



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.  
José María Pino Suárez 460-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898475*

RFC: ATI120618V12

**Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.**

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

**Año: VIII**

**Número: Edición Especial.**

**Artículo no.:24**

**Período: Marzo, 2021**

**TÍTULO:** Cambios en patrones de precipitación y temperatura en el Ecuador: regiones sierra y oriente.

**AUTORES:**

1. Ing. Elvia Eligia León Baque.
2. Dr. Vicente David Vásquez Granda.
3. Ing. María Doménica Valderrama Chávez.

**RESUMEN:** En esta investigación se analizaron series de 40 años de precipitaciones y temperatura de las estaciones meteorológicas de la sierra y el oriente del Ecuador desde 1980 a 2019. Al considerar la variabilidad en las estaciones, fue posible establecer tendencias hacia el aumento o disminución de temperatura a lo largo del tiempo. Las fluctuaciones de las series de datos comparativos mostraron una variabilidad en el comportamiento; por ello, las mismas estuvieron sometidas a una prueba estadística no paramétrica de Mann Kendall para el análisis y estudio correspondiente.

**PALABRAS CLAVES:** precipitación, temperatura, análisis, tendencias, estadística.

**TITLE:** Changes in precipitation and temperature patterns in Ecuador: highlands and eastern regions.

**AUTHORS:**

1. Eng. Elvia Eligia León Baque.
2. Dr. Vicente David Vásquez Granda.
3. Eng. María Doménica Valderrama Chávez.

**ABSTRACT:** In this research, 40-year series of precipitation and temperature of the meteorological stations of the sierra and eastern Ecuador were analyzed from 1980 to 2019. By considering the variability in the seasons, it will be possible to establish trends towards the increase or decrease of temperature at the long of the time. The fluctuations of the comparative data series will show a variability in the behavior, for this reason they have been subjected to a non-parametric statistical test of Mann Kendall for the analysis and corresponding study.

**KEY WORDS:** precipitation, temperature, analysis, trends, statistics.

## **INTRODUCCIÓN.**

Las actividades humanas afectan el intercambio de calor y energía de la tierra, ya que las emisiones de carbono incrementan la concentración de gases de efecto invernadero en la atmosfera. Evaluaciones anteriores han demostrado que el clima está cambiando en todo el planeta; la evidencia más convincente del cambio climático se deriva de las observaciones de la atmósfera, la tierra, los océanos y la criosfera, a partir de observaciones in situ y registros de núcleos de hielo. Estas investigaciones mostraron que las concentraciones atmosféricas de importantes gases de efecto invernadero como el carbono dióxido (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) han aumentado durante el último siglo y en especial durante las 3 últimas décadas. "Cambio climático", el término ambiental más pronunciado de la actualidad se ha utilizado para referirse al cambio en el clima moderno provocado predominantemente por el ser humano. Es quizás uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta la población mundial de hoy, aunque el problema no es nuevo (Cubasch, y otros, 2013).

Desde que surgió a principios del siglo XIX, hasta finales del siglo XX, el tema se discutió exclusivamente en la sociedad científica; sin embargo, a mediados y finales de la década de 1980 apareció por primera vez en la agenda pública. Desde entonces, por un lado, los creyentes han

manifestado que las consecuencias de las actividades humanas en el clima mundial han alcanzado un estado alarmante y han planteado amenazas críticas para las estructuras físicas y socioeconómicas; por otro lado, los escépticos han presentado pruebas suficientes para descalificar el rasgo antropogénico del Cambio Climático. Una vez más, los defensores del cambio climático entre ellos han debatido sobre los métodos apropiados para abordar el tema eminente. Así, con la creciente participación pública en el discurso del Cambio Climático y la consiguiente conciencia sobre los posibles riesgos e incertidumbres vinculados al tema, se ha debatido y problematizado desde diversos puntos de vista (Ishaq-ur Rahman, 2013).

Los impactos adversos del cambio climático se deben a la vulnerabilidad de nuestra sociedad, cada vez hay más pruebas que sugieren que el forzamiento antropogénico está afectando el clima actual y continuará haciéndolo en el futuro. Los impactos del cambio climático probablemente se sentirán más fuertemente a través de cambios en intensidad y frecuencia de climas extremos; por lo tanto, es importante documentar los cambios futuros que podrían ser causados por actividades antropogénicas (Cubasch, y otros, 2001).

La interacción y la dependencia entre precipitación y temperatura, se debe a la relación termodinámica entre las dos variables, mismas que se han reconocido en numerosos estudios (Hermida, y otros, 2015). Los datos de precipitación y temperatura son generalmente interdependientes, y su co-variabilidad se ha explorado a diferentes escalas. También se han utilizado diversas funciones de distribución conjunta paramétrica y no paramétrica para representar esta interdependencia (Sexton , Murphy , Collins , & Webb , 2012).

Si bien los valores extremos de precipitación y temperatura a menudo se abordan de forma independiente mediante el uso de métodos estadísticos, los análisis de concurrencia de extremos climáticos son escasos, y los efectos del cambio climático en los extremos articulares rara vez se investigan; la sequía y la ola de calor de Europa y Rusia en 2003 son ejemplos de precipitaciones

simultáneas y temperaturas extremas que causaron pérdidas significativas de vidas e importantes impactos económicos (IPCC, 2014).

Los autores (Fink, y otros, 2004) argumentan que los cambios en la relación entre precipitación y temperatura pueden ser más importantes que los cambios de cada uno individualmente. Eventos como las inundaciones y sequías suelen presentarse recurrentemente y se proyecta que la intensidad de las precipitaciones aumentará con el calentamiento global en muchas partes del mundo incluida la región de Latinoamérica y Ecuador.

Los cambios en temperaturas extremas tienden a presentarse en muchas partes del mundo; sin embargo, (Kharin & Zwiers, 2000) indican que en temperaturas frías se han observado periodos en los que las temperaturas y olas de calor han aumentado hacia extremos, dando como resultado derretimiento de nieve y hielo lo que supondría un avance del calentamiento global.

Ha existido mayor variabilidad de temperatura en algunos estudios realizados en época de verano, lo que implica aumentos potencialmente mayores en extremos cálidos. Los autores indican que han realizado muchos estudios de fenómenos meteorológicos extremos utilizando una variedad de técnicas y modelos, y simulaciones de varias longitudes; sin embargo, se deben considerar cambios en los extremos de los parámetros básicos de la superficie, haciendo básicamente una simulación de cambio climático transitorio.

