Elaborado por: Kevin Pacheco, 2021, Adaptado de : (Guamán, 2020)

Según Guamán, (2020) afirma: que los datos meteorológicos diarios proporcionados por el Ministerio del Ambiente y Agua se encuentran en un formato de texto separados por tabuladores “txt” y “xlsx”. Los datos de cada una de las variables medioambientales

se encuentran en hojas separadas. Cada línea de texto dentro del archivo representa la información que registra una estación meteorológica en un determinado mes (p 23).

La primera línea de texto dentro del archivo representa la cabecera de la tabla. Dispone de 34 columnas. Las tres primeras columnas representan el código de la estación meteorológica, el año y el mes. Las siguientes 31 columnas representan cada uno de los días del mes para el cual se está registrando la medición. Para los meses menores a 31 días, se colocan valores NULL dentro de la columna respectiva. (p 23).

Con respecto a los datos diarios entregada por el Ministerio del Ambiente y Agua, ahora denominado Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), se detalla a continuación en la Tabla 7

Tabla 7

Formato de los datos diarios entregada por el Ministerio del Ambiente y Agua

NOMBRE: PICHILINGUE CODIGO: M0006 PRECIPITACION (mmSUM)						
PERIODO: 1980 - 2021 LATITUD: 1G 04' 27.61" S LONGITUD: 79G 29'34.45"W						
ELEVACION: 120.00 msnm						
Código	Año	mes	Dia1	Dia2	...	Dia31
M0006	1980	1	1.5	0	...	43
M0006	1980	2	26.2	33.3	...	
M0006	1980	3	0.8	3.5	...	1.3
...
M0006	2019	11	41.9	2.7	...	

Nota. Las estaciones meteorológicas con datos mensuales deben contar con un rango temporal apropiado de 30 años o más. Elaborado por: Kevin Pacheco, 2021, Adaptado de : (Guamán, 2020)

Tabla 8

Porcentaje de datos diarios validos por estación Meteorológica otorgados por el Ministerio del Ambiente y Agua.

Estación	Calculo	Precipitación	T-Max	T-Min
M0006 – Pichilingue 120 msnm	Mínimo	0.1	27.2	19.61
	Máximo	125	35.7	24.6
	n	14477	14446	14353
	n inválidos	291	297	323
	Porcentaje de datos validos	97.99%	97.94%	97.95%
M0051 – Babahoyo – UTB 51 msnm	Mínimo	0.1	27.6	19.8
	Máximo	123	34.4	25.7
	n	11679	11904	11904
	n inválidos	254	296	400
	Porcentaje de datos validos	97.83%	97.51%	96.64%
M0383 – Echeandía 383 msnm	Mínimo	0.1		
	Máximo	120		
	n	11997		
	n inválidos	259		
	Porcentaje de datos validos	97.84%		
M0465 – Ventanas 52 msnm	Mínimo	0.1		
	Máximo	141		
	n	13113		
	n inválidos	236		
	Porcentaje de datos validos	98.03%		
M0470 – Mocache 0 msnm	Mínimo	0.1		
	Máximo	101		
	n	12431		
	n inválidos	249		
	Porcentaje de datos validos	98%		

3.3. Datos de los modelos atmosféricos utilizados en la TCN

Para este estudio se utilizaron los datos de las proyecciones climáticas de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima hasta el año 2070 obtenidos al Ministerio del Ambiente y Agua. Es por ello por lo que como antecedente es uno de los compromisos que tiene el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático (CMUNCC), es generar información que permita reducir las brechas de conocimiento, ante esta

necesidad el país ha realizado un gran esfuerzo para desarrollar las proyecciones climáticas de acuerdo con los escenarios del RCP 4.5, RCP 8.5.

Esta información se la presentó como producto de la Tercera Comunicación Nacional (TCN) donde se logra la reducción de escala de los modelos climáticos globales a un tamaño de celda (10 km X 10 km), en la que contiene las series meteorológicas históricas y proyectadas.

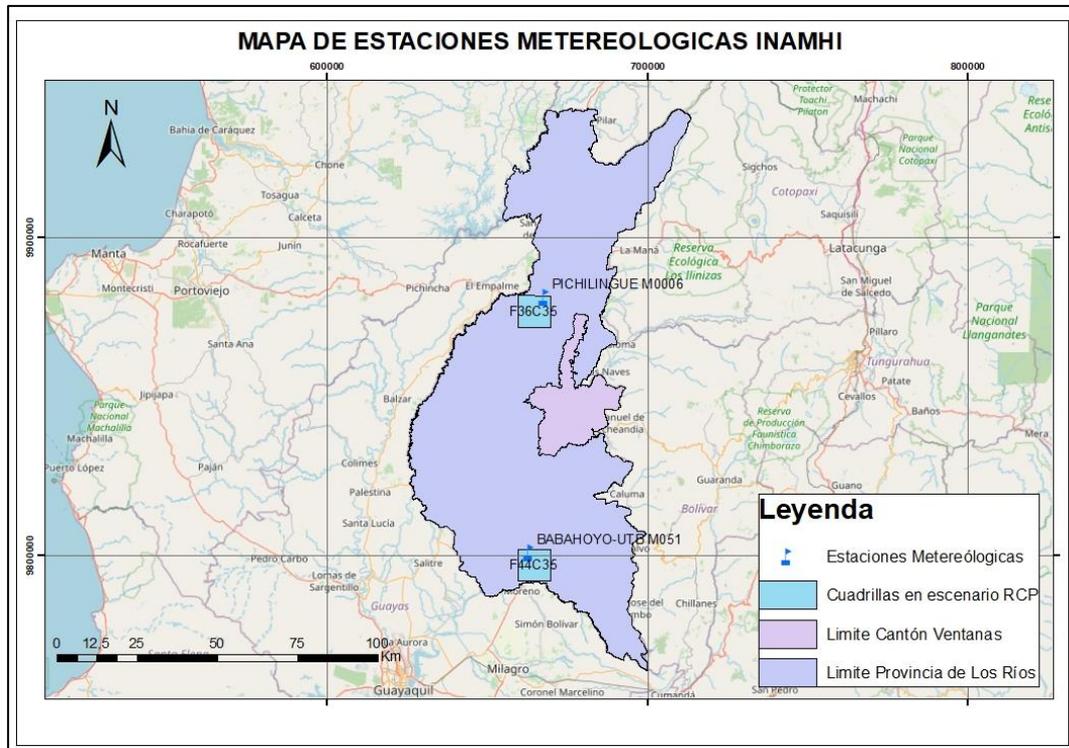
La base de datos que fue otorgada por el Ministerio de Ambiente y Agua constó de:

- Información cartográfica formato “Shp”.
- Información climática escenarios futuros e históricos. (Datos in-situ de las cuadrículas donde se ubican las distintas estaciones meteorológicas a nivel nacional).

En la carpeta de “Información cartográfica” se evidencian un archivo *shapefile* de los pixeles de 10 Km² de los cuales se extrajeron los datos de los parámetros meteorológicos de: precipitación, temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima para el periodo 1985 – 2070. Tal como se muestra en la Figura 7

Figura 7

Mapa de las grillas utilizadas en los datos modelados de la TCN con su codificación



En el formato compartido por el Ministerio del Ambiente y Agua consta de una serie de archivos Excel, que contienen la información climática correspondiente a los parámetros meteorológicos ya descritos. La codificación de los Excel corresponde a la ubicación de los píxeles con respecto al Ecuador continental.

Por tal motivo el siguiente ejemplo menciona que:

Figura 8

Formato de datos MAE en libros de Excel.



F08: fila que corresponde al píxel.

C42: columna que corresponde al píxel.

Es por ello que en las Tablas 9 y 10, se menciona el formato de los datos dentro de cada libro de Excel, de la información otorgada por el MAATE.

Tabla 9

Formato de los datos diarios por grilla de los modelos climáticos entregada por Ministerio del Ambiente y Agua. Periodo de prueba del 1980 a 2015.

Longitud	Latitud	Año	Mes	Día	Precipitación	Temperatura Máxima	Temperatura Media	Temperatura Mínima
- 79.1610 8261	- 0.57498 5012	19 81	1	1	11.6	27.6	21.4	15.2
- 79.1610 8261	- 0.57498 5012	19 81	1	2	21.6	26.8	21.2	15.7
- 79.1610 8261	- 0.57498 5012	19 81	1	3	12.8	27.9	21.4	14.9
...
- 79.1610 8261	- 0.57498 5012	20 15	12	3 1	4.2	27.3	20.7	14

Tabla 10

Formato de los datos para valores proyectados hasta el año 2070 de los modelos climáticos entregada por Ministerio del Ambiente y Agua para escenario RCP 4.5. y RCP 8.5.

Longitud	Latitud	Año	Mes	Día	2011 – 2070			
					Precipitación	Temperatura Máxima	Temperatura Media	Temperatura Mínima
- 79.16108 261	- 0.574985 012	20 11	1	1	2.6	29.2	22.4	15.6

-	-	20	1	2	4.8	28.7	22.2	15.7
79.16108	0.574985	11						
261	012							
-	-	20	1	3	3.6	28.7	22	15.4
79.16108	0.574985	11						
261	012							
...
-	-	20	12	31	18.6	28.7	22.6	16.4
79.16108	0.574985	70						
261	012							

3.4. Lectura de los Datos Mensuales y Diarios

Debido al formato de los datos mensuales, se leyó directamente en Rstudio, puesto que la extensión de los archivos y su orden son completamente compatibles con la interfaz de Software.

Además, los datos diarios, pueden ser compatibles con la interfaz de Rstudio, debido a su extensiones y orden, sin embargo, requieren de pasar por un script en Python debido a que el orden de estos y el formato emitido por el Ministerio del Ambiente y Agua no fue compatible con RClimDex.

```
library(readxl)
library(lubridate)
MES<- read_excel("MES1.xlsx")
```

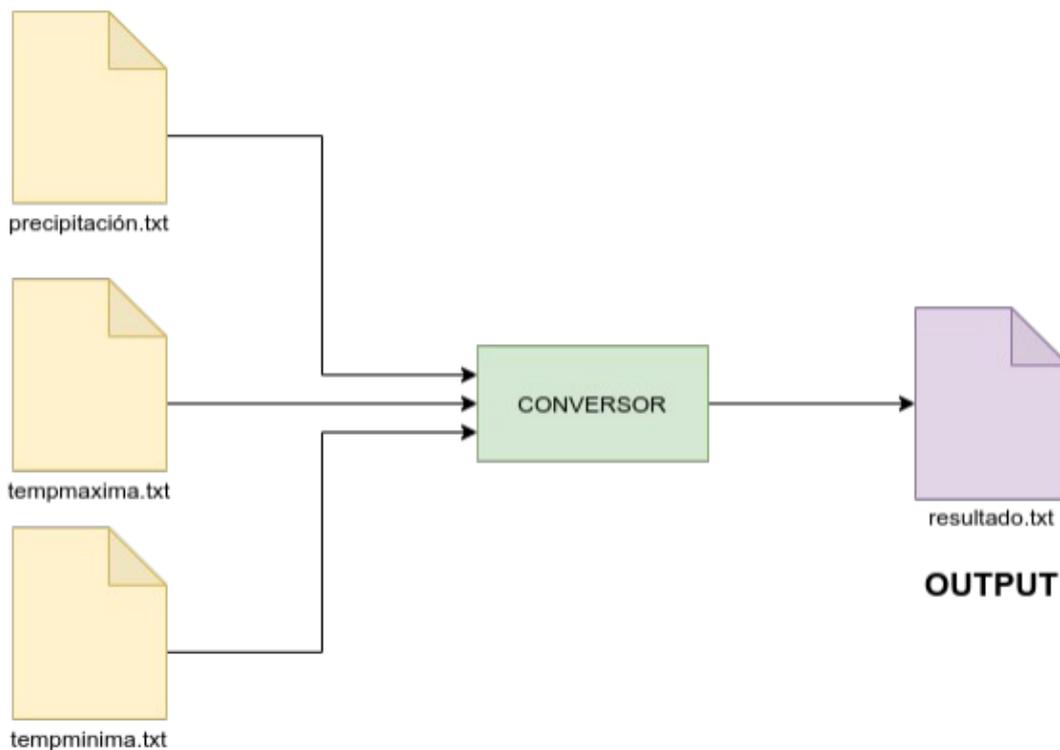
Esta parte del script indica los paquetes que deben de ser cargados previamente o instaladas para la lectura de las variables de estudio. Esto para los datos mensual y diaria en la interfaz de Rstudio. Agregando la tercera línea adjuntada para la lectura de los archivos individuales del mes.

Según (Tufiño, 2020), afirma:

Para la lectura y el tratamiento de los datos diarios debido a su formato como se menciona anteriormente se implementa un script en Python el cual acoge un algoritmo matemático cuyas entradas son los archivos individuales de cada una de las variables meteorológicas proporcionados por el Ministerio del Ambiente y Agua, además de que la salida es un archivo con el formato requerido para el Software computacional de RClimDex. La versión inicial del algoritmo se diseñó para las tres variables meteorológicas requeridas (*precipitación (rr)*, *temperatura máxima (tx)* y *temperatura mínima (tn)*). Es por ello, que actualmente el algoritmo puede procesar más variables y varias estaciones meteorológicas. En la Figura 9 se aprecia una representación simplificada de las entradas y salidas del algoritmo. (Tufiño, 2020, p 1)

Figura 9

Representación simplificada de las entradas y salida del algoritmo de conversión de formatos.



Nota. Representación de entrada y salida de algoritmos para transformar el formato de datos. Elaborado por Rodrigo Tufiño, 2021.

El algoritmo consta de dos pasos principales, el primero para cargar los datos de los archivos de entrada y el segundo para procesar la información y generar el archivo de salida.

Figura 10

Algoritmo de entrada de datos y variables

```
DATA = {  
    'PRECIPITACION': [],  
    'TEMP_MAXIMA': [],  
    'TEMP_MINIMA': [],  
    'VIENTO': [],  
    'PRESION': [],  
    'HUMEDAD': [],  
    'TIEMPO': []
```

Donde Tufiño (2020), indica que: el algoritmo inicia definiendo listas para cada una de las variables meteorológicas que se requieren procesar. Estas listas se denominan DATA. El primer paso del algoritmo es leer cada uno de los archivos de entrada y almacenar cada registro (línea de texto) dentro de las listas de DATA (p 2).

Figura 11

Algoritmos de lectura de datos con Python

```
def cargar_datos ():
for magnitud in
DATA:

    archivo = "input/" + magnitud.lower() +
    ".txt"    if os.path.exists(archivo):    file
= open(archivo, 'r')    datos = []
primera_fila = True    for linea in
file.readlines():    if primera_fila:
primera_fila = False
    continue

    datos.append(linea.rstrip().split('\t'))
file.close

DATA[magnitud] = datos
print("Datos de",magnitud,"cargados")
else:
    print("No existe archivo para", magnitud)
```

A continuación, se procesa la información de DATA. Para ello, el procedimiento requiere de tres datos: una lista con los códigos de las estaciones meteorológicas, la fecha de inicio y la fecha final de registro de los datos (Por ejemplo, algunas estaciones disponen datos desde el año 1990; mientras que otras solo desde el año 1980). El procedimiento inicia creando una lista con la cabecera con las cuatro columnas iniciales del archivo de salida y las unidades meteorológicas que se van a procesar. Esta lista es asignada a una variable denominada salida. (Tufiño, 2020, pp 3)

Después, se genera una lista ordenada por cada mes en el rango de fechas establecido en el procedimiento. Esta lista se denomina fechas. El procedimiento continuo con dos bucles anidados. El primer bucle recorre la lista de códigos de las estaciones meteorológicas. Mientras que, el segundo bucle recorre cada uno de los días en fechas.(Tufiño, 2020,pp 3)

Figura 12

Algoritmo de programación para generar listas ordenadas de los datos

```
def procesar(codigos, desde, hasta):
    cabecera = ['CODIGO', 'ANIO', 'MES',
'DIA'] for magnitud in DATA:
        cabecera.append(magnitud)

    salida = [cabecera] fechas =
generar_fechas(desde, hasta) for
codigo in codigos: for fecha in
fechas: anio =
int(fecha.split("-")[0])
mes = int(fecha.split("-")[1])

row_a =
consultar(DATA['PRECIPITACION'],codigo,anio,mes) row_b
= consultar(DATA['TEMP_MAXIMA'], codigo, anio, mes)
row_c = consultar(DATA['TEMP_MINIMA'], codigo, anio, mes)
row_d = consultar(DATA['VIENTO'], codigo, anio, mes) row_e
= consultar(DATA['PRESION'], codigo, anio, mes) row_f=
consultar(DATA['HUMEDAD'], codigo, anio, mes) row_g =
consultar(DATA['TIEMPO'], codigo, anio, mes)
filas = armar_datos(codigo, anio, mes, row_a, row_b, row_c, row_d, row_e, row_f,
row_g) salida.extend(filas)

guardar(codigo, salida)
```

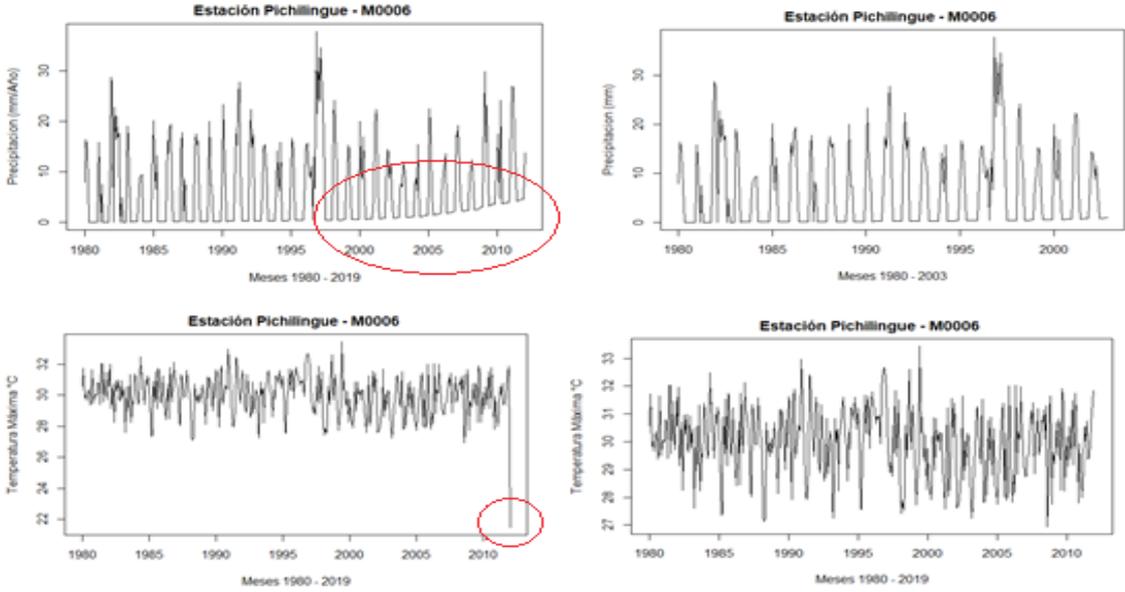
Dentro del segundo bucle se realizan varias cosas. Primero, se obtiene el año y el mes del día que se está iterando. Luego, por cada variable meteorológica se consulta dentro de DATA la información para la estación meteorológica en el año y mes que se está iterando. A continuación, con el resultado de la consulta de cada variable se arman los datos en el formato requerido para el archivo de salida. Posteriormente, se agrega la información a la variable de salida. Finalmente, el procedimiento guarda la información procesada de la variable de salida en un archivo de texto con el nombre de la estación meteorológica que se está procesando. (<https://github.com/rtufino/Conversor-Datos-Meteorologicos>) (Tufiño, 2020, pp 3 - 4).

3.5. Control De Calidad De Los Datos Mensuales y Diarios

Con respecto al control de calidad, de los datos fue necesario buscar en la data, los datos atípicos que pueden afectar a los resultados finales, eliminando aquellos que pueden del orden de los datos, además de eso ubicar en el Script de programación de Rstudio, las condiciones para que no sean leídos los mismos, este proceso fue aplicado para los datos Mensuales y Diarios, siendo de esta forma de trabajo en totalidad con los datos diarios debido a que no tenían muchos datos atípicos. Cabe recalcar que los datos atípicos que buscan eliminarse pueden generarse debido a distintas fuentes como variaciones de voltaje en la instalación eléctricas de los equipos, des calibración manual u otras. Un ejemplo de los errores más comunes que se encontraron y corrigieron se muestran en la Figura 13.

Figura 13.

A) Izq. series de tiempo con datos atípicos. B) Der. series de tiempo sin datos atípicos.



3.6. Análisis Climatológico

Para realizar el análisis de la climatología, se utilizaron los datos mensuales y diarios con series de tiempo mayores a 30 años, se realizó: los histogramas de promedios mensuales de precipitación, además de los estadísticos de estas variables especificadas.

3.6.1. Elaboración de Cartografías

3.6.1.1. Con Método de Kriggin para la elaboración de Isoyetas e Isotermas

Para este estudio, se recurrió a la elaboración de las cartografías con interpolación de datos para obtener las estaciones con mayor grado de precipitación, es por ello por lo que se utilizó la herramienta de Kriggin de ArcGIS, el cual corresponde a un proceso geoestadístico-avanzada que genera una superficie dentro del portal de trabajo, donde estima los valores interpolados a partir de un conjunto de puntos dispersos con valores Z, en este caso pueden ser las variables de estudio (Murillo et al., Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos, 2012). A diferencia de otras, la herramienta Kriggin en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial de algún fenómeno representado por los valores z (datos variables de estudio), en función de los valores X y (coordenadas del punto o el polígono) (Toro, 2009). Puesto que para el proceso, se deben de cargar los Shp de estudio , para luego seleccionar en la ventana de ArcGIS la opción de catálogo de Arc Tool Box, en la pestaña de Spatial Analytic Tool, y se dirige a la subpestaña de Interpolation y selección la herramienta Kriggin, para luego hacer la selección en el apartado de Z Values, después en la opción de Enviroment, y la sección de Proccesing Extent, para elegir al nombre del Shp del archivo y finalmente se dirige a la sección de Ráster Analysis, en este caso para dirigir el trabajo en un polígono determinado de estudio.

3.6.1.2. Con Método de IDW para la elaboración de Isotermas

Además para este estudio , también se elaboraron cartografías temáticas con la interpolación de datos de temperatura, es por ello por lo que se utilizó la herramienta Inverse Distance Weighthing (IDW), según varios autores, Murillo et al (2012) , corresponde a “ un método matemático de interpolación que usa una función inversa de la distancia, parte del supuesto que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar”. Es por eso por lo que el método de IDW es similar al Krigging ordinario, ya que da más peso a los valores cercanos a un punto, pero posee una menor complejidad del cálculo. Puesto que para el proceso, se deben de cargar los Shp de estudio , para luego seleccionar en la ventana de ArcGIS la opción de catálogo de Arc Tool Box, en la pestaña de Spatial Analystic Tool, y se dirige a la subpestaña de Interpolation y selección la herramienta IDW, para luego hacer la selección en el apartado de Z Values, después en la opción de Enviroment, y la sección de Proccesing Extent, para elegir al nombre del Shp del archivo y finalmente se dirige a la sección de Ráster Analysis, en este caso para dirigir el trabajo en un polígono determinado de estudio.

3.7. Análisis de índices de Cambio Climático con RClimDex.

Para analizar los datos meteorológicos se utilizaron las librerías RClimDex de RStudio se requiere de un archivo de texto en formato “txt”. Pero cabe recalcar que este formato difiere del proporcionado por el Ministerio del Ambiente y Agua, en dos aspectos. El primero, la información de las variables ambientales que se desean analizar debe estar un solo archivo. El segundo, el registro (línea de texto dentro del archivo) debe ser de un día y no de todo el mes. Debido a que por tal motivo se usó el script de Python descrito en la sección 3.4.

Es por ello por lo que Guamán, (2020) afirma que: de esta manera, el formato para RClimDex dispone de siete columnas. Las primeras cuatro columnas representan el

código de la estación meteorológica, el año, el mes y el día. Las siguientes tres columnas representan la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima(p 24).

En la Tabla 11 se muestra la estructura del archivo requerido para RCLimDex.

Tabla 11

Representación del formato de datos para RCLimDex para precipitación, temperatura máxima y mínima.

codigo	anio	mes	dia	precipitación	temp_maxima	temp_minima
M006	1980	1	1	1.5	27.8	21.5
M006	1980	1	2	0	29.2	21
...
M006	2019	11	1	41.9	34.8	21.1

Nota. En la tabla se puede visualizar el formato de datos que admite el programa computacional RCLimDex. Elaborado por Rodrigo Tufiño, 2020.

Los índices de cambio climático que fueron calculados con RCLimDex, son los mismos que se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2, con sus respectivas definiciones en la Sección de Anexos. Para adaptar estos índices a las zonas tropicales se cambió el umbral de los 0°C (punto que marca la congelación del agua), a los 3°C, temperatura que en las zonas tropicales define la aparición de heladas. Siguiendo los pasos especificados en el manual de uso de RCLimDex (Xuebin Zhang et al., 2004)

3.7.1. Control de Calidad Climatológico de datos en RCLimDex

Además del control de calidad previo que se realizó con los datos diarios (Ver sección 3.5) RCLimDex tiene su propio control de calidad, adaptado a sus formatos como lo especifica el manual de RCLimDex

Donde los autores (Xuebin Zhang et al., 2004), afirman que este control consiste en:

1. Reemplazar todos los datos faltantes (NA, no disponibles) por -99.9

2. Reemplazar por NA los valores no razonables, como:

- Cantidades de precipitación diaria menor que 0, y
- Temperaturas máximas diarias menores a las temperaturas mínimas diarias, por -99.9.
- Identificar los valores extremos (outliers), en temperaturas máximas y mínimas. (pp 6 -11).

Además, para propósitos de visualización se incluyen graficas de series temporales, marcando estos valores atípicos, que se guardan en la carpeta de “log” y dentro de la misma se encuentran los archivos de las series de tiempo en formato “pdf”, y las estadísticas de los datos “NA” por cada variable de estudio, se almacena en un archivo “nastatistic.csv”. Y en la carpeta de “plots” se generan las gráficas de los Índices de Cambios Climático, calculados.

Es por ello, que Guamán (2020), afirman que no se realiza un relleno de datos, ya que la resolución requerida para este estudio es diaria, con el objetivo de encontrar eventos extremos y su incremento en frecuencia, permanencia y/o intensidad. Un relleno de datos hubiese ocasionado un aumento artificial de la presencia de valores promedios, y disminuido la presencia real de los valores extremos (p 29).

3.8. Downscaling estadístico: corrección del modelo vs. dato in-situ.

Para la comparación del Modelo y el Dato Meteorológico, se eligen los periodos iguales a nivel temporal , es decir se procedió a elegir los datos in situ y modelos meteorológicos de 1981 – 2011, de las estaciones de Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB contra los datos de los Modelos Meteorológicos , por cuadrilla donde se encuentran las estaciones meteorológicas , para este caso corresponde la cuadrilla de F44 C35 para las estaciones de Babahoyo UTB M0051 y la cuadrilla de F36 C35 para la estación Pichilingue M0006 , (Ver Figura 12), además de elegir los datos en base a las variables de estudio, Precipitación, Temperatura Máxima y Temperatura Mínima, esto para el caso de la obtención de la estadística general de la comparación, y para el caso del cálculo de RClmDex, se toman los periodos distintos para cada

estación, es decir, comparamos los datos globales contra los datos modelados. Es debido a ella, para la realización del Downscaling Estadístico, se restó del promedio de los datos In-situ, el promedio de los datos históricos (valor medio de la variable - valor simulado), aplicado para todos los meses de las series de tiempo completas y estos valores obtenidos fueron sumados y restados a todos los datos de todos los meses de las series de tiempo, para ambos escenarios (4.5 y 8.5), exclusivamente para las variables de temperatura máxima y temperatura mínima, debido a que la variable de precipitación no presenta una distribución gaussiana, obteniendo la corrección de datos modelados.

3.9. Corrección de Datos Modelados

Para la corrección de los datos modelados se procedió a realizar la corrección de sesgo, el cual corresponde al “a una medida de exactitud, la cual mide la diferencia entre el valor simulado y el valor medido de la variable” (Armenta Porras et al., 2016). En otras palabras, del valor del promedio de los datos simulados del promedio de los datos in situ, y el valor obtenido fue sumado y restado a todas las series mensuales de los datos modelados, en ambos escenarios disponibles.

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (fn - On)$$

Donde

N : número de datos

fn : valor simulado

On : valor medio de la variable

3.10. Índices de Cambio Climático proyectados al 2070.

Para el cálculo de los índices de CC se utilizó RClmDex con los datos modelados y proyectados al 2070, luego de que se realizó el downscaling estadístico. Se procedió a realizar el proceso indicado en el punto 3.4.2.

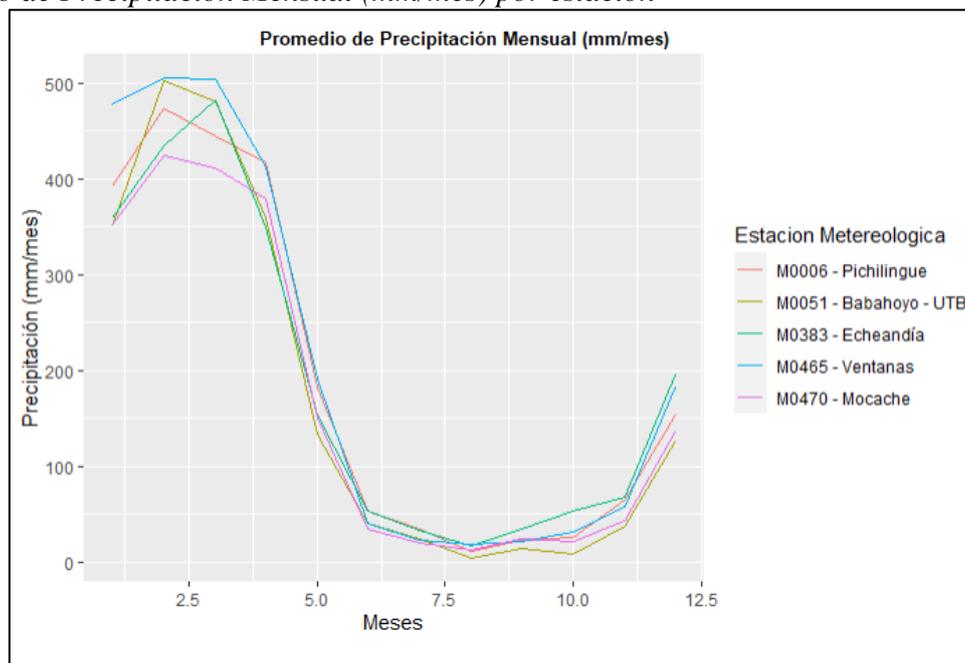
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la climatología en la zona de estudio.

4.1.1 Climatología de la precipitación

Figura 14

Promedio de Precipitación Mensual (mm/mes) por estación



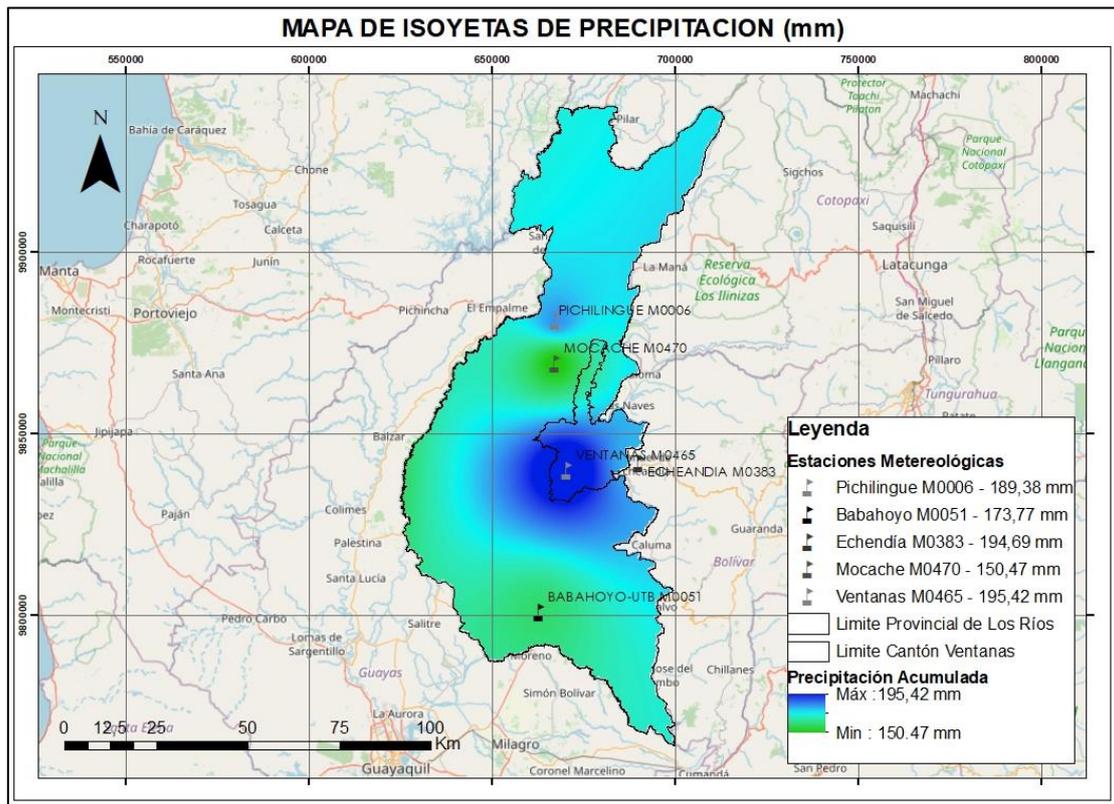
Con respecto a la variable de precipitación en la zona de estudio (Figura 14), se tienen precipitaciones que oscilan desde los 4.17mm/mes en los meses más secos y 505.16 mm/mes en los más lluviosos, que corresponde un clima de tipo de mega térmico y semihúmedo. La estación que se presenta con mayor precipitación corresponde a la estación de Ventanas con 18.09 mm/mes a 505.16 mm/mes; además de que la estación con menor precipitación corresponde a la de estación de Mocache con 13.09 mm/mes a 423.61 mm/mes, en los meses más lluviosos.

Tal como se aprecia, podemos afirmar que la estacionalidad es común para todas las estaciones estudiadas. Registrándose la temporada lluviosa desde el mes de diciembre, logrando su valor máximo en los meses de febrero y marzo, hasta el mes de mayo. Mientras que la temporada seca es de junio a noviembre.

A nivel espacial (Figura 15), se aprecia el mismo comportamiento en donde se puede observar que la zona más lluviosa es justamente la zona de interés de este presente estudio, correspondiente al Cantón Ventanas, en dónde se ubica la estación del mismo nombre y las zonas más secas corresponde a los alrededores de la Estación de Mocache.

Figura 15

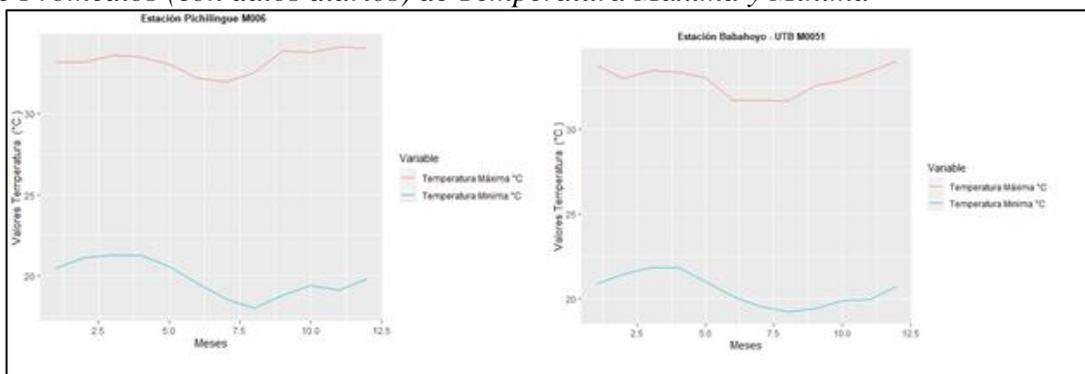
Mapa de Isoyetas de Precipitación (mm)



4.1.2 Climatología de las temperaturas máximas y mínimas

Figura 16

Series de Promedios (con datos diarios) de Temperatura Máxima y Mínima



En estas gráficas, en rojo se registra la temperatura máxima más alta registrada por mes, con datos mensuales. Para luego promediar estos valores máximos registrados mes a mes. El mismo procedimiento se hizo con las temperaturas mínimas, es decir, se registra el valor más pequeño de la temperatura mínima de un mes, para luego promediarlo mes a mes con la serie de tiempo disponible.

