

**ANÁLISIS DE TENDENCIAS CLIMÁTICAS
Y EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS PARA ECUADOR**

GUILLERMO EDUARDO ARMENTA PORRAS

Ecuador - Agosto de 2016

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES.....	6
METODOLOGÍA.....	8
Selección de la información de observaciones a utilizar.....	8
CLIMDEX	8
Nivel de Significancia Estadística	15
RESULTADOS.....	16
Selección de las series de estaciones a utilizar.....	16
Análisis de tendencias climáticas y eventos climáticos extremos	20
CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS	42
ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Series de temperatura mínima antes del control de calidad (a) y después del mismo (b), para la estación Puyo (M0008) en el periodo 2000-2015.	17
Figura 2. Porcentaje de estaciones con datos diarios faltantes para las variables: precipitación (a), temperatura máxima (b) y temperatura mínima (c), para el periodo 2000-2015.	18
Figura 3. Distribución de las estaciones con datos confiables de precipitación (arriba) y temperaturas máxima y mínima (abajo) para el periodo 2000-2015 utilizadas en el estudio.	19
Figura 4. Tendencia de la diferencia anual entre la temperatura máxima y la temperatura mínima (índice dtr).	20
Figura 5. Tendencia del valor medio anual de la temperatura mínima (índice TMINmean).	21
Figura 6. Tendencia del valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria (índice tnn).	22
Figura 7. Tendencia del valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria (índice tnx).	23
Figura 8. Tendencia del porcentaje de noches frías (índice tn10p).	24
Figura 9. Tendencia del porcentaje de noches calientes (índice tn90p).	25
Figura 10. Tendencia del valor medio anual de la temperatura máxima (índice TMAXmean).	26
Figura 11. Tendencia del valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria (índice txn).	27
Figura 12. Tendencia del valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria (índice txx).	28
Figura 13. Tendencia del porcentaje de días fríos (índice tx10p).	29
Figura 14. Tendencia del porcentaje de días calientes (índice tx90p).	30
Figura 15. Tendencia del total de precipitación anual (índice PRCPTOT).	31
Figura 16. Tendencia del máximo mensual de precipitación en 1 día (índice rx1day).	32
Figura 17. Tendencia del máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos (índice rx5day).	33
Figura 18. Tendencia de la precipitación total con valores superiores al percentil 95 –días muy húmedos– (índice r95p).	34
Figura 19. Tendencia de la precipitación total con valores superiores al percentil 99 –días extremadamente húmedos– (índice r99p).	35
Figura 20. Tendencia del número de días secos consecutivos (índice cdd).	36

ANÁLISIS DE TENDENCIAS CLIMÁTICAS Y EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS PARA ECUADOR

GUILLERMO EDUARDO ARMENTA PORRAS
motsvanska@gmail.com

RESUMEN

A continuación se presenta el análisis de las tendencias climáticas y los eventos climáticos extremos para Ecuador a partir de datos observados de precipitación y temperaturas máxima y mínima para el periodo 2000-2015. Se realizó la revisión y control de calidad a 478 estaciones, quedando al final con 125 estaciones con datos confiables de precipitación y 36 de temperaturas máxima y mínima. El análisis fue realizado a través de los índices climáticos calculados con la herramienta RClimdex para las estaciones mencionadas y para 17 índices. Los resultados muestran incrementos en las temperaturas de al menos 0,1°C/década, así como el incremento de los días y noches calientes y la reducción de los días y noches fríos para el Ecuador. La precipitación muestra incrementos en gran parte de la Sierra, y reducciones en la Costa, el sur y norte de la Sierra y parte de la Amazonía. Así mismo se observan reducciones en el número de días secos consecutivos en el año e incrementos de los eventos extremos asociados a la precipitación para parte de la Sierra y la Amazonía.

Palabras Clave: Tendencias Climáticas, Eventos Climáticos Extremos, RClimdex, Índices Climáticos, Precipitación, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima.