El hecho de que exista una variación considerable en las técnicas de análisis y las configuraciones experimentales utilizadas en los estudios publicados de modelos extremos simulados dificulta la comparación de resultados específicos; sin embargo, el sentido general de los resultados de los estudios sobre los cambios proyectados en la variabilidad de alta frecuencia y los extremos de temperatura y precipitación es similar, ya que existe un consenso considerablemente menor sobre los cambios proyectados en la variabilidad y los extremos del viento en la superficie (Pingale, Khare, Jat, & Adamowski, 2014).

Según la Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador, los sistemas hidrológicos son particularmente vulnerables a la ocurrencia de cambios en las precipitaciones o sequías. Cuando existe variabilidad en estos eventos, se conoce que la afectación será directa hacia las delimitaciones hidrográficas que integran el Ecuador continental. Los cambios en disponibilidad del agua a su vez son un factor de tensión que puede desencadenar serios problemas entre los pobladores.

De las estimaciones climáticas se conoce que existirán áreas que serán más susceptibles al exceso y otras a la escasez de precipitaciones (Mancero & Ochoa, 2015). Esto se verá reflejado en afectaciones a la producción agropecuaria, la disponibilidad de agua para consumo humano y otros. La zona de la Costa será más proclive a las inundaciones y sequías en la zona baja de la unidad hidrográfica del río Guayas de igual manera la región cercana a la desembocadura del río Jubones presenta las mismas características. En la Sierra por otro lado, la afectación estará relacionada a deslizamientos y erosión, especialmente en la región desde el centro-sur. En la Amazonía ecuatoriana, se verán afectadas las regiones cercanas a la frontera con el Perú, por inundaciones de alto riesgo (Ministerio del Ambiente Ecuador , 2012).

Investigar la variabilidad de las precipitaciones a escala regional es esencial para comprender los posibles impactos en los seres humanos y el medio ambiente natural. Circulación atmosférica, la topografía, el uso de la tierra y otras características regionales modifican los cambios globales para producir patrones únicos de cambio a escala regional. A escala anual y estacional, la lluvia y la temperatura sirven como indicadores primarios de cambio climático (Hayhoe , y otros, 2007). En otro caso, el estudio de (Beecham & Chowdhury, 2010) se han usado hasta 38 años de datos de precipitación con hasta 6 minutos de tiempo disponibles. Es importante reconocer que para obtener resultados más fiables en los análisis de variaciones de temperatura o precipitaciones los años analizados son la clave para entender el proceso; queda demostrado que es importante utilizar series de datos lo suficientemente largos cuando se estudian problemas en el dominio hidrometeorológico

o de cambio climático. De hecho, en la anterior investigación concluye que los 286 años de series de datos son solo el periodo principal de toda una serie de precipitaciones que se tienen del área de Beijing, y que primero se necesitan trabajos futuros para adquirir series de datos mucho más largas para poder centrarse simulaciones o predicciones para sequías extremas o problemas de inundaciones. El presente artículo tiene como objetivo general el Examinar los cambios en los patrones de precipitación y temperatura en las regiones sierra y oriente del Ecuador Continental mediante el análisis de datos de las diferentes estaciones meteorológicas en un periodo de mínimo 20 años. De ello, se derivan los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la tendencia lineal de temperatura y precipitación.
- Caracterizar las series de tiempo de precipitación y temperatura de la sierra y el oriente mediante el test Mann Kendall.

## **DESARROLLO.**

### **Materiales y Métodos.**

#### *Metodología.*

Para la realización de este estudio se utilizaron datos de precipitación y temperatura obtenidos gracias al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI, 2019); el periodo histórico tomado de referencia es el de 1980-2019.

**Tabla 1:** Estaciones meteorológicas región sierra.

<b>Nombre</b>	<b>Código</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Elevación</b>
Inguincho	M0001	0G 15' 27,13" N	78G 24' 28,94"W	3140
La Tola	M0002	0G 13' 54,44" S	78G 22' 13,56"W	2480
Izobamba	M0003	0G 21' 57,33" S	78G 33' 18,46"W	3058
Rumipamba-Salcedo	M0004	1G 01' 11,94" S	78G 35' 40,43"W	2685
Quito Inamhi-Iñaquito	M0024	0G 10' 41,89" S	78G 29' 15,83"W	2789
Cañar	M0031	2G 33' 07,95" S	78G 56' 42,70"W	3083

La Argelia-Loja	M0033	4G 02' 15,14" S	79G 12' 12,19"W	2160
Palmas-Azuay	M0045	2G 42' 58,00" S	78G 37' 47,00"W	2400
El Angel	M0102	0G 37' 08,19" N	77G 56' 41,46"W	3000
San Gabriel	M0103	0G 36' 15,00" N	77G 49' 10,00"W	2860
Mira-Fao Granja La Portadora	M0104	0G 33' 11" N	78G 1' 39" W	2275
Otavalo	M0105	0G 14' 36,00"	78G 15' 00,00"W	2550
Mira	M0107	0G 31' 5" N	78G 12' 40" W	2335
Malchingui	M0111	0G 3' 20" N	78G 19' 56"	2840
Tumbaco	M0114	0G 14' 0" S	78G 24' 50" W	2348
Cotopaxi-Clirsen	M0120	0G 37' 24" S	78G 34' 53" W	3510
Pilalo	M0122	0G 56' 50,27" S	78G 59' 39,88"W	2504
El Corazon	M0123	1G 08' 06,28" S	79G 04' 55,00"W	1471
Patate	M0126	1G 18' 1" S	78G 30' 0" W	2220
Pillaro	M0127	1G 10' 21,00" S	78G 33' 18,00"W	2793
Pedro Fermin Cevallos	M0128	1G 21' 22" S	78G 36' 46" W	2910
Caluma	M0129	1G 37' 49" S	79G 15' 21" W	350
Chillanes	M0130	1G 58' 48,40" S	79G 04' 00,56"W	2320
Guaslan	M0133	1G 44' 02,46" S	78G 38' 52,27"W	2850
Chunchi	M0136	2G 16' 27,41" S	78G 55' 19,90"W	2177
Biblian	M0137	2G 42' 37,24" S	78G 53' 30"W	2640
Paute	M0138	2G 48' 00,00" S	78G 45' 46,00"W	2194
Gualaceo	M0139	2G 53' 53,30" S	78G 46' 50,07"W	2230
Ucubamba	M0140	2G 52' 13" S	78G 52' 29" W	2510
El Labrado	M0141	2G 43' 58" S	79G 4' 23" W	3335
Saraguro	M0142	3G 36' 43,61" S	79G 13' 55,66"W	2525
Malacatos	M0143	4G 12' 58" S	79G 16' 24" W	1453
Vilcabamba	M0144	4G 15' 46,00" S	79G 13' 04,00"W	1563
Quinara	M0145	4G 18' 47,2" S	79G 14' 33" W	1559
Cariamanga	M0146	4G 20' 00,20" S	79G 33' 15,60"W	1950
Yangana	M0147	4G 22' 4,5" S	79G 10' 30,2" W	1835
Celica	M0148	4G 06' 15,94" S	79G 57' 03,58"W	1904
Gonzanama	M0149	4G 13' 46,4" S	79G 25' 10,6" W	2042
Amaluza	M0150	4G 35' 5" S	79G 25' 50" W	1672
Zapotillo	M0151	4G 18' 13,3" S	80G 13' 56,8" W	223
Puyango	M0232	3G 52' 57,2" S	80G 4' 58,5" W	305
Quilanga	M0241	4G 17' 40,6" S	79G 24' 6,1" W	1956
Querochaca (Uta)	M0258	1G 22' 01,56" S	78G 36' 19,94"W	2865
Riobamba Politecnica-Espoch	M1036	1G 39' 03,00" S	78G 41' 06,77"W	2850