Con respecto a la variable de temperatura máxima en la zona de estudio, tienen temperaturas máximas que oscilan desde los 31.70 °C a 34.10 °C, propio del clima de tipo de mega térmico y semihúmedo. En donde la estación con mayor Temperatura Máxima corresponde a la Estación de Pichilingue con valores de temperatura máxima de 31.98 °C a 34.10 °C, y la estación con menor temperatura máxima corresponde a la Estación Babahoyo 31.70 °C a 34.03°C

Es por ello por lo que nivel espacial (Figura 17), se aprecia el mismo comportamiento en donde se aprecia que las zonas más calurosas corresponde a los alrededores de la Estación de Pichilingue y las zonas más templadas corresponde a los alrededores de la Estación de Babahoyo

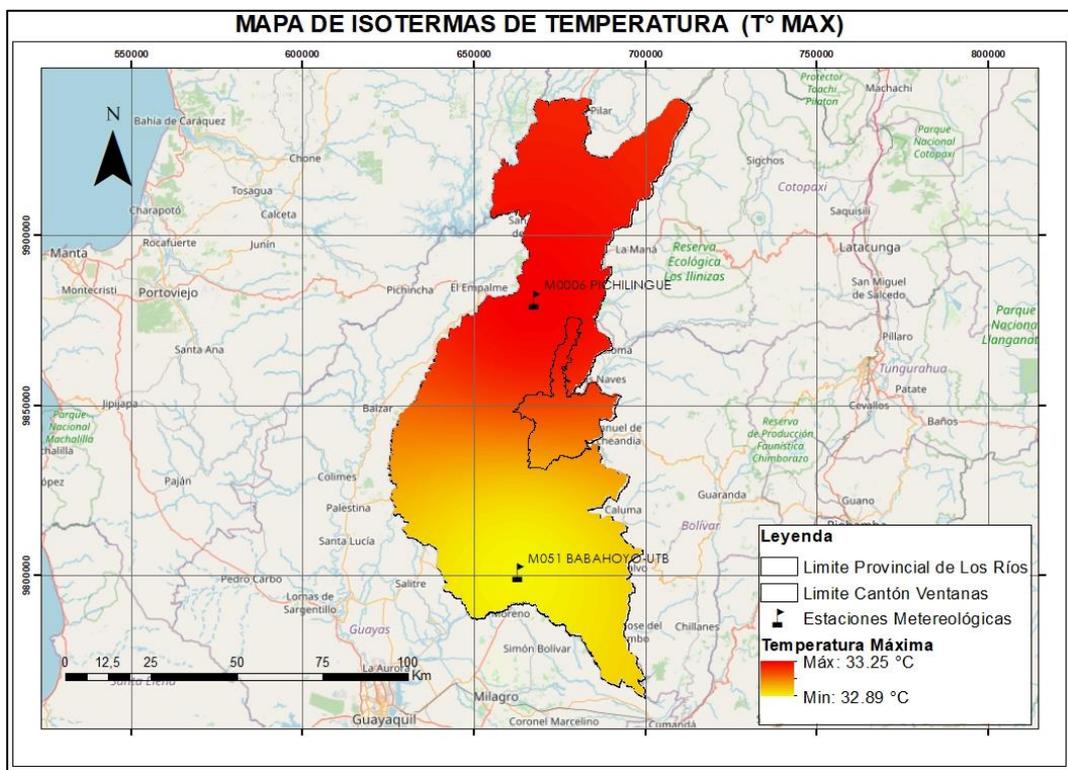
De esta forma, podemos afirmar que la estacionalidad es común para todas las estaciones estudiadas. Registrándose las temporadas más calurosas en coincidencia con las temporadas lluviosas que se dan en los meses de febrero y marzo, hasta el mes de mayo, donde se puede evidenciar que la temperatura más cálida se evidencia en la época invernal de la región litoral, el cual corresponde a un fenómeno asociado. Se aprecia este comportamiento en las Estaciones de Babahoyo y Pichilingue. Asimismo, es importante considerar que Pichilingue y Babahoyo están dentro de las ciudades (aunque rodeadas de vegetación), y por lo tanto también se pueden ver influenciadas por el efecto isla de calor urbana, que genera un efecto de calentamiento extra.

Además, con respecto a la variable de temperatura mínima en la zona de estudio (Figura 6), tienen valores de temperatura mínima que oscilan desde los 18.01 °C a 21.84°C. La estación

con mayor Temperatura Mínima corresponde a la Estación Babahoyo con 19.24°C a 21.84°C , y la estación con menor temperatura mínima corresponde a la Estación de Pichilingue 18.01°C a 21.24°C . Es por ello por lo que nivel espacial (Figura 18), se aprecia el mismo comportamiento en donde se aprecia que la zona de Pichilingue es más fría con relación a la zona de estudio correspondiente al Cantón Ventanas, y las zonas más calurosas corresponde a los alrededores de la Estación de Babahoyo – UTB.

Figura 17

Mapa Isotermas de Temperatura Máxima $^{\circ}\text{C}$

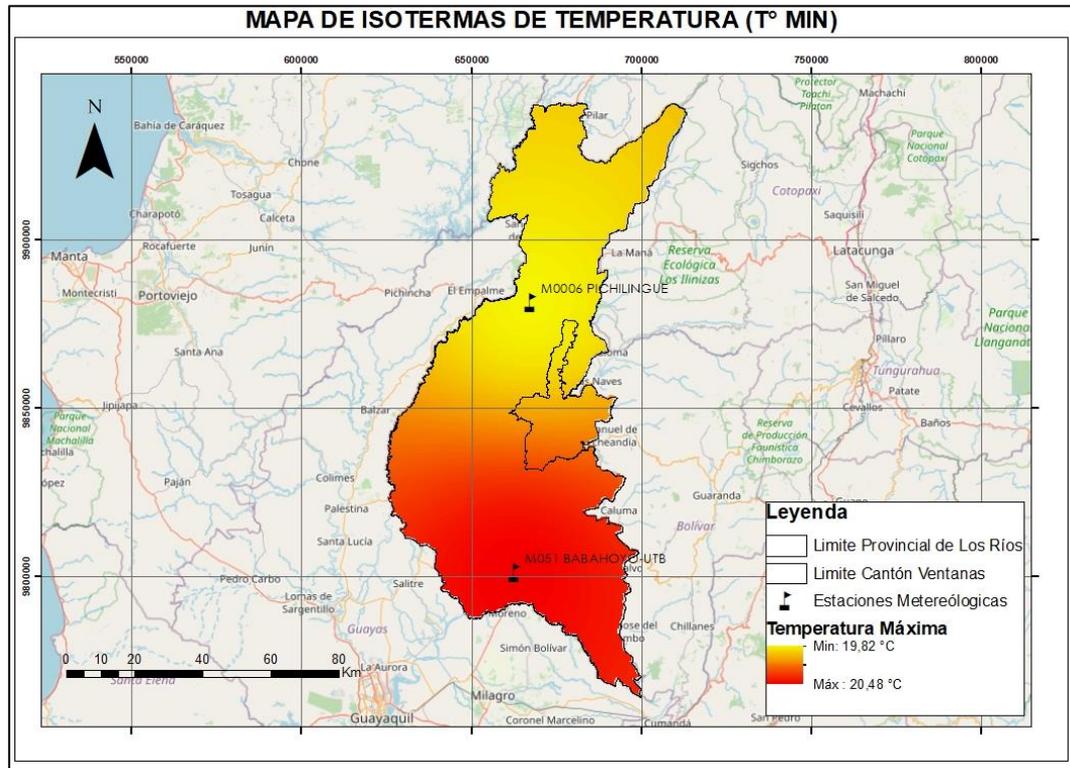


En la gráfica de Isotermas de Temperatura Máxima $^{\circ}\text{C}$, indica la variación de la variable de Temperatura Máxima de los datos *in situ*, en donde la variación climática es mínima, teniendo en consideración un rango de $0,36^{\circ}\text{C}$, siendo de esta forma la estación Pichilingue tiene un mayor valor de temperatura máxima con $33,25^{\circ}\text{C}$, a diferencia de la Estación de Babahoyo UTB con valor de temperatura máxima de $32,89^{\circ}\text{C}$, es decir que se evidencia una poca variabilidad térmica. Indicando las zonas que se encuentran alrededor de la Estación

Pichilingue como más cálidas con referencia a las zonas que se encuentran cercanas a la Estación de Babahoyo UTB.

Figura 18

Mapa Isotermas de Temperatura Mínima °C



En la gráfica de Isotermas de Temperatura Mínima °C, indica la variación de la variable de Temperatura Mínima de los datos In Situ, en donde la variación climática es mínima, teniendo en consideración un rango de 0,66 °C, siendo de esta forma la Estación Babahoyo UTB tiene un mayor valor de temperatura mínima con 20,48 °C, a diferencia de la Estación Pichilingue con valor de temperatura máxima de 19,82 °C. Indicando las zonas que se encuentran alrededor de la Estación Pichilingue como menos cálidas con referencia a las zonas que se encuentran cercanas a la Estación de Babahoyo UTB.

Este aumento de temperaturas máximas y disminución de temperaturas mínimas en Pichilingue, respecto a Babahoyo, muestra el hecho de que la ciudad de Babahoyo tiene más inercia térmica (presenta cambios de temperatura menores), posiblemente debido al hecho de que la ciudad está atravesada por un río, lo cual regula de mejor manera la temperatura, no

registrándose así, ni temperaturas muy altas, ni muy bajas. Éste hecho, también es evidente en la Tabla 12 en donde se muestran los récords registrados en el período de estudio, también en este caso, la regulación térmica debido al río que atraviesa Babahoyo evita que se tengan valores extremos tanto de temperatura, como de precipitación.

Tabla 12

Tabla de récords de datos diarios

Estación	Récord de Lluvia (mm)	Récord máximo de Tmin (°C)	Récord mín. de Tmín (°C)	Récord máximo de Tmáx (°C)	Récord mínimo de Tmáx (°C)
M0006 – Pichilingue	197.60	17.10	17.25	36.70	31.98
M0051 – Babahoyo UTB	170.80	19.80	19.60	35.40	33.45

4.2 Índices de Cambio Climático sobre datos in-situ.

Para este análisis se tomó toda la serie disponible de datos diarios de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, desde 1981 hasta 2019 para la estación de Pichilingue – M0006 y de 1981 hasta 2013 para la estación de Babahoyo – UTB – M0051, debido a que, al tener mayor cantidad de datos, la significancia estadística es mayor.

4.2.1. Análisis de los índices de Cambio Climático con los datos In-situ

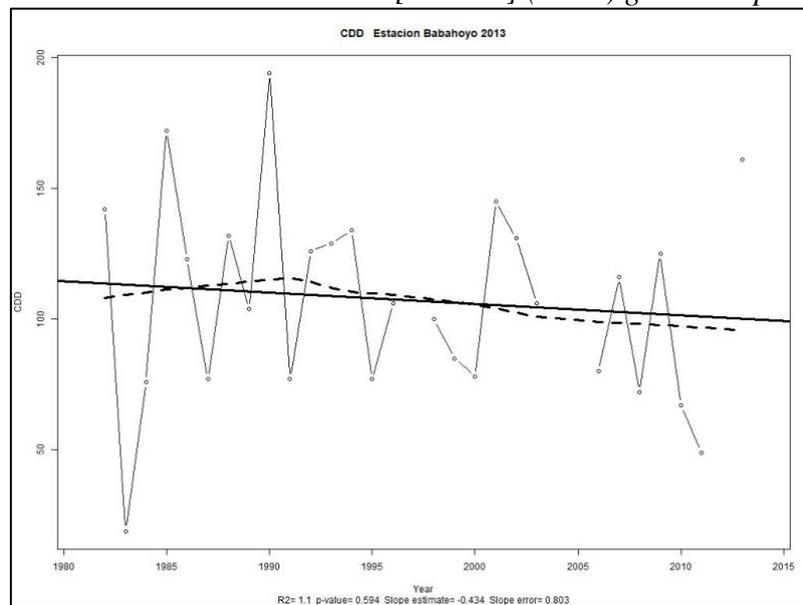
En este capítulo se analizan los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio; tras la aplicación de los índices recomendados por la ETCCDMI, utilizando el software de RClimDex sobre la plataforma de Rstudio.

Según Guamán, (2020) afirma que: los mismos que se están clasificados por temperatura y precipitación y según las características meteorológicas de su zona en Ecuador. En este estudio, se presentarán a continuación las gráficas de los índices año a año (e inclusive mes a mes según el caso) con una línea unida por pequeños círculos. Asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta continua es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos

cuadrados. Al final de cada Figura se presenta el R2, que nos indica el porcentaje de datos que caen dentro de la tendencia lineal (cabe indicar que será un valor muy bajo ya que la señal climática siempre será oscilante), se presenta también la significancia estadística p-value, que nos indica qué tan y confiable es la tendencia a incrementar o disminuir estadísticamente. Slope es la pendiente de la recta y error-slope el error correspondiente, tanto la pendiente como el p- value (p 35).

Figura 19

Gráfica del índice de días secos consecutivos [día/año] (CDD) generada por RClimDex



Nota. En la Figura se visualiza un ajuste de tendencia lineal y una ponderada (Línea punteada).

Según Guamán, (2020), es por ello por lo que: se mostrará una gráfica para cada estación, así mismo una por cada índice. En aquellos casos, en los que no aparezcan las demás estaciones estudiadas, se deberá a que la serie de datos no estaba lo suficientemente completa para el cálculo del índice o no estaba su información meteorológica disponible. Luego del análisis de cada grupo de índices que se relacionen ya sea con temperaturas máximas, mínimas o precipitación; se presentará una tabla resumen de los resultados logrados (p 36).

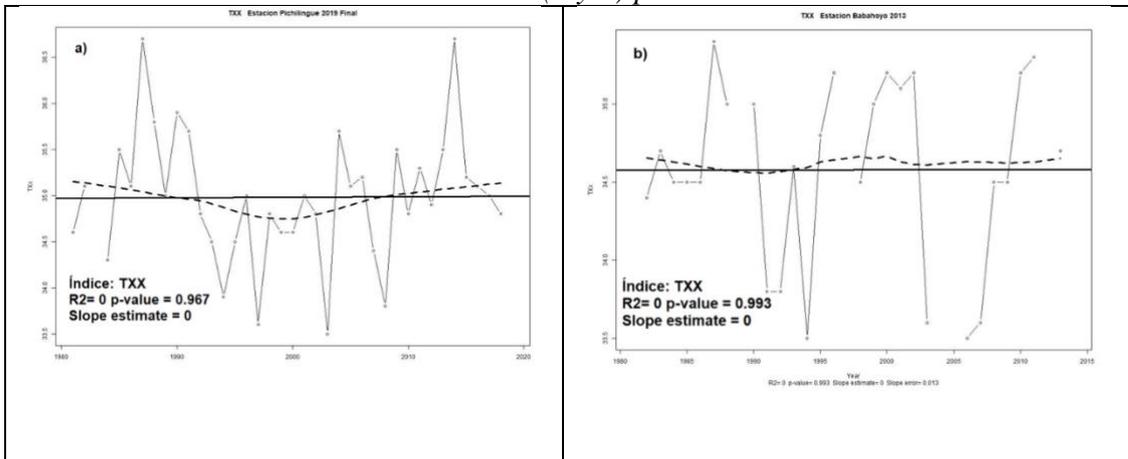
4.2.1.1. Índices de Temperatura Máxima

Según, Guamán (2020), los índices recomendados son los cuales se representa con una línea entre cortada la media móvil, con una línea continua una recta ajustada por el método de mínimos cuadrados con su respectiva pendiente (slope), su error y también el R2, el mismo que explica el porcentaje de datos se ajustan al modelo (p 37) .

Cabe recalcar que las temperaturas máximas suelen ocurrir después del mediodía, logrando los máximos a las 13h00-14h00, mientras que las temperaturas mínimas, suelen ser un reflejo de la temperatura de la noche, y se logran de 06h00 a 07h00.

Figura 20

Resultado del índice TXx de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.



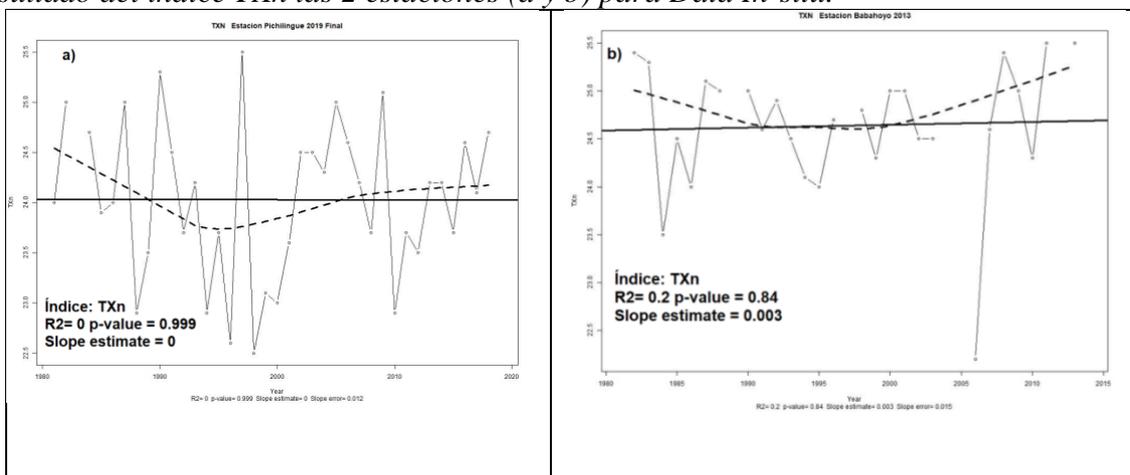
Nota. Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria TXx, Adaptado de : (Guamán, 2020)

En la Figura 20 (a y b), Guamán (2020) “se muestra el índice de valor mensual máximo de temperatura diaria (TXx), generalmente estos valores se registran a las horas posteriores del medio día” (p 37), la primera gráfica corresponde a la Estación Pichilingue - M0006 (a) que presenta un récord de temperatura en 1987 y 2014 de 36,7°C y un mínimo de temperatura máxima de 29, 6°C en el año de 2003 , en este caso las temperaturas registradas en el día presentan un incremento estadísticamente no significativo (p-value = 0.967) el cual indica que las temperaturas máximas diarias no se incrementan año a año. Se puede visibilizar, un cambio de comportamiento cerca de los años 1998-2000, que puede deberse a la presencia del Fenómeno del Niño del 98, seguido a continuación por La Niña.

La estación Babahoyo – UTB - M0051 (b), en la cual se obtuvo un récord de temperatura máxima de 35,4 °C en el año 1985, y un mínimo de temperatura máxima de 29,9°C en el año de 2003, aunque la gráfica refleja que la serie está incompleta, sin embargo, hasta donde se obtuvieron los datos se podría decir que existe calentamiento con una estadística no significativa (p-value= 0.993). Según las ilustraciones, a nivel comparativo se observa que la pendiente más alta es de la estación Babahoyo – UTB M0051 a diferencia de Pichilingue - M0006.

Figura 21

Resultado del índice TXn las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.



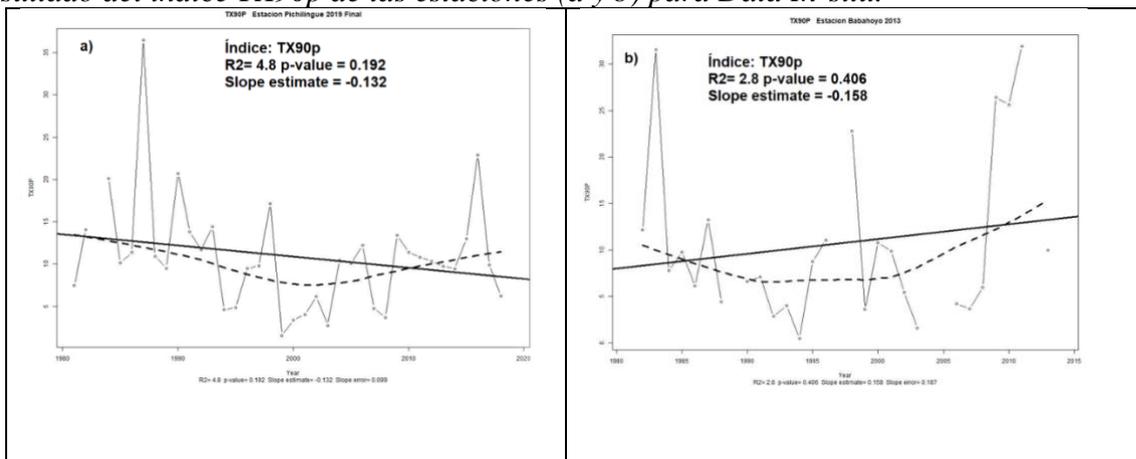
Nota. Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria (TXn), Adaptado de : (Guamán, 2020)

En la Figura 21 (a y b), Guamán (2020) “se muestra el valor mensual mínimo registrado de temperatura máxima diaria, usualmente estos valores son registrados en las primeras horas de la mañana, en primer lugar” (p 39). Para la estación Pichilingue - M0006 (a), en donde se visualiza un incremento estadísticamente no significativo (p-value=0.999), el cual se obtuvo un récord máximo del mínimo mensual de temperatura máxima diaria de 25.8 °C en el año 1997 y un mínimo de 22.5 °C en el año 1998, de manera que se podría afirmar que está muy sostenido el incremento de temperatura. La estación Babahoyo - UTB - M0051(b) no existe una significancia estadística (p-value=0.84), el cual se obtuvo un récord máximo del mínimo mensual de temperatura máxima diaria de 29.9 °C en el año 2010 y un mínimo de 22.2 °C en

el año 2005, la gráfica mostró un comportamiento oscilante, incrementado de manera suave, congruente con el tema de cambio climático. En la tabla 13 se visualiza nuevamente que la estación Pichilingue - M0006 no son significativos, la Babahoyo - UTB - M0051 tiene datos incompletos y tiene muchos vacíos. A pesar de eso se podría decir que las temperaturas mínimas aumentan más rápido que las temperaturas máximas.

Figura 22

Resultado del índice TX90p de las estaciones (a y b) para Data In-situ.



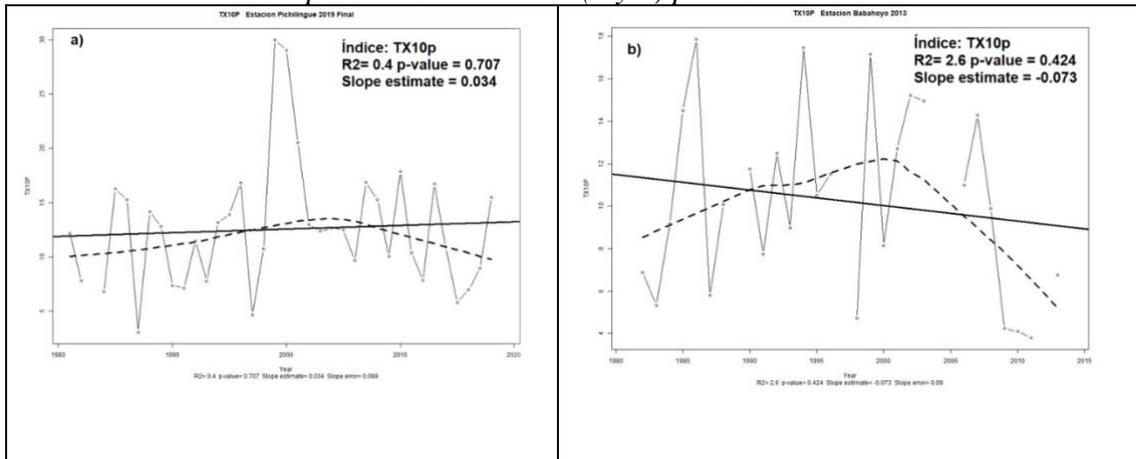
Nota. Porcentaje de días al año cuando la temperatura máxima es mayor al percentil 90 (Días calientes), Adaptado de : (Guamán, 2020)

En la Figura 22 (a y b) , se muestra el porcentaje de días (porcentaje de días en los que se supera el percentil 90) para la estación Pichilingue – M0006 se visualiza un p-value = 0.192 , el porcentaje de días que supera este percentil es estadísticamente significativa, donde indica que cada vez hay MENOS días cálidos a razón (pendiente) de $-0.132\%/año = 1.32\%/10 años$ = es decir, que cada 10 años, el 1.32% de los días del año ($365días * 1.32\% = 4.8 días$) se vuelven menos cálidos, las temperaturas máximas disminuyen. Asimismo, se ve una influencia del Fenómeno del Niño, importante que genera una disminución de Temperaturas Máximas.

En la estación Babahoyo – UTB M0051 (b) se visualiza un p-value = 0.406, donde no representa significancia estadística.

Figura 23

Resultado del índice TX10p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

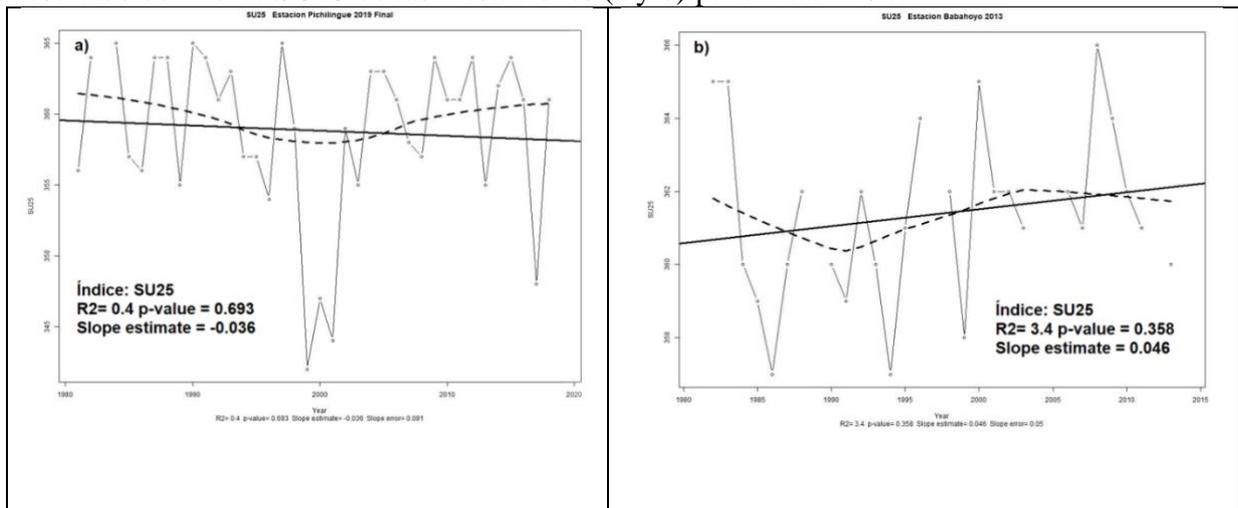


Nota. Porcentaje de días al año cuando la temperatura máxima es menor al percentil 10 (Días fríos), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 23 (a y b) el índice TX10p nos permite conocer qué porcentaje de días fríos existentes, en ambas estaciones se tienen significancias estadísticas muy bajas, p-values 0.707 para la estación de Pichilingue - M0006 (a) y p-value de 0.424 para la estación de Babahoyo – UTB – M0051(b), por lo que no se puede llegar a ninguna afirmación sobre cambios climáticos en esta variable.

Figura 24

Resultado del índice SU25 de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.



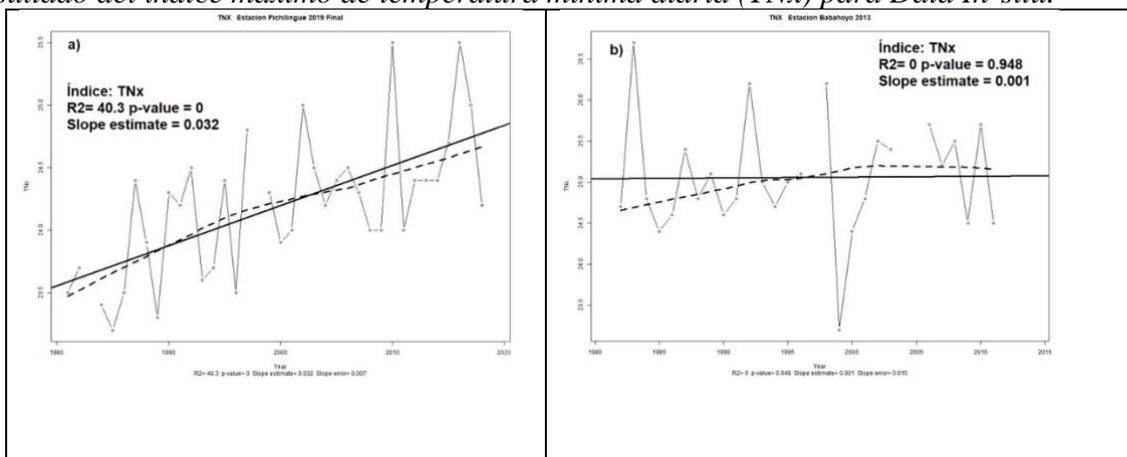
Nota. Número de días en un año cuando TX (máximo diario) es mayor a 25°C (Días de verano) SU25, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 24 (a y b), Guamán (2020) el índice representa los días al año que la temperatura máxima supera los 25 ° C” (p 52), la estación Pichilingue - M0006 muestra un incremento estadísticamente no significativo con un p-value de 0.693, obteniendo un pico de 0.036 días/año que superan esta temperatura. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051, se obtiene un incremento acelerado de las temperaturas mayores de 25°C, se aprecia un p-value de 0,358, de igual forma se puede observar que presenta alrededor de 0.046 días/año que superan esta temperatura máxima.

4.2.1.2. Índices de Temperatura Mínima

Figura 25

Resultado del índice máximo de temperatura mínima diaria (TNx) para Data In-situ.



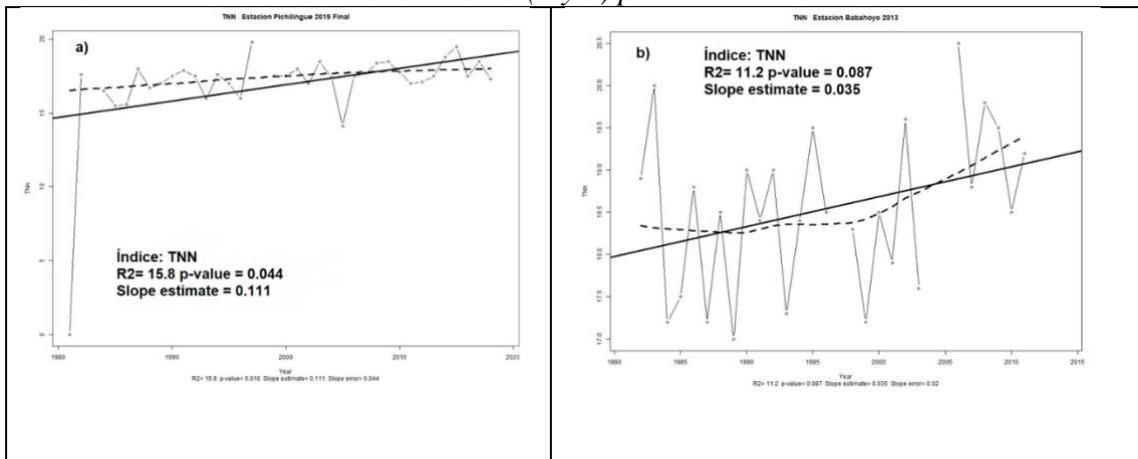
Nota. Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria (TNx), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 25 (a y b), Guamán (2020)“el índice TNx indica los valores máximos diarios registrados año a año, de las temperaturas mínimas, es decir, de aquellas registradas en las primeras horas de la mañana y que son un reflejo de las temperaturas nocturnas” (p 45). En este caso, para la estación Pichilingue - M0006 (a), se aprecia nuevamente un incremento sostenido de los valores de las temperaturas mínimas en 0.032°C/año = 0.32/10 años. A principios de 1981, las temperaturas mínimas oscilaban alrededor de los 22.5° C y ahora, alrededor de los 24.5°C. Una causa para este comportamiento puede no sólo estar ligada al

fenómeno del cambio climático, sino también al efecto de Isla de Calor Urbano, ya que la localización de la estación de Pichilingue ubicada sólo a 1.19 km cerca de la ciudad, la hace sensible a la liberación de calor contenida por las masas de concreto y asfalto de la urbe, sobre todo en las horas de la noche y madrugada. Para esta estación se ve que cada vez hay noches y madrugadas más cálidas, generando problemas por estrés térmico en la salud, agricultura, producción pecuaria y otros (Serrano et al, 2012), ya que al tener un día caliente se necesita una noche fresca para termo regularse efectivamente, y no caer en un estrés termino. La estación Babahoyo - UTB – M0051 (b), a pesar de también estar cerca de la ciudad, ésta se encuentra cerca también del Río Babahoyo (0.67 km), que tiene un efecto termorregulador. Esta puede ser la causa de no apreciarse los mismos efectos en estaciones relativamente similares en ubicación.

Figura 26

Resultado del índice Tnn de las estaciones (a y b) para Data In-situ.



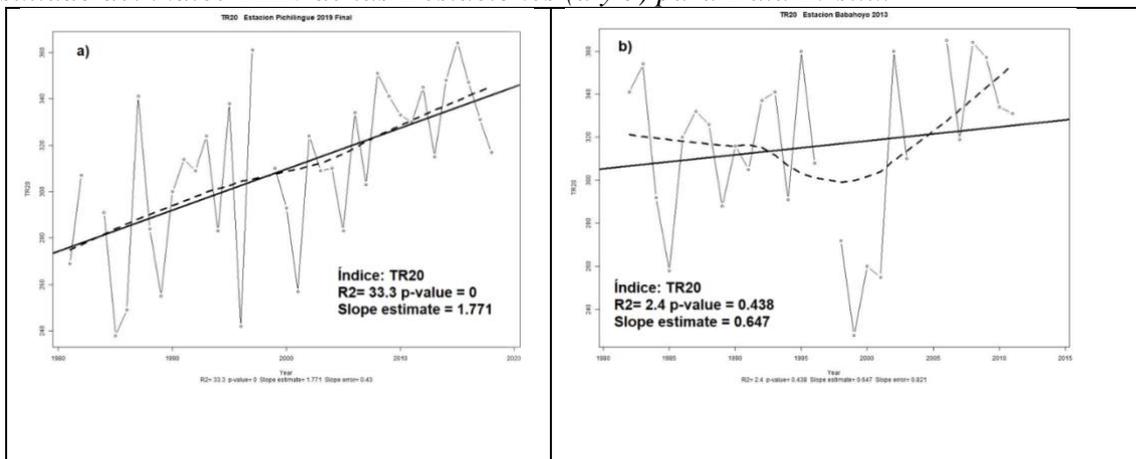
Nota. Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria (Tnn), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 26 (a y b), Guamán (2020)“el índice está indicado muestra el valor de intensidad mensual mínimo de temperatura mínima diaria, usualmente son los valores registrados en las primeras horas de la madrugada,” (pp 47). En la estación Pichilingue - M0006 (a), se muestra un incremento en las temperaturas mínimas de 0.111°C al año, con un p-value de 0.016, lo que indica que es estadísticamente significativo, Guamán (2020)“de

manera que según la pendiente, las temperaturas están aumentando, este fenómeno es congruente con las previsiones de cambio climático (aumento de temperaturas) especialmente por la capacidad calorífica del asfalto, la misma que es liberada en la noche” (p 46), ya que según las coordenadas de la Tabla 3 , se sabe que esta estación se encuentra en una zona urbana. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) se una observa tendencia positiva en la serie histórica donde y muestra un incremento en las temperaturas mínimas de 0.035°C al año, con un p-value de 0.087.

Figura 27

Resultado del índice TR20 de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

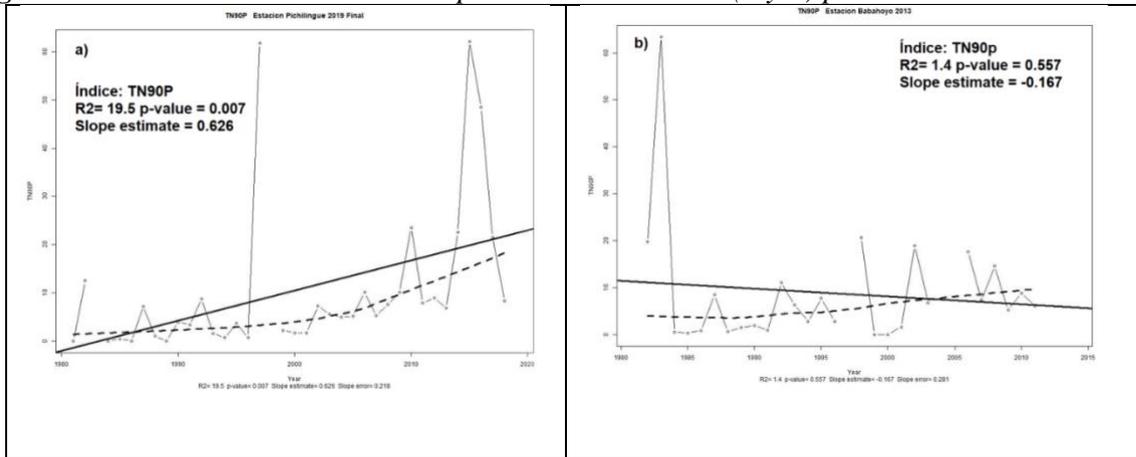


Nota. Noches tropicales, número de días en un año en que la temperatura mínima supero los 20°C, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 27 (a y b), Guamán (2020)“el índice de TR20 o Noches Tropicales, cuenta el número de días año en que la temperatura mínima superó los 20°C” (p 48). Para la estación Pichilingue - M0006 (a) , cabe recalcar que es muy interesante ver como el aumento de días al año aumentó significativamente, al igual que significancia estadística es alta (p-value=0) y la pendiente de 1.771 noches/año, indicador totalmente congruente con el índice TXN. Mientras que para la estación de Babahoyo – UTB – M0051 (b), tiene un ligero aumento de días al año, pero no tiene una significancia estadística alta (p-value=0.438) y la pendiente de 0.647 noches/año. Es evidente que la presencia del río, termo regula las temperaturas

nocturnas, arrastrando el calor contenido por el asfalto y concreto de la ciudad, y disipándolo efectivamente.