INTRODUCCIÓN

Cualquier cambio en la intensidad o frecuencia de los eventos climáticos extremos tendría impactos importantes en la naturaleza y en las actividades humanas (Muñoz, Recalde, Cadena, Núñez, & Díaz, 2010). Debido a esta posible afectación, es necesario realizar un adecuado análisis de este tipo de eventos, y para ello se requieren datos a resolución temporal diaria. La recopilación de esta información a escala global es una tarea bastante compleja, en parte a la limitada disponibilidad de series de datos confiable y de una extensión suficiente para la evaluación de los eventos extremos (al menos 15 años), así como su tiempo de oportunidad.

Desde hace varios años, en Ecuador se vienen realizando diversos estudios e investigaciones en los que se analiza la tendencia de las principales variables climatológicas (precipitación y temperatura) a partir de datos observados, con el fin de conocer cómo han venido cambiando tanto el comportamiento de estas variables como los eventos extremos relacionados a las mismas. Sin embargo, estos estudios en su mayoría han sido aplicados apenas a algunas regiones y/o estudios específicos. Solamente el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno “El Niño” (CIIFEN) ha realizado un estudio a nivel nacional de las tendencias climáticas y los eventos climáticos extremos.

Con estos antecedentes, y teniendo en cuenta el trabajo que se viene realizando por parte del Ministerio del Ambiente en la elaboración de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático para el Ecuador, a continuación se presenta el análisis de las tendencias climáticas y los eventos climáticos extremos para precipitación y temperaturas máxima y mínima en el periodo 2000-2015, realizado para todo el territorio nacional con base en la información diaria observada y reportada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) para estas variables. El análisis se ha realizado a través de índices climáticos diseñados y propuestos por el ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*) para la detección de tendencias climáticas y cambios en los eventos extremos, y estos índices se han calculado utilizando la herramienta RCLimdex, diseñada para tal fin.

ANTECEDENTES

En Ecuador se han realizado estudios e investigaciones para analizar la tendencia de la precipitación y la temperatura, tomando como base datos observados a resolución temporal diaria. Entre estos estudios se destacan: el realizado por el CIIFEN para el territorio nacional (CIIFEN, 2014), el realizado por Ángel Muñoz para las provincias de Pichincha y Napo (Muñoz, 2013) y el realizado por Sheila Serrano y otros autores para el Distrito Metropolitano de Quito (Serrano, Zuleta, Moscoso, Jácome, Palacios, & Villacís, 2012).

En el primer estudio, se realizó el análisis de las tendencias climáticas y los eventos climáticos extremos utilizando series diarias de precipitación y temperatura de 19 estaciones distribuidas a lo largo del Ecuador para el periodo 1965-2010, y con estos datos elaborar el cálculo de 27 índices climáticos para cada estación utilizando la herramienta RClindex, desarrollada en el lenguaje R. Entre los resultados publicados se resaltan: el aumento de los valores máximos de las temperaturas máximas en las estaciones de la Sierra y la reducción de los valores mínimos de la misma variable, la reducción de la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima, el aumento de la intensidad de la lluvia en pocas estaciones del centro de Ecuador y el incremento de las precipitaciones extremas en el centro y sur de la Sierra y en una estación de la Costa (CIIFEN, 2014).

Por otra parte, el estudio para Pichincha y Napo se realizó para 10 estaciones del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) y de la Dirección de Aviación Civil del Ecuador (DAC), con datos diarios de precipitación y temperaturas máxima y mínima para el periodo 1984-2012 y utilizando la herramienta FClindex, la cual es una variante del RClindex pero escrita en el lenguaje de programación Fortran. Entre los resultados presentados por el estudio, se destaca el aumento de los valores anuales de precipitación para las estaciones de la zona de estudio, así como el incremento de los días con precipitaciones extremas y una tendencia al aumento de los días secos consecutivos en el año. Para las temperaturas, se muestra el aumento de los valores mínimos de las temperaturas máxima y mínima, así como la disminución del porcentaje de días y noches fríos y el aumento porcentual de los días y noches cálidos (Muñoz, 2013).