Cotopilalo	M1066	0G 45' 2,9" S	78G 42' 37,61"W	3250
Calamaca	M1069	1G 16' 33,73" S	78G 49' 7,85" W	3402
Tomalon-Tabacundo	M1094	0G 00' 40,16" N	78G 15' 18,19"W	2790

**Tabla 2:** Estaciones meteorológicas región oriente.

Nuevo Rocafuerte	M0007	0G 55' 12,10" S	75G 24' 10,90"W	185
Puyo	M0008	1G 30' 20,40" S	77G 57' 29,80"W	956
Papallacta	M0188	0G 22' 50,2" S	78G 8' 29" W	3150
Gualaquiza	M0189	3G 24' 3,4" S	78G 34' 39,3" W	750
Yanzatza	M0190	3G 46' 27,9" S	78G 44' 32,3" W	830
Palmoriente- Huashito Palmar Del Rio	M0293	0G 18' 22" S	77G 4' 6" W	288
Sangay (P, Santa Ana)	M0041	1G 41' 27" S	77G 57' 31" W	880

### **Método.**

Los métodos mixtos son en su totalidad todas las investigaciones que requieren actividades sistemáticas, empíricas y críticas de búsqueda de información e implican la interpretación de datos cuantitativos y cualitativo (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014); de ello se deduce, que el presente estudio es mixto, ya que se realizó con base a una serie de datos numéricos del cual se obtuvieron tendencias de cambio en el clima para la sierra y el oriente del Ecuador continental y se revisaron estudios, publicaciones en revistas y libros y demás.

Al realizar una exploración previa de los datos obtenidos por medio del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), se determinó que las estaciones poseen diversos datos faltantes que dificultan su análisis y fidelidad; por ello, se seleccionaron estaciones con porcentajes faltantes iguales o menores al 10%, una vez escogidas se procedió homogenizar las estaciones por medio del paquete Climatol de R.



Cuando se analiza la serie de datos se pueden obtener resultados como la tendencia en aumento o disminución ya sea para precipitación o temperatura, así mismo se podrá caracterizar o modelar la información y de ellos identificar si existe o no presencia de lo que llamamos cambio climático en las regiones de la sierra y el oriente del Ecuador.

El análisis estadístico se lo realizará mediante una prueba no paramétrica para la detección de tendencias de Mann-Kendall ha sido ampliamente utilizada en la evaluación de la significancia de tendencias en series hidro climáticas como series de calidad del agua, caudal, temperatura y precipitación. La hipótesis nula de dicha prueba es que los datos son independientes y aleatoriamente ordenados, es decir que no hay tendencia o estructura de correlación alrededor de las observaciones. A más de ello se realizará el análisis de cuatro momentos estadísticos que se explican a continuación.

### *Análisis estadístico.*

El primer momento para determinar es la media, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$y = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{t=1}^N y_t$$

El segundo momento es la varianza, expresada así:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (y_t - y)^2$$

Desviación estándar:

$$s = \sqrt{s^2}$$

Tercer momento (coeficiente de asimetría):

$$g = \frac{N \sum_{t=1}^n (y_t - y)^3}{(N-1)(N-2)S^3}$$

Cuarto momento (Curtosis):

$$\gamma_2 = \left[ \frac{\mu_4}{(\mu_2)^2} \right] - 3$$

***Test Mann Kendall.***

La prueba de Mann Kendall se basa en el cálculo del estadístico S definido por (Van Belle & Hughes, 1984)

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

$$\text{Si } (x_j - x_i) > 0 \quad \text{sgn}(x_j - x_i) = 1$$

$$\text{Si } (x_j - x_i) = 0 \quad \text{sgn}(x_j - x_i) = 0$$

$$\text{Si } (x_j - x_i) < 0 \quad \text{sgn}(x_j - x_i) = -1$$

Donde:

n                    Tamaño de la muestra

$x_j - x_i$             Son datos secuenciales

Para tamaños de muestra grandes, el estadístico S distribuye aproximadamente normal con media cero y varianza:

$$v(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum t(t-1)(2t+5)}{18}$$

Donde:

$\sum t$  indica que el término  $t(t-1)(2t+5)$  es evaluado para los t grupos de lazos existentes en la serie.

Finalmente se calcula un estadístico Z estandarizado:

$$\text{Si } S > 0 \quad Z_{MK} = \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}}$$

$$\text{Si } S = 0 \quad Z_{MK} = 0$$

$$\text{Si } S < 0 \quad Z_{MK} = \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}}$$

Se rechaza la hipótesis de no tendencia si el excede un percentil especificado de la distribución normal.