Figura 28. Resultado del índice TN90p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

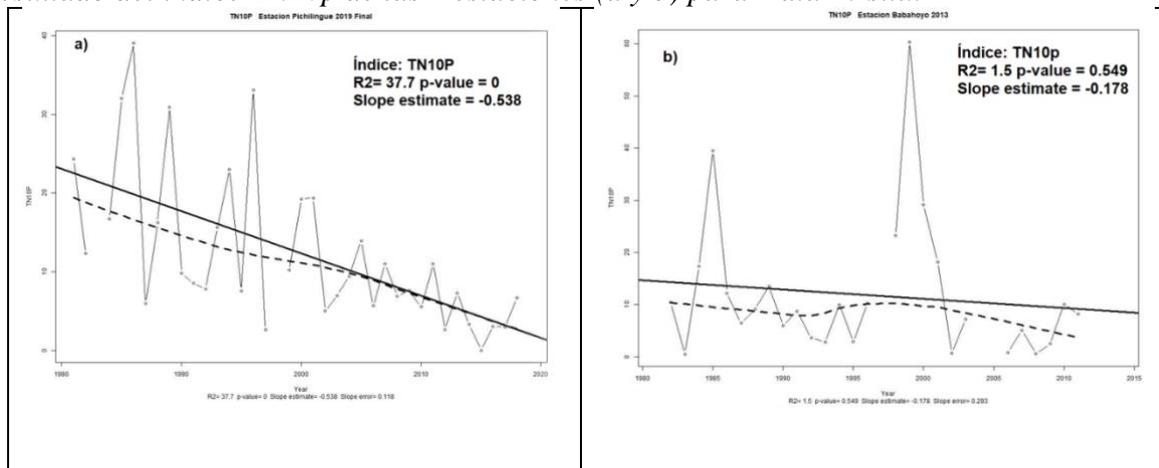


Nota. Noches cálidas: días cuando la temperatura mínima pasa el percentil 90, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 28 (a y b) , Guamán (2020)“el índice TN90P indica la frecuencia de noches cálidas, es el porcentaje de noches en los que la temperatura mínima supera el percentil 90”(p 49). Para la estación Pichilingue - M0006 (a), se ve un crecimiento muy acelerado en los últimos años. La significancia es muy alta (p-value=0.007) y la pendiente de 0.626 noches/año. La estación Babahoyo UTB – M0051 (b), se puede decir que hay un crecimiento en el porcentaje de temperaturas mínimas que sobrepasan el percentil 90.

Figura 29

Resultado del índice TN10p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

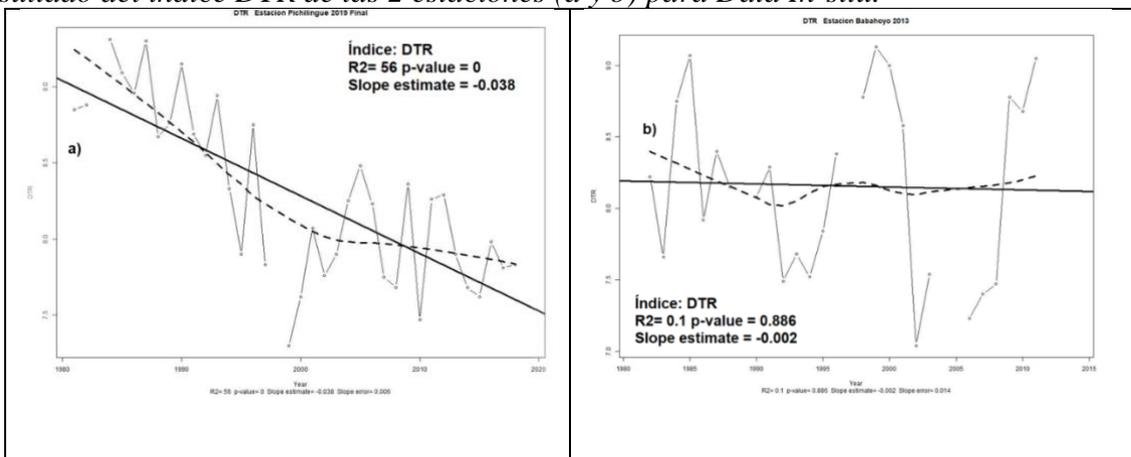


Nota. Noches frías: Días cuando la temperatura mínima es menor al percentil 10, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 29 (a y b),Guamán (2020) “el índice TN10P o Frecuencia de noches frías indica qué tan frecuentes son las noches en las que su temperatura es menor al percentil 10” (p51). Para la estación Pichilingue - M0006 (a), se aprecia una disminución totalmente marcada, de alrededor del 30% a inicios de la serie hasta menos del 5% al final de esta, se aprecia una significancia muy alta (p- value de 0), y pendiente de -0.538 % de noches/año. Cada vez las noches frías van disminuyendo de manera estadísticamente significativa. Para la estación Babahoyo - UTB – M0051 (b) no se pueden generar afirmaciones ya que el p- value es de 0.549, donde además se observa una disminución totalmente marcada, de alrededor del 15% a inicios de la serie hasta menos del 10% al final de esta, se observa una estadística no significativa (p- value de 0.549), y pendiente de -0.178% noches/año. Cada vez las noches frías van disminuyendo de manera estadísticamente significativa.

Figura 30

Resultado del índice DTR de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.



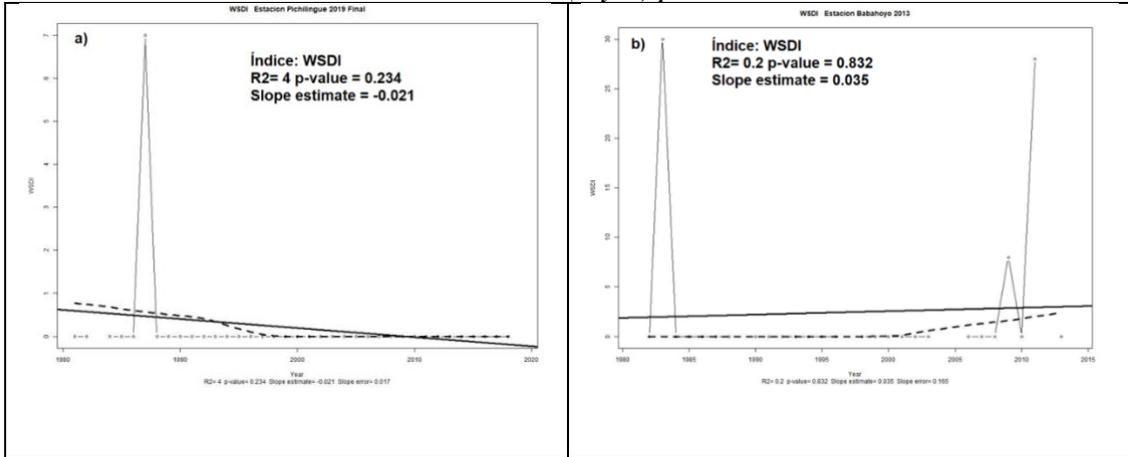
Nota. Rango Diurno de temperatura Tx-Tn [°C/año] (DTR), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 30 (a y b),Guamán (2020) “el índice DTR, representa el promedio de la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas” (p 51) . Para la estación Pichilingue - M0006 (a), se visualiza un decremento de rango, debido al incremento más rápido de las temperaturas mínimas, es estadísticamente significativo y posee un p-value de 0.0, en congruencia con el comportamiento antes descrito. La estación Babahoyo - UTB - M0051 (b)

presenta un decremento en la cantidad de precipitación, y no es estadísticamente significativa p-value de 0.886.

Figura 31

Resultado del índice WSDI de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

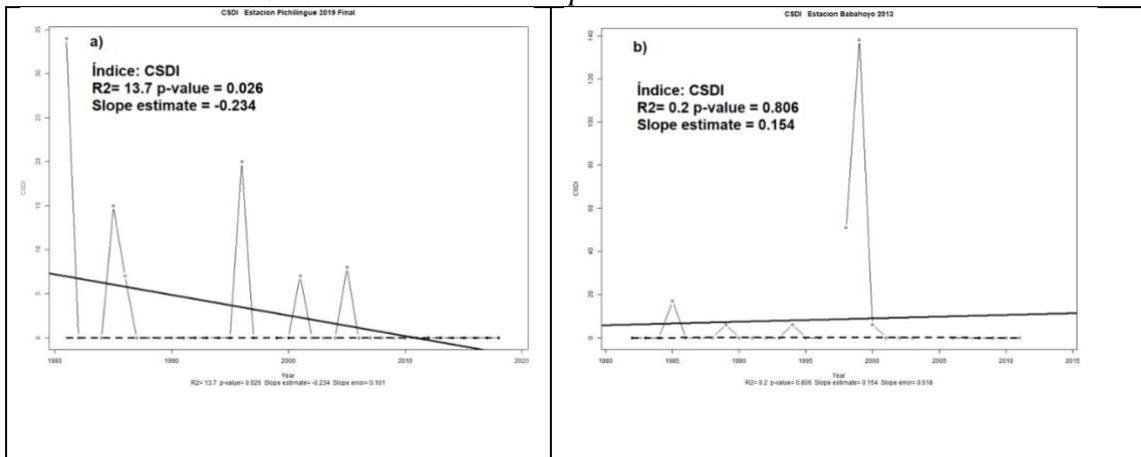


Nota. Indicador de la duración de periodos calientes [día/año] (WSDI), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 28 (a y b) , Guamán (2020)“se presenta el conteaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que la temperatura máxima supero el percentil 90” (p 56). En la gráfica a y b se parecía un incremento de días que superen este percentil, de igual forma su significancia es alta ya que presentan un p-value de 0.234, 0.832, respectivamente, para las Estaciones de Pichilingue – M0006 (a) y Babahoyo – UTB – M0051 (b).

Figura 32

Resultado del índice CSDI de las 2 estaciones para Data In-situ.



Nota. Indicador de la duración de periodos fríos u “olas de frío-heladas” (CSDI) [día/año], Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 32 (a y b) el índice representa cuantas olas de frío, o heladas ha experimentado cada estación. En la estación Pichilingue - M0006 (a), se presenta solo una ola de frío de menos de 6°C. Para la estación Babahoyo – UTB – M0051 (b), se observó 3 eventos de olas de frío, presenta una tendencia creciente de 0.154 con un p-value de 0.806. Estos resultados son congruentes con los efectos del CC ya que, según el IPCC, el riesgo de olas de frío ha disminuido globalmente.

Guamán (2020)“A continuación, se presenta una tabla resumen de los comportamientos presentados. Los valores más significativos (p-value<= 0) están representados por **, mientras que los muy significativos (p<0.1) se presentan con * ” (p 57)

Tabla 13

Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la temperatura para las 2 estaciones para Data In-situ.

Índice	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente
Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria [°C/año] (TXx)	0	0
p- value (Intensidad)	0.967	0.993
Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria [°C] (TXN)	0	0.003
p- value	0.999	0.84
Días cálidos: días con temperatura máxima sobre el percentil 90 [%/año] (TX90P)	-0.132*	-0.158
p- value	0.192	0.406
Días fríos: Días con temperatura máxima menor al percentil 10 [%] (TX10P)	0.034	-0.073
p- value (Intensidad)	0.707	0.424
Días Tropicales (Tx>25°) [día] SU25	-0.036	0.046
p- value (Frecuencia)	0.693	0.358
Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria [°C](TNx)	0.032***	0.001
p- value	0	0.948
Noches tropicales: número de días en un año en que la temperatura mínima supero los 20 °C [día] (TR20)	1.771***	0.647
p- value	0	0.438

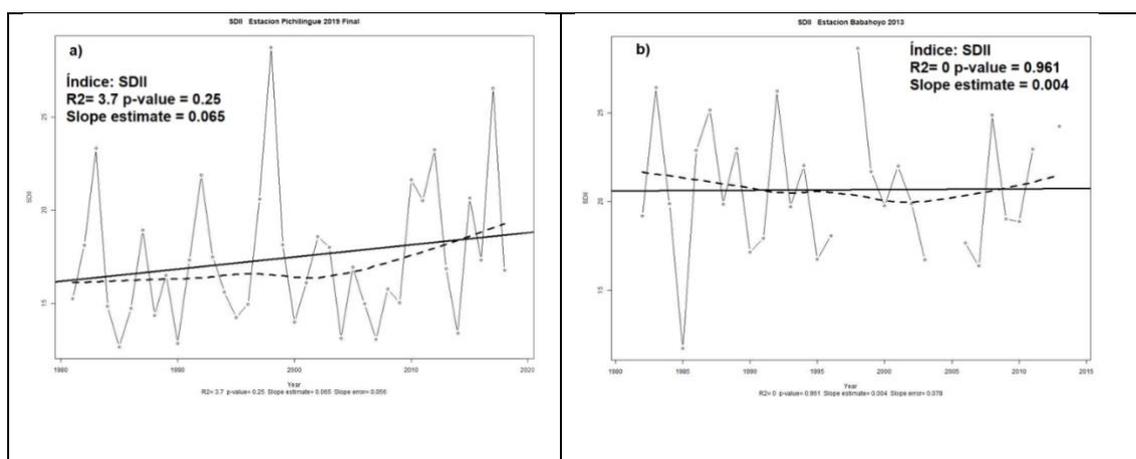
Índice	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente
Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria. [°C] (TNn)	0.111	0.035
p- value (Intensidad-Aumento en la T, efecto isla de calor)	0.016*	0.087
Noches cálidas: días cuando la temperatura mínima pasa el percentil 90 [%] (TN90P)	0.626	-0.167
p- value	0.007**	0.557
Noches frías: Días cuando la temperatura mínima es menor al percentil 10 [%] (TN10P)	-0.538***	-0.178**
p- value	0	0.549
Rango Diurno de temperatura Tx-Tn [°C/año] (DTR)	-0.038**	-0.002
p- value	0	0.886
Indicador de la duración de periodos calientes [día/año] (WSDI)	-0.021**	-0.869**
p- value	0.234	0.119
Indicador de la duración de periodos fríos (CSDI) [día/año]	-0.234**	0.154
p-value	0.026	0.806

Nota. N/A: datos insuficientes para calcular dichos índices/ **Representa alta significancia estadística, *Representa significancia estadística. Elaboración: Kevin Pacheco, 2021, Adaptado de:(Guamán, 2020)

4.2.1.3. Índices de Precipitación

Figura 33

Resultado del índice SDII de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.



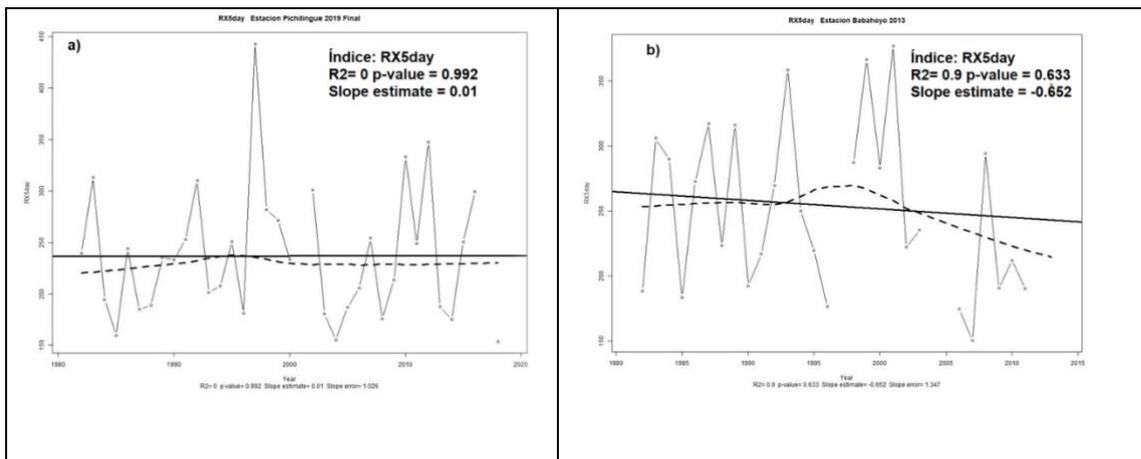
Nota. Índice de intensidad diaria SDII (mm/día) margen 2,5 por cada lado

En la Figura 33 (a y b), Guamán (2020)“el índice se define como la precipitación total dividida para el número de días húmedos (precipitación mayor a 1 mm) en un año”(pp 60). En

la estación Pichilingue - M0006 (a) se aprecia un incremento sostenido, de 0.065 mm/día/año, con significancia estadística p- value de 0.25, quiere decir que llueve más cantidad de agua liberada por la atmosfera. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) mostro un crecimiento de precipitación de 0.004 mm/día/año, estadísticamente no significativa con un p-value de 0.961.

Figura 34

Resultado del índice RX5Day de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

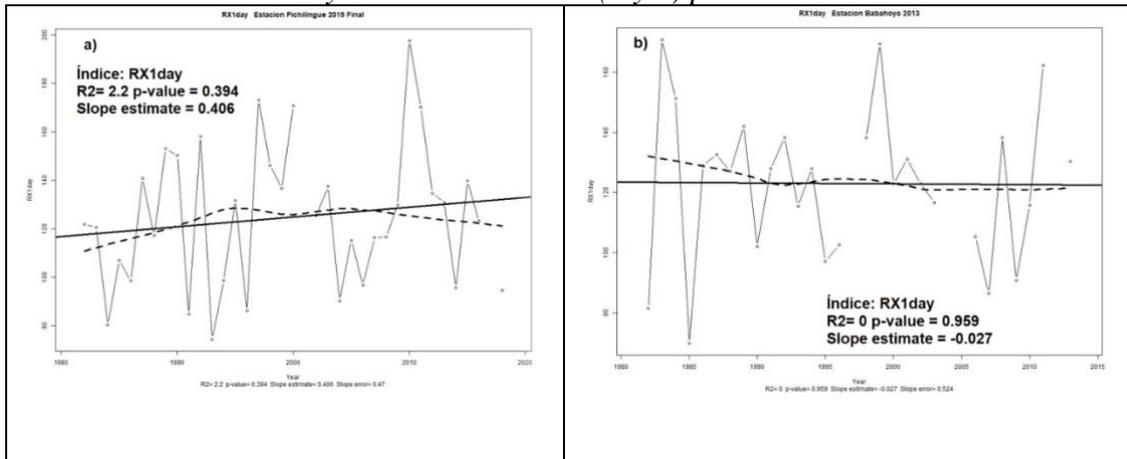


Nota. Cantidad máxima de precipitación en 5 días consecutivos (mm/año) Rx5day, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 34 (a y b), se presenta la estación Pichilingue – M0006 (a) se presenta una pendiente positiva de 0,01 mm/año con un p-value de 0,992, estadísticamente no significativa, en otras palabras, quiere decir que llueve mucho y de manera seguida. Por otro lado, la cantidad máxima de precipitación es más de 450 (mm/año). Para la estación Babahoyo – UTB – M0051 (b), se presenta un decremento de la precipitación de -0.652 mm/año, con un p-value de 0,633, indicando que existe mayor precipitación en la Estación Pichilingue – M0051.

Figura 35

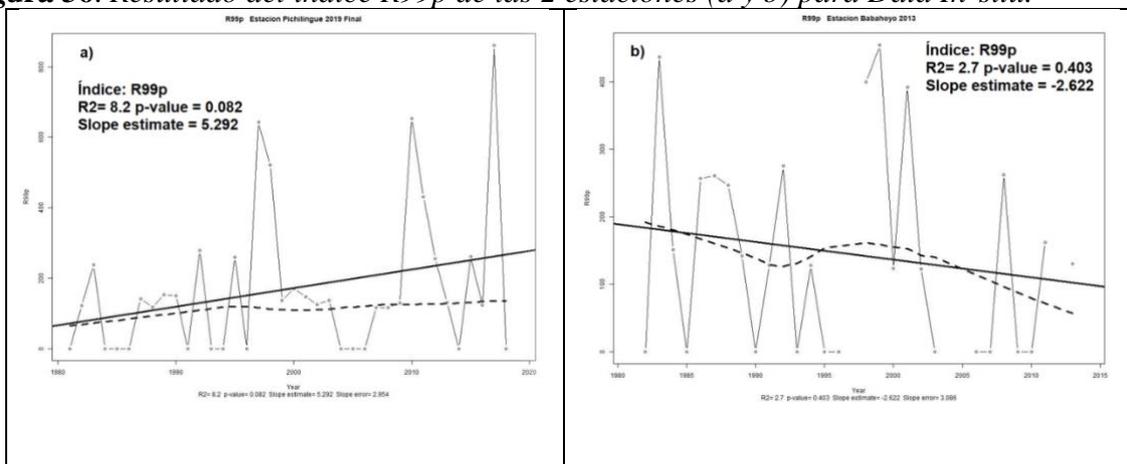
Resultado del índice *RX1Day* de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.



Nota. Cantidad Máxima de precipitación en un día [mm/Día] (*RX1D*) (Intensidad), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 35 (a y b), Guamán (2020) la cantidad máxima de precipitación registrada en 1 día, este indicador es importante ya que está relacionado con las inundaciones”(p 62). Según la SNGR (2012),” menciona que las inundaciones se generan por precipitaciones que difícilmente superan las 24 horas de duración”. La estación Pichilingue - M0006 (a) presenta una tendencia positiva estadísticamente no significativa con un p-value de 0.394. Aumenta a razón de 0.406 mm/Día. La estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) presentan una tendencia negativa con -0.027 mm/Día estadísticamente no significativa con un p-value de 0.959.

Figura 36. Resultado del índice *R99p* de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

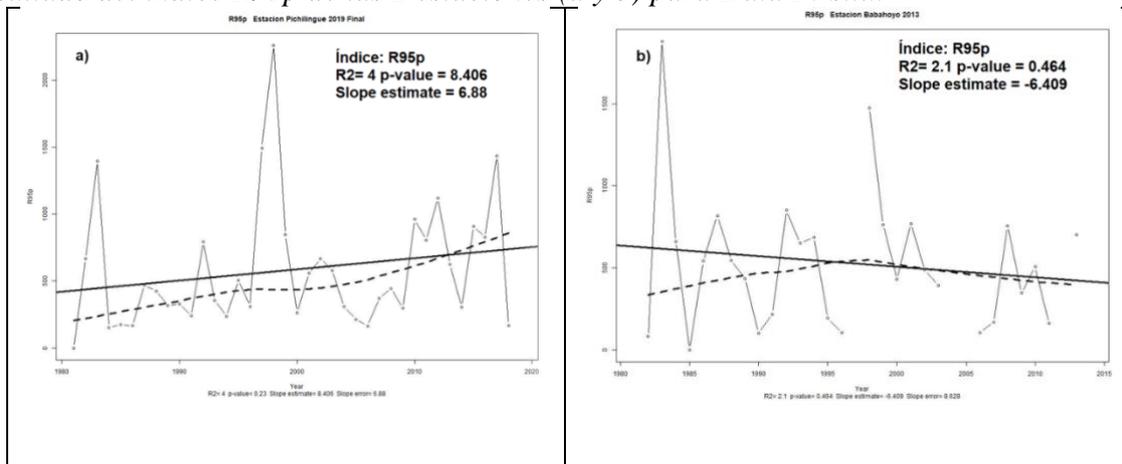


Nota. Días extremadamente lluviosos (precipitación sobre el percentil 99) [mm/año] (*R99p*)

En la Figura 36 (a y b), Guamán (2020) “se aprecia el índice R99p, el cual representa la intensidad de los eventos extremadamente lluviosos diarios. Calcula la cantidad de lluvia acumulada al año de los eventos que superaron el percentil 99” (p 64). Para la estación Pichilingue - M0006 (a) se aprecia un incremento sostenido, que indica la agresividad que los eventos extremos pueden tener, sobre todo en este último año en donde se cuadruplicó su intensidad, con una alta significancia estadística (p- value de 0.082). La intensidad se incrementa a razón de 5.292 mm/año. La estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) presenta una tendencia negativa y no mostró significancia estadística. (p-value de 0.403).

Figura 37

Resultado del índice R95p de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

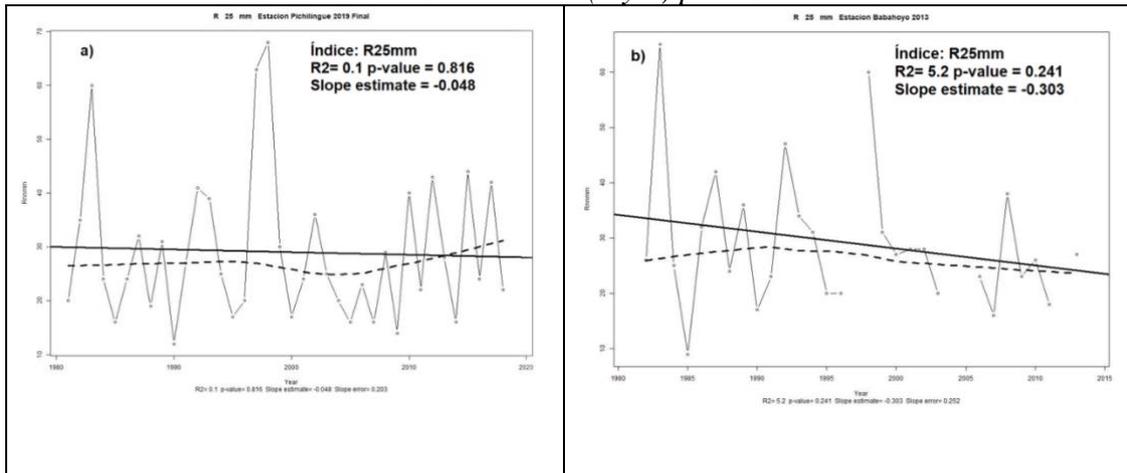


Nota. Días muy lluviosos (precipitación sobre el percentil 95) [mm/Día/año] (R95p), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 37 (a y b), Guamán, (2020) “el índice R95 representa el número de días con precipitaciones por encima del percentil 95”(p 65). La estación Pichilingue - M0006 (a) presenta una tendencia positiva estadísticamente no significativa con un p-value de 0.23, es un indicador mucho más robusto, pendiente de 6.88 mm/Día/año, el cual es un evento muy lluvioso. Por lo tanto, se puede afirmar que en la estación de Pichilingue se incrementan tanto los eventos intensos (sobre el percentil 95), como los extremos (sobre el percentil 99), la estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) presenta una tendencia negativa de -6.49 mm/Día/año y no mostró significancia estadística. (p-value de 0.464).

Figura 38

Resultado del índice R25mm de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

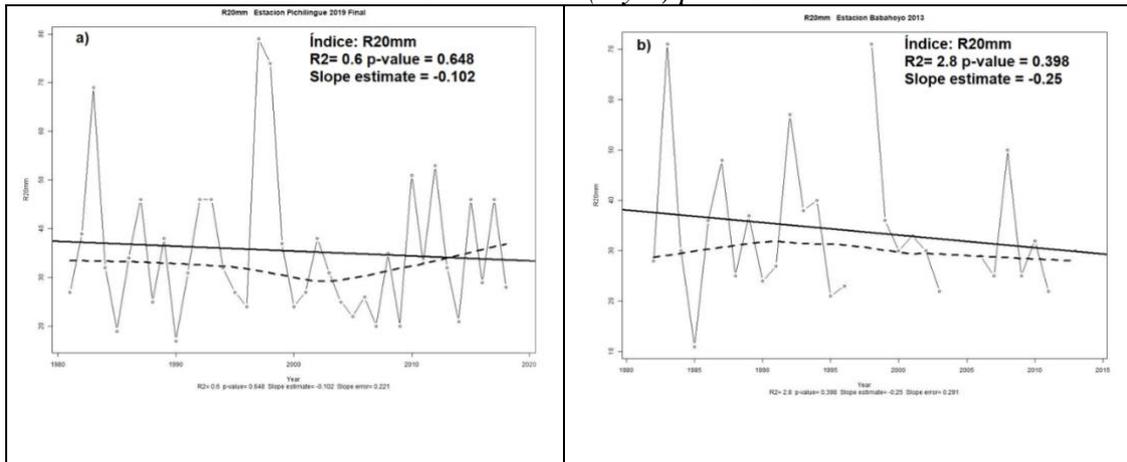


Nota. Días al año en los que la precipitación supera los 25mm [días/año] (R25mm), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 38 (a y b), Guamán (2020)“el R25mm es un indicador que cuenta el número de días al año en los que la precipitación supera los 25mm, que se considera bastante fuerte. Es un indicador de incremento de la frecuencia de los eventos extremos” (p 66). Para la estación Pichilingue - M0006 (a) el incremento no es estadísticamente significativo, (p-value de 0.816), y tiene una pendiente -0.048 días de lluvia/año, Sin embargo, en este caso se evidencia una relación con la ocurrencia del Fenómeno del Niño de los años 1998-1999 y 1982/83 (Zamora y Santillán, 2020), eventos que generan incrementos grandes del índice, sin embargo, los Niños 2015-16, aunque representaron un incremento no fueron tan significativos. En la estación Babahoyo - UTB - M0051(b), se tiene un comportamiento similar al de Pichilingue, mostrando la influencia del Fenómeno del Niño sobre este indicador, presentando una tendencia negativa 0.303 días de lluvia días/año y mostró significancia estadística. (p-value de 0.241).

Figura 39

Resultado del índice R20mm de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

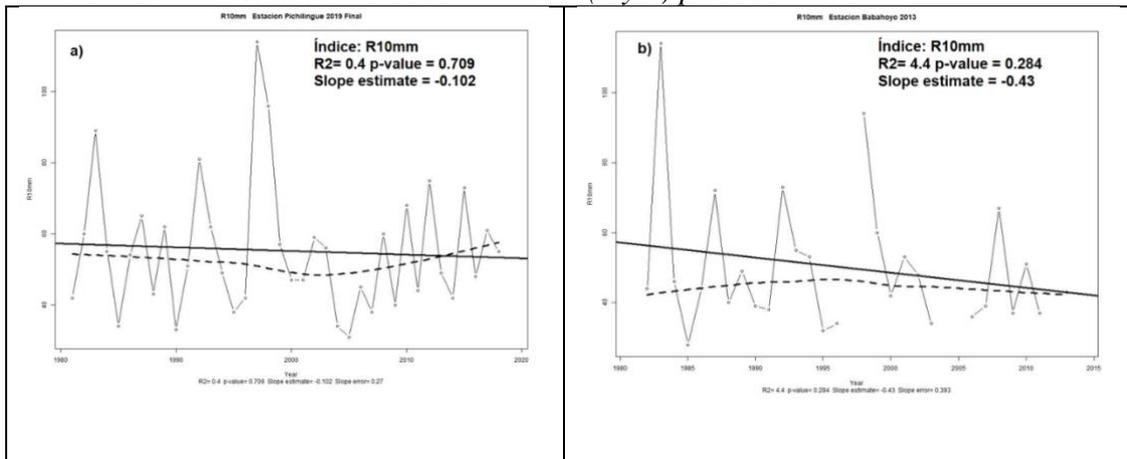


Nota. Días al año con precipitación muy intensa (mayor a 20mm/día) (R20mm) [días/año], Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 39 (a y b), el índice representa cuantos días año existió una precipitación mayor a 20mm. La estación Pichilingue - M0006 (a) presenta una tendencia negativa de -0.102 mm al día/año y estadísticamente no significativa con un p-value de 0.648. La estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) presenta una tendencia negativa de -0.25 mm al día/año y no mostró significancia estadística. (p-value de 0.398).

Figura 40

Resultado del índice R10mm de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

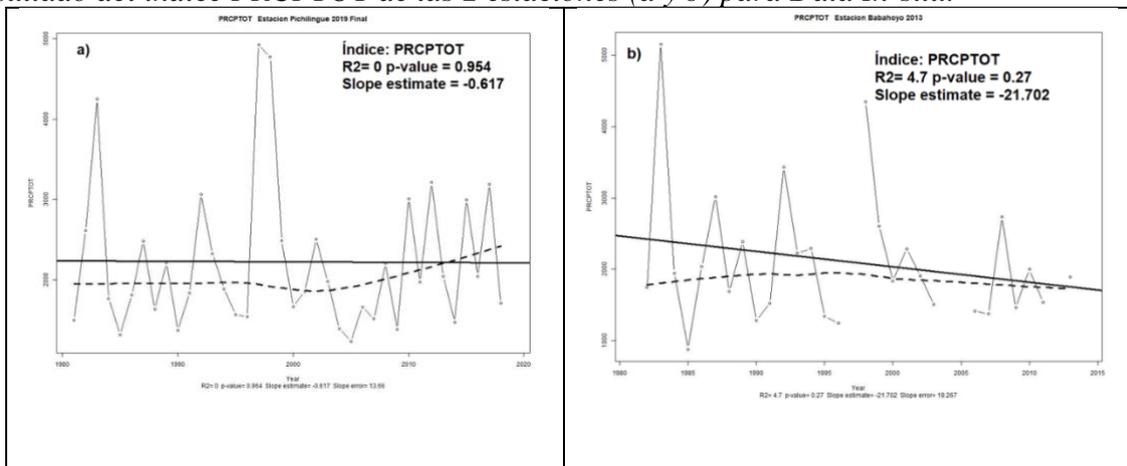


Nota. Días al año con precipitación intensa (mayor a 10mm/día) [días/año] (R10mm), Adaptado de:(Guamán, 2020)

El índice de la Figura 40 (a y b), representa los días al año que sobrepasaron 10mm de precipitación, que se considera moderada. La estación Pichilingue - M0006 (a), presenta una tendencia positiva muy pequeña de -0.102 mm/año, no estadísticamente significativa con un p-value de 0.709. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) se aprecia un decrecimiento de -0.43mm/año con un p-value de 0.284, lo cual indica no existe mayor significancia por lo que no es tan relevante, sin embargo, este indicar no corresponde a uno de los más importantes en el CC, donde concluye que cada vez una tendencia menor en los días consecutivos que sobrepasan los 10 ms.

Figura 41

Resultado del índice PRCPTOT de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.

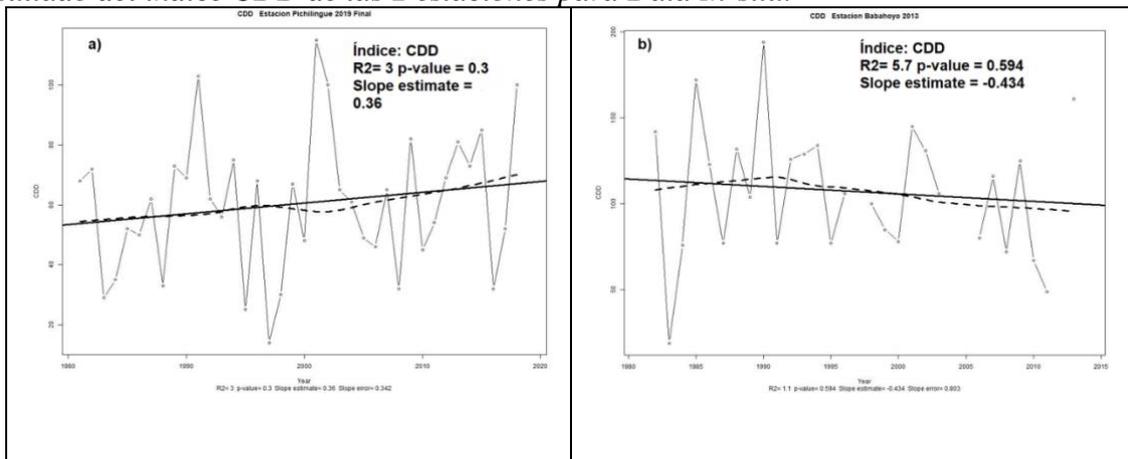


Nota. Precipitación total anual en los días húmedos [mm/año] (PRCPTOT) (Frecuencia), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 41 (a y b), Guamán (2020)“el índice PRCPTOT determina el monto de lluvia anual, tanto de eventos pequeños como grandes” (p 70). En la estación Pichilingue - M0006 (a), se aprecia un decremento sostenido, con tendencia de -0.617 mm/año, y no es bastante significativa p- value de 0.954. La estación Babahoyo - UTB - M0051 (b), presenta una tendencia negativa de -21.702 mm/año y mostró significancia estadística. (p-value de 0.027). Al parecer, en la estación de Babahoyo, se evidencia una tendencia a la disminución de lluvia y eventos intensos.

Figura 42

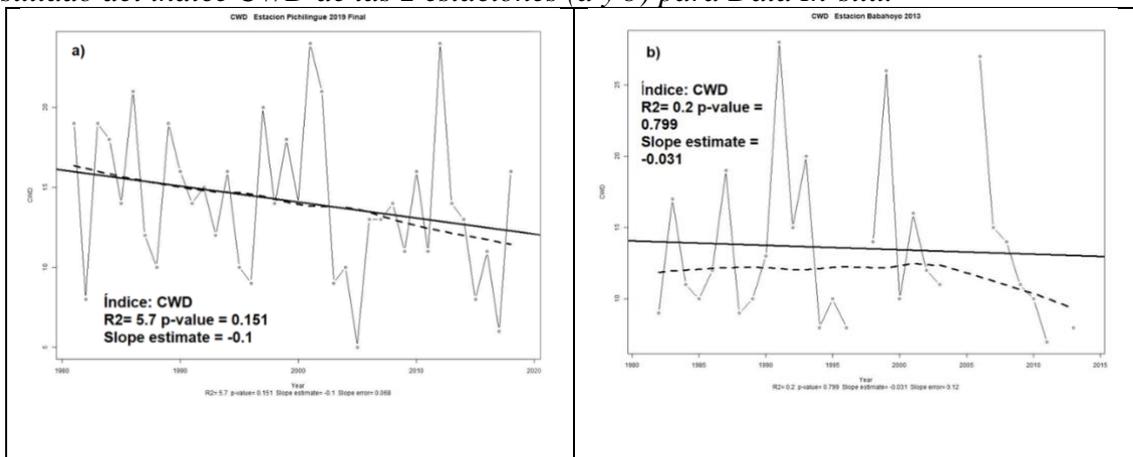
Resultado del índice CDD de las 2 estaciones para Data In-situ.