Finalmente, en el estudio para el Distrito Metropolitano de Quito se analizaron las tendencias de los valores mensuales de precipitación, temperaturas, humedad relativa, nubosidad, etc. Además, se realizó un análisis de eventos climáticos extremos a partir de información diaria de precipitación y temperaturas máxima y mínima utilizando la herramienta RClindex para 4 estaciones ubicadas en la zona de estudio, y con datos para el periodo 1990-2011. Los resultados de este estudio presentan, entre otros, aumentos en los valores máximos de las temperaturas máxima y mínima, reducción en la diferencia

entre estas temperaturas (excepto en una estación), y un ligero aumento de los días secos consecutivos en el año (Serrano, Zuleta, Moscoso, Jácome, Palacios, & Villacís, 2012).

METODOLOGÍA

Selección de la información de observaciones a utilizar

Se realizó la revisión de las estaciones del INAMHI que tuviesen información a escala temporal diaria de precipitación y temperaturas máxima y mínima para el periodo 2000-2015 (16 años). Se seleccionó este periodo ya que es desde principios de siglo donde las señales de cambio climático se ven más marcadas a nivel global, y además la herramienta utilizada para el cálculo de los índices necesita de al menos 15 años de datos.

Un primer criterio de selección de las estaciones y series a utilizar es el de aquellas que posean el 85% de información confiable de cada variable. Si bien la Organización Meteorológica Mundial determina el uso de datos con el 80% de información completa y confiable (OMM, 2011), se toma como referencia de selección el umbral del 85% ya que un faltante superior al 15% genera reducciones significativas en la confiabilidad de los resultados, ya que en este periodo faltante de datos pueden haber señales importantes de cambios en las variables climáticas y/o eventos climáticos extremos significativos no registrados.

Una vez realizado este primer filtro, se procedió a realizar el control de calidad a las series, aplicando pruebas de homogeneidad, revisión de datos atípicos y verificación de años completos con datos. Parte de este control de calidad se realiza con la herramienta ExtraQC que trae incorporada RClindex. Esta herramienta realiza, entre otras tareas, la revisión de los datos con valores atípicos, diferencias inusuales entre las temperaturas máxima y mínima, valores con errores de digitación, etc. Con este control de calidad, se obtuvo el listado final de estaciones a utilizar para el análisis de las tendencias climáticas y los eventos climáticos extremos.

CLIMDEX

El ETCCDMI (*Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices*) coordina el desarrollo, cálculo y análisis de un conjunto de índices estándar para la evaluación y el análisis de las tendencias climáticas y los eventos climáticos extremos, de tal forma que se puedan incorporar y utilizar a nivel global (Karl, Nicholls, & Ghazi, 1999) (Peterson, Folland, Gruza, Hogg, Mokssit, & Plummer, 2001). Estos índices se obtienen a partir de los datos diarios de precipitación y temperaturas máxima y mínima (Tabla 1), y su cálculo se realiza a través del software estadístico Climdex. Este software fue desarrollado por Byron Gleason del NCDC (*National Climate Data Centre*) de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) y permite el cálculo de 34 índices básicos recomendados por el ETCCDMI. Diversas versiones del Climdex han sido desarrolladas bajo diferentes

lenguajes de programación, siendo los más utilizados los desarrollados en R (RClimdex) y Fortran (FClimdex).