## Resultados.

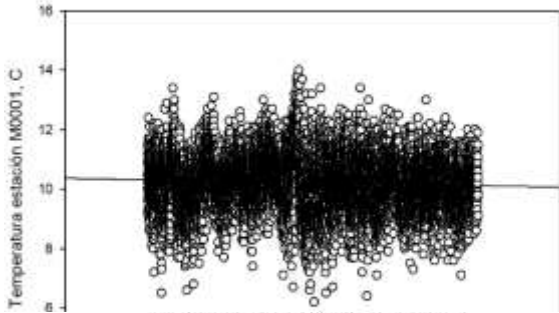
Para la obtención de los resultados, se analizan los datos diarios de las estaciones de la variable de temperatura y las acumulaciones de precipitación, mediante la determinación de tendencia, por lo que a continuación se presentan los valores obtenidos:

<b>Estación</b>	<b>Temperatura media C</b>	<b>Precipitación mm</b>
M001	-0.19	0.22
M002	-0.26	-4.9
M003	-0.29	0.23
M004	-0.23	1.5
M007	-0.22	0.24
M008	-1.01	-0.19
M0021		0.05
M0024	-0.43	0.12
M0029		-0.21
M0030		0.09
M0031	-0.39	0.12
M0033	-0.02	0.19
M0041	-0.19	
M0045	-0.22	0.01
M0101		0.09
M0102	-0.41	0.08
M0103	-0.45	-0.08
M0104	-0.26	0.12
M0105	0.02	0.03
M0107	-0.15	
M0111	-0.57	
M0113		4.39
M0114	-0.25	
M0120	-0.09	
M0122	-0.13	
M0123	-0.26	
M0126	-0.12	
M0127	-0.15	
M0128	-0.25	
M0129	-0.33	
M0130	-0.16	
M0133	-0.12	
M0136	-0.31	
M0137	-0.34	
M0138	-0.24	

M0139	-0.20	
M0140	-0.26	
M0141	9.85	
M0142	-0.03	
M0143	-0.03	
M0144	-0.09	
M0145	-0.04	
M0146	-0.37	
M0147	-0.13	
M0148	-0.36	
M0149	-0.21	
M0150	-0.28	
M0151	-0.18	
M0188	-0.32	
M0189	-0.08	
M0190	-0.21	
M0232	-0.17	
M0241	-0.17	
M0258	-0.31	
M0293	-0.13	
M0305		-0.33
M0308		-0.18
M0314		3.22
M0315		-0.09
M0317		-0.38
M0318		-0.78
M0321		-0.31
M0324		0.17
M0325		-0.84
M0326		-0.36
M0327		-0.22
M0328		-0.15
M0335		0.11
M0337		-0.38
M0339		-0.75
M0343		0.10
M01036	-0.09	
M01066	-0.50	
M01069	-0.39	
M01094	-0.68	

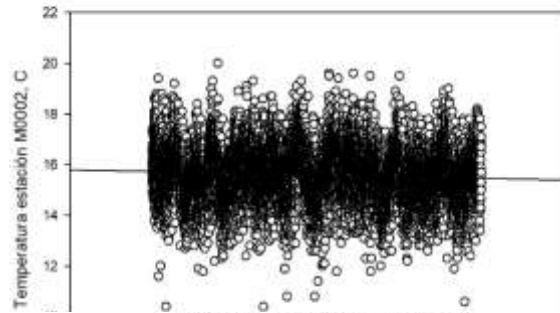
A continuación se presentan varios gráficos de tendencia lineal para estaciones de temperatura y precipitación.

Temperatura= 10.7098 - 1.3501e-5 T  
 -0.19 C en 40 años

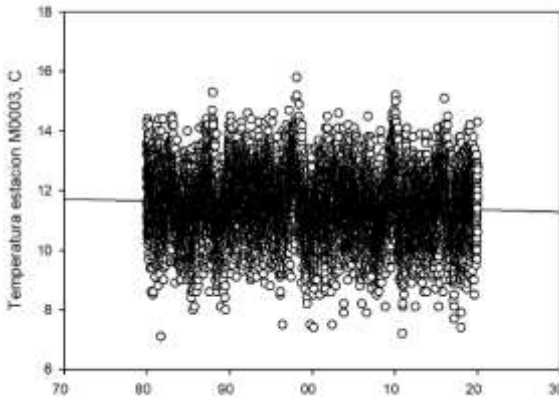


Temperatura= 12.2375 - 2.0033e-5  
 -0.29 C en 40 años

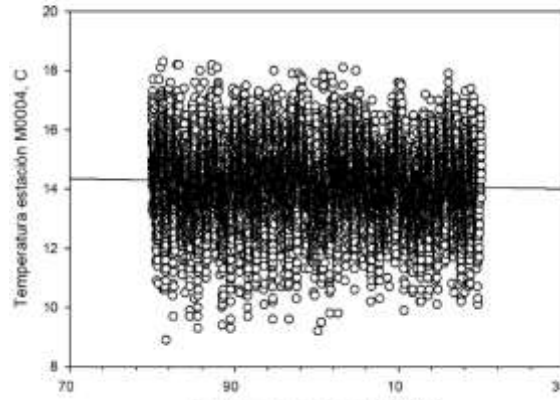
Temperatura= 16.2610 - 1.8163e-5  
 -0.26 C en 40 años



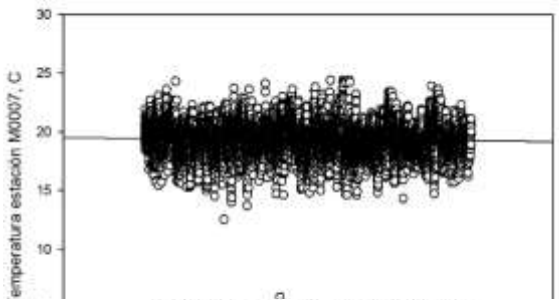
Temperatura= 14.7655 - 1.5989e-5  
 -0.23 C en 40 años



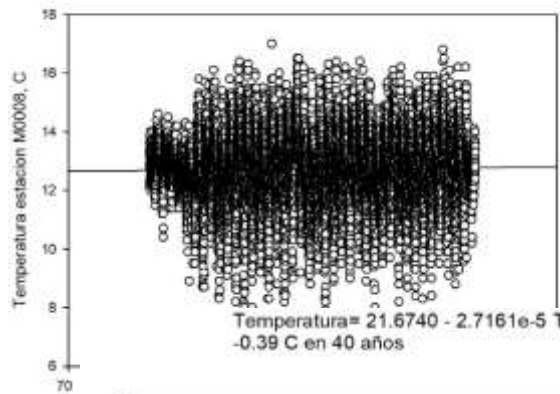
Registro diario, años 1980-2019  
 Temperatura= 19.8801 - 1.5191e-5  
 -0.22 C en 40 años



