

## ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS EN TEMPERATURA DEL AIRE EXTREMA Y PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA COSTA ECUATORIANA

### ANALYSIS OF TRENDS IN EXTREME AIR TEMPERATURE AND DAILY PRECIPITATION IN THE ECUADORIAN COAST

Leonor Vera S <sup>(1)</sup>

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5949 Guayaquil-Ecuador

E-mail: [leonor.vera@inocar.mil.ec](mailto:leonor.vera@inocar.mil.ec)

#### RESUMEN

*En el presente trabajo se analizaron series diarias de temperaturas máximas y mínimas y precipitación de siete estaciones meteorológicas ubicadas en la zona costera del Ecuador. El período de estudio fue de 1976 a 2015, completando cuarenta años de información. El objetivo fue determinar, utilizando los índices climáticos sugeridos por el grupo de expertos del clima, si existe en esta región alguna tendencia definida al cambio climático. Del cálculo de los índices se dedujo que no existía ninguna tendencia de la disminución de la temperatura. Sin embargo, al menos cuatro de los índices de temperatura extrema, demostraron significativamente, una tendencia a aumentar la temperatura. Asimismo los índices de precipitación mostraron consistentemente, una tendencia a la disminución en todas las estaciones.*

**Palabras claves:** Cambio climático, Ecuador, Temperatura del aire, Precipitaciones atmosféricas.

#### ABSTRACT

*In this paper, daily series of maximum and minimum temperatures and precipitation were analyzed from seven meteorological stations located in the coastal area of Ecuador. The study period was between 1976 and 2015 (forty years of information). The objective was to determine, through climate indices suggested by the climate experts, the existence of any climate change trend in the Ecuadorian coastal zone. The calculation of the indices concluded that there was no trend of decrease in temperature. However, at least four of the extreme temperature indices demonstrated a significantly tendency to increase the temperature. Also, precipitation rates consistently showed a downward trend.*

**Keywords:** Air temperature, Atmospheric precipitations, Climate change, Ecuador.

## INTRODUCCIÓN

El grupo de expertos en índices de cambio climático (ETCCDI), desarrolló una metodología para la creación de 27 índices climáticos deducidos de las temperaturas máximas, mínimas y de la precipitación diaria de estaciones meteorológicas, considerando que en la mayoría de países existen mediciones de largo período.

Siguiendo esta metodología en España, Europa, Kenawy (2011) demuestra la existencia de un incremento en la frecuencia e intensidad de los extremos cálidos más que de los fríos y que esta tendencia era más evidente en las dos últimas décadas.

En el continente asiático, en la parte central de China, Fang et al. (2016) demostró que los días cálidos y muy cálidos aumentaron en los últimos 51 años, con ritmo acelerado luego de la mitad de los 80. Asimismo los días fríos y muy helados decrecieron en los recientes 51 años, con un rápido decrecimiento desde 1960 a 1990.

Del Estudio realizado en Chiapas, México, con datos desde 1960 a 2009, la mayoría de índices climáticos mostraron tendencia a aumentar, siendo los más evidentes los de temperatura extrema, el rango de temperatura diurna, la menor temperatura máxima y las noches tropicales (De la Mora et al. 2016).

En estos estudios en tres continentes, se ha observado una tendencia al calentamiento, por lo que en este trabajo, a través del uso de herramientas de libre acceso y recomendadas por paneles internacionales de investigación sobre cambio climático, se plantea analizar, si existe una tendencia de variabilidad de temperatura y precipitación en la zona costera ecuatoriana. El principal objetivo es determinar la tendencia de las temperaturas extremas y precipitación en la costa

ecuatoriana en el período comprendido entre 1975 y 2015.

## 1. DATOS Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio corresponde al perfil costero continental del Ecuador, ubicado en una posición norte a sur, con el océano Pacífico hacia el oeste y con una longitud aproximada de 270 km. Se caracteriza por tener dos estaciones climáticas, marcadas por la abundancia o escasez de lluvias, esta última se da entre diciembre y abril de cada año. En el norte se encuentra la provincia de Esmeraldas, que es la de mayor precipitación, y en el centro, la provincia de Santa Elena, que es la de menor cantidad de lluvias, con un clima casi desértico (Pourrut, 1983 y Hernández 2006). Las estaciones utilizadas en este trabajo, se presentan en la (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de estaciones meteorológicas costeras.