Entre las ventajas de las herramientas Climdex se tienen las siguientes:

- Su desarrollo bajo los lenguajes de programación R y Fortran permiten el cálculo de los índices bajo herramientas en las que se puede realizar la detección y corrección de posibles errores, y en algunos casos, la automatización de los cálculos.
- Simplifica la tarea del cálculo de los índices, al únicamente tomar como datos de entrada las series diarias de precipitación y temperaturas máxima y mínima.
- No sólo hace el cálculo de los índices estándar para la evaluación y el análisis de las tendencias climáticas y los eventos climáticos extremos, sino que además realiza gráficas y análisis de tendencias de los mismos así como el cálculo de la confiabilidad de los mismos.
- Es una herramienta muy utilizada por la comunidad científica, siendo especialmente utilizada para análisis regionales de tendencias climáticas y para zonas donde se realizan análisis hidrológicos.

Pese a ser una muy buena herramienta, Climdex tiene algunas limitaciones, entre ellas:

- La herramienta realiza un control de calidad muy básico de las series de entrada (por ejemplo la eliminación de valores atípicos con valores muy altos), y no realiza homogeneización de los datos de entrada. Estas tareas de control de calidad y/o complementación de series deben ser realizadas de forma independiente para cada estudio.
- Posee restricciones de cálculo de algunos índices según el faltante de datos (por ejemplo, el no cálculo de índices mensuales si hay mínimo 3 días con datos faltantes en la serie o el no cálculo de las tendencias si hacen falta el 30% o más de la información).
- Se deben tener series de datos de calidad confiable y de al menos 15 años, con el fin de reducir la incertidumbre en las tendencias climáticas y en los índices a analizar. Si se tienen series de menos años, los análisis de tendencias climáticas no son apropiados puesto que no se tendría información de la afectación por fenómenos de variabilidad climática interanual e intranual (eventos El Niño/La Niña, etc.), y si las series no poseen una buena calidad, los índices resultantes carecerían de confiabilidad, puesto que desde los datos de entrada ya habría una alta incertidumbre asociada con los valores de las variables climáticas.

- El cálculo de los índices para las estaciones a utilizar debe hacerse de forma manual y para cada estación o punto por vez. Si se tienen muchas estaciones, este proceso puede llevar bastante tiempo, especialmente en lo que se refiere a la organización de los índices para análisis conjuntos.

Tabla 1. Listado de índices estándar para la evaluación y el análisis de tendencias climáticas y eventos climáticos extremos.

CRITERIO DE AGRUPACIÓN	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE
Asociados al comportamiento de la precipitación.	Mayor número de días secos consecutivos en un año.	CDD (# días)
	Mayor número de días húmedos consecutivos en un año.	CWD (# días)
	Precipitación total al año.	PRCPTOT (mm)
	Número de días en un año con lluvia mayor a 10mm.	R10mm (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor a 20mm.	R20mm (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 95 para los días húmedos (Prec. > 1,0mm).	R95P (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 99 para los días húmedos (Prec. > 1,0mm).	R99P (# días)
	Precipitación total anual/ días con lluvia al año con precipitación > 1,0mm.	SDII (mm/día)
	Máximo mensual de precipitación en 1 día	Rx1day (mm)
Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	Rx5day (mm)	
Asociados al comportamiento de las temperaturas mínima y máxima	Diferencia media mensual entre la temperatura máxima y la temperatura mínima	DTR (°C)
Asociados al comportamiento de la temperatura mínima (temperatura en la noche).	Porcentaje de días con temperatura mínima menor al Percentil 10 (Noches frías).	TN10p (%)
	Porcentaje de días con temperatura mínima mayor al Percentil 90 (Noches calientes).	TN90p (%)
	Temperatura nocturna mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria.	TNN (°C)
	Temperatura nocturna máxima: Valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria.	TNX (°C)
	Conteo anual de días (por lo menos 6 días consecutivos) en que la temperatura mínima (TN) < percentil 10 (duración de periodos fríos).	CSDI (# días)
	Días de heladas: Número de días en un año en el que la temperatura mínima fue menor a 0°C	FD0 (# días)
	Noches tropicales: Número de días en un año en el que la temperatura mínima fue mayor a 20°C	TR20 (# días)
	Valor promedio de la temperatura mínima	TMINmean (°C)
Asociados al comportamiento de la temperatura máxima (temperatura en el día).	Porcentaje de días con temperatura máxima menor al Percentil 10 (Días fríos).	TX10p (%)
	Porcentaje de días con temperatura máxima mayor al Percentil 90 (Días calientes).	TX90p (%)
	Temperatura mínima durante el día: Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria.	TXN (°C)
	Temperatura máxima durante el día: Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria.	TXX (°C)
	Conteo anual de días (por lo menos 6 días consecutivos) en que la temperatura máxima (TX) > percentil 90 (duración de periodos calientes).	WSDI (# días)
	Días de verano: Número de días en un año en el que la temperatura máxima fue mayor a 25°C	SU25 (# días)
	Valor promedio de la temperatura máxima	TMAXmean (°C)