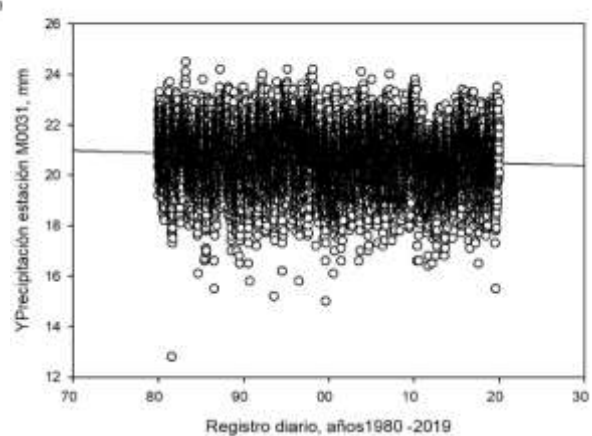
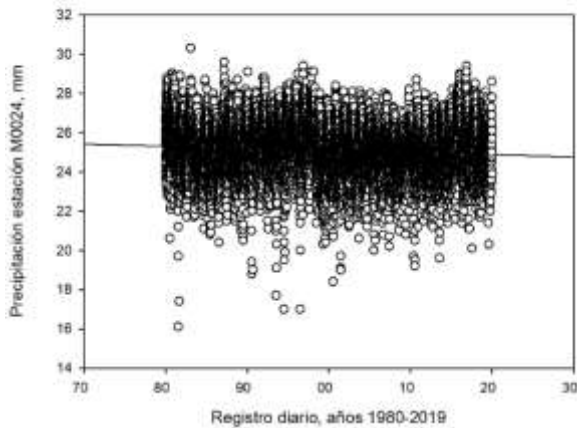
Registro diario, años 1980-2019  
 Temperatura= 12.4758 - 6.9303e-5 T  
 -1.01 C en 40 años



Temperatura= 26.1815 - 2.9825e-5 T  
 -0.43 C en 40 años

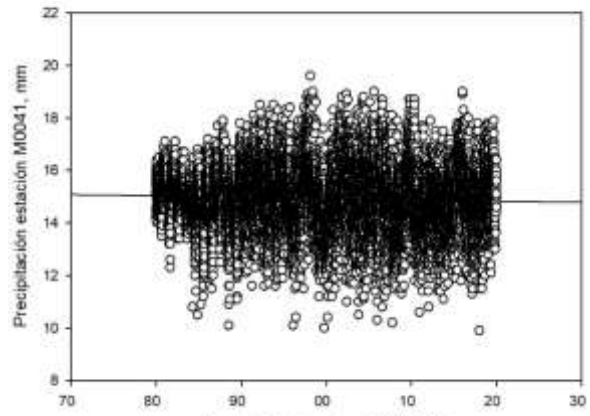
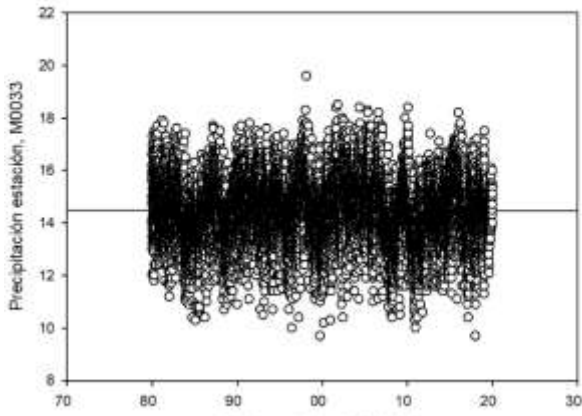


Temperatura= 21.6740 - 2.7161e-5 T  
 -0.39 C en 40 años



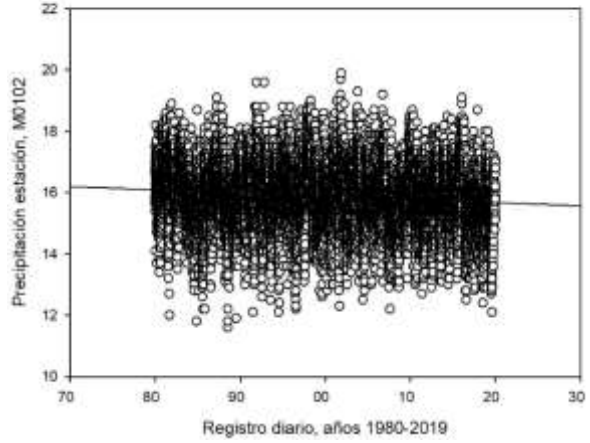
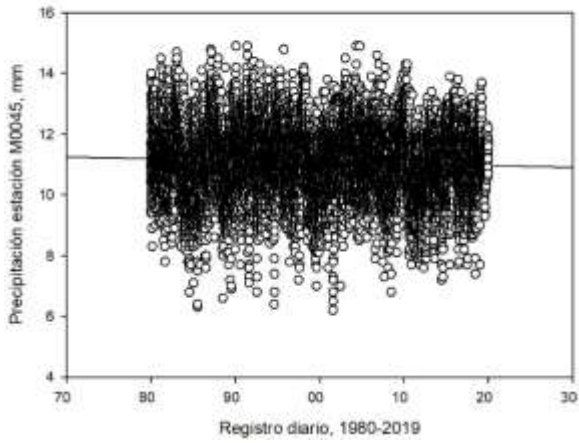
Temperatura=  $14.5244 - 1.4702e-6 T$   
 -0.02 C en 40 años

Temperatura=  $15.4197 - 1.3360 e-5 T$   
 -0.19 C en 40 años



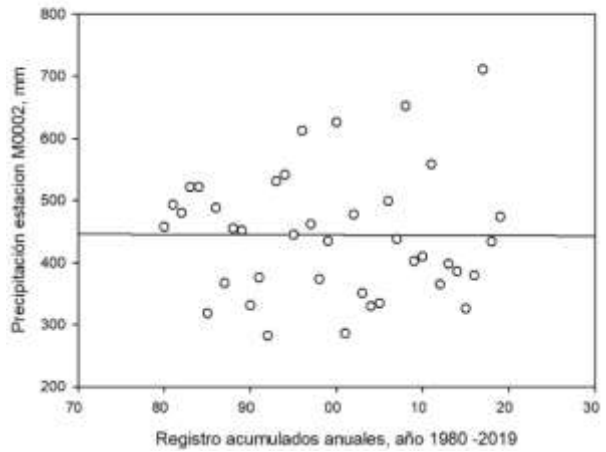
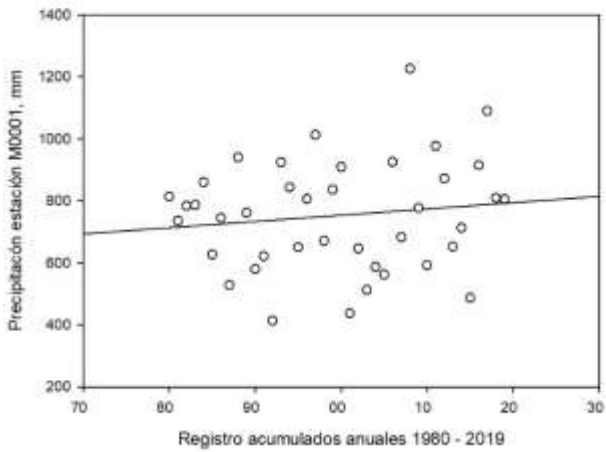
Registro diario, 1980-2019  
 Temperatura=  $11.6575 - 1.5728e-5 T$   
 -0.22 C en 40 años