**Figure 1.** Position of meteorological stations in the coastal zone.

## 2.2 Datos

Se seleccionaron series diarias de temperatura máxima (T<sub>máx</sub>) y mínima (T<sub>mín</sub>) con cuarenta años de información, desde 1976 a 2015, de seis de las estaciones convencionales pertenecientes al Instituto Oceanográfico de la Armada: San Lorenzo y Esmeraldas, en la provincia de Esmeraldas; Manta, en Manabí, La Libertad (Salinas), en Santa Elena, Guayaquil en Guayas y Puerto Bolívar en El Oro. Se utilizó también la estación de Puná, provincia del Guayas con treinta y siete años de información. De estas estaciones, San Lorenzo y Guayaquil, no se encuentran directamente frente al mar. La serie de datos de la estación de Libertad, tiene 27 años, por lo que la serie fue ensamblada a una serie de la localidad de Salinas, a 10 km de distancia aproximadamente. Para justificar la unificación de las series, se calculó el coeficiente de correlación entre las variables de ambas estaciones, durante un mismo segmento de tiempo, y se obtuvieron valores mayores a 0.9 para la temperatura, por lo que se utilizó la nueva serie reconstruida de 40 años (1976-2015), (Cuadro 1).

*Cuadro 1.* Disponibilidad de datos de las estaciones meteorológicas costeras

Nombre estación	Rango de información utilizado	Observación
San Lorenzo	1976-2015	
Esmeraldas	1976-2015	
Manta	1976-2015	
La Libertad-Salinas	1976-2015	Serie reconstruida
Guayaquil	1976-2015	
Puná	1977-2015	37 años de observación
Puerto Bolívar	1976-2015	

Para el cálculo de los índices climáticos, las series debían tener al menos treinta años continuos de medición y para que el promedio

anual sea válido, la pérdida de datos debía ser menor al 20%. En Puná en 2014, el porcentaje de pérdida para la serie de temperatura mínima y precipitación fue mayor a este umbral.

Se analizaron las series de tiempo con el módulo de control de calidad del programa Rclimdex 1.1, con el que se eliminaron registros de precipitación menores a cero, valores incoherentes como temperatura máxima menor a la mínima y valores aberrantes, que fueron establecidos como aquellos que están fuera del rango de la media  $\pm 4$  desviaciones estándar. Como umbral de precipitación diaria, requerido por el programa, se utilizó el cuantil 99.9 de San Lorenzo (160 mm), por ser la estación con mayor precipitación durante todo el año.

La homogeneidad de las series, la detección y ajuste de las inconsistencias o no homogeneidades, se lo ha realizó con los programas RHtestsV4, para temperatura máxima y mínima (Wang y Feng 2013) y RHtests\_dlyPrp4 para precipitación (Wang y Feng 2013). Estas funciones están basadas en el test F de penalización máxima para series sin referencia (Wang 2008a and 2008b). Para realizar la homogenización, es preferible utilizar valores mensuales y anuales, por lo que primero se realizó una revisión minuciosa de los puntos de cambio de las series mensuales de cada estación, estableciendo si correspondían a variabilidades naturales o eran fallas de registro. Una vez realizado este análisis, se aplicaron correcciones a las series diarias y se obtuvieron las series homogenizadas. Luego, antes de realizar el cálculo de los índices, nuevamente estas series de tiempo homogenizadas diarias, fueron sometidas a un segundo proceso de control de calidad. En el cuadro 2 se describe el proceso de análisis de datos para la obtención de los índices.

**Cuadro 2.** Método de obtención de los índices climáticos

Datos utilizados	Acción realizada	Detalles
Datos iniciales diarios de estación	Primer control de calidad a los datos de estaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminación de datos incoherentes, como precipitaciones menores que cero y de T<sub>máx</sub> menor que T<sub>mín</sub>.</li> <li>• Eliminación de valores fuera de un rango definido por el usuario mediante la desviación estándar (+/- 4).</li> <li>• Ratificación o eliminación de valores extremos.</li> <li>• Reemplazo de datos eliminados por códigos identificados por el programa.</li> </ul>
Datos mensuales y diarios con el primer control de calidad	Homogenización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de las series mensuales de temperatura y precipitación</li> <li>• Detección de puntos de cambios bruscos en las series mensuales</li> <li>• Revisión de los puntos de cambio para determinar si son fallas de registro</li> <li>• Obtención de nueva serie de datos diarios manteniendo solamente los puntos de variabilidad natural.</li> </ul>
Series homogenizadas diarias	Segundo control de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizaron las mismas acciones que en el primer control de calidad</li> </ul>
Series diarias homogenizadas y con el segundo control de calidad.	Cálculo de índices	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de los programas para el cálculo de las temperaturas y precipitaciones.</li> <li>• Se utilizaron como umbrales superior e inferior de (T<sub>máx</sub>): 24 y 32.5° C y de T<sub>mín</sub>: 20 y 24.5°C.</li> <li>• Se calculan los índices.</li> </ul>