En la Figura 42 (a y b), este índice representa los días secos consecutivos, para las estaciones Pichilingue - M0006 (a) y Babahoyo - UTB - M0051 (b) se aprecia un ligero crecimiento de 0.36 días consecutivos secos al año para la estación de Pichilingue, las mismas que tienen significancia estadística moderada $p\text{-value} = 0.594$, esto para la Estación de Babahoyo. Es congruente con el comportamiento del indicador anterior CWD, y puede indicar sequías a futuro. respectivamente, para la estación (a), se puede observar un máximo de 120 días secos consecutivos, en cambio, para la estación (b), se puede observar un máximo de 200 días secos consecutivos. A pesar de que no hay significancia para Babahoyo, además de eso también los días secos, debido a que son más, en un margen de 0.434 días/año.

Figura 43

Resultado del índice CWD de las 2 estaciones (a y b) para Data In-situ.



En la Figura 43 (a y b), se aprecia el índice CWD, días húmedos consecutivos, cuenta el número de días consecutivos con lluvia al año, para la estación Pichilingue - M0006 (a), se aprecia una ligera disminución -0.1 días/año $= -1$ día/10 años, pero muy significativa (p-value de 0.151), presenta un pico de 30 días consecutivos de lluvias por el año 2000. Este índice, es un indicador de inundaciones y daños a cultivos debido al comportamiento incesante de la lluvia, en este caso, podría inclusive ser un indicador de sequía a futuro. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 (b), se evidencia un decremento -0.031 días/año consecutivo con lluvias al año, estadísticamente no significativa, con un p-value de 0.799, se evidencia un máximo de 28 días máximo de precipitaciones por el año 1992.

Tabla 14

Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la precipitación para las 2 estaciones para Data In-situ.

Índice	M0006 (Pichilingue)	M0051 (Babahoyo – UTB)
Índice de intensidad diaria [mm/día/año] (SDII) p- value	0.065 0.25	0.004 0.961
Cantidad Máxima de precipitación en 5 días consecutivos [mm/año] (RX5D) p- value (Intensidad)	0.01 0.992	-0.652 0.633
Cantidad Máxima de precipitación en un día [mm/Día] (RX1D) p- value (Intensidad)	0.406 0.394	-0.027 0.959
Días extremadamente lluviosos (precipitación sobre el percentil 99) [mm/año] (R99p) p- value	5.292** 0.082	-2.622 0.403
Días muy lluviosos (precipitación sobre el percentil 95) [mm/Día/año] (R95p) p- value	6.88* 0.23	-6.409 0.464
Días al año en los que la precipitación muy intensa supera los 25mm [días/año] (R25mm) p- value	-0.048 0.816	-0.303* 0.241
Días al año con precipitación intensa (mayor a 20mm/día) (R20mm) [días/año] p- value	-0.102* 0.648	-0.25* 0.398

Índice	M0006 (Pichilingue)	M0051 (Babahoyo – UTB)
Días al año con precipitación intensa (mayor a 10mm/día) [días/año] (R10mm)	-0.102	0.43*
p-value	0.709	0.284
Precipitación total anual en los días húmedos [mm/año] (PRCPTOT)	-0.617	-21.702*
p- value (Frecuencia)	0.964	0.27
Duración de la estación de cultivo [día/año] (GSL)	0.01	-0.03
p- value	0.285	0.211
Días de heladas [día/año] (FD0)	0	0
p- value	0	0
Días secos consecutivos [día/año] (CDD)	0.36*	-0.434
p- value	0.3	0.594
Días húmedos consecutivos [día/año] (CWD)	-0.1**	-0.031
p- value (Frecuencia Inundaciones)	0.151	0.799

Nota. N/A: datos insuficientes para calcular dichos índices. Elaborado por: Kevin Pacheco, 2021, Adaptado de:(Guamán, 2020)

Tabla 15

Tabla de resumen de índices de cambio climático para 2 estaciones

Para Temperatura Máxima y Mínima		
Índice	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente
Días cálidos: días con temperatura máxima sobre el percentil 90 [%/año] (TX90P)	-0.132*	-0.158**
p- value	0.192	0.406
Días fríos: Días con temperatura máxima menor al percentil 10 [%] (TX10P)	0.034	-0.073**
p- value (Intensidad)	0.707	0.424
Días Tropicales (Tx>25°) [día] SU25	-0.036**	0.046
p- value (Frecuencia)	0.693	0.358
Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria [°C](TNx)	0.032***	0.001
p- value	0	0.948
Noches tropicales: número de días en un año en que la temperatura mínima supero los 20 °C [día] (TR20)	1.771***	0.647
p- value	0	0.438

Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria. [°C] (TNn)	0.111	0.035
p- value (Intensidad-Aumento en la T, efecto isla de calor)	0.016*	0.087
Noches cálidas: días cuando la temperatura mínima pasa el percentil 90 [%] (TN90P)	0.626	-0.167**
p- value	0.007**	0.557
Noches frías: Días cuando la temperatura mínima es menor al percentil 10 [%] (TN10P)	-0.538***	-0.178**
p- value	0	0.549
Rango Diurno de temperatura Tx-Tn [°C/año] (DTR)	-0.038**	-0.002
p- value	0	0.886
Indicador de la duración de periodos calientes [día/año] (WSDI)	-0.021**	-0.869**
p- value	0.234	0.119
Indicador de la duración de periodos fríos (CSDI) [día/año]	-0.234**	0.154
p-value	0.026	0.806

Para Precipitación

Índice	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente
Días extremadamente lluviosos (precipitación sobre el percentil 99) [mm/año] (R99p)	5.292**	-2.622
p- value	0.082	0.403
Días al año en los que la precipitación muy intensa supera los 25mm [días/año] (R25mm)	-0.048	-0.303*
p- value	0.816	0.241
Días al año con precipitación intensa (mayor a 20mm/día) (R20mm) [días/año]	-0.102*	-0.25*
p- value	0.648	0.398

Índice	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente
Días al año con precipitación intensa (mayor a 10mm/día) [días/año] (R10mm)	-0.102	0.43*
p-value	0.709	0.284
Precipitación total anual en los días húmedos [mm/año] (PRCPTOT)	-0.617	-21.702*
p- value (Frecuencia)	0.964	0.27
Días secos consecutivos [día/año] (CDD)	0.36*	-0.434
p- value	0.3	0.594
Días húmedos consecutivos [día/año] (CWD)	-0.1**	-0.031
p- value (Frecuencia Inundaciones)	0.151	0.799

4.3. Comparación de datos in-situ vs datos históricos modelados

Para realizar la comparación del performance del modelo vs. El comportamiento de los datos diarios, se utilizó el período de comparación (histórico) desde 1981 hasta 2011. Con el objetivo de verificar si el modelo reproducía la climatología del lugar. Donde se puede apreciar los valores estadísticos en las Tabla 16, Tabla 17y Tabla 18. Además de que se aprecia que el modelo reproduce tanto la estacionalidad de precipitación (Figura 48).

Temperatura Máxima (°C)

Tabla 16

Promedios de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estaciones Temperatura Máxima

Mes	Variable	Estación Babahoyo	Modelo Babahoyo	Estación Pichilingue	Modelo Pichilingue
Enero	Min	24	31.5	22.9	30.7
	Promedio	30.6	33.71	29.93	32.91
	Max	35.2	36.7	35.3	35.8
	Sd	1.965933	0.7578268	2.11893	0.760935
Febrero	Min	24.7	31.7	23.7	29.9
	Promedio	30.62	33.5	30.415	33.13
	Max	34.5	35.8	36.7	36.7
	Sd	1.758111	0.6598772	1.77012	0.9343573
Marzo	Min	25.2	32.1	25.2	31.2
	Promedio	31.49	33.94	31.078	33.35
	Max	33.69	37.1	25	22.8
	Sd	2.287705	0.7154617	1.759	0.736614
Abril	Min	25.5	32.3	25.2	32.1
	Promedio	31.33	34.1	31.49	33.94
	Max	34.5	36.5	33.69	37.1
	Sd	4.5367	0.6499257	1.75934	0.7216593
Mayo	Min	24	31.6	24	31.2
	Promedio	30.45	33.68	30.14	33.16
	Max	34.4	35.8	35.1	35
	Sd	1.801884	0.7291725	1.95197	0.7216593
Junio	Min	23.5	30.5	23.5	30.1
	Promedio	28.94	32.79	28.77	32.31
	Max	34.2	35.7	34.7	35.3
	Sd	1.889797	0.793247	2.12687	0.76526

Mes	Variable	Estación Babahoyo	Modelo Babahoyo	Estación Pichilingue	Modelo Pichilingue
Julio	Min	24.3	30.1	22.9	29.9
	Promedio	28.4	32.23	28.77	31.94
	Max	33.7	35.1	34.6	34.5
	Sd	1.823317	0.7260333	2.10329	0.7227138
Agosto	Min	24	30.7	23.6	30.3
	Promedio	28.51	33.1	28.38	32.89
	Max	33.5	35.8	34.1	35.4
	Sd	1.795917	0.7650667	2.05371	0.7455045
Septiembre	Min	24	31.5	23.5	30.7
	Promedio	29.41	33.87	29.85	33.37
	Max	34.4	36	35.6	35.8
	Sd	1.889194	0.7554308	2.22190	0.8215235
Octubre	Min	24.3	30.9	22.5	30.5
	Promedio	29.51	34.08	29.7	33.57
	Max	35.2	36.7	36.1	36.5
	Sd	1.88377	0.835394	2.15377	0.8460083
Noviembre	Min	22.2	32	24.1	31.4
	Promedio	29.96	34.35	30.12	33.79
	Max	35.4	36.8	35.8	36.6
	Sd	1.903597	0.8410952	2.15431	0.8277495
Diciembre	Min	24.4	32	22.6	30.8
	Promedio	30.82	34.37	30.3	33.55
	Max	35.4	37.2	36.7	36.2
	Sd	2.053043	0.8417433	2.34171	0.8492769

Temperatura Mínima (°C)

Tabla 17

Promedios de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estaciones Temperatura Mínima

Mes	Variable	Estación Babahoyo	Modelo Babahoyo	Estación Pichilingue	Modelo Pichilingue
Enero	Min	17.3	19.4	13	19.3
	Promedio	22.54	21.24	22.11	20.99
	Max	26.2	23	24.6	22.9
	Sd	1.075957	0.5432028	0.92522	0.5752314
Febrero	Min	19.2	19.8	19.9	19.6
	Promedio	23.05	21.48	22.374	21.22
	Max	25.9	22.9	24.5	22.8
	Sd	0.9994573	0.5059011	0.81446	0.521934

Mes	Variable	Estación Babahoyo	Modelo Babahoyo	Estación Pichilingue	Modelo Pichilingue
Marzo	Min	19.6	19.7	19.6	18.8
	Promedio	23.49	21.74	22.638	21.44
	Max	26.7	23.1	25	22.8
	Sd	0.9469019	0.534848	0.796	0.5341612
Abril	Min	20.3	19.6	20.3	19.6
	Promedio	22.65	21.59	22.65	21.59
	Max	25.5	23.5	25.5	23.5
	Sd	0.9653979	0.5209378	0.79538	0.54477117
Mayo	Min	18.7	19.1	18	19.1
	Promedio	22.72	21.32	22.36	21.23
	Max	25.7	23	25	22.7
	Sd	1.145944	0.6312606	1.00250	0.6257306
Junio	Min	17.2	17.2	17.4	17.1
	Promedio	21.55	20.51	21.32	20.44
	Max	26.1	23	24	22.9
	Sd	1.312782	0.8307931	1.19246	0.8213727
Julio	Min	17.2	17.1	15.6	17.2
	Promedio	20.79	20.71	20.16	19.37
	Max	25.4	23.4	23.6	22.4
	Sd	1.256342	1.04198	1.16627	0.7354772
Agosto	Min	17	17.4	15.5	17.4
	Promedio	19.7	19	20.54	19.45
	Max	24.2	21.6	24	21.2
	Sd	1.080366	0.6409483	1.30665	0.5828539
Septiembre	Min	17.2	17.7	17.1	17.5
	Promedio	20.62	19.93	20.57	19.97
	Max	24.8	21.9	23.6	22
	Sd	1.010617	0.6432785	0.95505	0.6754268
Octubre	Min	18.4	18.4	19.3	18.5
	Promedio	21.01	20.65	20.91	20.62
	Max	24.6	22.4	23.6	22.5
	Sd	0.9778301	0.6174018	1.07158	0.6771766
Noviembre	Min	18.5	18.8	14.1	18.6
	Promedio	21.29	20.59	21.16	20.53
	Max	25.5	22.5	24	22.5
	Sd	1.041028	0.6114747	1.00229	0.6675818
Diciembre	Min	18.7	18.1	21.3	17.9
	Promedio	22.11	20.8	22.5	20.69
	Max	25.7	22.4	27.21913	22.6

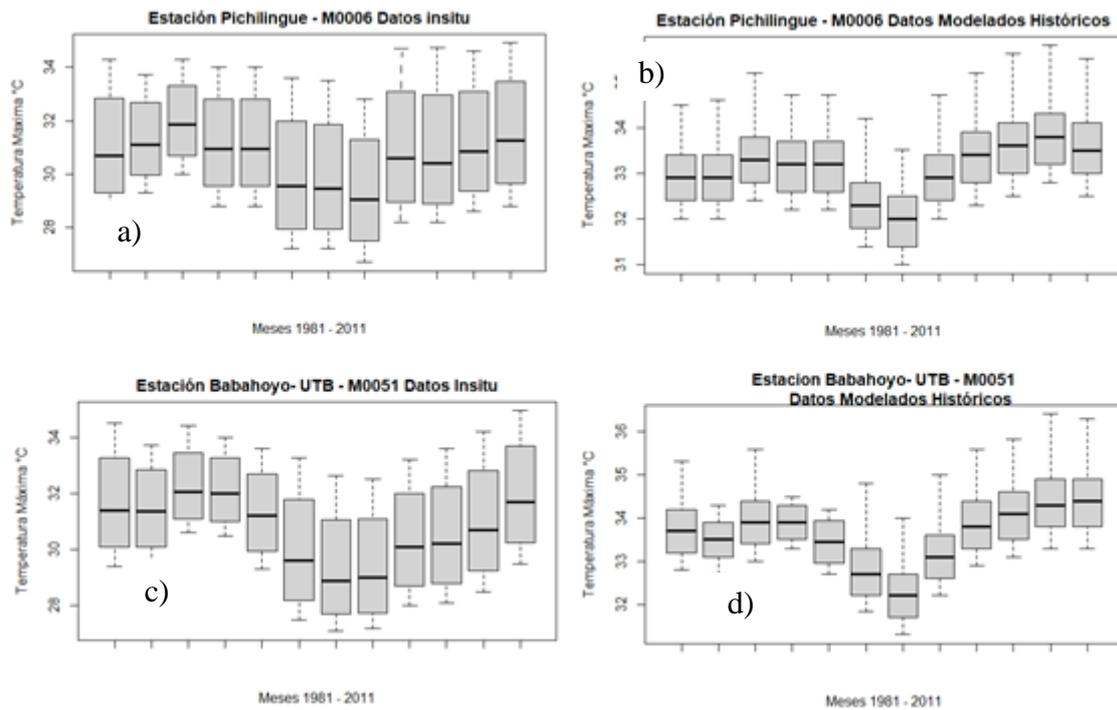
Mes	Variable	Estación Babahoyo	Modelo Babahoyo	Estación Pichilingue	Modelo Pichilingue
	Sd	1.083668	0.6180763	1.48628	0.6921968

Aunque cabe recalcar que los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico subestiman a los Datos In-situ para la estación Pichilingue M0006, estos promedios que llegan a 13.59 mm/mes en el modelo, mientras que en los datos observados in situ, llegan a valores máximos de 16.25 mm/mes. Además de los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico subestiman a los Datos In-situ para la estación Babahoyo UTB – M0051 cuyos promedios que llegan a 11.5 mm/mes en el modelo, mientras que en los datos observados in situ, llegan a valores máximos de 18.7 mm/mes.

Según Guamán Pozo (2020), debido a la gran cantidad de índices utilizados, se los divide entre aquellos que se relacionan con la temperatura, y aquellos que se relacionan con la precipitación, de igual forma se realizó un análisis estadístico para corroborar los resultados obtenidos en el modelo (p 35).

Figura 44

Comparación de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos estación Pichilingue M0006 y estación Babahoyo UTB – M0051 para Temperatura Máxima



Para la variable de Temperatura Máxima , como se indica en la gráfica de cajas y bigotes (Figura 44

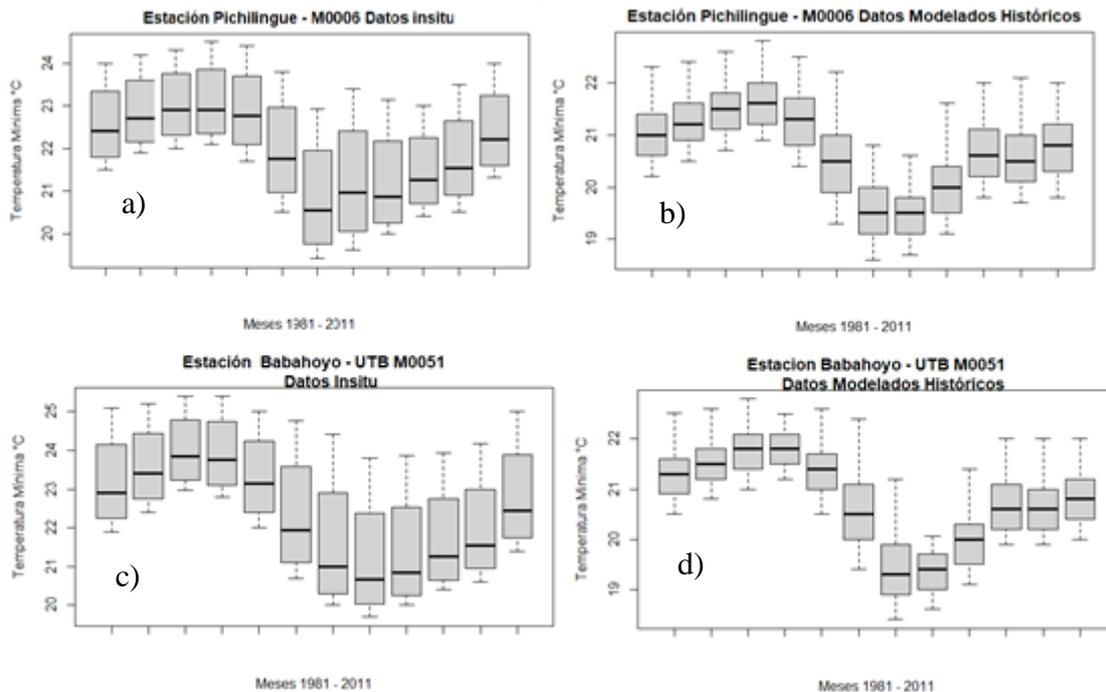
Comparación de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos estación Pichilingue M0006 y estación Babahoyo UTB – M0051 para Temperatura Máxima, existe la misma estacionalidad para la estación Pichilingue M0006 (Derecha e Izquierda Superior) , donde las temperatura más altas coinciden con la época invernal en la zona de estudio y las más frías en los periodos con menor lluvia, sin embargo, los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico , subestiman a los Datos In-situ , estos valores promedios que llegan a 36.7°C en el modelo, mientras que en los datos observados in situ, llegan a valores máximos de 35.6 °C.

Mientras que para la estación Babahoyo – UTB – M0051 (Derecha e Izquierda Inferior), existe la misma estacionalidad , donde las temperatura más altas coinciden con la época invernal en la zona de estudio y las más frías en los periodos con menor lluvia, sin embargo, los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico , subestiman a los Datos In-situ , estos

valores promedios que llegan a 36.8 °C en el modelo, mientras que en los datos observados in situ, llegan a valores máximos de 35.4 °C.

Figura 45

Comparación de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos estación Pichilingue M0006 y estación Babahoyo UTB – M0051 para Temperatura Mínima



Para la variable de Temperatura Mínima , como se indica en la gráfica de cajas y bigotes (Figura 45), existe la misma estacionalidad para la estación Pichilingue M0006 (a y b), existe la misma estacionalidad , donde las temperatura más altas coinciden con la época invernal en la zona de estudio y las más frías en los periodos con menor lluvia, sin embargo, los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico , subestiman a los Datos In-situ , estos valores promedios que llegan a 23.5°C en el modelo, mientras que en los datos observados in situ, llegan a valores máximos de 25.5 °C.

Mientras que para la estación Babahoyo – UTB – M0051 (c y d), existe la misma estacionalidad, donde las temperaturas más altas coinciden con la época invernal en la zona de estudio y las más frías en los periodos con menor lluvia, sin embargo, los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico subestiman a los Datos In-situ, estos valores

promedios que llegan a 23.1°C en el modelo, mientras que en los datos observados in situ, llegan a valores máximos de 26.7 °C.

En las Figura 46 y Figura 47, se aprecia que tanto las temperaturas máximas y mínimas son normales o Gaussianas, sin embargo, el ajuste de los datos modelados es mejor para la Temperatura Máxima, ya que se aprecia que ambas distribuciones están centradas (Figura 46). A diferencia de la temperatura mínima, en donde existe un sesgo o “tendencia “a valores altos (Figura 47), y por lo tanto existe una sobreestimación de Temperaturas Mínimas.

Figura 46
Histogramas de Distribución de Frecuencias de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estación Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB M0051 Temperatura Máxima

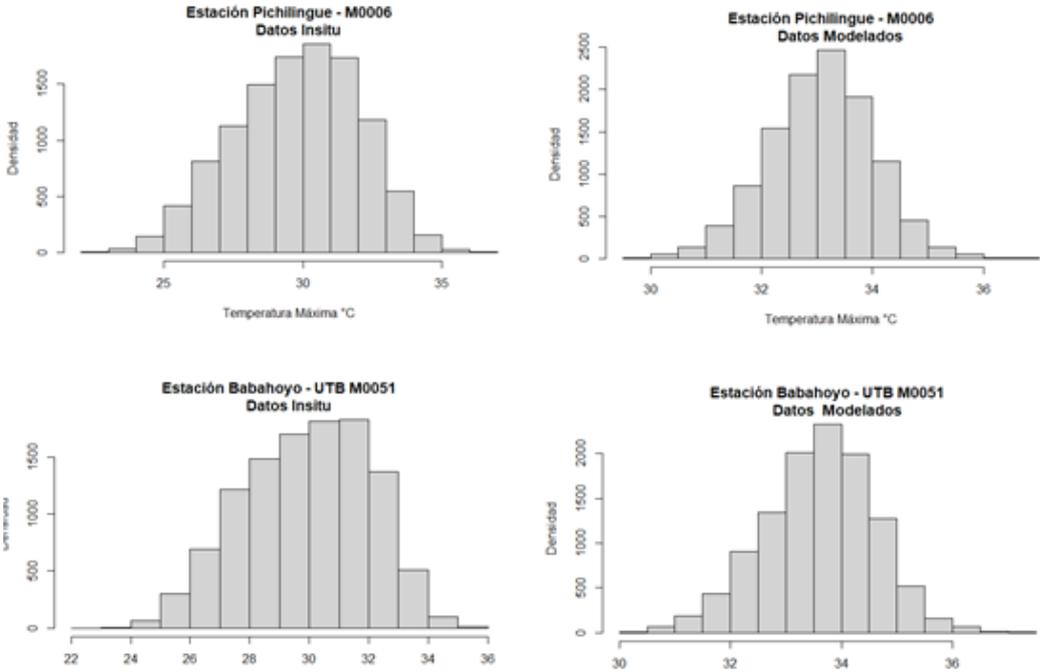
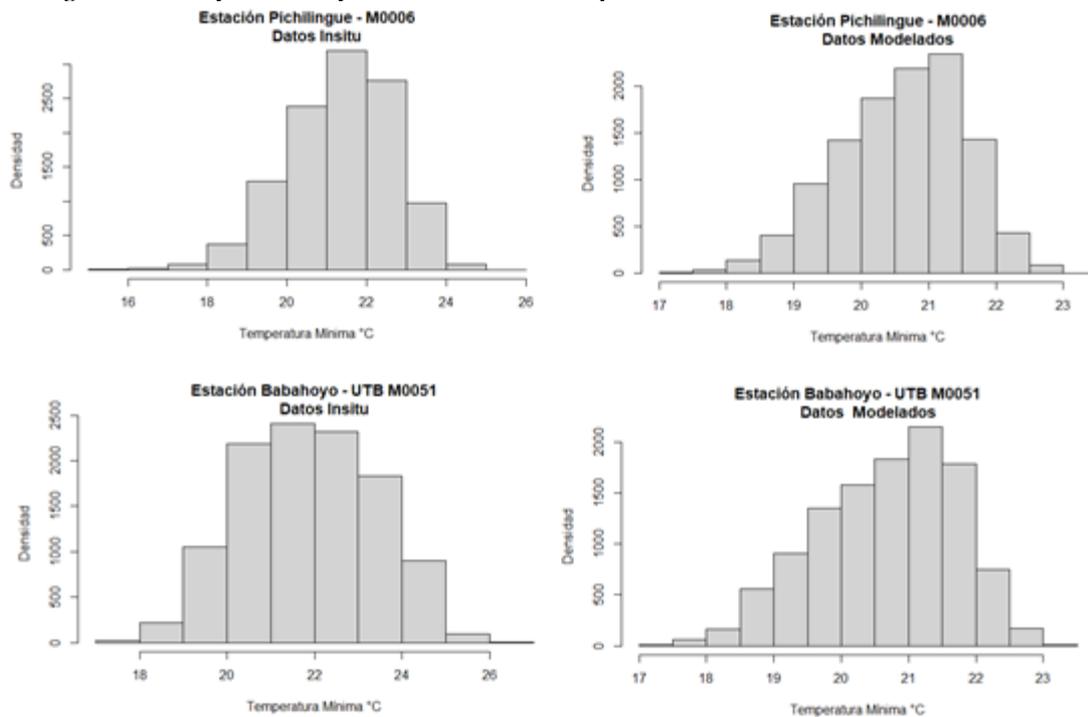


Figura 47

Histogramas de Distribución Normal de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estación Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB M0051 Temperatura Mínima

**Tabla 18**

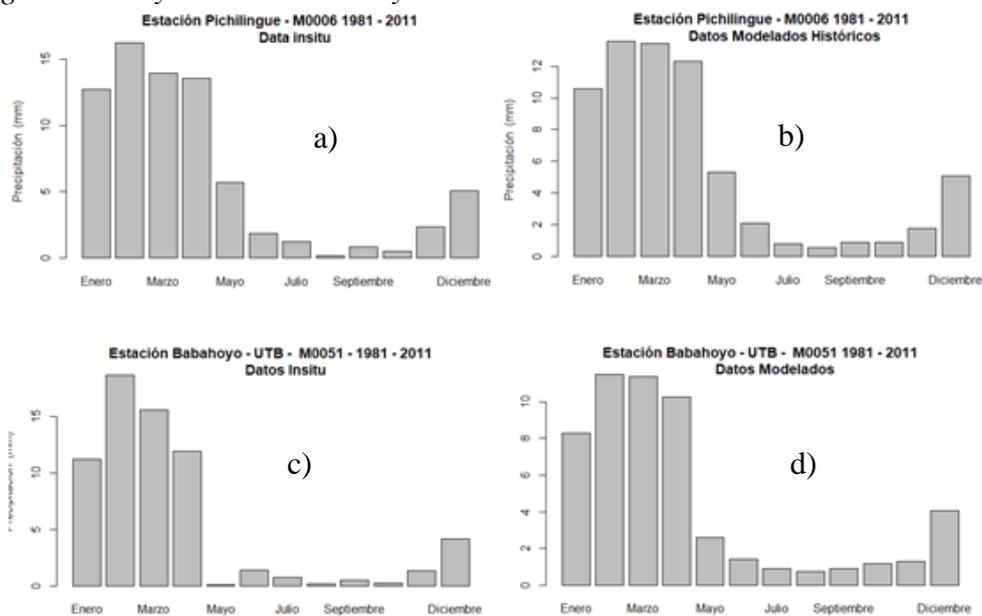
Promedios de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos Estaciones Precipitación

Mes	Variable	Estación Babahoyo	Modelo Babahoyo	Estación Pichilingue	Modelo Pichilingue
Enero	Min	0.1	0.9	0.1	0.50
	Promedio	1.26	8.302	12.75	10.57
	Max	170.8	58.2	147.40	79.100
	Sd	20.11287	6.458707	19.60154	7.513413
Febrero	Min	0.1	0.9	0.1	1.6
	Promedio	18.7	11.5	16.254	13.59
	Max	151.2	66.8	150.8	79.1
	Sd	26.43715	6.246234	23.28763	8.099018
Marzo	Min	0.1	1.3	0	1.3
	Promedio	15.61	11.39	13.943	13.45
	Max	169.5	82.5	146.1	69.6
	Sd	25.86836	7.646589	22.178	8.501864
Abril	Min	0.1	0.9	0.1	0.8
	Promedio	11.95	10.28	13.54	12.32
	Max	162.2	76	197.6	51
	Sd	23.10655	6.662448	24.36989	7.322339
Mayo	Min	0.1	0.1	0.1	0.2
	Promedio	0.1	2.6	5.7	5.299

Mes	Variable	Estación Babahoyo	Modelo Babahoyo	Estación Pichilingue	Modelo Pichilingue
	Max	145.6	58.4	177.8	57
	Sd	14.59488	4.194398	15.65463	5.37889
Junio	Min	0.1	0.1	0.1	0.1
	Promedio	1.367	1.397	1.82	2.089
	Max	87.2	42.5	105	27
	Sd	7.034529	2.436778	8.06841	3.11650
Julio	Min	0.1	0.1	0.1	0.1
	Promedio	0.7764	0.8988	0.39	0.7842
	Max	96.5	61.5	48.9	36.6
	Sd	5.66834	3.538227	2.95296	2.233708
Agosto	Min	0.1	0.1	0.1	0.1
	Promedio	0.1536	0.7443	1.23	0.559
	Max	18	42.5	116.6	17.5
	Sd	1.062214	2.252972	7.34116	1.089822
Septiembre	Min	0.1	0.1	0.1	0.1
	Promedio	0.4711	0.8827	0.84	0.8633
	Max	83.3	42.5	112.6	13.9
	Sd	4.28917	2.28095	5.64779	1.174168
Octubre	Min	0.1	0.1	0.1	0.1
	Promedio	0.2459	1.188	0.4711	0.8827
	Max	35.2	42.5	83.3	42.5
	Sd	1.570648	2.33718	4.97477	0.8460083
Noviembre	Min	0.1	0.1	0.1	0.1
	Promedio	1.316	1.309	2.33	1.774
	Max	77.3	42.5	173.1	63
	Sd	6.943499	2.79514	12.43032	3.571898
Diciembre	Min	0.1	0.1	0.1	0.1
	Promedio	4.184	4.04	5.05	5.088
	Max	156.1	42.5	121.8	49.5
	Sd	13.48276	4.056569	12.93399	5.205413

Figura 48

Estacionalidad de la lluvia, de datos In-situ vs Datos Modelados Históricos estación Pichilingue M0006 y estación Babahoyo – UTB – M0051

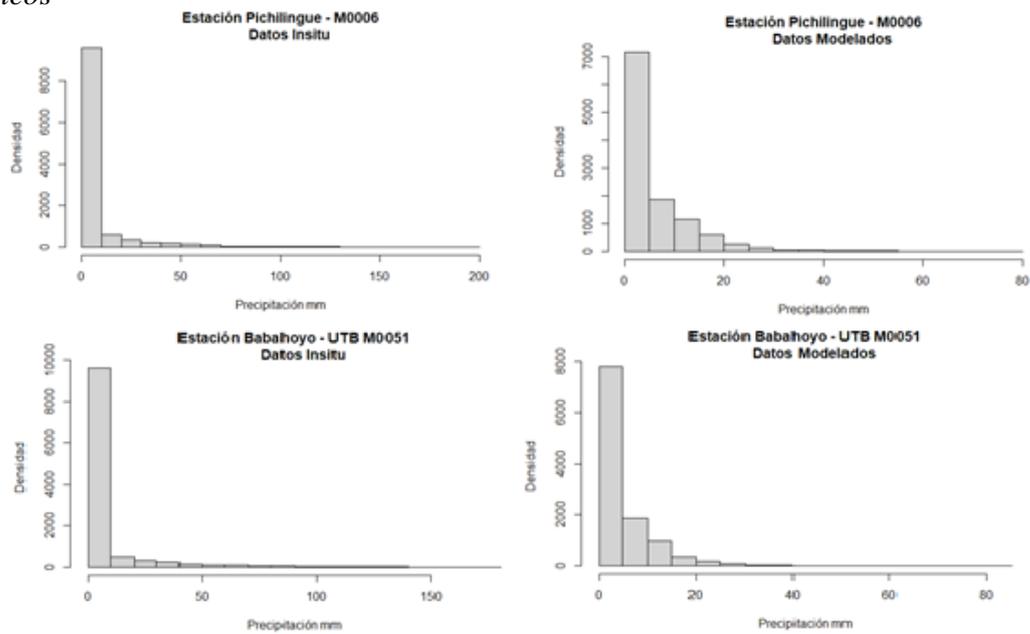


Las graficas empleada para la determinación del promedio de precipitación (Figura 48) de la Estación de Pichilingue M0006, tanto para Data In-situ (a) vs los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico (b), se aprecia el modelo reproduce correctamente la estacionalidad de la zona, es decir (en las épocas lluviosas, son las que coinciden con mayor precipitación; mientras que donde se ubica menor precipitación es la época que corresponde a la época seca.

Las grafica empleada para la determinación del promedio de la precipitación de la Estación de Babahoyo UTB M0051 tanto para Data In-situ (c) contra los datos de las Proyecciones Climáticas en Periodo Histórico (d), se aprecia que ambos comportamientos indican la estacionalidad de la zona, es decir (en las épocas lluviosas, son las que coinciden con mayor precipitación; mientras que donde se ubica menor precipitación es la época que corresponde a la época seca.

Figura 49

Histogramas de Distribución Normal de Precipitación de Datos In-situ vs Datos Modelados Históricos



El caso de la lluvia es aún más extremo, ya que las desviaciones estándar (Tabla 18) cuadruplican la desviación estándar del modelo para las dos estaciones. Este hecho también es evidente al analizar los histogramas de frecuencia (Ver Figura 48), que muestran distribuciones no-gaussianas, posiblemente exponenciales o en ley de potencia (Serrano Vincenti et al., 2020), en donde se ve que la variabilidad de la lluvia en el modelo es bastante menos abrupta que la variabilidad de los datos reales in-situ. Por lo tanto, existe una subestimación del modelo a los eventos extremos de lluvia.

4.4. Factores de corrección para el downscaling estadístico.

Para la relación de los factores de corrección para el downscaling estadístico se procedió a realizar la corrección de BIAS , explicado en el apartado 3.8 y 3.9.

Tabla 19*Corrección de Sesgo para Temperaturas Máximas en Escenarios 4.5 y 8.5*

Mes	Variabl e	Estació n Babaho yo	Modelo Babaho yo	Estación Pichiling ue	Modelo Pichiling ue	Promedi os de Sesgo Babahoy o	Promedi os de Sesgo Pichiling ue
Enero	Promed io	30,6	33,71	29,93	32,91	-3,11	-2,98
Febrero	Promed io	30,62	33,5	30,415	33,13	-2,88	-2,715
Marzo	Promed io	31,49	33,94	31,078	33,35	-2,45	-2,272
Abril	Promed io	31,33	34,1	31,49	33,94	-2,77	-2,45
Mayo	Promed io	30,45	33,68	30,14	33,16	-3,23	-3,02
Junio	Promed io	28,94	32,79	28,77	32,31	-3,85	-3,54
Julio	Promed io	28,4	32,23	28,77	31,94	-3,83	-3,17
Agosto	Promed io	28,51	33,1	28,38	32,89	-4,59	-4,51
Septiemb re	Promed io	29,41	33,87	29,85	33,37	-4,46	-3,52
Octubre	Promed io	29,51	34,08	29,7	33,57	-4,57	-3,87
Noviemb re	Promed io	29,96	34,35	30,12	33,79	-4,39	-3,67
Diciembr e	Promed io	30,82	34,37	30,3	33,55	-3,55	-3,25

Tabla 20*Corrección de Sesgo para Temperaturas Mínimas en Escenarios 4.5 y 8.5*

Mes	Variabl e	Estació n Babaho yo	Modelo Babaho yo	Estación Pichiling ue	Modelo Pichiling ue	Promedi os de Sesgo Babahoy o	Promedi os de Sesgo Pichiling ue
Enero	Promed io	22,54	21,24	22,11	20,99	1,3	1,12
Febrero	Promed io	23,05	21,48	22,374	21,22	1,57	1,154
Marzo	Promed io	23,49	21,74	22,638	21,44	1,75	1,198
Abril	Promed io	22,65	21,59	22,65	21,59	1,06	1,06

Mes	Variab le	Estació n Babahoy o	Modelo Babahoy o	Estación Pichiling ue	Modelo Pichiling ue	Promedi os de Sesgo Babahoy o	Promedi os de Sesgo Pichiling ue
Mayo	Promed io	22,72	21,32	22,36	21,23	1,4	1,13
Junio	Promed io	21,55	20,51	21,32	20,44	1,04	0,88
Julio	Promed io	20,79	20,71	20,16	19,37	0,08	0,79
Agosto	Promed io	19,7	19	20,54	19,45	0,7	1,09
Septiemb re	Promed io	20,62	19,93	20,57	19,97	0,69	0,6
Octubre	Promed io	21,01	20,65	20,91	20,62	0,36	0,29
Noviemb re	Promed io	21,29	20,59	21,16	20,53	0,7	0,63
Diciembr e	Promed io	22,11	20,8	22,5	20,69	1,31	1,81

No se realizó una corrección de desviación estándar, la misma que se obtienen aplicando la raíz cuadrada a sus varianzas respectivas. De esta forma podría modificar la distribución normal de los datos modelados. Y crear escenarios dispersos y muy altos a los estudiados.