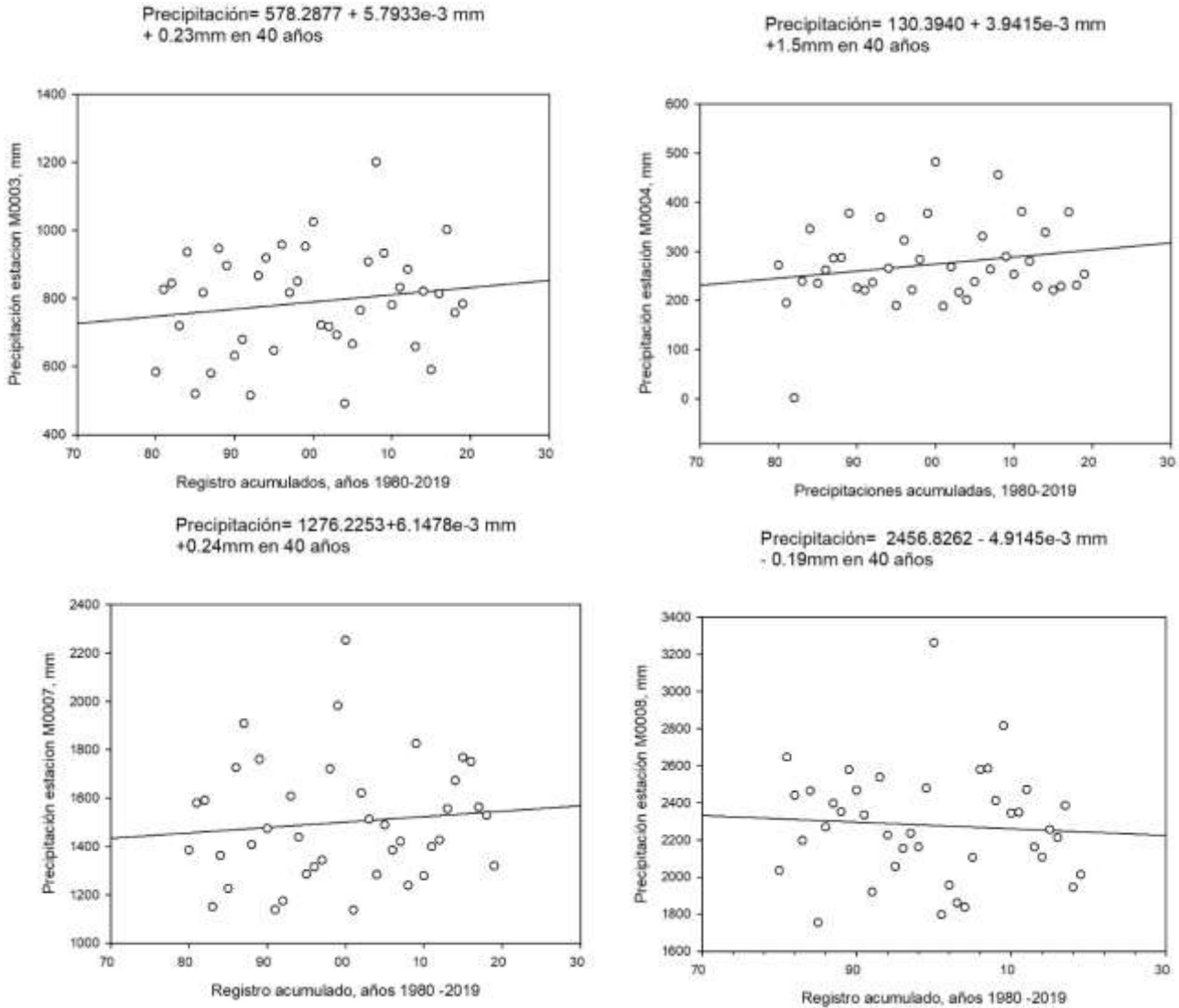
Registro diario, años 1980-2019  
 Temperatura=  $16.9263 - 2.8555e-5 T$   
 -0.41 C en 40 años