Para el presente estudio se trabajó con los 17 índices básicos utilizados para los análisis de tendencias climáticas y eventos climáticos extremos (Tabla 2). Esta selección se hizo debido a que, al ser un análisis a nivel nacional, algunos de los índices mencionados no aplican para algunas zonas del país (por ejemplo r10mm, tr20, etc.), y por lo tanto no se podría realizar una comparación o análisis en detalle.

Tabla 2. Listado de índices utilizados en el estudio para la evaluación y el análisis de tendencias climáticas y eventos climáticos extremos.

CRITERIO DE AGRUPACIÓN	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE
Asociados al comportamiento de la precipitación.	Mayor número de días secos consecutivos en un año.	CDD (# días)
	Precipitación total al año.	PRCPTOT (mm)
	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 95 para los días húmedos (Prec. > 1,0mm).	R95P (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 99 para los días húmedos (Prec. > 1,0mm).	R99P (# días)
	Máximo mensual de precipitación en 1 día	Rx1day (mm)
	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	Rx5day (mm)
Asociados al comportamiento de las temperaturas mínima y máxima	Diferencia media mensual entre la temperatura máxima y la temperatura mínima	DTR (°C)
Asociados al comportamiento de la temperatura mínima (temperatura en la noche).	Porcentaje de días con temperatura mínima menor al Percentil 10 (Noches frías).	TN10p (%)
	Porcentaje de días con temperatura mínima mayor al Percentil 90 (Noches calientes).	TN90p (%)
	Temperatura nocturna mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria.	TNN (°C)
	Temperatura nocturna máxima: Valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria.	TNX (°C)
	Valor promedio de la temperatura mínima	TMINmean (°C)
Asociados al comportamiento de la temperatura máxima (temperatura en el día).	Porcentaje de días con temperatura máxima menor al Percentil 10 (Días fríos).	TX10p (%)
	Porcentaje de días con temperatura máxima mayor al Percentil 90 (Días calientes).	TX90p (%)
	Temperatura mínima durante el día: Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria.	TXN (°C)
	Temperatura máxima durante el día: Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria.	TXX (°C)
	Valor promedio de la temperatura máxima	TMAXmean (°C)

La forma de cálculo de estos índices es la siguiente¹:

- CDD (Mayor número de días secos consecutivos en un año)

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i del año j . El índice consiste en la mayor cantidad de días consecutivos donde:

$$RR_{ij} < 1mm$$

¹ Fuente: ETCCDI (http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)

- PRCPTOT (Precipitación total al año)

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i del año j , e I es el número total de días del año j . El índice se calcula como:

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

- R95p (Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 95 para los días húmedos -Prec. > 1,0mm-)

Sea RR_{wj} la cantidad diaria de precipitación de un día húmedo (con precipitación mayor e igual a 1mm) en el año j ; sea RR_{wn95} el percentil 95 de precipitación en los días húmedos de todo el periodo de estudio (en este caso, 2000-2015), y sea W el número de días húmedos en el periodo, entonces:

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

- R99p (Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 99 para los días húmedos -Prec. > 1,0mm-)