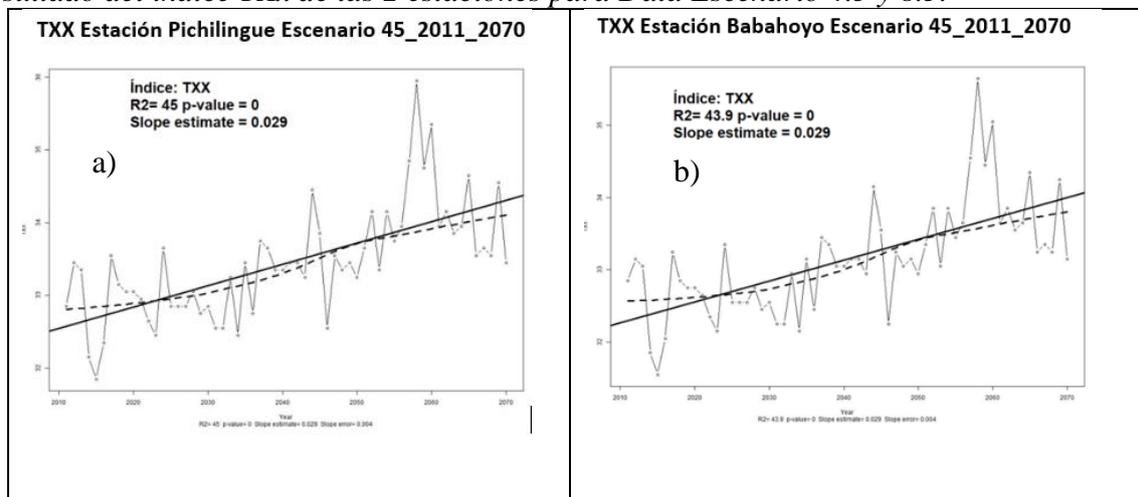
4.5. Análisis de los índices de Cambio Climático proyectados al 2070

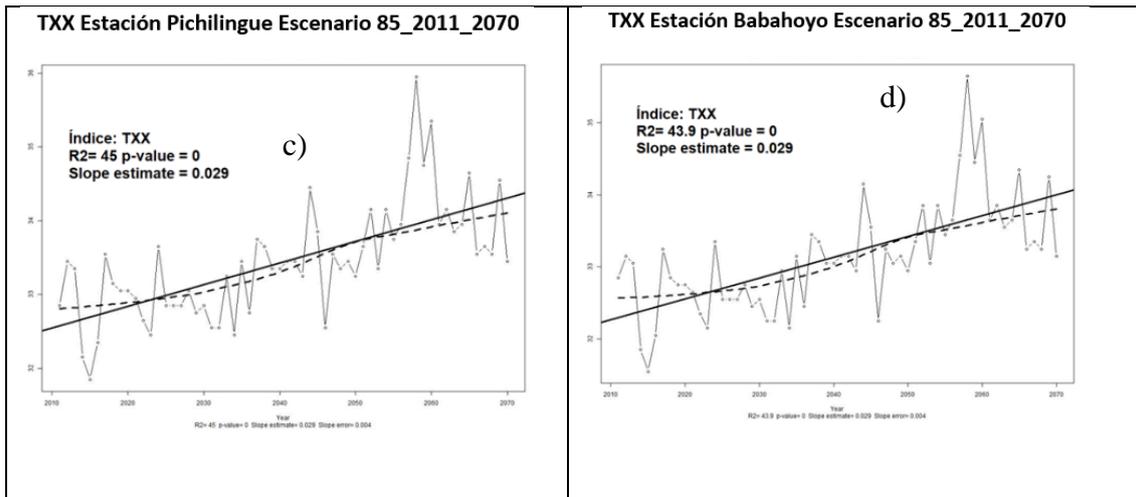
4.5.1. Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5

4.5.1.1. Índices de Temperatura Máxima

Figura 50

Resultado del índice TXx de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.





Nota. Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria TXx, Adaptado de:(Guamán, 2020)

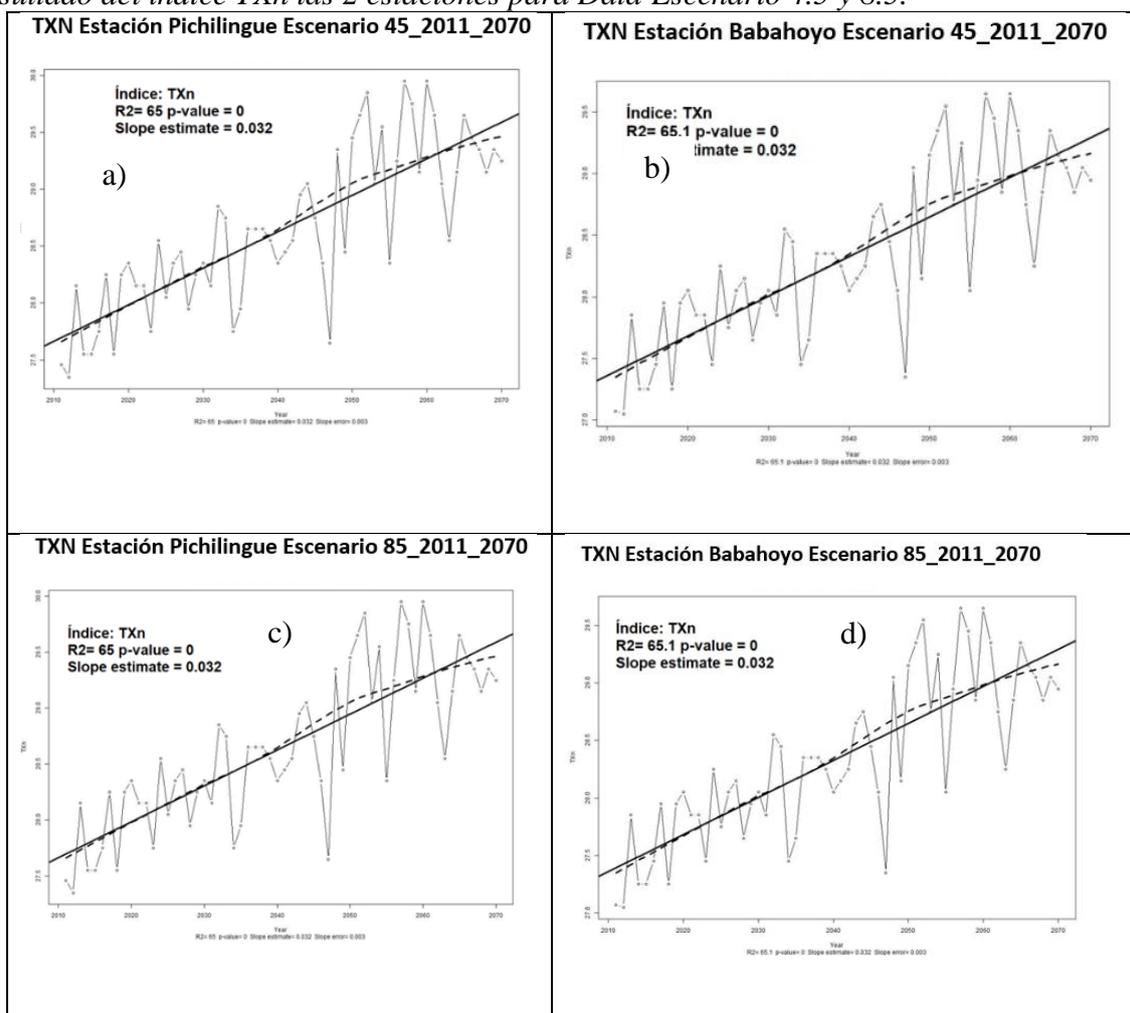
En la Figura 50, Guamán (2020) “se muestra el índice de valor mensual máximo de temperatura diaria (TXx), generalmente estos valores se registran a las horas posteriores del medio día” (p 37)., la primera gráfica corresponde a la estación Pichilingue – M0006 en escenario 4.5 (a), que presenta un récord de temperatura máxima en 2067 de 36,2°C y un mínimo de temperatura máxima de 31, 6°C en el año de 2015 , en este caso las temperaturas registradas en el día presentan un incremento estadísticamente muy significativo (p-value = 0) y para los datos modelados de la estación Pichilingue – M0006 en escenario 8.5 (c) que presenta un récord de temperatura en 2066 de 36,1°C y un mínimo de temperatura máxima de 29, 9°C en el año de 2015 , en este caso las temperaturas registradas en el día presentan un incremento estadísticamente no significativo (p-value = 0) el cual indica que las temperaturas máximas diarias se incrementan año a año. Se puede visualizar, un cambio de comportamiento cerca de los años 2055 – 2060, que puede deberse a la posible presencia del Fenómeno del Niño, seguido a continuación por La Niña.

La estación Babahoyo – UTB – M0051 en escenario 4.5 (b) , en la cual se obtuvo un récord de temperatura máxima de 35, 9 °C en el año 2068, y un mínimo de temperatura máxima de 32,6°C en el año de 2014, se podría decir que existe calentamiento con una estadística muy significativa (p-value= 0) ; además de que para los datos modelados de la estación Babahoyo

– UTB – M0051 (d) en escenario 8.5 , se obtuvo un récord de temperatura máxima de 35, 8 °C en el año 2068, y un mínimo de temperatura máxima de 32,5°C en el año de 2013, se podría decir que existe calentamiento con una estadística no significativa (p-value= 0).Según las ilustraciones , a nivel comparativo se ve que la pendiente más alta es de la estación Pichilingue – M0006 a diferencia de Babahoyo – UTB M0051.

Figura 51

Resultado del índice TXn las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



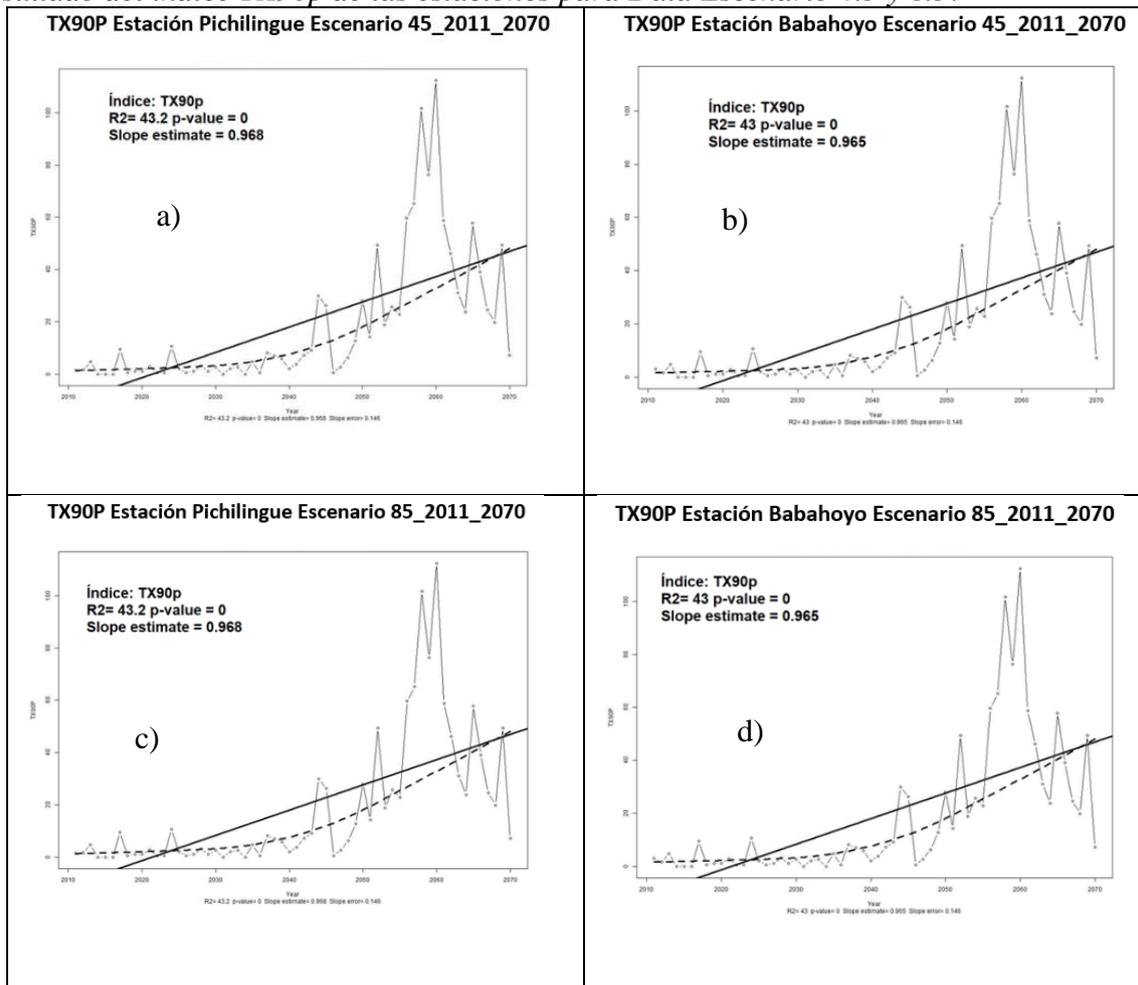
Nota. Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria (TXn), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 51, Guamán (2020) “se muestra el valor mensual mínimo registrado de temperatura máxima diaria, usualmente estos valores son registrados en las primeras horas de la mañana, en primer lugar” (p 39)., en primer lugar. Para la estación Pichilingue - M0006

en escenario 4.5 (a), en donde se visualiza un incremento estadísticamente muy significativo ($p\text{-value}=0$), el cual se obtuvo un récord máximo del mínimo mensual de temperatura máxima diaria de $30.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2067 y un mínimo de $27.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2014, aunque para los datos modelados la estación Pichilingue - M0006 en escenario 8.5 (c), se visualiza un incremento estadísticamente no significativo ($p\text{-value}=0$), el cual se obtuvo un récord máximo del mínimo mensual de temperatura máxima diaria de $30.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2067 y un mínimo de $27.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2014; de manera que se afirma que está muy sostenido el incremento de temperatura. La estación Babahoyo - UTB - M0051 en escenario 4.5 (b) existe una significancia estadística muy alta ($p\text{-value}=0$), el cual se obtuvo un récord máximo del mínimo mensual de temperatura máxima diaria de $29.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2067 y un mínimo de $27.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2013, y para los datos de modelados de estación Babahoyo - UTB - M0051 en escenario 8.5 (d) existe una significancia estadística muy alta ($p\text{-value}=0$), el cual se obtuvo un récord máximo del mínimo mensual de temperatura máxima diaria de $29.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2067 y un mínimo de $27.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el año 2013; las gráficas mostraron un comportamiento oscilante, incrementado de manera suave, congruente con el tema de cambio climático. En la tabla 20 se visualiza nuevamente que la estación Pichilingue - M0006 son valores significativos, la estación de Babahoyo - UTB - M0051, de la misma manera. A pesar de eso se podría decir que las temperaturas mínimas aumentan más rápido que las temperaturas máximas.

Figura 52

Resultado del índice TX90p de las estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



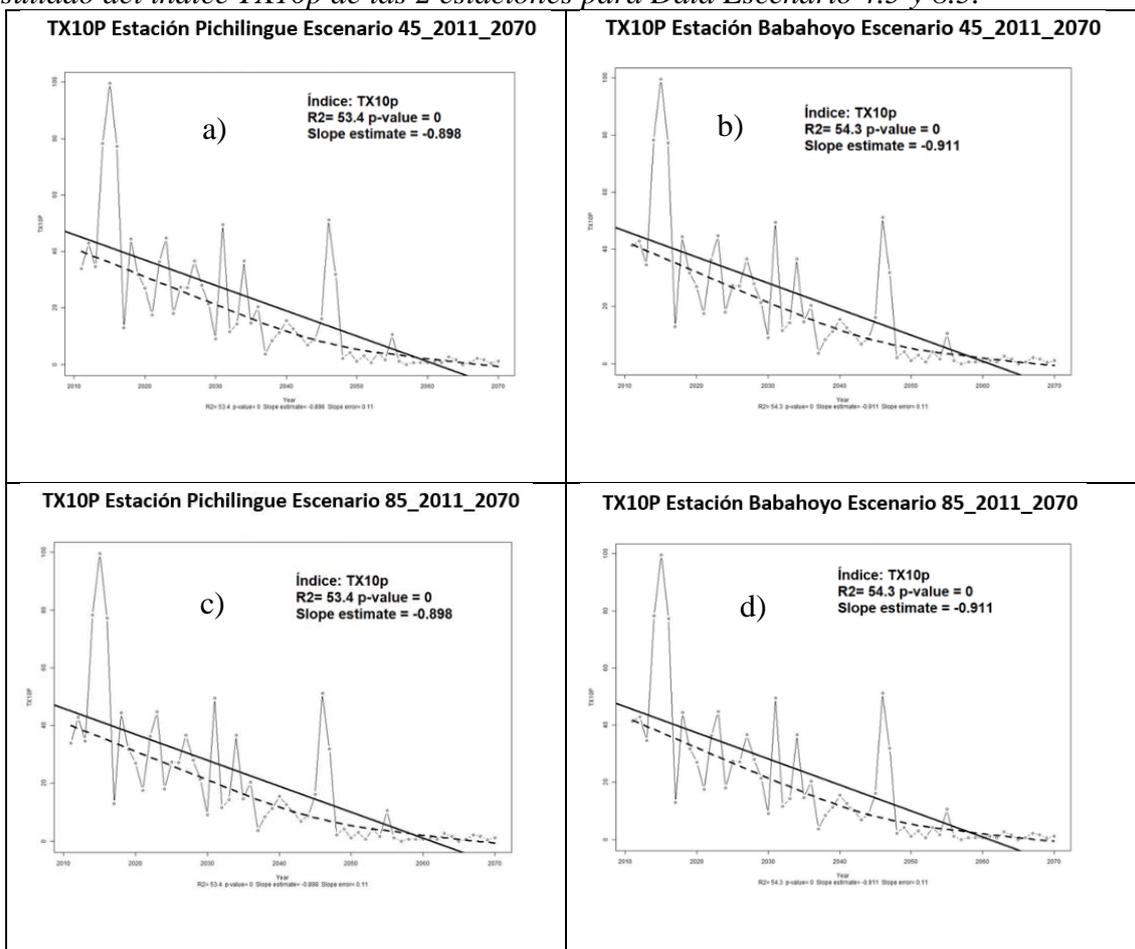
Nota. Porcentaje de días al año cuando la temperatura máxima es mayor al percentil 90 (Días calientes), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 52, se muestra el porcentaje de días (porcentaje de días en los que se supera el percentil 90) para la estación Pichilingue – M0006 en escenario 4.5 (a) se visualiza un p-value = 0, el porcentaje de días que supera este percentil es estadísticamente significativa, donde indica que cada vez hay menos días cálidos a razón (pendiente) de 0.968 %/año = $9.68\%/10 \text{ años} =$ es decir, que cada 10 años, el 9.68% de los días del año ($365 \text{ días} * 9.68\% = 3533.2 \text{ días}$), mientras para la estación Pichilingue – M0006 en escenario 8.5 (c) se visualiza un escenario similar con un p-value = 0, las temperaturas máximas disminuyen. Asimismo, se aprecia una influencia del Fenómeno del Niño, importante que genera una disminución de Temperaturas Máximas.

En la estación Babahoyo – UTB M0051 en escenario 4.5 (b) se visualiza un p-value = 0, donde representa significancia estadística, al igual de razón (pendiente) de 0.965%/año = 9.65 %/10 años = es decir, que cada 10 años, el 9.65 % de los días del año (365días * 9.65% = 3533.2 días) se vuelven menos cálidos, aunque en la estación Babahoyo – UTB M0051 en escenario 8.5 (d) se visualiza un escenario similar con un p-value = 0.

Figura 53

Resultado del índice TX10p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



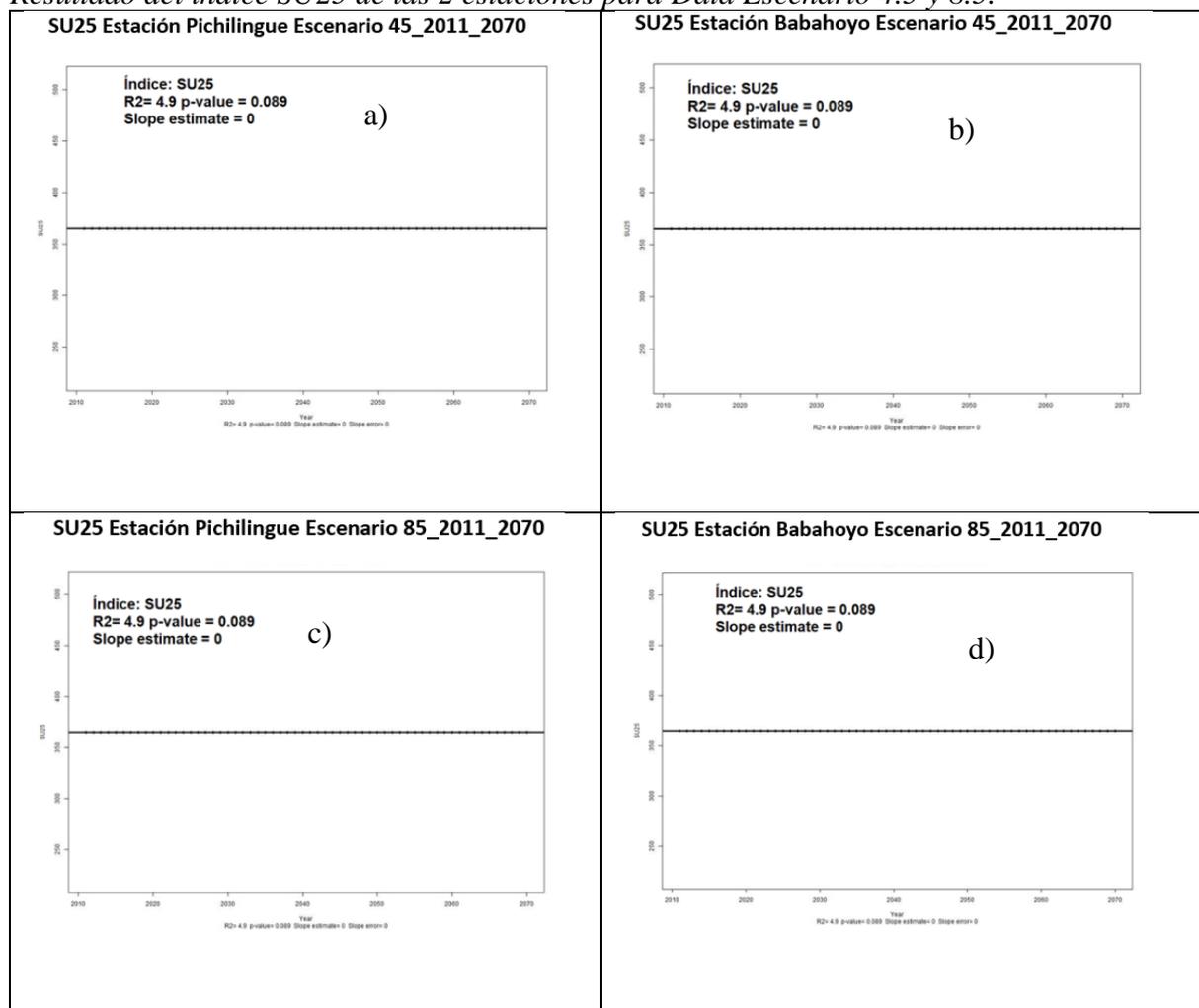
Nota. Porcentaje de días al año cuando la temperatura máxima es menor al percentil 10 (Días fríos), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 53, el índice TX10p nos permite conocer qué porcentaje de días fríos existentes, en ambas estaciones se tienen significancias estadísticas muy altas, p-values de 0 para la estación de Pichilingue - M0006 (a) y p-value de 0 para la estación de Babahoyo – UTB – M0051(b), de igual forma para el escenario 8.5 para la estación Pichilingue - M0006

(c) y p-value de 0 para la estación de Babahoyo – UTB – M0051(d), por lo que se puede llegar a una afirmación sobre cambios climáticos en esta variable.

Figura 54

Resultado del índice SU25 de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



Nota. Número de días en un año cuando TX (máximo diario) es mayor a 25°C (Días de verano) SU25, Adaptado de:(Guamán, 2020)

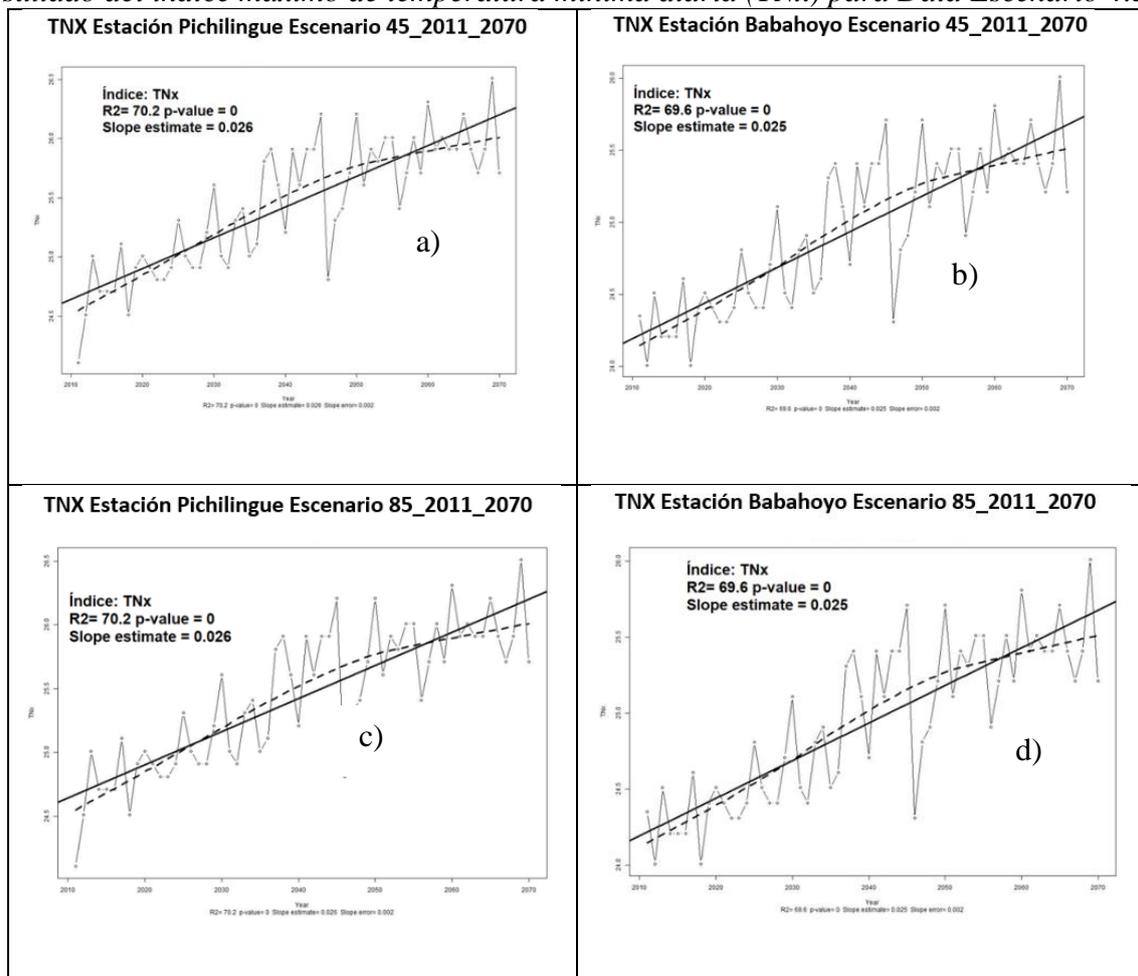
En la Figura 54, Guamán (2020) “el índice representa los días al año que la temperatura máxima supera los 25 °C” (p 52), la estación Pichilingue - M0006 para el escenario 4.5 (a) muestra un incremento estadísticamente significativo con un p-value de 0.089, obteniendo un pico de 0 días/año que superan esta temperatura, aunque ocurre un fenómeno similar para la misma estación en el escenario 8.5. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 en escenario 4.5 (b), se obtuvo un incremento acelerado de las temperaturas mayores de 25°C, se aprecia un p-

value de 0,089, de igual forma se observa que presenta alrededor de 0 días/año que superan esta temperatura máxima, ocurriendo un fenómeno similar para el escenario 8.5 de la misma estación (d). Siendo de esta forma, obtenido los 365 días del año, que se superan este umbral de los 25°C.

4.5.1.2. Índices de Temperatura Mínima

Figura 55

Resultado del índice máximo de temperatura mínima diaria (TNx) para Data Escenario 4.5.



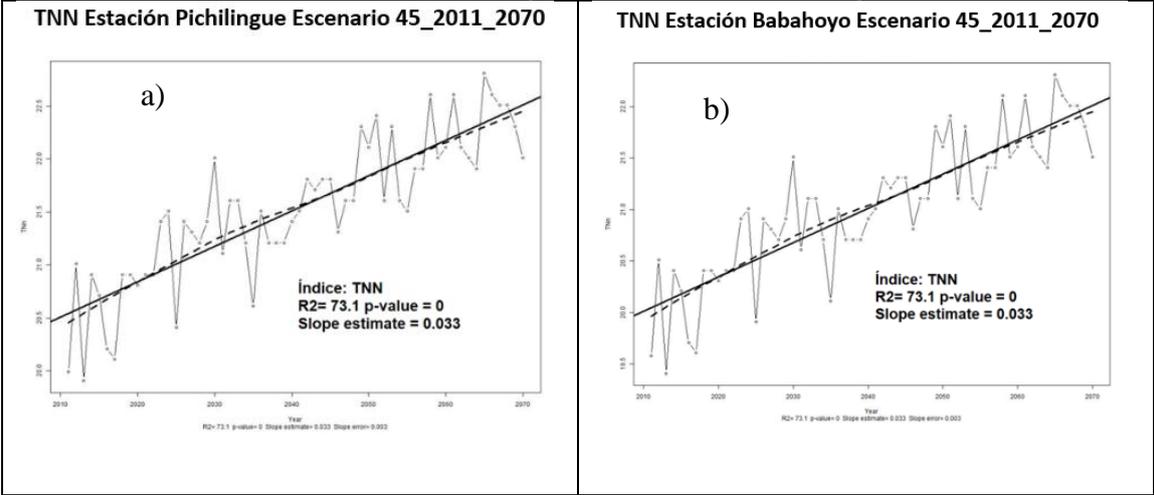
Nota. Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria (TNx), Adaptado de:(Guamán, 2020)

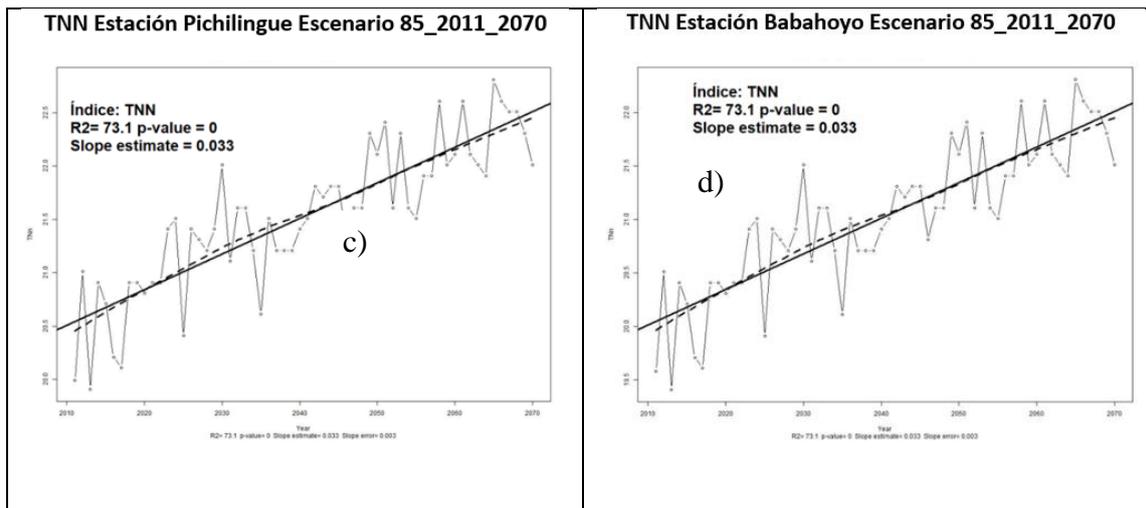
En la Figura 55, el índice TNx Guamán (2020)“el índice está indicado muestra el valor de intensidad mensual mínimo de temperatura mínima diaria, usualmente son los valores registrados en las primeras horas de la madrugada,” (pp 47). En este caso, para la estación Pichilingue - M0006 en escenario 4.5 (a), se aprecia nuevamente un incremento sostenido de

los valores de las temperaturas mínimas en $0.026^{\circ}\text{C}/\text{año} = 0.26/10$ años. A principios de 1981, las temperaturas mínimas oscilaban alrededor de los 24.5°C y ahora, alrededor de los 26.5°C ocurriendo un fenómeno similar para la misma estación en el escenario 8.5 (c). Una causa para este comportamiento puede no sólo estar ligada al fenómeno del cambio climático, sino también al efecto de Isla de Calor Urbano, ya que la localización de la estación de Pichilingue ubicada sólo a 1.19 km cerca de la ciudad, la hace sensible a la liberación de calor contenida por las masas de concreto y asfalto de la urbe, sobre todo en las horas de la noche y madrugada. Para esta estación se ve que cada vez hay noches y madrugadas más cálidas, ya que al tener un día caliente se requiere una noche fresca para termo regularse efectivamente, y no caer en un estrés termino. La estación Babahoyo - UTB – M0051 para escenario 4.5 (b), a pesar de también estar cerca de la ciudad, ésta se encuentra cerca también del Río Babahoyo (0.67 km), que tiene un efecto termorregulador. Aunque de esta forma, se ve un comportamiento similar para el escenario 8.5 (c y d), Esta puede ser la causa de no apreciarse los mismos efectos en estaciones relativamente similares en ubicación.