Precipitación=  $551.3478 + 5.5429e-3 \text{ mm}$   
 +0.22mm en 40 años

Precipitación=  $448.7360 - 1.2304e-4 \text{ mm}$   
 -4.9mm en 40 años

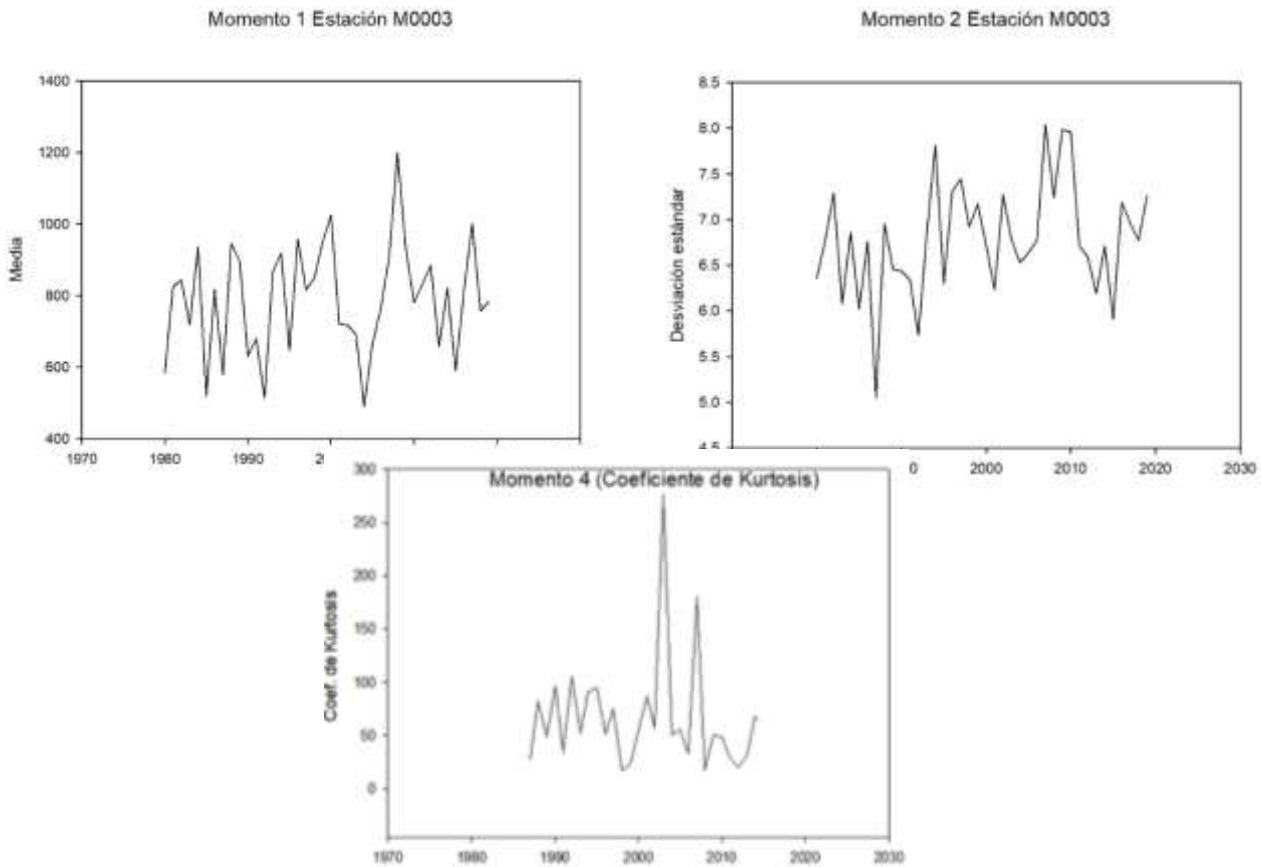




En relación a la variable temperatura, la mayoría de las estaciones presentan tendencia a la disminución siendo -1.01 el valor más bajo obtenido en la estación M008 Puyo del oriente ecuatoriano, la variación de esta disminución fluctúa, ya que las estaciones de la sierra pueden tener disminuciones variadas a las del oriente.

En el caso de la precipitación las estaciones analizadas son menores, sin embargo, la estación que presenta un aumento es la M0314 Ambuqui de Ibarra con hasta 1.5 mm de precipitación.

Para el análisis estadístico de los cuatro momentos se usaron los datos de las estaciones con tendencia significativa, los gráficos se presentan a continuación:



### *Test de Mann Kendall.*

La obtención de los valores del test no paramétrico Mann Kendall se hizo uso del software TREND, mismo que está diseñado para facilitar pruebas estadísticas para la tendencia, el cambio y la aleatoriedad en series de tiempo hidrológicas, el resultado fue el siguiente:

Estación	Temperatura	Precipitación
M003	0.012	-1.771
M0024	0	-1.654
M0031	1.212	-2.12
M0102	0.629	-2.377
M0103	-0.105	-2.144
M0104	0.454	-1.701
M0111	-2.517	
M0114	-1.794	
M0126	-1.654	
M0129	-2.202	
M0137	-1.806	
M0146	-1.853	
M0148	-1.818	



M0318	-2.311	
M0325	-1.972	
M0335	-1.706	
M0339	-2.347	
M01066	-2.61	
M01069	-2.225	

Significancia	Valor Z
Sin tendencia	0
Tendencia significativa creciente	> +1.96
Tendencia significativa decreciente	< -1.96
Tendencia no significativa creciente	< +1.96
Tendencia no significativa decreciente	> -1.96

En su mayoría, los valores analizados en el test Mann Kendall presentan una NO significancia; sin embargo, los valores resaltados presentan SIGNIFICANCIA DECRECIENTE en distintos niveles.

### **Discusión.**

Según un estudio desarrollado en el Ecuador, específicamente en la zona sur en las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, nos menciona que existen factores determinantes para la diversidad climática, como la geografía y que además por la influencia del océano pacífico existen cambios de temperaturas notorios, ya que la presencia de la corriente fría de Humboldt, desplaza las aguas del ártico hacia el ecuador (Sepulchre , Sloan, Snyder, & Fiechter, 2009); otro estudio menciona que la corriente cálida ecuatorial que fluye hacia el sur, inciden en las precipitaciones de la costa del Ecuador (Tarras-Wahlberg, Caudwell, & Lane, 2006). También en esta investigación se mencionan las interacciones entre la atmósfera y el océano, mismas que provocan un de los fenómeno climático muy importancia llamado: El Niño Oscilación del Sur (ENOS).

Una investigación de la amazonia sudamericana (Labat, y otros, 2004) menciona que el análisis de ondas del régimen hidrológico amazónico muestra una alta inestacionariedad temporal con intermitentes oscilaciones interanuales e interdecadales durante los años 1903-1998; de ello se indica, que en escalas interanuales las precipitaciones pueden ser altas y bajas se desarrollan en la estratosfera

y en el Pacífico Ecuatorial, pero que otros procesos interanuales están asociados a El niño.

De acuerdo al estudio desarrollado en zona sur del Ecuador y Norte de Perú respectivamente por (Oñate-Valdivieso & Bosque Sendra, 2001) en el cual se analizaron 40 estaciones meteorológicas de esta zona fronteriza y homogenizo una serie de datos de 1970 – 2000 mediante un análisis de correlación ortogonal. Se observa una tendencia de crecimiento de temperatura en todas las estaciones analizadas, sin embargo, en cuanto a precipitaciones se encontraron tendencias a decrecientes en las partes altas y tendencia a subida en las partes bajas de la zona de estudio. Se debe indicar que las precipitaciones se ven afectadas por la presencia de El niño. Se prevé el incremento de las lluvias en varios meses del año, aunque las disminuciones serán notables, por lo que se predice déficit hídrico para todas las estaciones y un posible aumento de eventos extremos.

Los resultados de este estudio se basan en los registros de observación diarios de 40 años de estaciones ubicadas en diferentes regiones del Ecuador continental. Específicamente para la sierra y oriente del Ecuador, los datos que se usaron en este análisis requieren de homogenización, ya que existen vacíos importantes en las estaciones, producto de acciones fuera de nuestro alcance, es imprescindible que se obtengan datos fiables para una investigación de calidad, ya que en caso contrario el nivel de error o incertidumbre no nos permitiría obtener datos confiables.