### 2.2.1 Índices climáticos

Los índices de la ETCCDI procuran medir los cambios de los extremos usando índices con una fuerte base estadística y que abarquen varias clases de clima. En este trabajo se seleccionaron los promedios mensuales de temperatura máxima (T<sub>MAX</sub>mean) y mínima (T<sub>MIN</sub>mean) y 23 de los 27 índices climáticos establecidos por ETCCDMI. Por el clima tropical de la costa ecuatoriana no se consideraron los índices de extremos fríos ni los que implican la existencia de cuatro estaciones climatológicas. Además se calcularon cuatro índices derivados, utilizando los límites de parámetros meteorológicos locales. En los cuadros 3 y 4, se describen las características de los índices obtenidos.

Para el límite superior de las temperaturas máximas y mínimas diarias, se seleccionaron, de las siete estaciones, el de mayor valor absoluto del cuantil 75. Análogamente, como límite inferior, se eligió el menor valor absoluto del cuantil 25. Los umbrales superior e inferior de T<sub>máx</sub>., fueron 24°C (Libertad) y 32.5°C (San Lorenzo) y para T<sub>mín</sub> 20°C (Puná) y 24.5°C (Puerto Bolívar) respectivamente.

En el cuadro 3, se presenta la definición de los índices climáticos para temperatura. Se los ha dividido en tres grupos; el primero que se lo ha denominado de extremos cálidos, cuya tendencia positiva, implica incremento de temperatura, que son la mayoría; el segundo, de extremos fríos, cuya tendencia positiva, implica disminución de la temperatura, donde se incluyen: Días muy fríos con referencia al valor establecido a nivel local (fd20), que en este trabajo es de 20°C; Días fríos (TX10p) y

Noches frías (TN10p); y el tercer grupo, de variabilidad de extremos, representado por el promedio mensual de la diferencia entre la Temperatura máxima y Temperatura mínima diarias (DTR). En total se calcularon diecisiete índices de temperatura.

**Cuadro 3.** Índices climáticos de Temperatura

Nombre	Siglas	Medición	Unidad
<b>Extremos cálidos</b>			
Temperatura máxima media mensual	TMAXmean	Promedio mensual de T <sub>máx.</sub>	°C
Temperatura mínima media mensual	TMINmean	Promedio mensual de T <sub>min</sub>	°C
Días de verano	SU25	Número de días al año con temperaturas máximas mayores a 25°C	Días
Noches tropicales	TR20	Número de días al año con temperaturas mínimas mayores a 20°C	Días
Temperatura máxima de los registros máximos	TXx	Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria.	°C
Temperatura mínima de los registros máximos	TXn	Valor mínimo mensual de la temperatura máxima diaria.	°C
Temperatura máxima de los registros mínimos	TNx	Valor máximo mensual y anual de la temperatura mínima diaria	°C
Temperatura mínima de los registros mínimos	TNn	Valor mínimo mensual y anual de la temperatura mínima diaria.	°C
*Días de verano local	SU32.5	Número de días al año con temperaturas máximas mayores a 32.5°C	Días
Días cálidos	TX90p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura máxima es mayor al percentil 90	Días
*Noches tropicales local	TR24.5	Número de días al año con temperaturas mínimas mayores a 24.5°C	Días
Noches cálidas	TN90p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura mínima es mayor al percentil 90	Días
Olas de calor	WSDI	Número de días al año con al menos 6 días consecutivos con T <sub>máx.</sub> mayor al percentil 90.	Días
<b>Extremos fríos</b>			
+*Días muy fríos local	fd20	Número de días con T <sub>n</sub> menor a la temperatura mínima establecida.	Días
+Días fríos	TX10p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura máxima es menor al décimo percentil	Días
+Noches frías	TN10p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura mínima es menor al décimo percentil.	Días
<b>Variabilidad conjunta de extremos</b>			
Rango de temperatura diurna	DTR	Promedio mensual de la Diferencia diaria entre T <sub>máx.</sub> y T <sub>min</sub>	°C

\*Índices referidos a los límites de T<sub>máx.</sub> y T<sub>mín.</sub>, establecidos en este trabajo.