Figura 56

Resultado del índice TnN de las estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



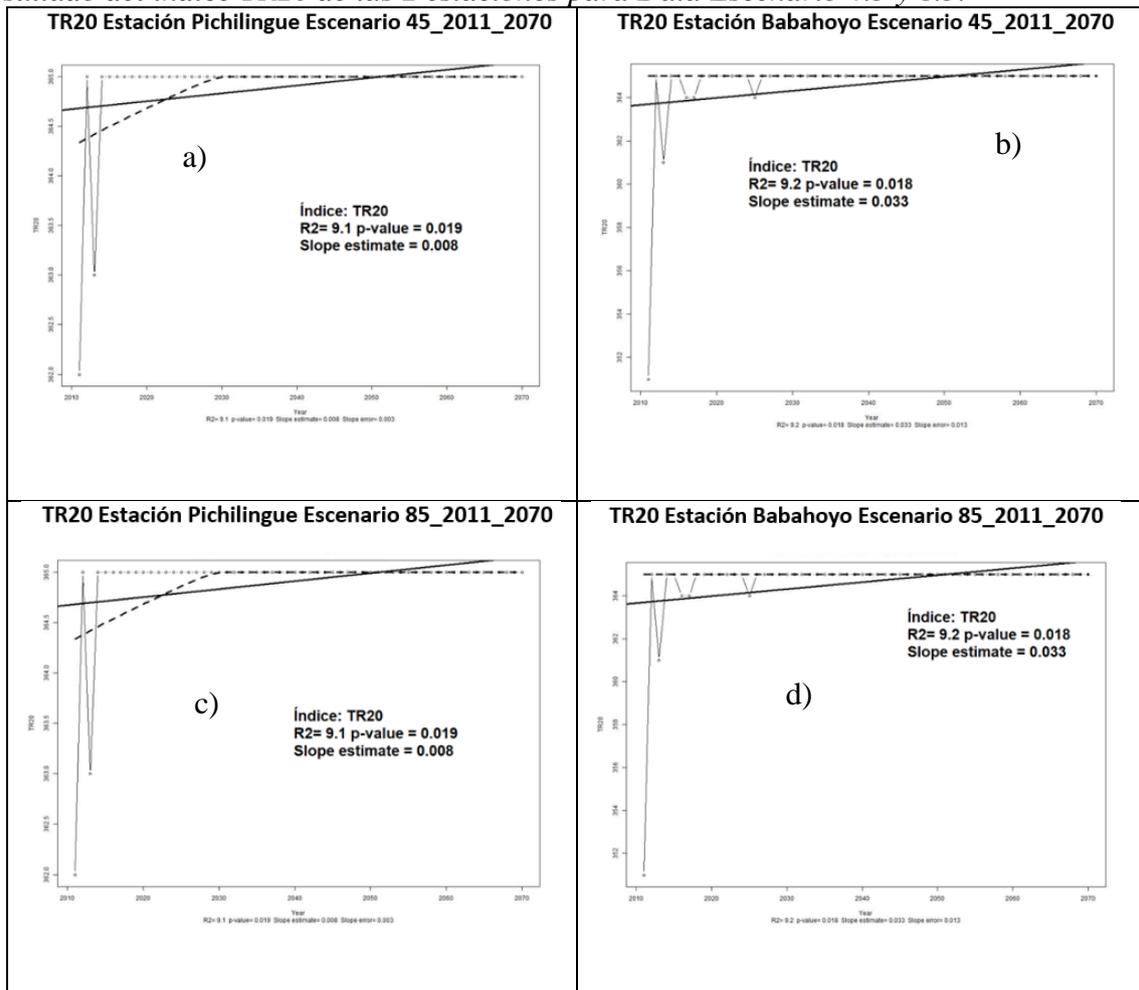


Nota. Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria (TNN), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 56, Guamán (2020)“el índice está indicado muestra el valor de intensidad mensual mínimo de temperatura mínima diaria, usualmente son los valores registrados en las primeras horas de la madrugada,” (p 47). En la estación Pichilingue - M0006 en escenario 4.5 (a), se muestra un incremento en las temperaturas mínimas de 0.033°C al año, con un p-value de 0, lo que indica que es estadísticamente significativo, Guamán (2020) “de manera que según la pendiente, las temperaturas están aumentando, este fenómeno es congruente con las previsiones de cambio climático (aumento de temperaturas) especialmente por la capacidad calorífica del asfalto, la misma que es liberada en la noche” (p 46), ya que según las coordenadas de la Tabla 3, se sabe que esta estación se encuentra en una zona urbana, un fenómeno similar ocurre para la misma estación en el escenario 8.5 (c). Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) se una observa tendencia positiva en la serie histórica donde y muestra un incremento en las temperaturas mínimas de 0.033°C al año, con un p-value de 0, un fenómeno similar para la misma estación en el escenario 8.5 (d).

Figura 57

Resultado del índice TR20 de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



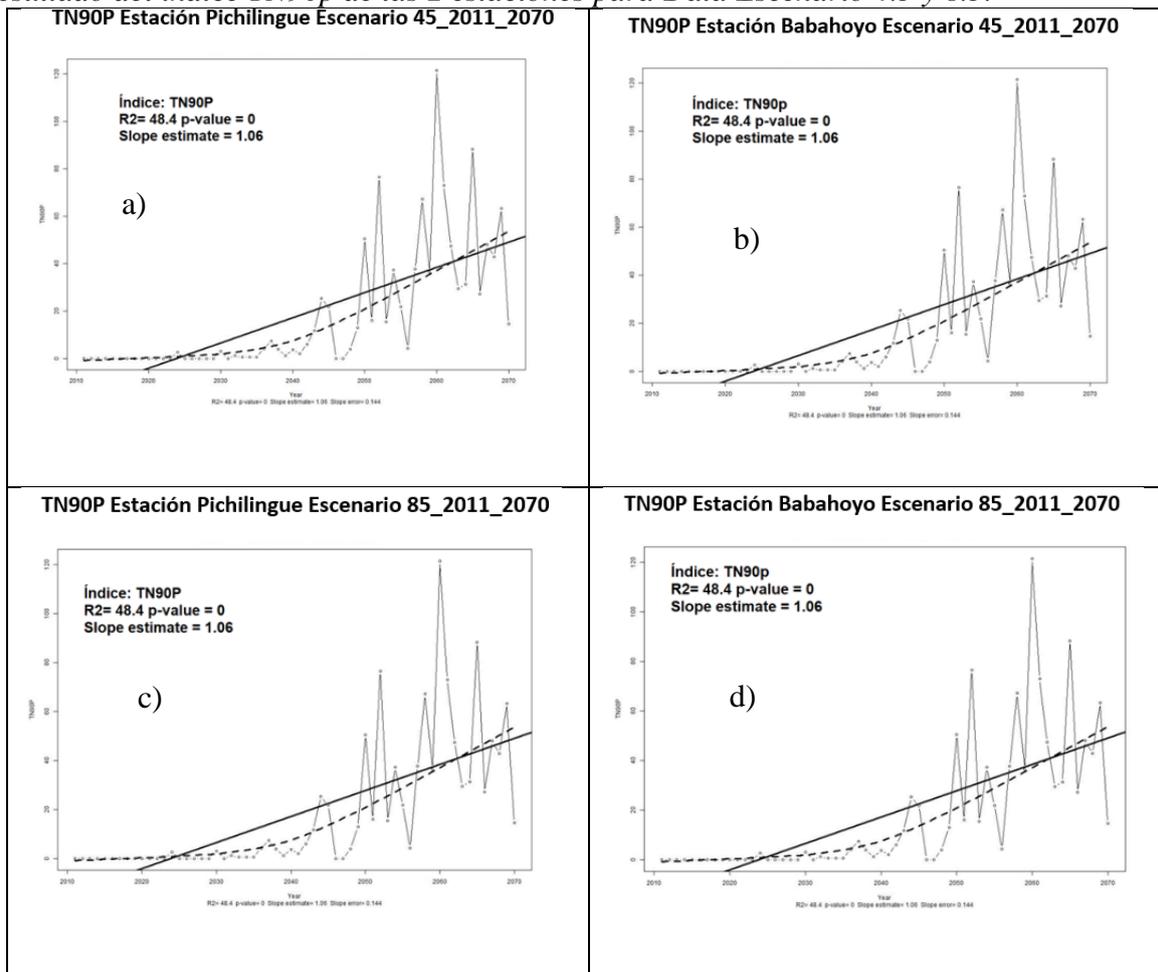
Nota. Noches tropicales, número de días en un año en que la temperatura mínima supero los 20°C, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 57, Guamán (2020)“el índice de TR20 o Noches Tropicales, cuenta el número de días año en que la temperatura mínima superó los 20°C” (p 48). Para la estación Pichilingue - M0006 en escenario 4.5 (a) , cabe recalcar que es muy interesante ver como el aumento de días al año aumentó significativamente, al igual que significancia estadística es alta (p-value=0.019) y la pendiente de 9.1 noches/año, indicador totalmente congruente con el índice TXN, un fenómeno similar ocurre para la misma estación en el escenario 8.5 (c), indicando de esta forma , luego del año 2012 y 2024 para la estación Pichilingue, todas las noches tienden a ser tropicales, en ambos escenarios.. Mientras que para la estación de Babahoyo – UTB – M0051 (b), tiene un ligero aumento de días al año, pero tiene una

significancia estadística alta ($p\text{-value}=0.018$) y la pendiente de 9.2 noches/año. Es evidente que la presencia del río, termo regula las temperaturas nocturnas, arrastrando el calor contenido por el asfalto y concreto de la ciudad, y disipándolo efectivamente. Un fenómeno similar para la misma estación en el escenario 4.5 (d).

Figura 58

Resultado del índice TN90p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



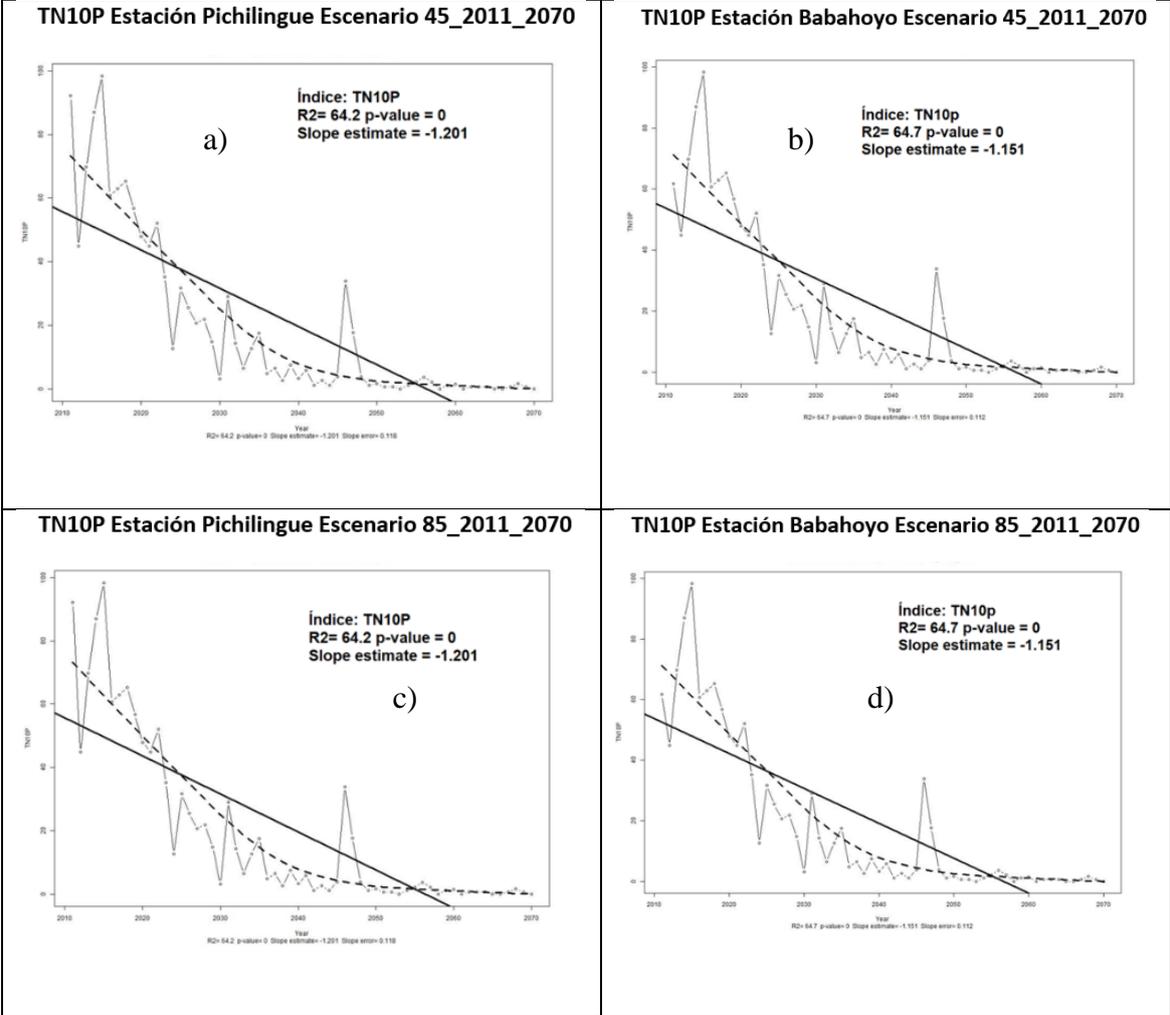
Nota. Noches cálidas: días cuando la temperatura mínima pasa el percentil 90, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En Figura 58, Guamán (2020)“el índice TN90P indica la frecuencia de noches cálidas, es el porcentaje de noches en los que la temperatura mínima supera el percentil 90”(p 49). Para la estación Pichilingue - M0006 para escenario 4.5 (a), se ve un crecimiento muy acelerado en los últimos años. La significancia es muy alta ($p\text{-value}=0$) y la pendiente de 48.4 noches/año, un fenómeno similar ocurre para la misma estación en el escenario 8.5 (c). La estación

Babahoyo UTB – M0051 (b), se puede decir que hay un crecimiento en el porcentaje de temperaturas mínimas que sobrepasan el percentil 90, un fenómeno similar ocurre para la misma estación en el escenario 8.5 (d).

Figura 59

Resultado del índice TN10p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



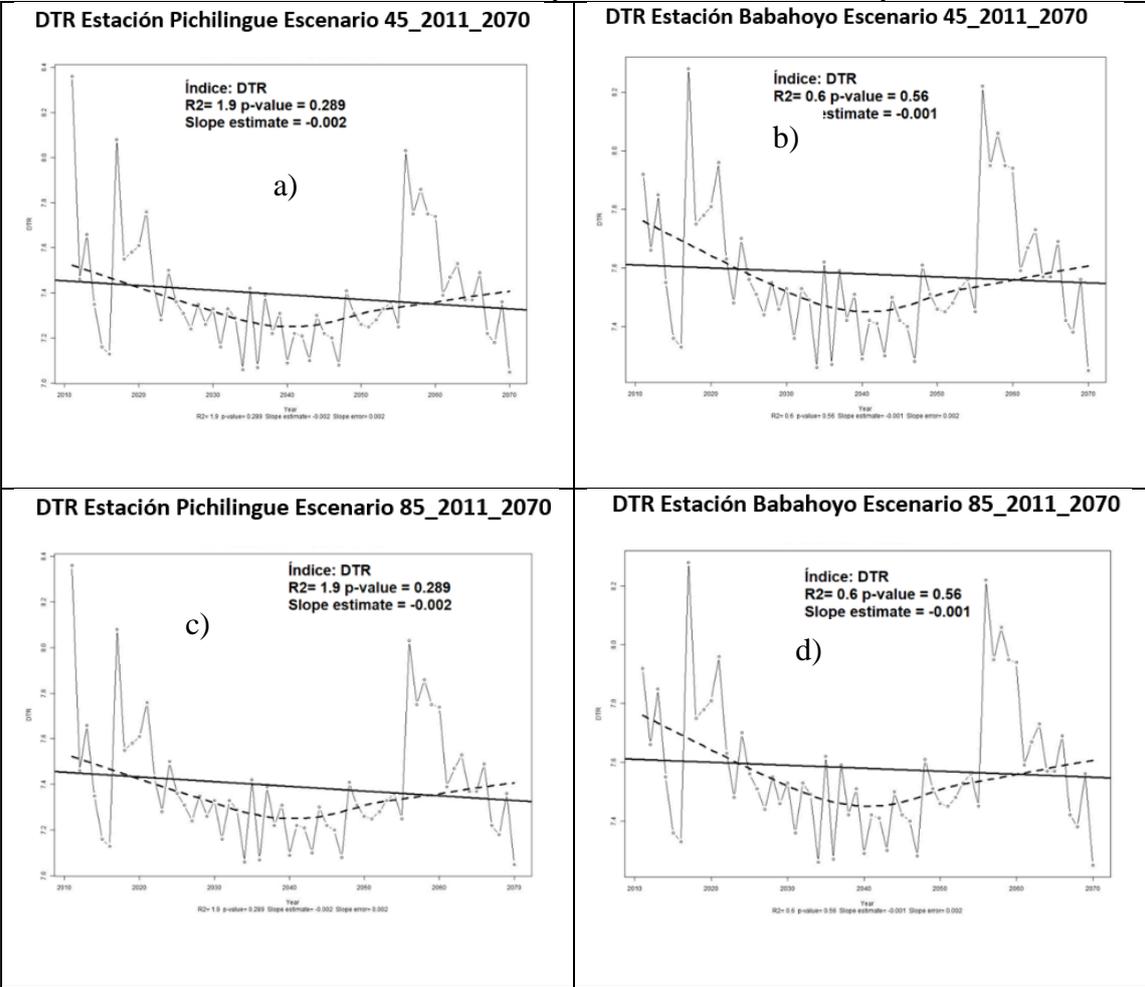
Nota. Noches frías: Días cuando la temperatura mínima es menor al percentil 10, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura , ,Guamán (2020) “el índice TN10P o Frecuencia de noches frías indica qué tan frecuentes son las noches en las que su temperatura es menor al percentil 10” (p51). Para la estación Pichilingue - M0006 en escenario 4.5 (a), se aprecia una disminución totalmente marcada, de alrededor del 60% a inicios de la serie hasta menos del 0% al final de esta, se aprecia una significancia muy alta (p- value de 0), y pendiente de -1.201 % de noches/año. Cada vez las noches frías van disminuyendo de manera estadísticamente

significativa, un fenómeno similar ocurre para la misma estación en el escenario 8.5 (c). Para la estación Babahoyo - UTB – M0051 en escenario 4.5 (b), se pueden generar afirmaciones ya que el p- value es de 0, donde además se ve una disminución totalmente marcada, de alrededor del 60% a inicios de la serie hasta menos del 0% al final de esta, se observa una estadística no significativa (p- value de 0), y pendiente de -1.201% noches/año. Un fenómeno similar ocurre para la misma estación en el escenario 8.5 (c). Cada vez las noches frías van disminuyendo de manera estadísticamente significativa.

Figura 60

Resultado del índice DTR de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



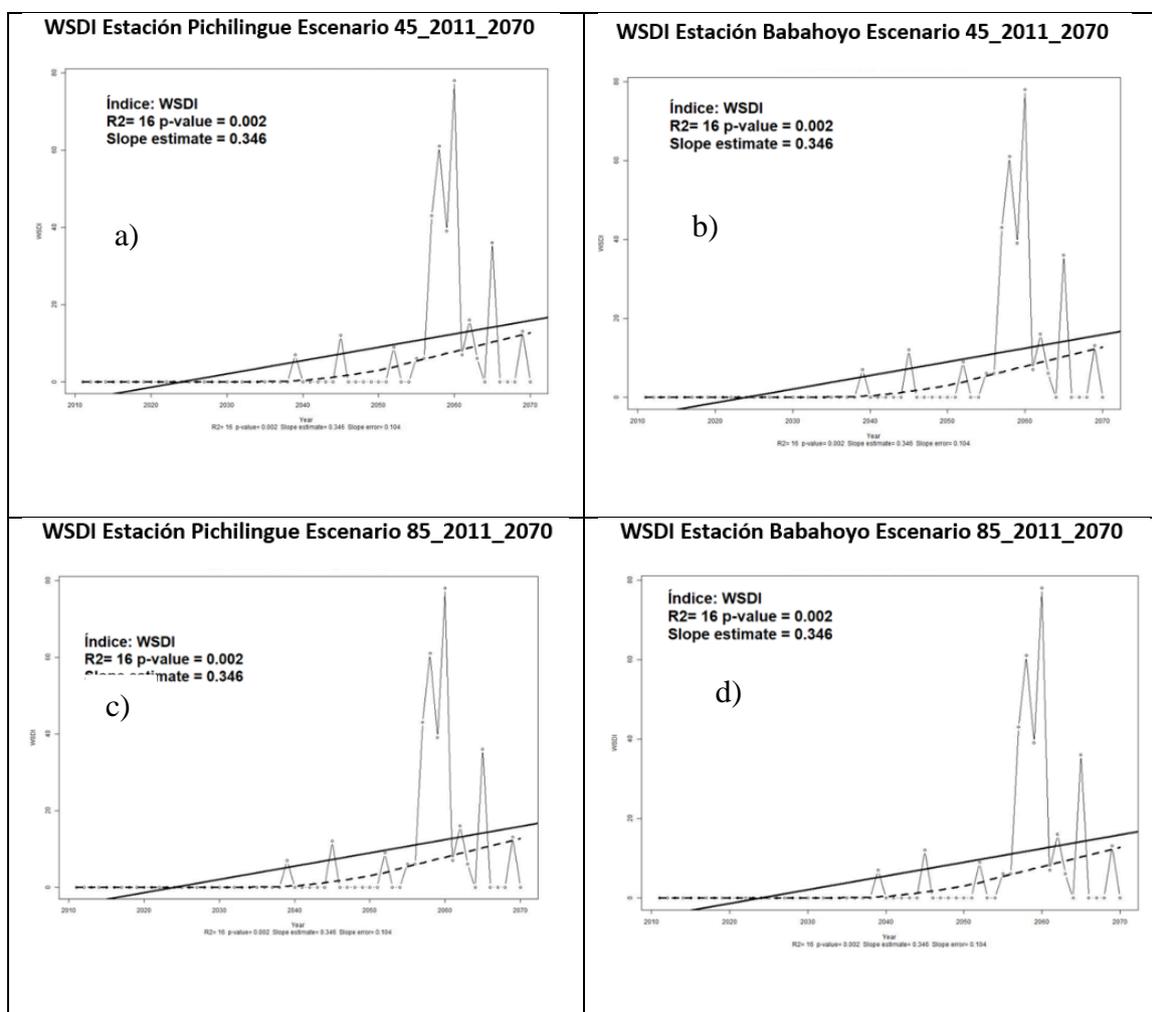
Nota. Rango Diurno de temperatura Tx-Tn [°C/año] (DTR), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura , el índice DTR, representa el promedio de la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas. Para la estación Pichilingue - M0006 para escenario 4.5 (a), se visualiza

un decremento de rango, debido al incremento más rápido de las temperaturas mínimas, es estadísticamente significativo y posee un p-value de 0.289, en congruencia con el comportamiento antes descrito. La estación Babahoyo - UTB - M0051 para el escenario 4.5 (b), presenta un decremento en la cantidad de precipitación, y no es estadísticamente significativa p-value de 0.56. Sin embargo, se pueden apreciar comportamientos similares para el escenario 8.5, en ambas estaciones.

Figura 59

Resultado del índice WSDI de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



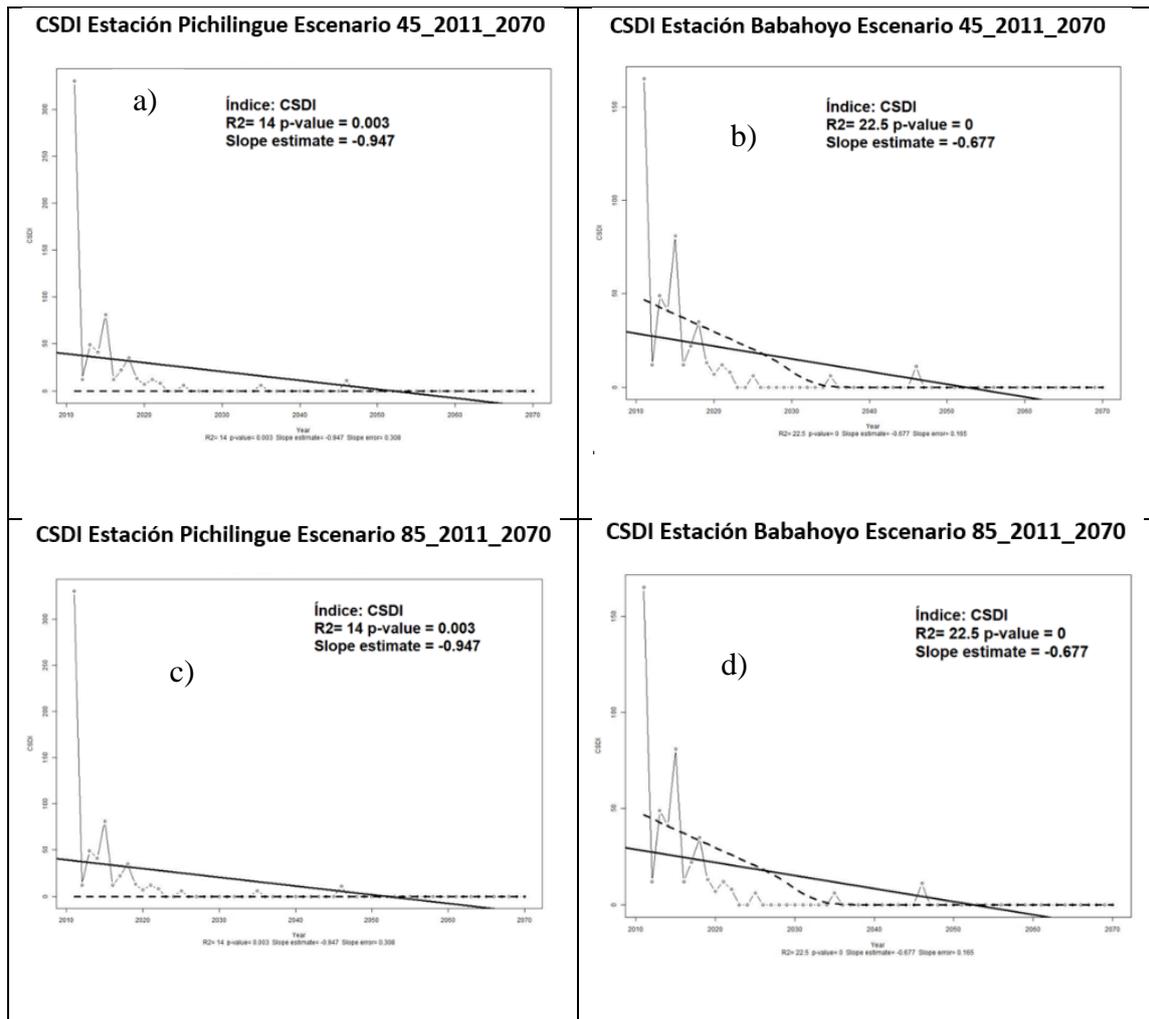
Nota. Indicador de la duración de periodos calientes [día/año] (WSDI), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 59, (a y b) , Guamán (2020)“se presenta el contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que la temperatura máxima supero el percentil 90” (p 56) .En la gráfica a y b se parecía un incremento de días que superen este percentil, de igual forma su

significancia es alta ya que presentan un p-value de 0.002, 0.002, respectivamente, para las Estaciones de Pichilingue – M0006 (a y c) y Babahoyo – UTB – M0051(b y d), en ambos escenarios, tanto para 4.5 y 8.5.

Figura 60

Resultado del índice CSDI de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



Nota. Indicador de la duración de periodos fríos u “olas de frío-heladas” (CSDI) [día/año], Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 60, se presenta el conteaje anual de días con duración de periodos fríos u “olas de frío-heladas”. En la gráfica (a y c) y (b y d), se presenta una disminución, de igual forma su significancia es alta ya que presentan un p-value de 0.003, 0, respectivamente, para las Estaciones de Pichilingue – M0006 y Babahoyo – UTB – M0051, para ambos escenarios 4.5 y 8.5.

Tabla 21

Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la temperatura para las 2 estaciones en Escenario 4.5.y Escenario 8.5.

Escenarios	Escenario RCP 4.5		Escenario RCP 8.5	
	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente
Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria [°C/año](TXx)	0.029	0.029	0.029	0.029
p- value	0**	0**	0**	0**
Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria [°C] (TXN)	0.032	0.032	0.032	0.032
p- value	0**	0**	0**	0**
Días cálidos: días con temperatura máxima sobre el percentil 90 [%/año] (TX90P)	0.968	0.965	0.968	0.965
p- value	0	0**	0	0**
Días fríos: Días con temperatura máxima menor al percentil 10 [%] (TX10P)	-0.898**	-0.911**	-0.898**	-0.911**
p- value (Intensidad)	0**	0**	0**	0**
Días Tropicales (Tx>25°) [día] SU25	0.089	0.089	0.089	0.089
p- value (Frecuencia)	0**	0**	0**	0**
Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria [°C](TNx)	0.026***	0.025***	0.026***	0.025***
P – value	0**	0*	0	0*
Noches tropicales: número de días en un año en que la temperatura mínima supero los 20 °C [día] (TR20)	0.008***	0.033	0.008***	0.033
p- value	0.019	0.018**	0.019	0.018**
Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria. [°C] (TNn)	0.033	0.033	0.033	0.033
p- value (Intensidad-Aumento en la T, efecto isla de calor)	0**	0**	0**	0**

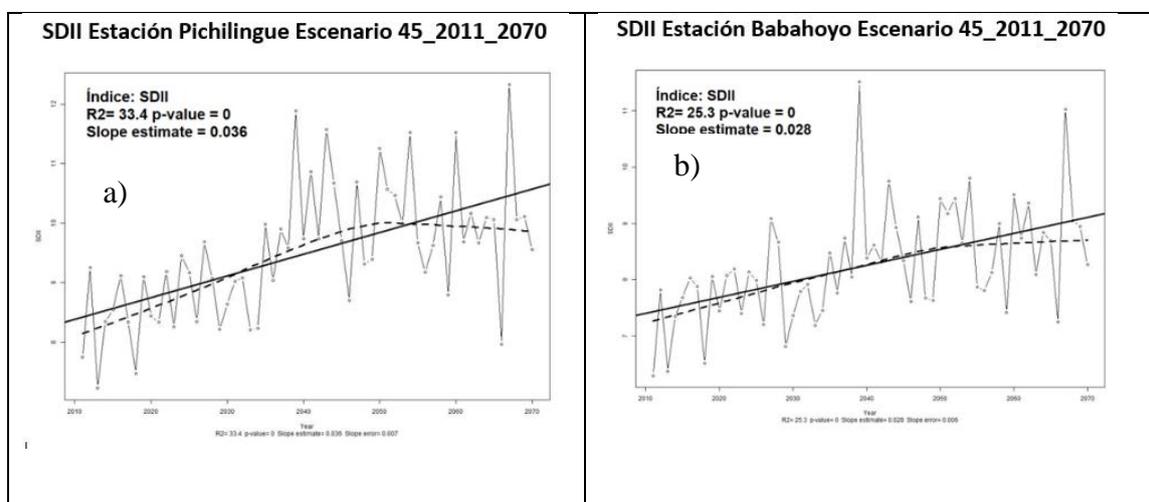
Índice	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente	M0006 (Pichilingue) Pendiente	M0051 (Babahoyo – UTB) Pendiente
Noches cálidas: días cuando la temperatura mínima pasa el percentil 90 [%] (TN90P) p- value	1.06 0**	1.06 0**	1.06 0**	1.06 0**
Noches frías: Días cuando la temperatura mínima es menor al percentil 10 [%] (TN10P) p- value	-1.201*** 0	-1.151** 0**	-0.538*** 0	-1.151** 0**
Rango Diurno de temperatura Tx-Tn [°C/año] (DTR) p- value	-0.002** 0.289	-0.001** 0.56	-0.002** 0.289	-0.001** 0.56
Indicador de la duración de periodos calientes [día/año] (WSDI) p- value	0.346 0.002	0.346 0.002	0.346 0.002	0.346 0.002**
Indicador de la duración de periodos fríos (CSDI) [día/año] p-value	-0.947 0.003**	-0.677 0**	-0.947 0.003**	-0.677 0**

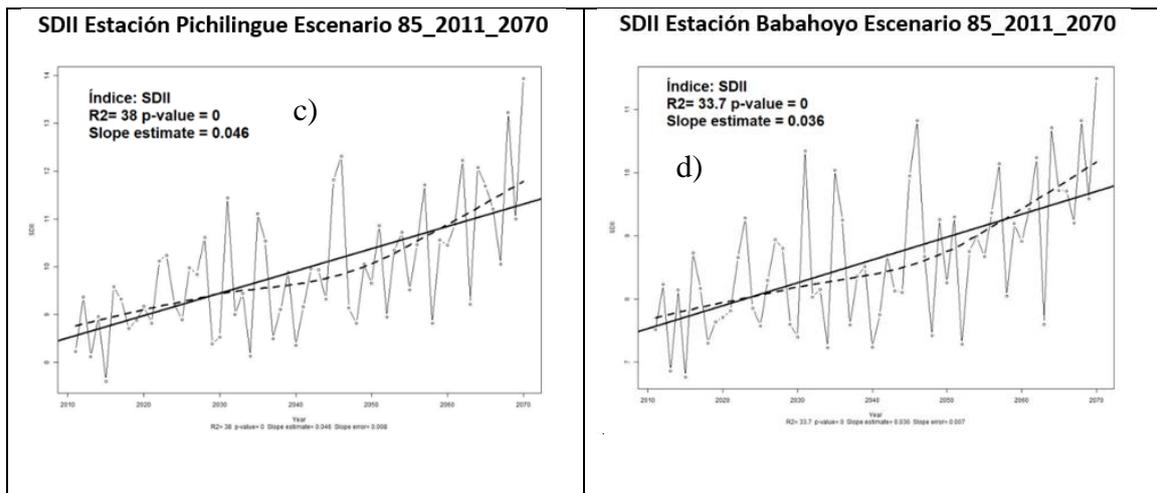
Nota. N/A: datos insuficientes para calcular dichos índices/ ** Representa alta significancia estadística, *Representa significancia estadística. Elaboración: Kevin Pacheco, 2021, Adaptado de:(Guamán, 2020)

4.5.1.3. Índices de Precipitación

Figura 61

Resultado del índice SDII de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



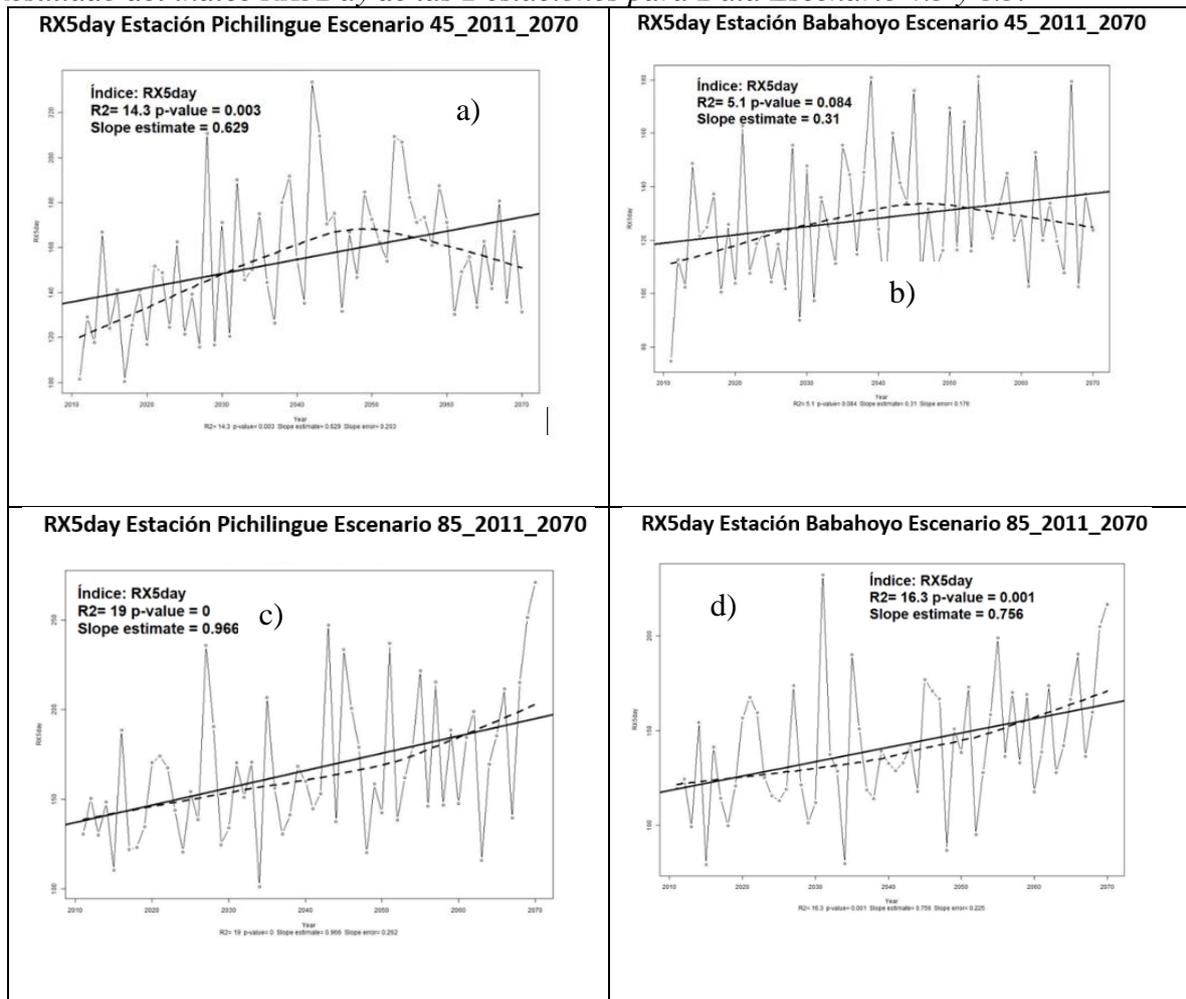


Nota. Índice de intensidad diaria SDII (mm/día), Adaptado de: (Guamán, 2020)

En la Figura 61, (a y b), Guamán (2020) “el índice se define como la precipitación total dividida para el número de días húmedos (precipitación mayor a 1 mm) en un año” (p 60). En la estación Pichilingue - M0006 para el escenario 4.5 (a) se aprecia un incremento sostenido, de 0.036 mm/día/año, con significancia estadística p- value de 0, quiere decir que llueve más cantidad de agua liberada por la atmosfera, sin embargo, en la misma estación para el escenario 8.5 (c), se aprecia un incremento sostenido, de 0.046 mm/día/año, con significancia estadística p- value de 0. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 en escenario 4.5 (b) mostro un crecimiento de precipitación de 0.028 mm/día/año, estadísticamente no significativa con un p- value de 0. Aunque por otro lado en la misma estación para el escenario 8.5 (d), mostro un crecimiento de precipitación de 0.036 mm/día/año, estadísticamente no significativa con un p- value de 0.