La mayoría de las investigaciones encontradas han evidenciado el análisis de datos reales y homogenizados, además de series de datos con más de 100 años de recolección, esto para países de Europa o Asia, en Sudamérica y en Ecuador la recolección o toma de datos se ve afectada por diferentes circunstancias que hacen necesaria la búsqueda de metodologías que permitan un análisis real.

Es difícil sugerir a partir de este estudio si la reciente tendencia creciente en los eventos de precipitación o temperatura están relacionados con el calentamiento global o si es parte de una

variación climática normal, ya que todavía falta por analizar datos y ser procesados por wavelet, mismos que nos permitan interpretar si las variabilidades constituyen una tendencia significativa.

## **CONCLUSIONES.**

Se puede concluir que los datos de las estaciones presentan en su mayoría valores decrecientes tanto para precipitación como para temperatura, estos cambios se ven influenciados por el clima de la zona en la que se encuentran, ya que también esto depende la proximidad que tengan al océano pacifico, la geografía, elevación, datos completos, entre otros.

Existe evidencia del aumento de precipitaciones para varias estaciones analizadas; sin embargo, este no es caso para la mayoría de las estaciones, ya que al igual que la temperatura se han evidenciado tendencias negativas en el análisis realizado.

Se debe mencionar que las investigaciones similares o que analizan las tendencias son escasas, por lo que se recomienda realizar estudios que permitan determinar estas variabilidades con el apoyo de otros instrumentos estadísticos con la finalidad de conocer si existe o no existencia de patrones de cambio climáticos para el Ecuador.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Beecham, S., & Chowdhury, R. K. (2010). Temporal characteristics and variability of point rainfall: a statistical and wavelet analysis. Water Centre for Water Management and Reuse, School of Natural and Built Environments, University of South Australia. *International journal of Climatology*, 458–473.
2. Cubasch, U., Meehl, G. A., Boer, G. J., Stouffer, R. J., Dix, M., Noda, A., ... & Yap, K. S. (2001). Projections of future climate change. In *Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of WG1 to the Third Assessment Report of the IPCC (TAR)* (pp. 525-582). Cambridge University Press.

3. Cubasch, U. D., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M. C., Frame, D., Mahowald, N., & Winther, J. G. (2013). Introduction In: Climate Change (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
4. Fink, A., Brücher, T., Krüger, A., Leckebusch, G. C., Pinto, J. G., & Ulbrich, U. (2004). The 2003 European summer heatwaves and drought—synoptic diagnosis and impacts. *Weather*, 209–216.
5. Hayhoe, K., Wake, C. P., Huntington, T. G., Luo, L., Schwartz, M. D., Sheffield, J., . . . Wolfe, D. (2007). Past and future changes in climate and hydrological indicators in the US Northeast. *Climate Dynamics*, 381–407.
6. Hermida, L., López, L., Merino, A., Berthet, C., García-Ortega, E., Sánchez, J. L., & Dessens, J. (2015). Hailfall in southwest France: Relationship with precipitation, trends, and wavelet analysis. *Atmospheric Research*, 174-188.
7. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Education.
8. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI, 2019). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_DE\\_INTENSI\\_DADES\\_V\\_FINAL.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSI_DADES_V_FINAL.pdf)
9. 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 Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

10. Ishaq-ur Rahman, M. (2013). Climate Change: A theoretical review. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 1-13.
11. Kharin, V. V., & Zwiers, F. W. (2000). Changes in the Extremes in an Ensemble of Transient Climate Simulations with a Coupled Atmosphere–Ocean GCM. *Journal of climate*, 3760–3788.
12. Labat, D., Ronchail, J., Callede, J., Guyot, J. L., De Oliveira, E., & Guimaraes, W. (2004). Wavelet analysis of Amazon hydrological regime variability. *Geophysical research letters*.
13. Mancero, I., & Ochoa, X. (2015). Análisis de Fourier y Wavelet de Las Series de Tiempo de la Estación Meteorológica ESPOL-FIMCBOR. *Revista Tecnológica ESPOL–RTE*, 34-50.
14. Ministerio del Ambiente Ecuador. (2012). Estrategia nacional de cambio climático del Ecuador 2012-2025. Quito-Ecuador: MAE. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/ESTRATEGIA-NACIONAL-DE-CAMBIO-CLIMATICO-DEL-ECUADOR.pdf>
15. Oñate-Valdivieso, F., & Bosque Sendra, J. (2001). Study of climate trends and generating regional climate change scenarios in a binational river basin in South America. *Estudios Geográficos*, 147-172.
16. Pingale, S. M., Khare, D., Jat, M. K., & Adamowski, J. (2014). Spatial and temporal trends of mean and extreme rainfall and temperature for the 33 urban centers of the arid and semi-arid state of Rajasthan, India. *Atmospheric Research*, 73-90.
17. Sepulchre, P., Sloan, L. C., Snyder, M., & Fiechter, J. (2009). Impacts of andean uplift on the Humboldt current system: A climate model sensitivity study. *Paleoceanography*, 1-11.
18. Sexton, D., Murphy, J., Collins, M., & Webb, M. (2012). Multivariate probabilistic projections using imperfect climate models part I: outline of methodology. *Clim Dynam*, 2513–2542.

19. Tarras-Wahlberg, N., Caudwell, S. W., & Lane, S. N. (2006). El Niño events, rainfall patterns and floods in the Puyango river basin, Southern Ecuador. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 201-210.
20. Van Belle, G., & Hughes, J. P. (1984). Nonparametric tests for trend in water quality. *Water Resources Research*, 127-136.

#### **DATOS DE LOS AUTORES.**

1. **Elvia Eligia León Baque.** Ingeniera en Medio Ambiente. Maestrante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, PUCEM-Ecuador. E-mail: [eleon1275@pucesm.edu.ec](mailto:eleon1275@pucesm.edu.ec)
2. **Vicente David Vásquez Granda.** PHD Degree in Agroecology. Docente de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, PUCEM-Ecuador. E-mail: [vvasquez@pucesm.edu.ec](mailto:vvasquez@pucesm.edu.ec)
3. **María Doménica Valderrama Chávez.** Ingeniera Civil. Maestrante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, PUCEM-Manabí. E-mail: [mvalderrama0789@pucesm.edu.ec](mailto:mvalderrama0789@pucesm.edu.ec)

**RECIBIDO:** 9 de febrero del 2021.

**APROBADO:** 21 de febrero del 2021.