+Índices cuyo tendencia a incrementar implica disminución de temperatura.

En el cuadro 4, se describen los diez índices climáticos de lluvias, un primer grupo de nueve, implican aumento de lluvias cuando su tendencia es positiva y el único que se

diferencia, porque su tendencia positiva significa disminución de precipitaciones, es el Índice de días consecutivos de lluvia menores a 1 mm. (CDD).

**Cuadro 4.** Índices climáticos de Precipitación

Nombre	Siglas	Medición	Unidad
<b>Incremento de lluvias</b>			
Máxima precipitación diaria	RX1day	Valor máximo mensual de precipitación diaria.	mm
Máxima precipitación en cinco días	RX5day	Valor máximo mensual de cinco días consecutivos de precipitación.	mm
Índice simple de precipitación diaria	SDII	Precipitación anual acumulada dividida para el número de días con precipitación mayor a 1mm.	-
Número de días con precipitación fuerte.	R10 (días)	Número anual de días con precipitación mayor a 10mm	Días
Número de días con precipitación muy fuerte.	R20 (días)	Número anual de días con precipitación mayor a 20mm	Días
*Número de días con precipitación sobre 160 mm	R160(días)	Número anual de días con precipitación mayor a 160 mm	Días
Días consecutivos con lluvia al año.	CWD (días)	Máximo anual del número de días consecutivos con precipitación mayor a 1 mm.	Días
Días muy húmedos	R95p	Total anual de precipitación cuando la precipitación es mayor que el percentil 95	mm
Días extremadamente lluviosos	R99p	Total anual de precipitación cuando la precipitación es mayor que el percentil 99	mm
Anual de precipitación	PRCPTOT	Total anual de precipitación en días húmedos (mayor a 1mm).	mm
<b>Disminución de lluvias</b>			
Días consecutivos con lluvia mínima	CDD (días)	Máximo anual del número consecutivo de días con precipitación menor a 1 mm	Días

\*Índices referidos al límite de precipitación máxima establecido en este trabajo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Tendencias de la temperatura extrema

Al analizar las tendencias, en el cuadro 5 se observa que del grupo de extremos cálidos de temperatura, con excepción del índice SU25, la tendencia en al menos 5, de las siete estaciones fue positiva, lo que implica aumento de la temperatura, con el 53% de ellas con significancia estadística.

Del grupo de extremos fríos, solamente una estación no mostró ninguna tendencia, las otras presentaron tendencia negativa, lo que asimismo significa aumento de temperatura,