Sea RR_{wj} la cantidad diaria de precipitación de un día húmedo (con precipitación mayor e igual a 1mm) en el año j ; sea RR_{wn99} el percentil 99 de precipitación en los días húmedos de todo el periodo de estudio (en este caso, 2000-2015), y sea W el número de días húmedos en el periodo, entonces:

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

- Rx1day (Máximo mensual de precipitación en 1 día)

Sea RR_{ij} la cantidad diaria de precipitación en el día i del año j . Entonces los valores máximos de 1 día para el periodo j son:

$$rx1day = \max(RR_{ij})$$

- Rx5day (Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos)

Sea RR_{kj} la cantidad diaria de precipitación en el intervalo de 5 días que termina en el día k del año j . Entonces los valores máximos de 5 días consecutivos para el periodo j son:

$$rx5day = \max(RR_{kj})$$

- DTR (Diferencia media mensual entre la temperatura máxima y la temperatura mínima)

Sean Tx_{ij} y Tn_{ij} las temperaturas diarias máximas y mínimas respectivamente en el día i del año j , e I es el número total de días del año j . El índice se calcula como:

$$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (Tx_{ij} - Tn_{ij})}{I}$$

- Tn10p (Porcentaje de días con temperatura mínima menor al Percentil 10 -Noches frías-)

Sea Tn_{ij} la temperatura diaria mínima en el día i del año j , y sea $Tn_{in}10$ el día calendario del percentil 10 centrado en una ventana de 5-días. El cálculo del porcentaje del tiempo se determina donde:

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

- Tn90p (Porcentaje de días con temperatura mínima mayor al Percentil 90 -Noches calientes-)

Sea Tn_{ij} la temperatura diaria mínima en el día i del año j , y sea $Tn_{in}90$ el día calendario del percentil 90 centrado en una ventana de 5-días. El cálculo del porcentaje del tiempo se determina donde:

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

- TNn (Temperatura nocturna mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria)

Sea Tn_{kj} la temperatura mínima diaria en el mes k del año j . Entonces el valor mínimo de la temperatura mínima diaria en cada mes es:

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

- TNx (Temperatura nocturna máxima: Valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria)

Sea Tn_{kj} la temperatura mínima diaria en el mes k del año j . Entonces el valor máximo de la temperatura mínima diaria en cada mes es:

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

- Tx10p (Porcentaje de días con temperatura máxima menor al Percentil 10 -Días fríos-)

Sea Tx_{ij} la temperatura diaria máxima en el día i del año j , y sea Tx_{in10} el día calendario del percentil 10 centrado en una ventana de 5-días. El cálculo del porcentaje del tiempo se determina donde:

$$Tx_{ij} < Tx_{in10}$$

- Tx90p (Porcentaje de días con temperatura máxima mayor al Percentil 90 -Días calientes-)

Sea Tx_{ij} la temperatura diaria máxima en el día i del año j , y sea Tx_{in90} el día calendario del percentil 90 centrado en una ventana de 5-días. El cálculo del porcentaje del tiempo se determina donde:

$$Tx_{ij} > Tx_{in90}$$

- TXn (Temperatura mínima durante el día: Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria)

Sea Tx_{kj} la temperatura máxima diaria en el mes k del año j . Entonces el valor mínimo de la temperatura máxima diaria en cada mes es:

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

- TXx (Temperatura máxima durante el día: Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria)

Sea Tx_{kj} la temperatura mínima diaria en el mes k del año j . Entonces el valor máximo de la temperatura máxima diaria en cada mes es:

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

Nivel de Significancia Estadística

El nivel de significancia de cualquier tipo de datos en un análisis estadístico se define como el nivel de confianza que se puede tener con ellos (Armenta & Ruiz, 2012). Para el caso de estudio, los índices obtenidos con RClimdex generan un valor llamado *p value*, el cual es el nivel de confianza de estos índices. Para que los datos puedan ser considerados como representativos, se debe tener un nivel de confianza de al menos el 80%, es decir, en 80 de 100 casos los datos representan de forma adecuada el evento que se está analizando. Este *p value* indica el porcentaje de error que tienen estos índices. Por ejemplo, un *p value* de 0.05 indica que los datos tienen una confianza del 95%, mientras que uno de 0.7 apenas tienen un nivel de confianza del 30%. En el análisis de los índices se tomaron como significativos aquellos índices con un *p value* menor o igual a 0.2.