Figura 62

Resultado del índice RX5Day de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.

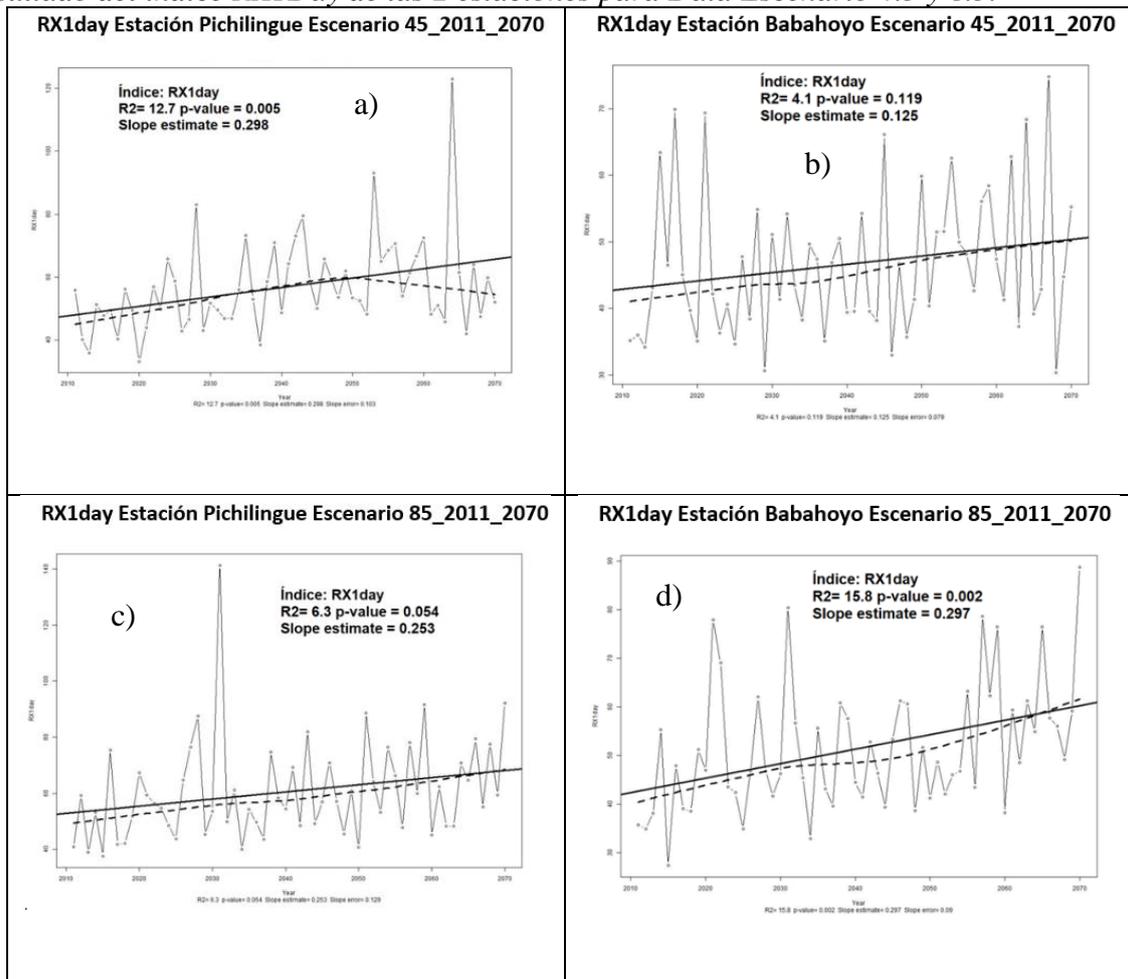


Nota. Cantidad máxima de precipitación en 5 días consecutivos (mm/año) Rx5day, Adaptado de:(Guamán, 2020)

En Figura 62, se presenta la estación Pichilingue - M0006 en escenario 4.5 (a), se presenta una pendiente positiva de 0,629 mm/año con un p-value de 0,003, estadísticamente muy significativa, en otras palabras, quiere decir que llueve mucho y de manera seguida. Por otro lado, la cantidad máxima de precipitación es más de 220 (mm/año). Aunque para la misma estación en el escenario 8.5 (c), se presenta una pendiente positiva de 0,966 mm/año con un p-value de 0, además de tener un pico máxima de precipitación de 250 (mm/año). Para la estación Babahoyo - UTB – M0051 en escenario 4.5 (b), se presenta un incremento de la precipitación de 0.31mm/año, con un p-value de 0,084, indicando que existe mayor precipitación en la Estación Pichilingue – M0051.

Figura 63

Resultado del índice RX1Day de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



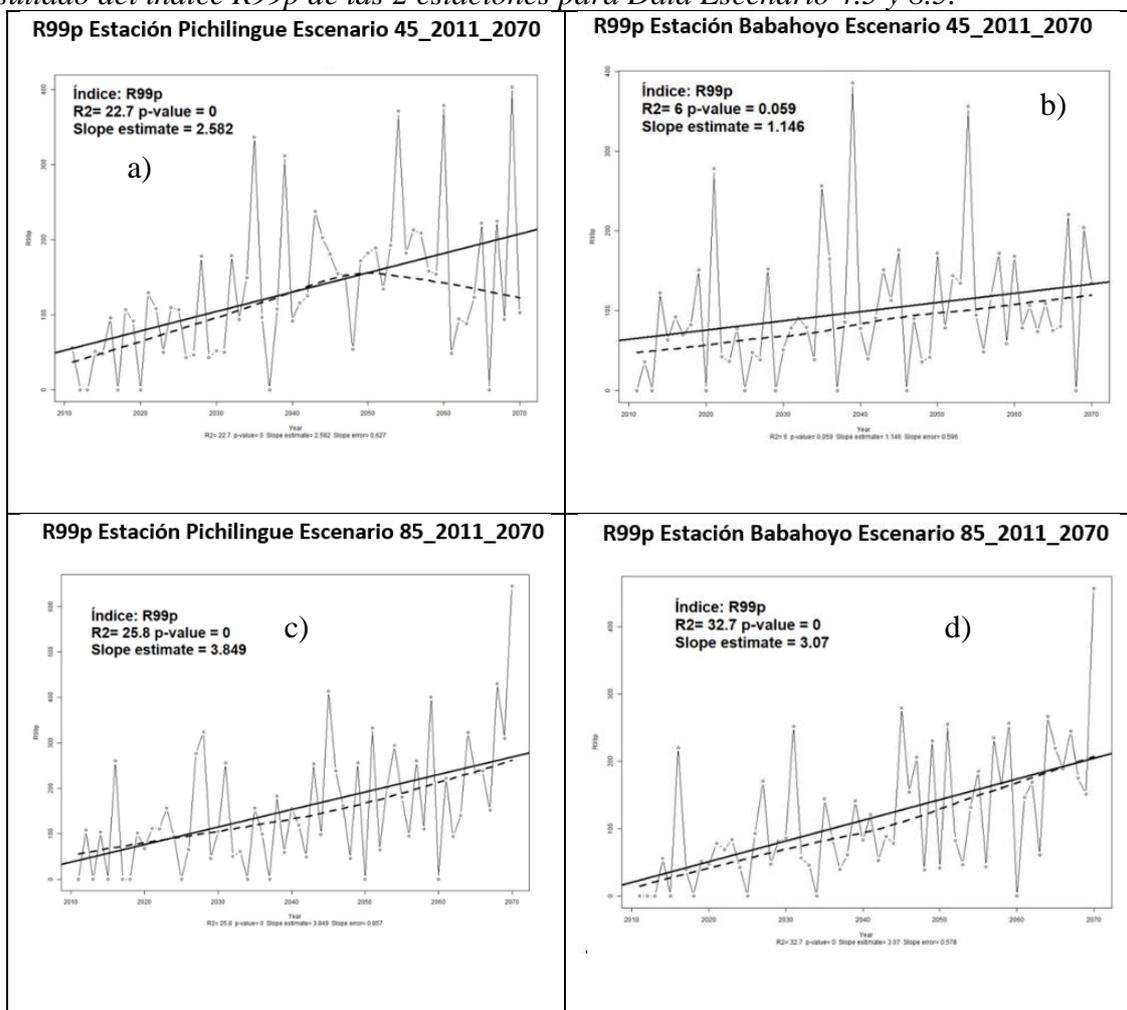
Nota. Cantidad Máxima de precipitación en un día [mm/Día] (RX1D) (Intensidad), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 63, (a y b), Guamán (2020)'' la cantidad máxima de precipitación registrada en 1 día, este indicador es importante ya que está relacionado con las inundaciones''(p 62). Según la SNGR (2012), menciona que las inundaciones se generan por precipitaciones que difícilmente superan las 24 horas de duración''. La estación Pichilingue - M0006 (a) presenta una tendencia positiva estadísticamente no significativa con un p-value de 0.005. Aumenta a razón de 0.298 mm/Día. La estación Babahoyo - UTB - M0051 (b) presentan una tendencia con 0.125 mm/Día estadísticamente significativa con un p-value de 0.119. Mientras que para la estación Pichilingue - M0006 en el escenario 4.5 (c) presenta una tendencia positiva estadísticamente significativa con un p-value de 0.005. Aumenta a razón de 0.298 mm/Día, sin

embargo, para el escenario 8.5 de esta misma estación (c), presente un p-value de 0.054, no significativo estadísticamente, aun una disminución de 0.293 mm/Día. La estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 8.5 (d), presenta una tendencia con 0.125 mm/Día estadísticamente significativa con un p-value de 0.002 y para el escenario 8.5 (d) presente una tendencia de aumento con 0.297 mm/Día, con un p-value de 0.002, significativo estadísticamente.

Figura 64

Resultado del índice R99p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



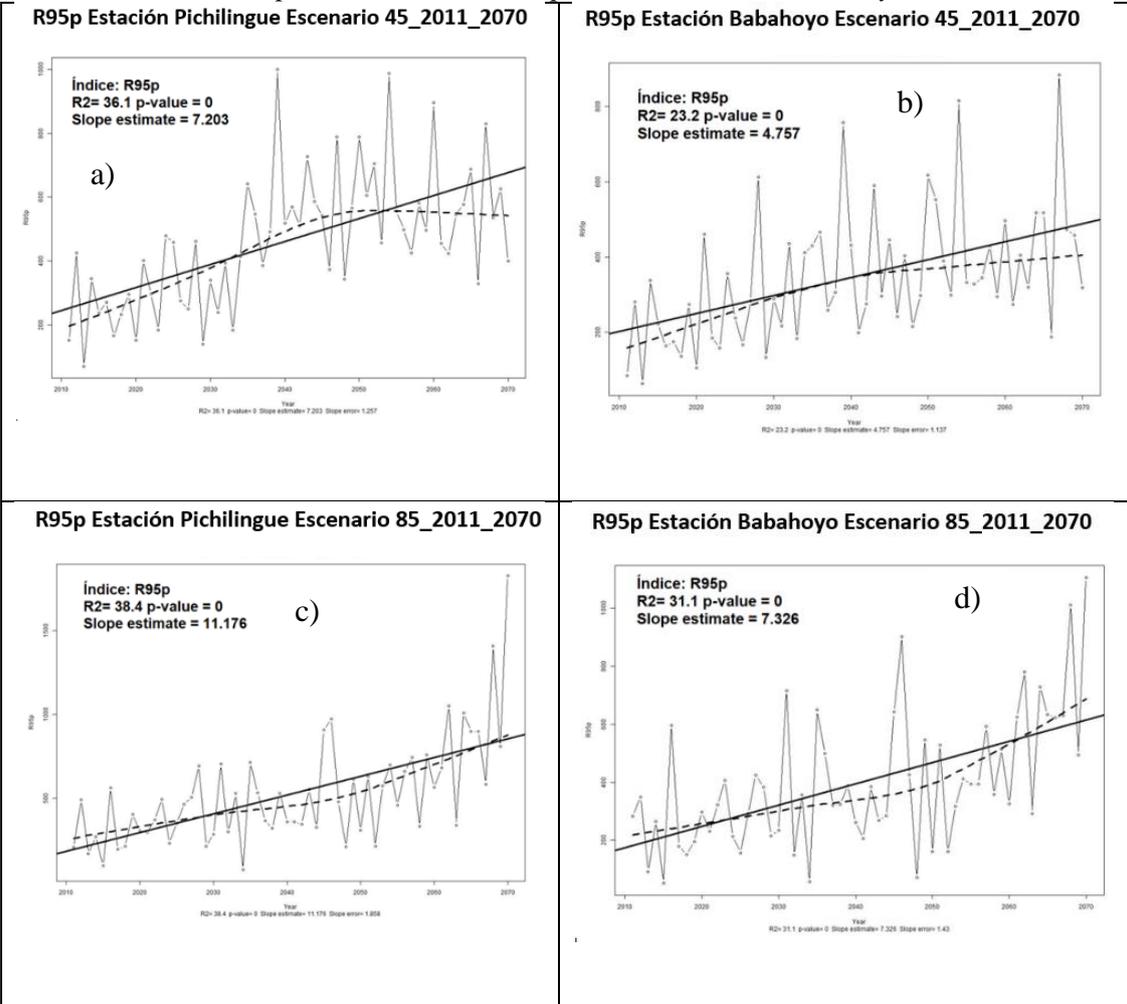
Nota. Días extremadamente lluviosos (precipitación sobre el percentil 99) [mm/año] (R99p), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 64, Guamán (2020)“se aprecia el índice R99p, el cual representa la intensidad de los eventos extremadamente lluviosos diarios. Calcula la cantidad de lluvia acumulada al año de los eventos que superaron el percentil 99” (p 64). Para la estación

Pichilingue - M0006 para el escenario 4.5 (a) se aprecia un incremento sostenido, que indica la agresividad que los eventos extremos pueden tener, sobre todo en este último año en donde se cuadruplicó su intensidad, con una alta significancia estadística (p- value de 0). La intensidad se incrementa a razón 2.582 mm/año, mientras que, para la misma estación, en el escenario 8.5 (c), presente un incremento de 3.489 mm/año. La estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 4.5 (b) presenta una tendencia positiva de 1.146 mm/año y mostró significancia estadística. (p-value de 0.059), aunque en la misma estación en el escenario 8.5 (d) existe un mayor incremento en la pendiente de 3.07 mm/año con un p-value de 0.

Figura 65

Resultado del índice R95p de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.

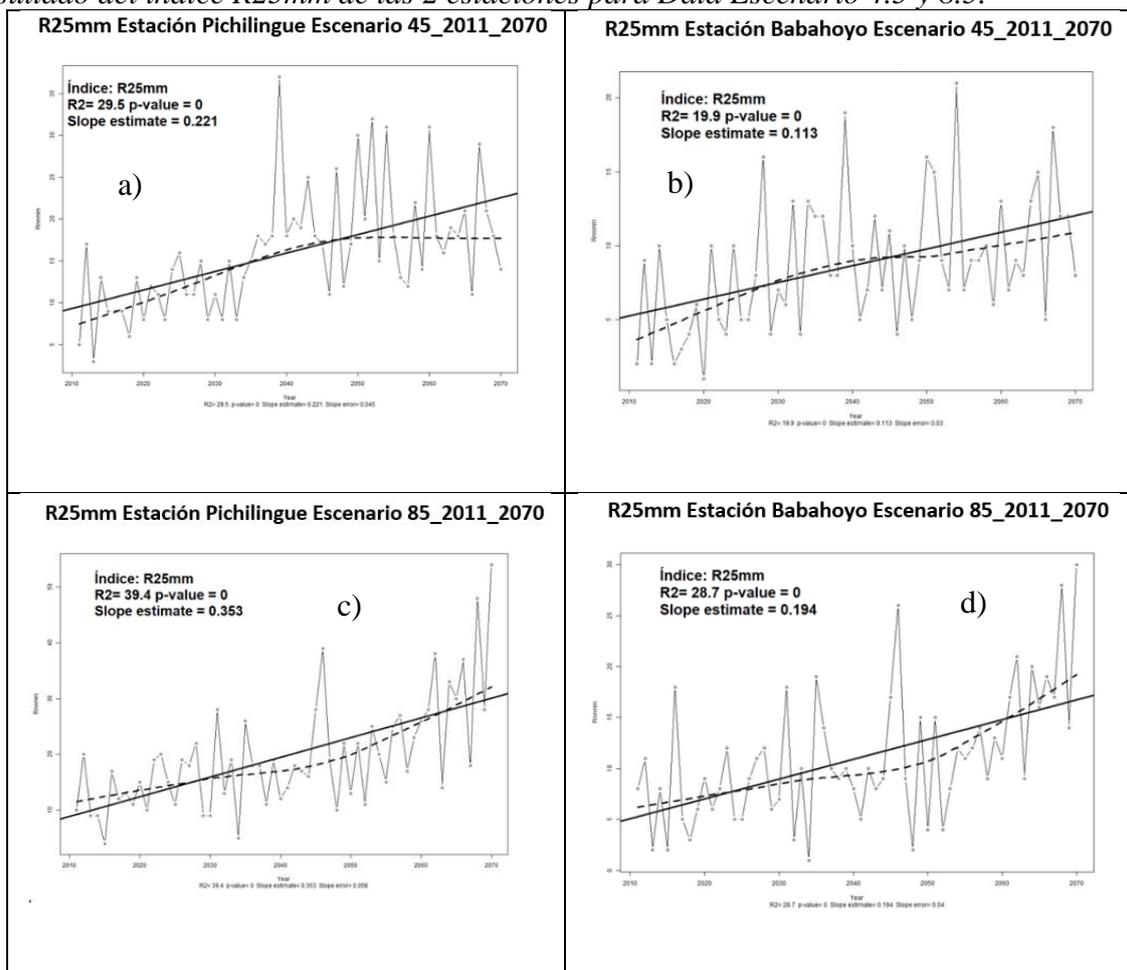


Nota. Días muy lluviosos (precipitación sobre el percentil 95) [mm/Día/año] (R95p), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 65, Guamán, (2020) “el índice R95 representa el número de días con precipitaciones por encima del percentil 95”(p 65). La estación Pichilingue - M0006 en la estación de 4.5 (a) presenta una tendencia positiva estadísticamente significativa con un p-value de 0, es un indicador mucho más robusto, pendiente de 7.203 mm/Día/año, el cual es un evento muy lluvioso. Por lo tanto, se puede afirmar que en la estación de Pichilingue se incrementan tanto los eventos intensos (sobre el percentil 95), como los extremos (sobre el percentil 99), aunque en la misma estación en el escenario 8.5 (c), existe una pendiente mucho más alta de 11.176 mm/Día/año; la estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 4.5 (b) presenta una tendencia de 4.757 mm/Día/año y mostró significancia estadística. (p-value de 0), siendo algo similar en el escenario 8.5 (d) con una pendiente de 7.326 mm/Día/año con un p-value de 0.

Figura 66

Resultado del índice R25mm de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.

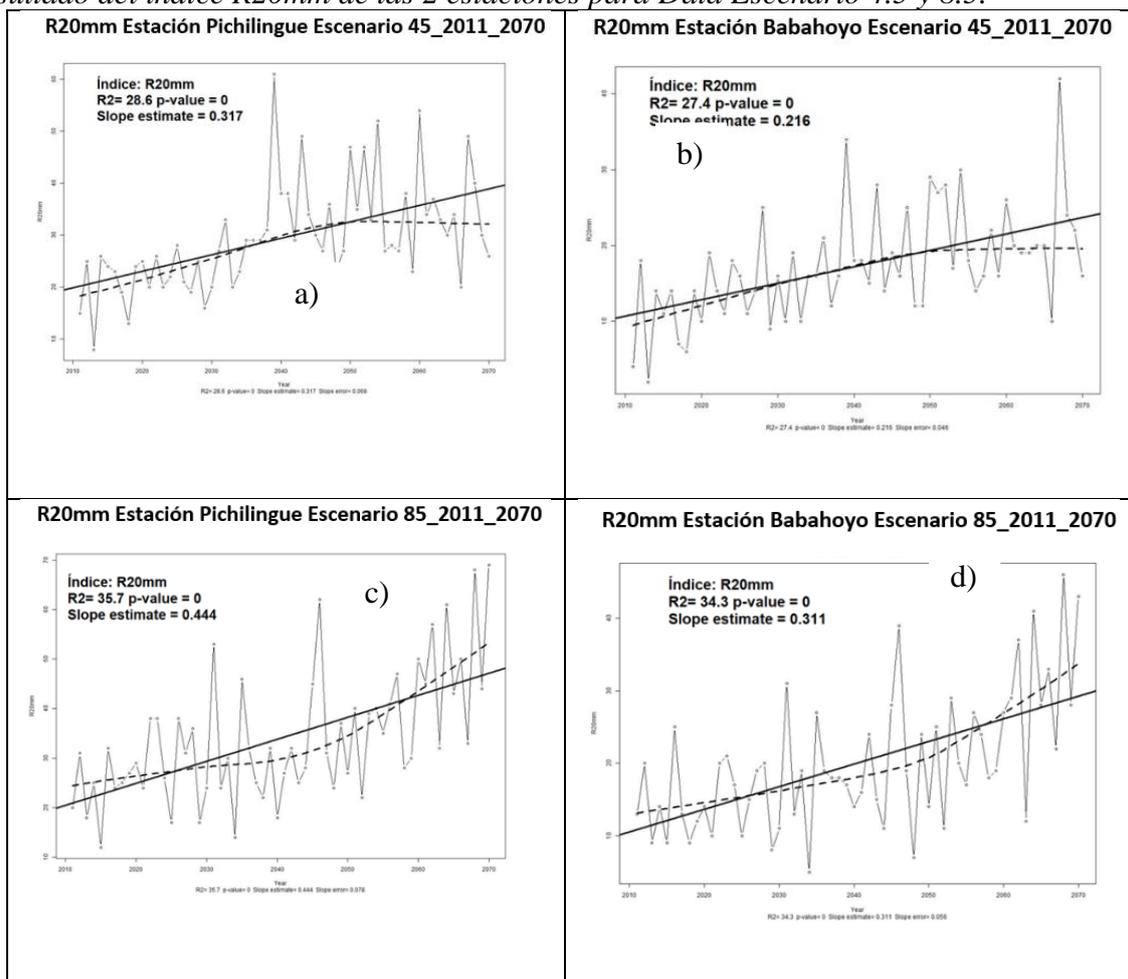


Nota. Días al año en los que la precipitación supera los 25mm [días/año] (R25mm), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 66, Guamán (2020) “el R25mm es un indicador que cuenta el número de días al año en los que la precipitación supera los 25mm, que se considera bastante fuerte. Es un indicador de incremento de la frecuencia de los eventos extremos” (p 66).. Para la estación Pichilingue - M0006 en el escenario 4.5 (a), donde el incremento es estadísticamente significativo, (p- value de 0), y tiene una pendiente 0.221 días de lluvia/año, aunque para el escenario 8.5 (c), tiene una pendiente 0.353 días de lluvia/año. En la estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 4.5 (b), se tiene un comportamiento similar al de Pichilingue, presentando una tendencia 0.113 días de lluvia días/año y mostró significancia estadística. (p-value de 0), pero en el escenario 8.5 (d), presento una tendencia 0.194 días de lluvia días/año y mostró significancia estadística. (p-value de 0).

Figura 67

Resultado del índice R20mm de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.

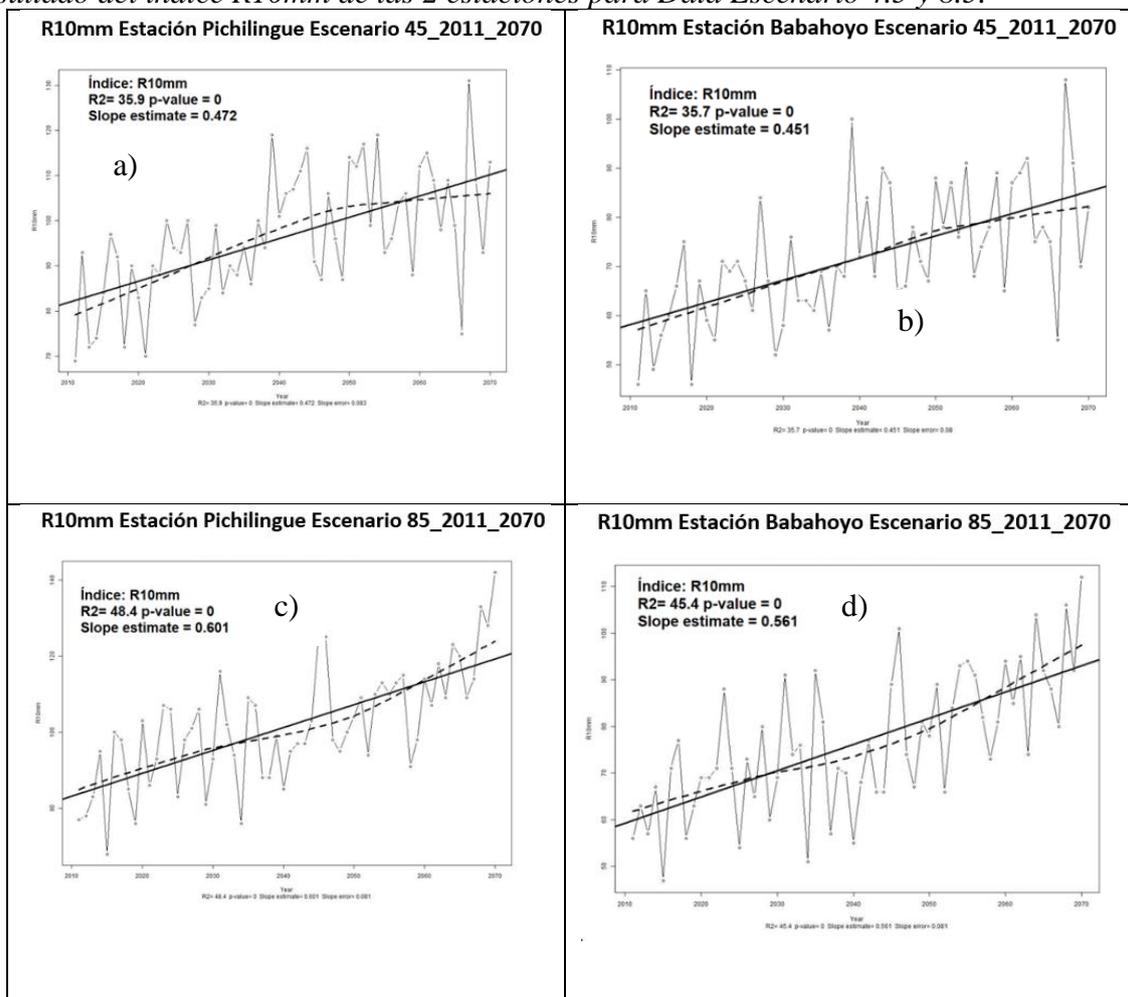


Nota. Días al año con precipitación muy intensa (mayor a 20mm/día) (R20mm) [días/año], Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 67, el índice representa cuantos días año existió una precipitación mayor a 20mm. La estación Pichilingue - M0006 en el escenario 4.5 (a) presenta una tendencia de 0.317 mm/día/año y estadísticamente significativa con un p-value de 0, sin embargo, para el escenario 8.5 (c), presenta una tendencia de 0.444 mm/día/año y estadísticamente significativa con un p-value de 0. La estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 4.5 (b) presenta una tendencia de 0.26 mm/día/año y mostró significancia estadística, (p-value de 0), mientras que para el escenario 8.5 (d), presenta una tendencia de 0.311 mm/día/año y mostró significancia estadística, (p-value de 0).

Figura 68

Resultado del índice R10mm de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.

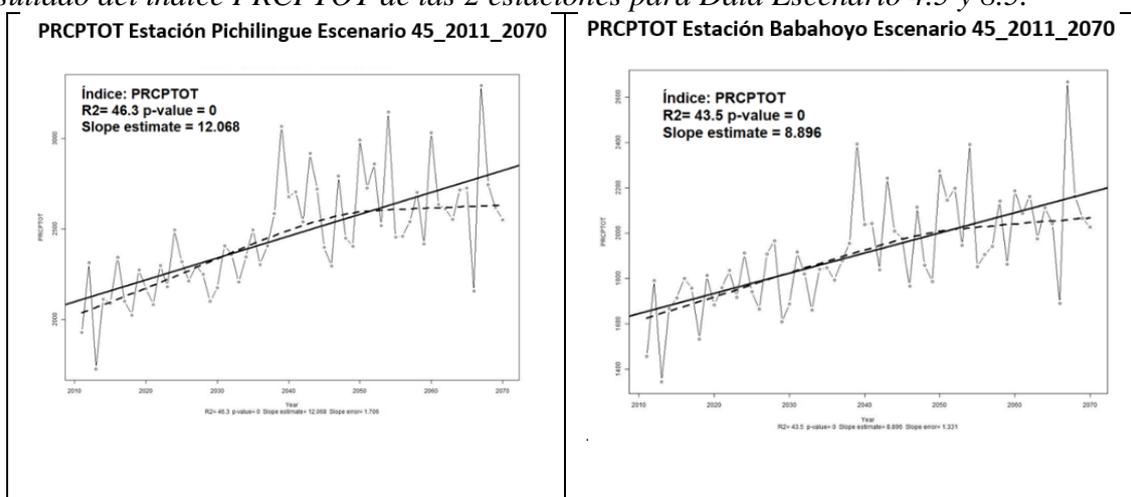


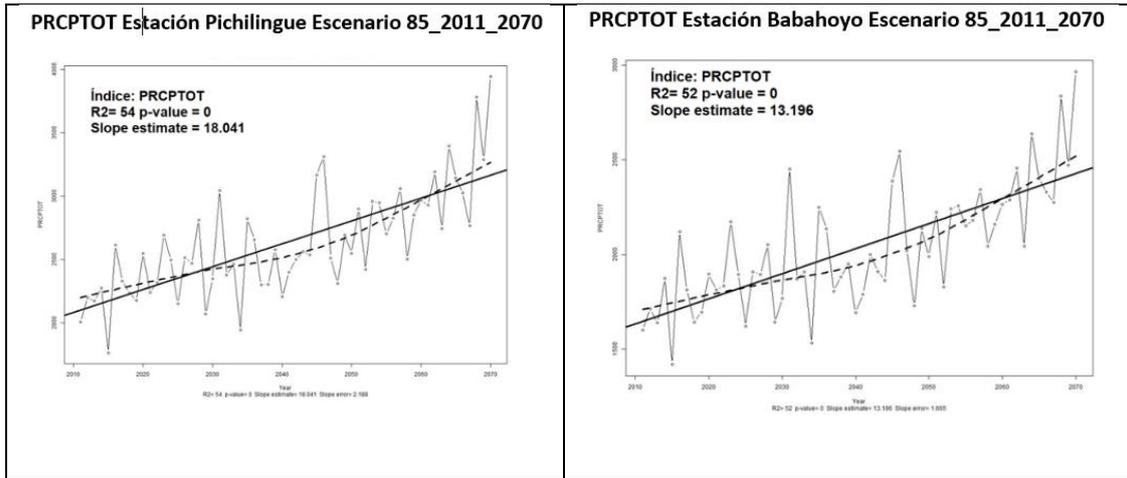
Nota. Días al año con precipitación intensa (mayor a 10mm/día) [días/año] (R10mm), Adaptado de:(Guamán, 2020)

El índice de la Figura 68, representa los días al año que sobrepasaron 10mm de precipitación, que se considera moderada. La estación Pichilingue - M0006 en el escenario 4.5 (a), presenta una tendencia positiva de 0.472 mm/año, estadísticamente significativa con un p-value de 0, mientras que para el escenario 8.5 (c), presenta una tendencia positiva de 0.601 mm/año, estadísticamente significativa con un p-value de 0. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 4.5 (b) se aprecia un crecimiento de 0.451 mm/año con un p-value de 0, lo cual indica existe mayor significancia por lo que es relevante, sin embargo, este indicar no corresponde a uno de los más importantes en el CC, donde concluye que cada vez un tendencia menor en los días consecutivos que sobrepasan los 10 mm, aunque en el escenario 8.5(d), presenta una tendencia positiva de 0.561 mm/año, estadísticamente significativa con un p-value de 0.

Figura 69

Resultado del índice PRCPTOT de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



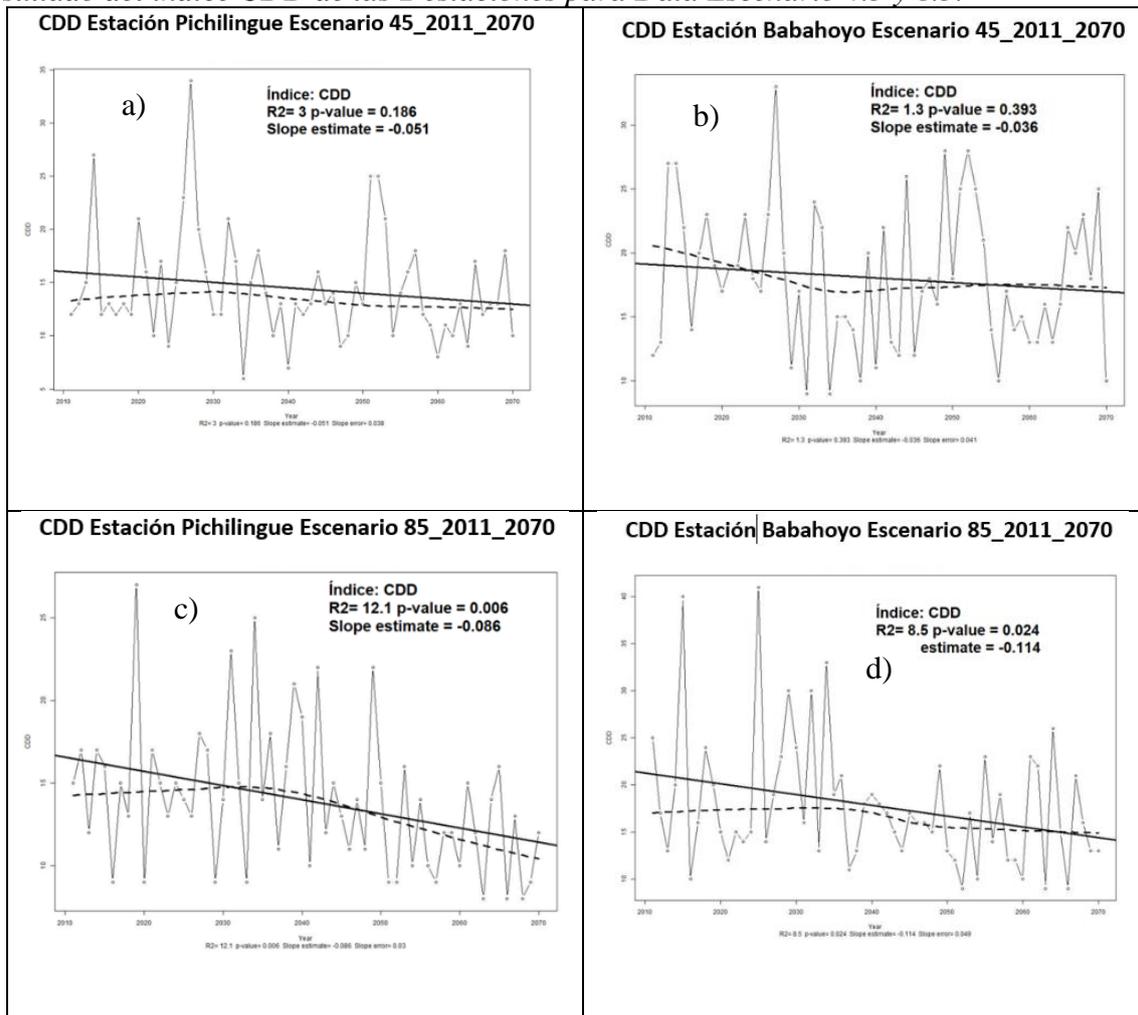


Nota. Precipitación total anual en los días húmedos [mm/año] (PRCPTOT) (Frecuencia), Adaptado de:(Guamán, 2020)

En la Figura 69, Guamán (2020)“el índice PRCPTOT determina el monto de lluvia anual, tanto de eventos pequeños como grandes” (p 70). En la estación Pichilingue - M0006 en el escenario 4.5 (a), se aprecia un incremento sostenido, con tendencia de 12.068 mm/año, y es bastante significativa p- value de 0, pero para el escenario 8.5 (c), presenta una tendencia positiva de 18.041 mm/año, estadísticamente significativa con un p-value de 0. La estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 4.5 (b), presenta una tendencia de 8.896 mm/año y mostró significancia estadística. (p-value de 0). Mientras tanto para el escenario 8.5 (d) presenta una tendencia positiva de 13.196 mm/año, estadísticamente significativa con un p-value de 0. Al parecer, en la estación de Pichilingue, se evidencia una tendencia al crecimiento de lluvia y eventos intensos.

Figura 70

Resultado del índice CDD de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.