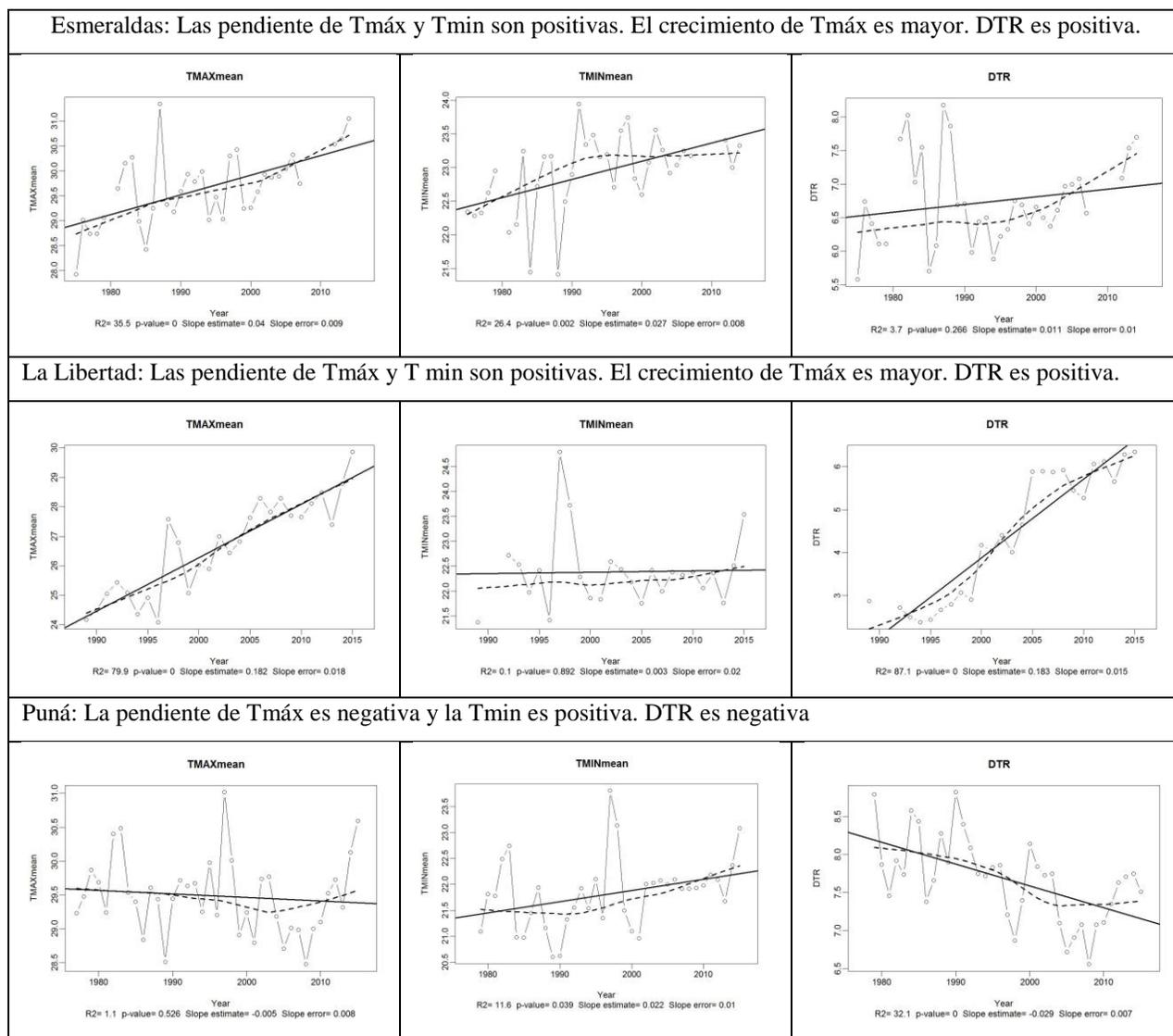
con 37% de estaciones con significancia estadística.

Respecto a la amplitud mensual de la diferencia diaria entre la temperatura máxima diaria ( $T_{máx}$ ) y la temperatura mínima diaria ( $T_{mín}$ ), representada por el índice DTR, en cuatro de las estaciones, se ha incrementado, es decir, la tendencia ha sido que tanto la  $T_{mín}$  como la  $T_{máx}$  aumenten, pero con la pendiente de crecimiento de la  $T_{máx}$  mayor. Por el contrario, en tres de las estaciones la tendencia ha disminuido, lo que se debe a que la  $T_{máx}$ , a pesar de aumentar no lo hizo tan rápido como la  $T_{mín}$  o que la  $T_{máx}$

disminuyó cuando la  $T_{mín}$  siempre se incrementó. Para este índice, dos de las estaciones no presentaron significancia estadística, (Figura 2).

*Cuadro 5.* Índices de temperaturas extremas

Índices	Tendencia positiva		Tendencia negativa		Sin tendencia
	Núm.Estaciones	Significancia	Núm. estaciones	Significancia	
<b>Extremos cálidos</b>					
TMAXmean	5	5	2	0	
TMÍNmean	7	3	0	0	
SU25	3	1	4	2	
TR20 (días con Tmin mayor a 20°C)	6	3	1	0	
SU32.5	5	3	2	1	
TR24.5	6	2	1	0	
TXx	5	5	2	1	
TXn	5	3	2	0	
TNx	6	3	1	0	
TNn	6	4	1	0	
TX90p	5	4	2	0	
TN90p	7	2	0	0	
WSDI (días con al menos 6 días con TX>percentil 90)	5	0	2	0	
<b>Extremos fríos</b>					
fd20 (días con Tmin< 20°C)	0	0	7	3	
TX10p (tmax menor al percentil 10)	0	0	6	4	1
TN10p	0	0	7	3	
<b>Variabilidad conjunta de extremos</b>					
DTR (Tx-Tm)	4	3	3	2	



**Figura 2.** Tendencias de DTR (Tmáx.-Tmín.) en tres estaciones meteorológicas  
**Figure 2.** DTR's trends (Tmax-Tmin.) in three meteorological stations

### 3.2 Tendencias de la precipitación

Del cuadro 6, se deduce que en el grupo de índices de incremento de lluvias, en ocho de los nueve casos, en al menos cuatro de las siete estaciones la tendencia fue negativa, es decir a que las lluvias han disminuido en el período de estudio. De este grupo, el índice de precipitación total, fue el más evidente, con todas las estaciones con tendencia negativa. En la figura 3, se muestran la precipitación

total en cuatro estaciones, con Guayaquil con la menor tendencia al decrecimiento (0.27 mm/año).

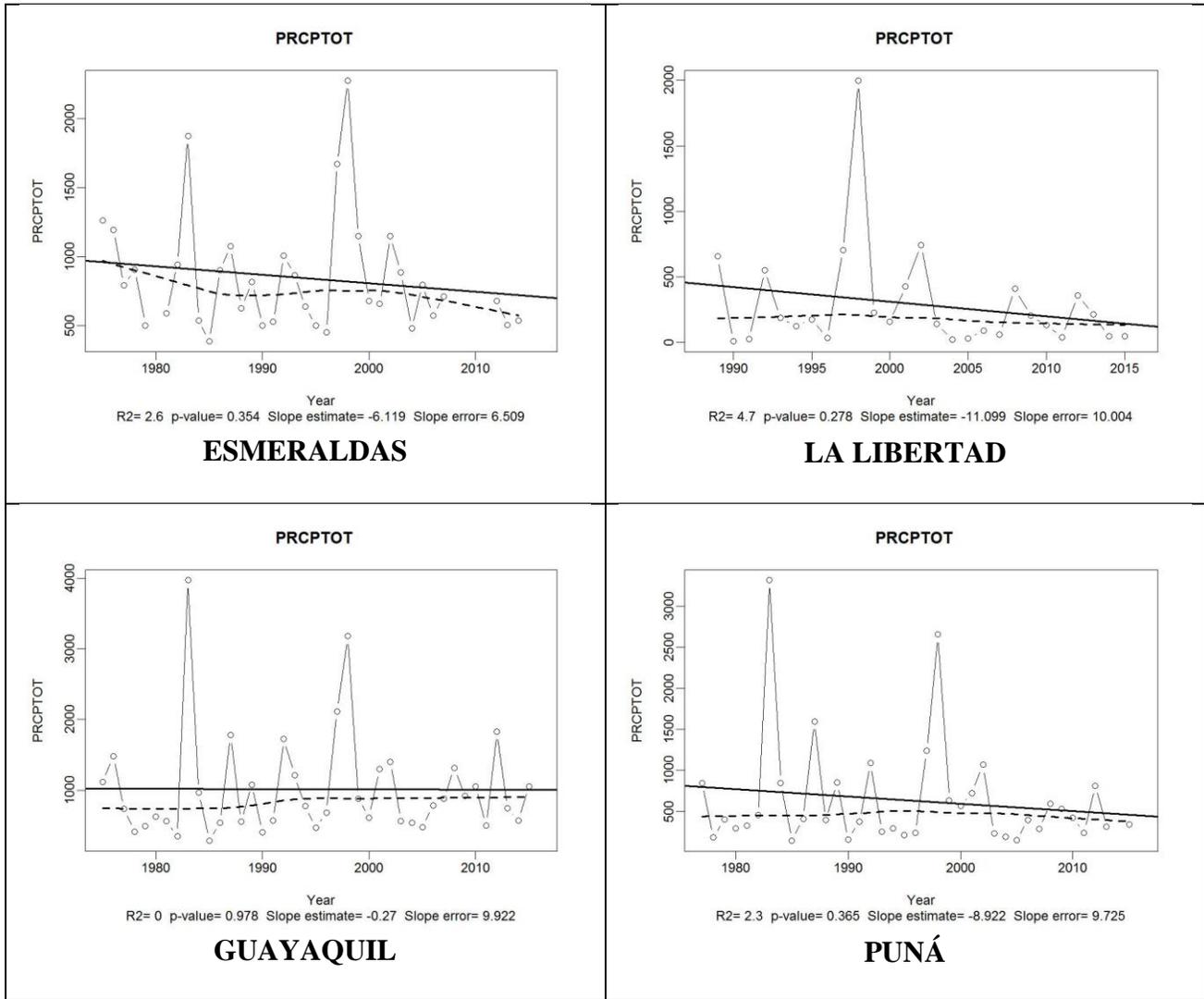
Por su parte, el índice que se diferenció, y en cinco de las estaciones tuvo tendencia positiva fue el CWD (máximo anual del número de días con precipitación mayor a 1mm.), lo que puede ser explicado con la mejora de los sensores de precipitación, capaces de medir cantidades de agua