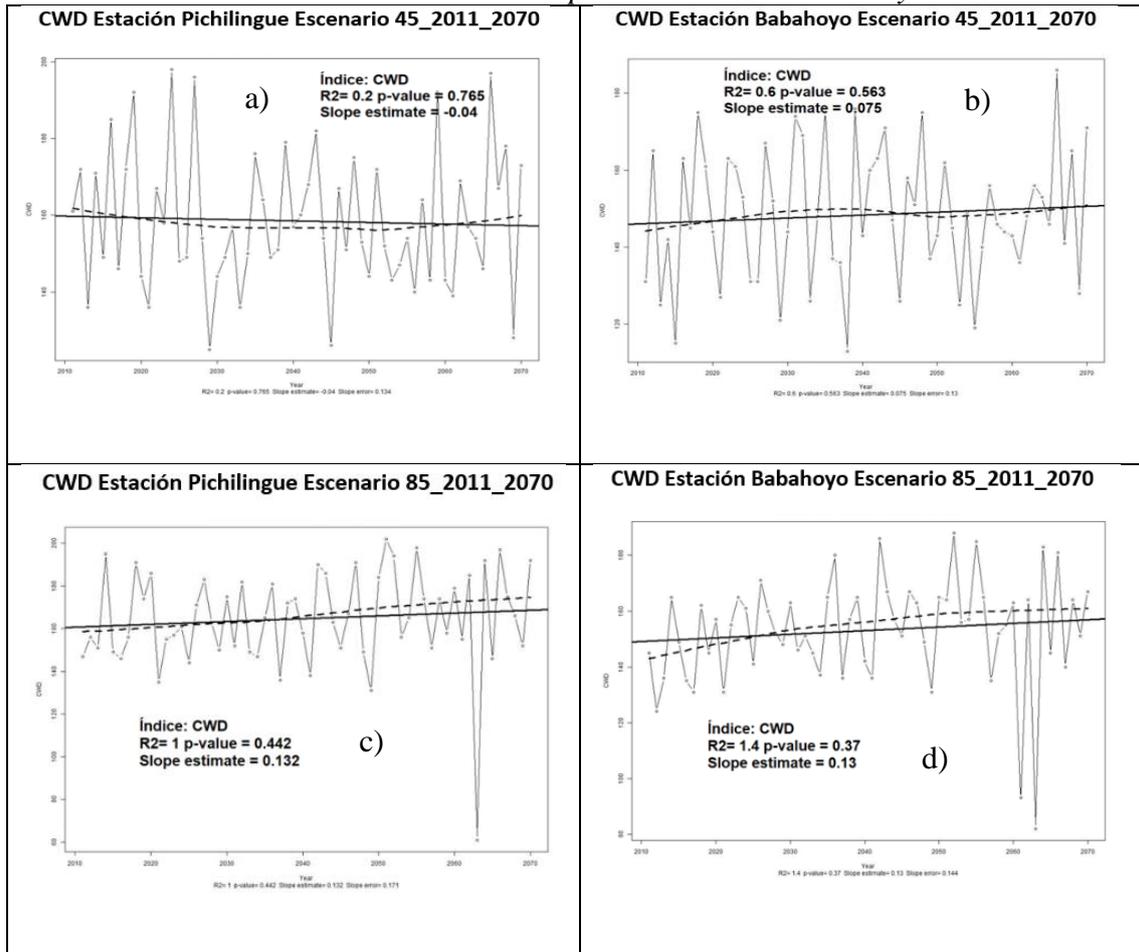


En la Figura 70, este índice representa los días secos consecutivos, en el escenario 4.5, para las estaciones Pichilingue - M0006 (a) y Babahoyo - UTB - M0051 (b) se aprecia un ligero decrecimiento de -0.051 y -0.036 días consecutivos secos al año para la estación de Pichilingue, las mismas que tienen significancia estadística moderada $p\text{-value} = 0.186$ y $p\text{-value} = 0.393$, esto para la Estación de Babahoyo. Es congruente con el comportamiento del indicador anterior CWD, y puede indicar sequías a futuro. respectivamente, para la estación (a), se puede observar un máximo de 35 días secos consecutivos, en cambio, para la estación (b), se puede observar un máximo de 34 días secos consecutivos. A pesar de que no hay significancia para Babahoyo, además de eso también los días secos, debido a que son más, en un margen de -0.036 días/año. Sin embargo, en el escenario 8.5 para las estaciones Pichilingue

- M0006 (c) y Babahoyo - UTB - M0051 (d) se aprecia un ligero decrecimiento de -0.086 y -0.114 días consecutivos secos al año, respectivamente, las mismas que tienen significancia estadística moderada $p\text{-value} = 0.006$ y de $p\text{-value}=0.024$. Indicando de esta forma la reducción paulatina de las estaciones de sequía.

Figura 71

Resultado del índice CWD de las 2 estaciones para Data Escenario 4.5 y 8.5.



En la Figura 71, se aprecia el índice CWD, días húmedos consecutivos, cuenta el número de días consecutivos con lluvia al año, para la estación Pichilingue - M0006 en el escenario 4.5 (a), se aprecia una ligera disminución -0.04 días/ año $=-0.4$ día/10 años, pero no muy significativa ($p\text{-value}$ de 0.765), presenta un pico de 200 días consecutivos de lluvias por el año 2025. Este índice, es un indicador de inundaciones y daños a cultivos debido al comportamiento incesante de la lluvia, en este caso, podría inclusive ser un indicador de sequía

a futuro. Aunque para el escenario 8.5 (c), se aprecia un aumento de 0.132 días/ año = 1.32 día/10 años, pero no muy significativa (p-value de 0.0442), presenta un pico de 200 días consecutivos de lluvias por el año 2050. Para la estación Babahoyo - UTB - M0051 en el escenario 4.5 (b), se evidencia un incremento 0.075 días/año consecutivos con lluvias al año, estadísticamente no significativa, con un p-value de 0.563, se evidencia un máximo de 180 días máximo de precipitaciones por el año 2067, sin embargo para el escenario 8.5 (d), se evidencia un incremento 0.13 días/año consecutivos con lluvias al año, estadísticamente no significativa, con un p-value de 0.37, se evidencia un máximo de 180 días máximo de precipitaciones por el año 2052.

Tabla 22

Índices de cambio climáticos recomendados por la ETCCI basados en la precipitación para las 2 estaciones en Escenario 4.5 y 8.5.

Escenario	Escenario RCP 4.5		Escenario RCP 8.5	
	M0006 (Pichilingue)	M0051 (Babahoyo – UTB)	M0006 (Pichilingue)	M0051 (Babahoyo – UTB)
Índice de intensidad diaria [mm/día/año] (SDII) p- value	0.036 0**	0.028 0**	0.046 0**	0.036 0**
Cantidad Máxima de precipitación en 5 días consecutivos [mm/año] (RX5D) p- value (Intensidad)	0.629 0.003	0.31 0.084	0.966 0**	0.036 0.001
Índice	M0006 (Pichilingue)	M0051 (Babahoyo – UTB)	M0006 (Pichilingue)	M0051 (Babahoyo – UTB)
Cantidad Máxima de precipitación en un día [mm/Día] (RX1D) p- value (Intensidad)	0.298 0.005	0.125 0.119	0.253 0.054	0.297 0.002
Días extremadamente lluviosos (precipitación sobre el percentil 99) [mm/año] (R99p) p- value	2.582 0**	1.146 0.059	3.849 0**	3.07 0**

Días muy lluviosos (precipitación sobre el percentil 95) [mm/Día/año] (R95p)	7.203	4.757	11.176	7.326
p- value	0**	0**	0**	0**
Días al año en los que la precipitación muy intensa supera los 25mm [días/año] (R25mm)	0.221	0.113	0.353	0.194
p- value	0**	0**	0**	0**
Días al año con precipitación intensa (mayor a 20mm/día) (R20mm) [días/año]	0.317	0.216	0.444	0.311
p- value	0**	0**	0**	0**
Días al año con precipitación intensa (mayor a 10mm/día) [días/año] (R10mm)	0.472	0.451	0.601	0.561
p- value	0**	0**	0**	0**
Precipitación total anual en los días húmedos [mm/año] (PRCPTOT)	12.068	8.896	18.041	13.196
p- value (Frecuencia)	0**	0**	0**	0**
Duración de la estación de cultivo [día/año] (GSL)	0	0	0	0
p- value	0.899	0.899	0.899	0.899
Días de heladas [día/año] (FD0)	0	0	0	0
Días secos consecutivos [día/año] (CDD)	-0.051	-0.036	-0.086	-0.114
p- value	0.186	0.393	0.006	0.024
Días húmedos consecutivos [día/año] (CWD)	-0.04	0.075	0.132	0.13
p- value (Frecuencia Inundaciones)	0.765	0.563	0.442	0.37

Nota. N/A: datos insuficientes para calcular dichos índices. Elaborado por: Kevin Pacheco, 2021, Adaptado de:(Guamán, 2020)

Con respecto a la diferencia entre ambas estaciones, estas se encuentran ubicadas dentro de la zona urbana siendo de esta forma la estación Pichilingue M0006, ubicada al sur de la ciudad de Quevedo, y la estación de Babahoyo – UTB M0051, en la parte este de la ciudad de Babahoyo. Es por ella que la estación de Pichilingue está ubicada sólo a 1.19 km cerca de la

ciudad, la hace sensible a la liberación de calor contenida por las masas de concreto y asfalto de la urbe, y sobre la estación Babahoyo, a pesar de también estar cerca de la ciudad, ésta se encuentra cerca también del Río Babahoyo a 0.67 km de distancia del cauce, de este cuerpo acuífero tiene un efecto termorregulador, debido a que regula las temperaturas nocturnas, arrastrando el calor contenido por el asfalto y concreto de la ciudad, y disipándolo efectivamente.

Para el downscaling estadístico se procedió a realizar la corrección de BIAS ,el cual se restó del promedio de los datos In-situ al el promedio de los datos históricos (valor medio de la variable - valor simulado), aplicado para todos los meses de las series de tiempo completas y estos valores obtenidos fueron sumados y restados a todos los datos de las series de tiempo , para ambos escenarios (4.5 y 8.5), exclusivamente para las variables de temperatura máxima y temperatura mínima, debido a que la variable de precipitación no presenta una distribución gaussiana. Donde no se pudo realizar la corrección a nivel de varianza, debido a que, al hacer esta corrección, se precederían escenarios muy distintos a los obtenidos, de esta forma obteniendo escenarios desalentadores.

En los resultados de las predicciones en escenario 4.5 y 8.5, éstas tienden a ser muy similares en las variables de temperatura máxima y temperatura mínima pese a ser hecha la corrección de sesgo, se evidencian una variación de decimales no tan notoria (p-value y slope estimate). Sin embargo, existe una diferencia entre los escenarios 4.5 y 8.5, en la variable de precipitación, donde los valores varían mucho más (p – value y slope estimate). Estos resultados se pueden evidenciar en las Tabla 21 y Tabla 22.

En cuanto las proyecciones a futuro, se registran los siguientes aumentos:

Tabla 23

Tabla de resumen de datos de temperatura en ambos escenarios (4.5 y 8.5)

Variable	Cambio esperado al 2070			
	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Pichilingue	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Pichilingue	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Babahoyo	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Babahoyo
(TXx) Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria [°C/año]	Aumenta 1.5°C	Aumenta 1.7 °C	Aumenta 1.8°C	Aumenta 1.9°C
(TXn) Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria [°C]	Aumenta 2.1°C	Aumenta 2.2 °C	Aumenta 1.8°C	Aumenta 1.9°C
(TX90P) Días cálidos: días con temperatura máxima sobre el percentil 90 [%/año]	Aumenta de 0 a 45 días/año en los que se supera P90 en Tmax	Aumenta de 0 a 50 días/año en los que se supera P90 en Tmax	Aumenta de 0 a 45 días/año en los que se supera P90 en Tmax	Aumenta de 0 a 50 días/año en los que se supera P90 en Tmax
(TX10P) Días fríos: Días con temperatura máxima menor al percentil 10 [%]	Disminuye de 46 a 0 días año en los que se supera P10 en TX10p	Disminuye de 47 a 0 días año en los que se supera P10 en TX10p	Disminuye de 46 a 0 días año en los que se supera P10 en TX10p	Disminuye de 47 a 0 días año en los que se supera P10 en TX10p
(TNx) Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria [°C/año]	Aumenta 1.6 °C	Aumenta 1.7°C	Aumenta 1.4 °C	Aumenta 1.5°C
(TR20) Noches tropicales: número de días en un año en que la temperatura mínima supero los 20 °C [día]	Aumenta de 363 a 365 días / año en los que se supera TR20	Aumenta de 364 a 365 días / año en los que se supera TR20	Aumenta de 363 a 365 días / año en los que se supera TR20	Aumenta de 364 a 365 días / año en los que se supera TR20
(TNn) Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria [°C]	Aumenta 1.9 °C	Aumenta 2°C	Aumenta 1.9 °C	Aumenta 2°C
(TN90P) Noches cálidas: días cuando la temperatura mínima pasa el percentil 90 [%]	Aumenta de 0 a 45 días/año en los que se supera P90 en TN90P	Aumenta de 0 a 42 días/año en los que se supera P90 en TN90P	Aumenta de 0 a 45 días/año en los que se supera P90 en TN90P	Aumenta de 0 a 42 días/año en los que se supera P90 en TN90P
(TN10P) Noches frías: Días cuando la	Disminuye de 58 a 0 días/año en los	Disminuye de 57 a 0	Disminuye de 57 a 0	Disminuye de 56 a 0

Variable	Cambio esperado al 2070			
	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Pichilingue	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Pichilingue	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Babahoyo	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Babahoyo
temperatura mínima es menor al percentil 10 [%]	que se supera P10 en TN10P	días/año en los que se supera P90 en TN10P	días/año en los que se supera P10 en TN10P	días/año en los que se supera P90 en TN10P
(DTR) Rango Diurno de temperatura Tx-Tn [°C/año]	Disminuye 0.01%	un	Disminuye un 0.02%	Disminuye un 0.01%
(WSDI) Indicador de la duración de periodos calientes [día/año]	Aumenta de 0 a 19 días/año en los que se supera P90 en WSDI	Aumenta de 0 a 18 días/año en los que se supera P90 en WSDI	Aumenta de 0 a 19 días/año en los que se supera P90 en WSDI	Aumenta de 0 a 18 días/año en los que se supera P90 en WSDI
(CSDI) Indicador de la duración de periodos fríos [día/año]	Disminuye de 48 a 0 días/año en los hay días fríos en CSDI	Disminuye de 49 a 0 días/año en los hay días fríos en CSDI	Disminuye de 35 a 0 días/año en los hay días fríos en CSDI	Disminuye de 35 a 0 días/año en los hay días fríos en CSDI

Tabla 24

Tabla de resumen de datos de precipitación en ambos escenarios (4.5 y 8.5)

Variable	Cambio esperado al 2070			
	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Pichilingue	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Pichilingue	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Babahoyo	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Babahoyo
(SDII) Índice de intensidad diaria [mm/día/año]	Aumenta de 4 a 10 mm/días/año en los que la precipitación es mayor a 1 mm en SDII	Aumenta de 6 a 10 mm/días/año en los que la precipitación es mayor a 1 mm en SDII	Aumenta de 7.5 a 9 mm/días/año en los que la precipitación es mayor a 1 mm en SDII	Aumenta de 7.6 a 9.5 mm/días/año en los que la precipitación es mayor a 1 mm en SDII
(RX5D) Cantidad Máxima de precipitación en 5 días consecutivos [mm/año]	Aumenta de 135 a 160 mm/año en	Aumenta de 145 a 200 mm/año en	Aumenta de 119 a 130 mm/año en	Aumenta de 120 a 140 mm/año en

Variable	Cambio esperado al 2070			
	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Pichilingue	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Pichilingue	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Babahoyo	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Babahoyo
	los que la precipitación es RX5D	los que la precipitación es RX5D	los que la precipitación es RX5D	los que la precipitación es RX5D
(RX1D) Cantidad Máxima de precipitación en un día [mm/Día]	Aumenta de 42 a 50 mm/día en los que la precipitación es RX1D	Aumenta de 52 a 60 mm/día en los que la precipitación es RX1D	Aumenta de 42 a 50 mm/día en los que la precipitación es RX1D	Aumenta de 43 a 50 mm/día en los que la precipitación es RX1D
(R99p) Días extremadamente lluviosos (precipitación sobre el percentil 99) [mm/año]	Aumenta de 50 a 200 mm/año en los que la precipitación es R99p	Aumenta de 50 a 300 mm/año en los que la precipitación es R99p	Aumenta de 75 a 100 mm/año en los que la precipitación es R99p	Aumenta de 20 a 200 mm/año en los que la precipitación es R99p
(R95p) Días muy lluviosos (precipitación sobre el percentil 95) [mm/Día/año]	Aumenta de 200 a 750 mm/año en los que la precipitación es R95p	Aumenta de 250 a 850 mm/año en los que la precipitación es R95p	Aumenta de 200 a 4000 mm/año en los que la precipitación es R95p	Aumenta de 180 a 600 mm/año en los que la precipitación es R95p
(R25mm) Días al año en los que la precipitación muy intensa supera los 25mm [días/año]	Aumenta de 8 a 22 mm/año en los que la precipitación es R25mm	Aumenta de 8 a 30 mm/año en los que la precipitación es R25mm	Aumenta de 5 a 12 mm/año en los que la precipitación es R25mm	Aumenta de 4 a 14 mm/año en los que la precipitación es R25mm
(R20mm) Días al año con precipitación intensa (mayor a 20mm/día) [días/año]	Aumenta de 20 a 40 mm/año en los que la precipitación es R20mm	Aumenta de 20 a 45 mm/año en los que la precipitación es R20mm	Aumenta de 10 a 25 mm/año en los que la precipitación es R20mm	Aumenta de 10 a 30 mm/año en los que la precipitación es R20mm
(R10mm) Días al año con precipitación intensa (mayor a 10mm/día) [días/año]	Aumenta de 81 a 110 mm/año en los que la precipitación es R10mm	Aumenta de 82 a 120 mm/año en los que la precipitación es R10mm	Aumenta de 58 a 82 mm/año en los que la precipitación es R10mm	Aumenta de 58 a 90 mm/año en los que la precipitación es R10mm
(PRCPTOT) Precipitación total anual en los días húmedos [mm/año]	Aumenta de 2100 a 2800 días/año en los que la precipitación	Aumenta de 2100 a 3000 días/año en los que la precipitación	Aumenta de 1650 a 2100 días/año en los que la precipitación	Aumenta de 1650 a 2400 días/año en los que la precipitación

Variable	Cambio esperado al 2070			
	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Pichilingue	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Pichilingue	Escenario 4.5 (Optimista) Estación Babahoyo	Escenario 8.5 (Pesimista) Estación Babahoyo
	es PRCPOPT	precipitación es PRCPOPT	precipitación es PRCPOPT	precipitación es PRCPOPT
(CDD) Días secos consecutivos [día/año]	Disminuye de 16 a 12 día/año en los que la precipitación es CDD	Disminuye de 17 a 12 día/año en los que la precipitación es CDD	Disminuye de 19 a 17 día/año en los que la precipitación es CDD	Disminuye de 23 a 15 día/año en los que la precipitación es CDD
(CWD) Días húmedos consecutivos [día/año]	Disminuye de 160 a 155 día/año en los que la precipitación es CWD	Aumenta de 160 a 165 día/año en los que la precipitación es CWD	Aumenta de 144 a 146 día/año en los que la precipitación es CWD	Aumenta de 142 a 147 día/año en los que la precipitación es CWD

4.6. Discusión

Con respecto a los resultados obtenidos, de las distintas variables meteorológicas estudiadas (Temperatura Máxima, Temperatura Mínima y Precipitación), a pesar de que se encontró evidencia de calentamiento en ambas estaciones, el efecto del cuerpo hidrológico que cruza el poblado de Babahoyo, mitiga en gran medida los eventos extremos tanto de temperaturas mínimas como de máximas. Lo cual es un indicativo del efecto paliativo de los ríos y vegetación no sólo ante los efectos del cambio climático, sino también frente al efecto Isla de Calor Urbana. Sin embargo, estos efectos no se aprecian sobre la precipitación.

Por otro lado, cabe recalcar que el Modelo de los Datos de la TCN, reproduce muy bien las temperaturas, reflejando resultados que siguen la estacionalidad de la zona de estudio, donde los errores de bias fueron mínimos, desde : - 4.59 hasta -2.272 para Temperatura Máxima y de 1.81 hasta 0.89 para Temperatura Mínima, por lo que su utilización es altamente recomendada para estudios que involucren las temperaturas.

En el caso de la precipitación, se aprecia que existe discrepancia, sin embargo, esto es un hecho conocido, ya que el trabajo de los modelos regionales para el modelado correcto de la precipitación todavía es un reto a nivel mundial. De todas maneras, al reproducir correctamente la estacionalidad de la lluvia, podemos también afirmar la calidad de los datos modelados.

Con la variable de precipitación, no se hizo la corrección de sesgo, debido al comportamiento no Gaussiano de las lluvias, ni tampoco se realizó la corrección de Desviación Estándar, por esta misma razón. Sin embargo en los datos in situ, se muestran varios eventos extremos , donde los datos proyectados muestran una tendencia a sufrir estos mismos eventos en la zona de estudios.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En función de los objetivos de este estudio se analizarán las siguientes conclusiones dividiéndolas en tres grupos. En primer lugar se analizan los efectos del cambio climático desde los datos in situ, en lo que corresponde a las variables de temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones.

Así, según los resultados obtenidos en el presente estudio sobre las temperaturas máximas podemos concluir que se registra un incremento significativo en la zona de estudio con un valor de 1.5 a 1.9 °C (Cantón Ventanas y sus alrededores), tal como lo muestran las tendencias positivas de las dos estaciones (Estación Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB M0051), este incremento es más notorio en la estación (Estación Pichilingue M0006), también es importante mencionar que en la estación (Babahoyo UTB M0051) se visualiza una ligera inflexión cerca del año 2065, que puede indicar un incremento de las temperaturas diurnas en la zona. Sin embargo, las tendencias generales son al incremento.

En lo que se refiere a las temperaturas mínimas, Guamán (2020) que “a pesar de que ocurren en las primeras horas de la mañana, son un reflejo de las temperaturas en la noche” (p 78), también se aprecia un incremento sostenido en las dos estaciones. Es decir, que en las Estaciones (Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB M0051), la tendencia general muestra un incremento constante de las temperaturas mínimas. Es por ello por lo que la zona es vulnerable en eventos de Temperatura máxima y temperatura mínima, donde estos eventos sobrepasan los 2°C, los cuales tienen a hacer efectos irreversibles.

Estos resultados obtenidos son congruentes con el efecto de cambio climático, considerando que las dos estaciones (Estación Pichilingue M0006 y Babahoyo UTB M0051) en zonas urbanas, estas zonas experimentan efectos como islas de calor urbana, lo que quiere decir que en el calor es captado en la mañana y se libera en la noche.

Respecto a la precipitación también se concluye que de manera general se está incrementando, juntamente con la presencia de eventos extremos para la estación Babahoyo UTB M0051. Este comportamiento se muestra también –pero en mucho menor medida- en las dos estaciones Estación Pichilingue M0006 en la que los valores de lluvia torrenciales y destructivas están empezando a presentarse.

Respecto al segundo objetivo de esta investigación, que se refiere a la comparación de los datos modelados de la TCN, vs. los datos in-situ, se verificó, la confiabilidad del modelo, ya que no sólo reproduce la climatología del lugar, sino que también los errores de bias que se tienen son mínimos, tal como se muestra a través del downscaling estadístico (Tabla 13 y Tabla 14 para los datos In Situ y en la Tabla 21 y Tabla 22) para los datos de las proyecciones del cambio climático , con los datos al 2070, en los escenarios 4.5 y 8.5. De esta manera, es altamente recomendado el uso de este tipo de modelos, en futuras investigaciones.

Respecto al tercer objetivo, que se refiere a la identificación de los índices de Cambio Climático que más afectarán la zona de estudio al año 2070, respecto a los índices logrados de datos in-situ, se aprecia la exacerbación de los eventos extremos en todas las variables: temperaturas mínimas, máximas y precipitación. Si bien es cierto, al analizar los datos in situ. Sólo algunos índices eran estadísticamente significativos, ya con los datos proyectados, prácticamente todos los índices serán visibles de una manera estadísticamente significativa, como se presentan en las Tablas 23 y 24, donde son evidentes los cambios irreversibles en la zonas de estudio.

Finalmente, y respondiendo cuarto objetivo de esta investigación, se puede indicar que los índices que más afectarán a las zonas de estudio en la Tabla 15.

5.2. Recomendaciones

Este estudio se realizó para que los tomadores de decisiones, juntas intergubernamentales y funciones de diversas organizaciones públicas y privadas del país pudieran aprovechar los resultados y generar estrategias y políticas de adaptación y mitigación al cambio climático y tomar acción. enfocarse en generar oportunidades, principalmente para los agricultores de la zona que será afectada por el cambio climático en la localidad de Ventanas, provincia de Los Ríos, por lo que la gente de la zona también debe estar preparada y consciente de los eventos relacionados con el cambio climático.

Conocer los fenómenos climáticos, esto nos permitirá tener una imagen cada vez más clara de los desafíos climáticos futuros, como sociedad, que enfrentaremos, por ejemplo, si vemos un aumento crónico de las temperaturas.

Además, cabe señalar que el cambio climático es un impacto generado por los patrones de consumo excesivo e insostenible de las grandes empresas, por lo que es importante estar atentos a lo que consumimos para mitigar el impacto que el cambio climático pueda tener en nosotros.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (INEC), I. N. (2010). Censo de Población y Vivienda - Fascículo del Cantón Ventanas.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2009). Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. *Leisa revista de agroecología*. <https://doi.org/10.2499/0896295370>
- Arellano, J., & De las Rivas, J. (2006). Plantas y cambio climático (N.o 1). *Investigación y Ciencia*. <https://digital.csic.es/handle/10261/3635>
- Arellano, M. (2006). Plantas y Cambio Climático. *Investigación y Ciencias*.
- Armenta Porras, G. E., Villa Cedeño, J. L., & Jácome, P. (2016). PROYECCIONES CLIMÁTICAS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA PARA ECUADOR, BAJO DISTINTOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO. Quito.
- Avellaneda, M. (2019). Luchas sociales y ambientales. Bogotá.
- Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizabal, G. E. (2007). INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Bonilla, M. (2019). Evaluación del Potencial Turístico del Cantón Echeandía, provincia de Bolívar. Quito: UCE.
- Brown, E. (1998). Manual de Meteorología. Kansas.
- Caiza, R. (2013). PLAN DE DESARROLLO TURÍSTICO PARA EL CANTÓN ECHEANDÍA, PROVINCIA DE BOLIVAR. Riobamba: ESPOCH.
- Cambio Climático Respuestas a las preguntas claves. (s.f.).
- CMUNCC. (2005). Convención Sobre el Cambio Climático.
- Cordero, D. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*. En D. Cordero, El cambio climático. *Ciencia y Sociedad* (págs. 227-240.).
- Cordero, R. (2019). Cambio Climático respuestas a las preguntas claves. Santiago: Dirección Meteorológica de Chile.
- Cordero, R., Santiago, F., Andrés, D., Paul Llanillo, Joan Carrasco, & Justino Jorquera. (2019). Cambio Climático Respuestas a las Preguntas Claves. (I. A. Chileno, Ed.) (Dirección Meteorológica de Chile ed., Vol. 1). <https://bit.ly/3iON3CS>
- CSV, F. (2020). RYTE Wiki: https://es.ryte.com/wiki/Formato_CSV
- ECCC-CDAS. (2020). RclimDex. github.com/ECCC-CDAS/RclimDex
- Elbehri, A., Calberto, G., Staver, C., Almudena, H., & Skully, D. (2015). Cambio climático y sostenibilidad del banano en el Ecuador: Evaluación de impacto y directrices de política. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FIC. (2011). Taller de Formación en Escenarios de Cambio Climático y Aplicaciones Meteorológicas Operativas. Managua.
- Galindo, L., Samaniego, J., & Alatorre, J. (s.f.). Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático. 2014.
- Guamán Pozo, J. M. (2020). ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SU AFECTACIÓN A LA AGRICULTURA, CASO DE ESTUDIO CANTÓN AMBATO. Quito.
- Guerrero, L., Guzmán, E., & Zapata, N. (2014). Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial Cantón Ventanas 2014 - 2020. Ventanas.
- Guevara, L. (2018). Variación entre Modelos de Circulación Global para reconstrucciones de distribuciones geográficas del Último Máximo Glacial: relevancia en la filogeografía. *Ecosistemas* 27.
- Hernández, F. (2005). Análisis de la variabilidad climática de la costa ecuatoriana. Guayaquil: Pac.
- IPCC. (1994). Informe de España a la Convención de Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Barcelona.

- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. En IPCC. London: Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En IPCC, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pág. 104). Geneva.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo*. Ginebra - Suiza.
- IPCC. (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.
- Jackson, L. (2020). *An mRNA Vaccine against SARS-CoV-2 — Preliminary Report*. London: Oxford Journal Medicine.
- MAE. (2017). *Tercera Comunicación del Cambio Climático*.
- Mc Michael, A., & Campbell-Lendrum, D. (2003). *Climate Change and Human Health – Risks and Responses*. Geneva: WORLD HEALTH ORGANIZATION.
- Muñoz, Á., Recalde, C., Cadena, J., Nuñez, A., & Díaz, J. (2010). *RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON FCLIMDEX PARA ECUADOR*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Murillo, D., Ortega, I., & Carillo, J. (2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *USBMed*, 5 - 6.
- Murillo, D., Ortega, I., Carillo, D., & Pardo, A. (2012). *COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RUIDO EN ENTORNOS URBANOS*. Revista Científica Universidad de San Buenaventura Medellín.
- OMM. (2011). *Guía de Prácticas Climatológicas*. Guía de Prácticas Climatológicas.
- Python. (2020). Python. Python: www.python.org
- R, M., Gupta, A., & Sonkar, G. (2017). Effect of Climate Change on Agricultural Crops. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63661-4.00002-5>
- Ríos, G. P. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial de Los Ríos*. Quevedo.
- Rosegrant, M., Nelson, G., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., & Ringler, C. (2009). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. <https://doi.org/10.2499/0896295370>
- S, S. (2007). *Climate change the physical science basis*. AGU FM.
- Serrano Vincenti, S., Condon, T., Campozano, L., Guamán, J., & Villacís, M. (2020). Un modelo empírico para los máximos de lluvia condicionados al vapor de agua troposférico sobre el Océano Pacífico Oriental. *Frontiers*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2020.00198/full>
- Serrano, S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja*, Vol. 16(2): 23-47. ISSN: 1390-3799.
- Toro, G. (2009). Aplicación de métodos de interpolación geoestadísticos para la predicción de niveles digitales de una imagen satelital con línea perdidas y efecto sal y pimienta. *Tecnuca*, 4 - 5.
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-Baile, D., Merizalde-Mora, M. J., Reyes, D., Viera-Torres, M., & Heredia, M. (2020). Cambio Climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, Vol. 31(1), 21-46. <http://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.02>
- Tufiño, R. (2021). *Conversión de formatos de los datos meteorológicos*.

- Zamora Romero, B., & Santillán Icaza, K. (2021). Análisis Climático y de Cambio Climático del Distrito Metropolitano de Quito. Quito. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19899>
- Zhang, X., & Yang, F. (2004). RCLimDex (1.0) user manual. Canada: Climate Research Branch Environment Canada.

7. ANEXOS

Anexos 1. Definición de los Índices

A continuación, se incluyen definiciones para los Índices de Cambio Climático establecidos en el Soft Ware de RClimDex.

1. FD0

Sea Tn_{ij} la temperatura mínima diaria en el día i en el periodo j . Cuente el número de días cuando:

$$Tn_{ij} < 0^{\circ}C$$

2. SU25

Sea Tx_{ij} la temperatura máxima diaria en el día i periodo j . Cuente el número de días cuando:

$$Tx_{ij} > 25^{\circ}C$$

3. ID0

Sea Tx_{ij} la temperatura máxima diaria en el día i en el periodo j . Cuente el número de días cuando:

$$Tx_{ij} < 0^{\circ}C$$

4. TR20

Sea Tn_{ij} la temperatura mínima diaria en el día i en el periodo j . Cuente el número de días cuando:

$$Tn_{ij} > 20^{\circ}C$$

5. GSL

Sea T_{ij} la temperatura media en el día i en el periodo j . Cuente el número de días entre la primera ocurrencia de por lo menos 6 días consecutivos con:

$$T_{ij} > 5^{\circ}C$$

Y la primera ocurrencia después de 1st Julio (1st Enero en HS) de por lo menos 6 días consecutivos con:

$$T_{ij} < 5^{\circ}C$$

6. TXx

Sea Tx_{kj} la temperatura máxima diaria en el mes k , periodo j . La máxima temperatura máxima diaria cada mes es entonces:-

$$TXx_{kj} = \max(Tx_{kj})$$

7. TNx

Sea Tn_{kj} la temperatura mínima diaria en el mes k , periodo j . La máxima temperatura mínima diaria cada mes es entonces:-

$$TNx_{kj} = \max(Tn_{kj})$$

8. TXn

Sea Tx_{kj} la temperatura máxima diaria en el mes k , periodo j . La mínima temperatura máxima diaria cada mes es entonces:-

$$TXn_{kj} = \min(Tx_{kj})$$

9. TNn

Sea Tn_{kj} la temperatura mínima diaria en el mes k , periodo j . La mínima temperatura mínima diaria en cada mes es entonces:-

$$TNn_{kj} = \min(Tn_{kj})$$

10. Tn10p

Sea Tn_{ij} la temperatura mínima diaria en el día i en el periodo j y sea $Tn_{in}10$ el día calendario del percentil 10th centrado en una ventana de 5-días (calculado usando el método del Anexo D). El porcentaje del tiempo es determinado, donde:

$$Tn_{ij} < Tn_{in}10$$

11. Tx10p

Sea Tx_{ij} la temperatura máxima diaria en el día i en el periodo j y sea $Tx_{in}10$ el día calendario del percentil 10th centrado en una ventana de 5-días (calculado usando el método del Anexo D). El porcentaje del tiempo es determinado, donde:

$$Tx_{ij} < Tx_{in}10$$

12. Tn90p

Sea Tn_{ij} la temperatura mínima diaria en el día i en el periodo j y sea $Tn_{in}90$ el día calendario del percentil 90th centrado en una ventana de 5-días (calculado usando el método del Anexo D). El porcentaje del tiempo es determinado, donde:

$$Tn_{ij} > Tn_{in}90$$

13. Tx90p

Sea Tx_{ij} la temperatura máxima diaria en el día i en el periodo j y sea $Tx_{in}90$ el día calendario del percentil 90th centrado en una ventana de 5-días (calculado usando el método del Anexo D). El porcentaje del tiempo es determinado, donde:

$$Tx_{ij} > Tx_{in}90$$

14. WSDI*

Sea T_{xij} la temperatura máxima diaria en el día i en el periodo j y sea T_{xin90} el día calendario del percentil 90th centrado en una ventana de 5-días (calculado usando el método del Anexo D). Entonces el número de días por periodo es sumado donde, en intervalos de por lo menos 6 días consecutivos:-

$$T_{xij} > T_{xin90}$$

15. CSDI*

Sea T_{nij} la temperatura mínima diaria en el día i en el periodo j y sea T_{xin10} el día calendario del percentil 10th centrado en una ventana de 5-días (calculado usando el método del Anexo D). Entonces el número de días por periodo es sumado donde, en intervalos de por lo menos 6 días consecutivos:-

$$T_{nij} < T_{xin10}$$

16. DTR

Sean T_{xij} y T_{nij} las temperaturas diarias máximas y mínimas respectivamente en el día i en el periodo j . Si I representa el número de días en j , entonces:

$$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (T_{xij} - T_{nij})}{I}$$

17. RX1day

Sea RR_{ij} el total diario de precipitación en el día i en el periodo j . Entonces los valores máximos de 1-día para el periodo j son:

$$Rx1day_j = \max(RR_{ij})$$

18. Rx5day

Sea RR_{ij} la cantidad de precipitación para el intervalo de cinco días terminando en k , periodo j . Entonces los valores máximos de 5-días para el periodo j son:

$$Rx5day_j = \max(RR_{kj})$$

19. SDII

Sea RR_{wj} la cantidad diaria de precipitación en días húmedos, $w(RR \geq 1mm)$ en el periodo j . Si W representa el número de días húmedos en j , entonces:

$$SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W}$$

20. R10

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i en el periodo j . Cuente el número de días donde:

$$RR_{ij} \geq 10mm$$

21. R20

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i en el periodo j . Cuente el número de días donde:

$$RR_{ij} \geq 20mm$$

22. Rnn

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i en el periodo j . Si nn representa cualquier valor razonable de precipitación diaria entonces, cuente el número de días donde:

$$RR_{ij} \geq nnmm$$

23. CDD*

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i en el periodo j . Cuente el más grande número de días consecutivos donde:

$$RR_{ij} < 1mm$$

24. CWD*

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i en el periodo j . Cuente el más grande número de días consecutivos donde:

$$RR_{ij} \geq 1mm$$

25. R95pTOT

Sea RR_{wj} la cantidad diaria de precipitación en un día húmedo $w(RR \geq 1.0mm)$ en el periodo j y sea RR_{wn95} el percentil 95th de precipitación en los días húmedos en el periodo 1961-1990. Si W representa el número de días húmedos en el periodo, entonces:

$$R95p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn95}$$

26. R99p

Sea RR_{wj} la cantidad diaria de precipitación en un día húmedo $w(RR \geq 1.0mm)$ en el periodo j y sea RR_{wn99} el percentil 99th de precipitación en los días húmedos en el periodo 1961-1990. Si W representa el número de días húmedos en el periodo, entonces:

$$R99p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn99}$$

27. PRCPTOT

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i en el periodo j . Si I representa el número de días en j , entonces

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij}$$