mínimas. Respecto al único índice cuyo crecimiento indica disminución de precipitaciones, CDD, predominó la tendencia positiva, es decir menos cantidad

de lluvias, en cuatro de las siete estaciones. Las tendencias de los índices de precipitación no mostraron significancia estadística en la mayoría de casos.

*Cuadro 6.* Índices de precipitación

Indices	Tendencia positiva	Significancia	Tendencia negativa	Significancia	Sin tendencia
RX1day	2	0	5	1	
RX5day	3	0	4	1	
SDII	2	0	5	2	
R10	0	0	7	0	
R20	1	0	6	0	
R160	2	0	4	0	1
CWD	5	1	2	1	
R95p	2	0	5	0	
R99p	1	0	6	0	
PRCPTOT	0	0	7	0	
CDD	4	1	3	1	



**Figura 3.** Tendencia de la precipitación total en las estaciones meteorológicas costeras  
**Figure 3.** Precipitation's trends in coastal meteorological stations

**a. Tendencias por zona geográfica**

Se seleccionaron cinco índices de temperatura, con al menos cuatro de las siete estaciones con significancia estadística; y la PRCPTOT y se analizaron su comportamiento por localidad. En el cuadro 7, donde se muestran las estaciones ordenadas de norte a sur, se puede observar que en San Lorenzo, Esmeraldas, Manta, La Libertad y

Guayaquil, al menos tres de los índices indicaron incremento de temperatura y hacia el sur, en Puná y Puerto Bolívar, dos y uno, respectivamente, mostraron la misma tendencia. De este grupo, solamente Puná, a través del índice TXx, mostró una tendencia negativa o disminución de la temperatura. La precipitación total, mantuvo su tendencia negativa en todas las estaciones.

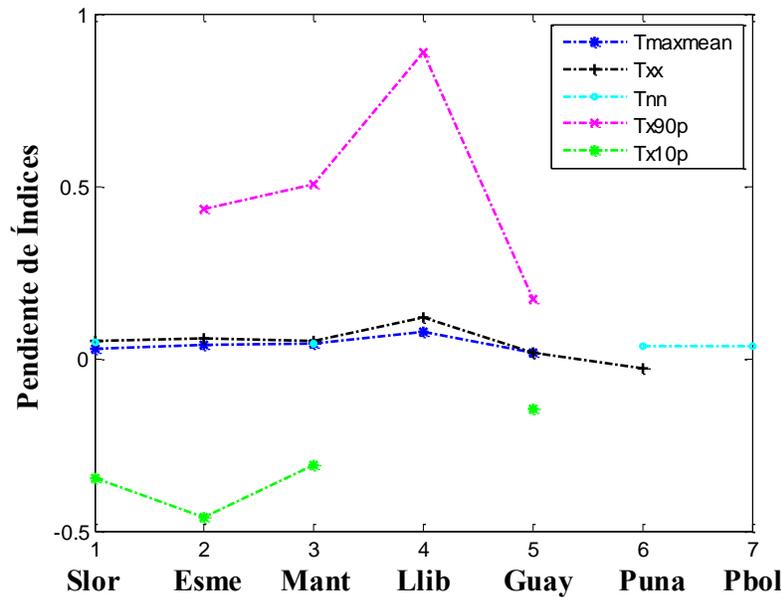
**Cuadro 7.** Índices por estación

Estación	TMAXmean	TXx	TNn	TX90p	TX10p	PRCPTOT
San Lorenzo	+	+	+	+ SS	-	- SS
Esmeraldas	+	+	- SS	+	-	- SS
Manta	+	+	+	+	-	- SS
La Libertad	+	+	+ SS	+	- SS	- SS
Guayaquil	+	+	+ SS	+	-	- SS
Puná	- SS	-	+	- SS	- SS	- SS
Puerto Bolívar	- SS	- SS	+	- SS	ST	- SS

SS: sin significancia estadística  
 ST: sin tendencia.

De la figura 4, de los índices de temperatura con significancia estadística, se observa que los relacionados con extremos relativos a la climatología de cada estación (TX90p y TX10p), son los de mayor magnitud, y que ninguno sobrepasa la unidad. El mayor valor de TX90p (0.9 días/40 años) ocurrió en La Libertad, lo que significa que en 40 años, se

incrementó en casi un día el número de veces en que la Tmáx. Excedió el percentil 90. Para los índices absolutos de temperatura, aunque la tendencia fue positiva, la magnitud fue inferior a 0.15°C, lo que significa un incremento en 40 años menor a la vigésima parte de grado.



**Figura 4.** Pendientes de índices con significancia estadística por localidad  
*Figure 4.* Index slopes with statistical significance in each meteorological station

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizaron series diarias de temperaturas extremas y precipitación de siete estaciones meteorológicas de la zona costera del Ecuador para el período 1975-2015. Las series fueron analizadas y homogenizadas utilizando, el software RClimdex 1.1. Se utilizaron todas las series disponibles e inclusive una de ellas fue completada con información de una estación cercana, utilizando correlación cruzada.

Existen tendencias significativas de incremento en los índices TMAXmean, TXx, TNn y TX90p entre los años 1976 y 2015. Los índices relacionados con la temperatura máxima son los que mostraron mayor tendencia al incremento. No se observó, en los índices analizados, una tendencia a la disminución de la temperatura en la zona costera ecuatoriana.

La mayoría de índices de lluvias mostraron tendencia a la disminución, especialmente la precipitación total, donde como mínimo la cantidad total de lluvias, disminuyó 0.27 mm al año.

A pesar de no contar con una mayor densidad de estaciones en la zona costera, este estudio constituye una valiosa herramienta para el análisis del cambio climático, al haber utilizado series de cuarenta años, siendo treinta, lo mínimo recomendado por la organización mundial de Meteorología.

#### 5. REFERENCIAS

**De la Mora C, Ariel JA, Flores H, et al. 2016.** Índices de cambio climático en el estado de Chiapas, México, en el periodo 1960-2009 \* Climate change indices in the state of Chiapas, Mexico, for the period 1960-2009 Resumen Introducción. Rev Mex Ciencias Agrícolas. 2016:2523-2534.

**Fang S, Qi Y, Han G, Li Q, Zhou G. 2015.** Changing trends and abrupt features of extreme temperature in Mainland China from 1960 to 2010. Atmosphere (Basel). 2016; 7(2):979-1000. doi:10.3390/atmos 7020022.

Pourrut P. 1983. Los Climas Del Ecuador : Fundamentos Explicativos. Quito, 1983.

**Hernández F. 2006.** Análisis de la variabilidad climática de la costa ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2006; 13(1):1-6.

**Kenawy A El, López-Moreno JI, Vicente-Serrano SM. 2011.** Recent trends in daily temperature extremes over northeastern Spain (1960–2006). Nat Hazards Earth Syst Sci. 2011; 11:2583-2603. doi:10.5194/nhess-11-2583-2011.

**Wang, X. L., 2008a:** Accounting for autocorrelation in detecting mean-shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. J. Appl. Meteor. Climatol. 47, 2423-2444.

**Wang, X. L., 2008b:** Penalized maximal F-test for detecting un documented mean-shifts without trend-change. J. Atmos. Oceanic Tech., 25 (No.3), 368-384. DOI:10.1175/2007/JTECHA 982.1.

**Wang, X. L. and Y. Feng, 2013.** published online July 2013: RHtestsV4 User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Science and Technology Branch, Environment Canada. 28 pp. [Available online at <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>].

**Wang, X. L. and Y. Feng, 2013.** published online August 2013: RHtests\_dly Prcp User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology

Directorate, Science and Technology Branch,  
Environment Canada. 17 pp. [Available  
online at  
<http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>].

**Zhen Y, Li X. 2015.** Recent trends in daily  
temperature extremes over northeastern  
China (1960-2011). *QuatInt.* 2014; 380-  
381:35-48.  
doi:10.1016/j.quaint.2014.09.010.