Para el presente estudio, se analizaron los resultados obtenidos tomando 3 niveles de confianza estadística: 85%, 90% y 95%, con el fin de comparar la cantidad de estaciones y los valores de los índices con estos niveles de confianza.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis para diversas estaciones en las provincias del Ecuador. Cabe anotar que, para los índices, en algunas provincias no hubo estaciones con datos suficientes y/o confiables para realizar el análisis y cálculo de los mismos, y por lo tanto para esas zonas no se puede inferir alguna tendencia climática o el comportamiento de los eventos extremos en las mismas. De igual forma, en los mapas de resultados no se tuvieron en cuenta los valores de los índices para los cuales la significancia estadística o nivel de confianza no fueran superiores a los umbrales seleccionados (85%, 90% y 95%).

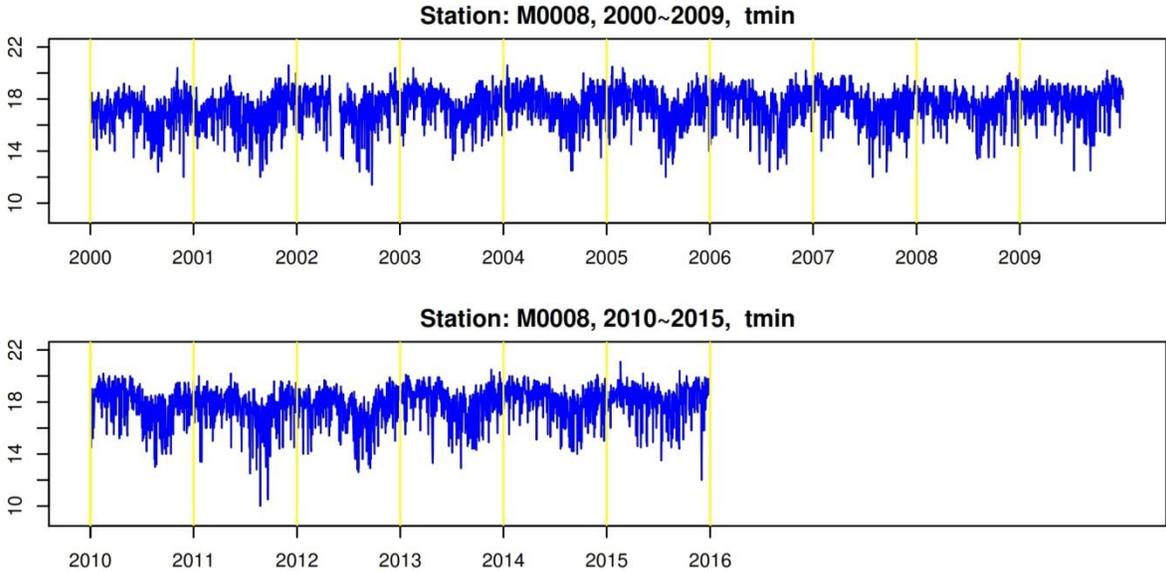
Selección de las series de estaciones a utilizar

En un primer listado general, sin revisar cantidad de datos faltantes y sin realizar control de calidad a las series, se encontró información existente de precipitación para 478 estaciones, 199 de temperatura máxima y 200 de temperatura mínima. Una vez realizados los primeros filtros, se encontró que la cantidad de estaciones con el 85% de información completa son menos del 50%. Para precipitación, quedaron 196 estaciones (41% del total), y 59 para las temperaturas máxima y mínima (33% del total) (Figura 2).

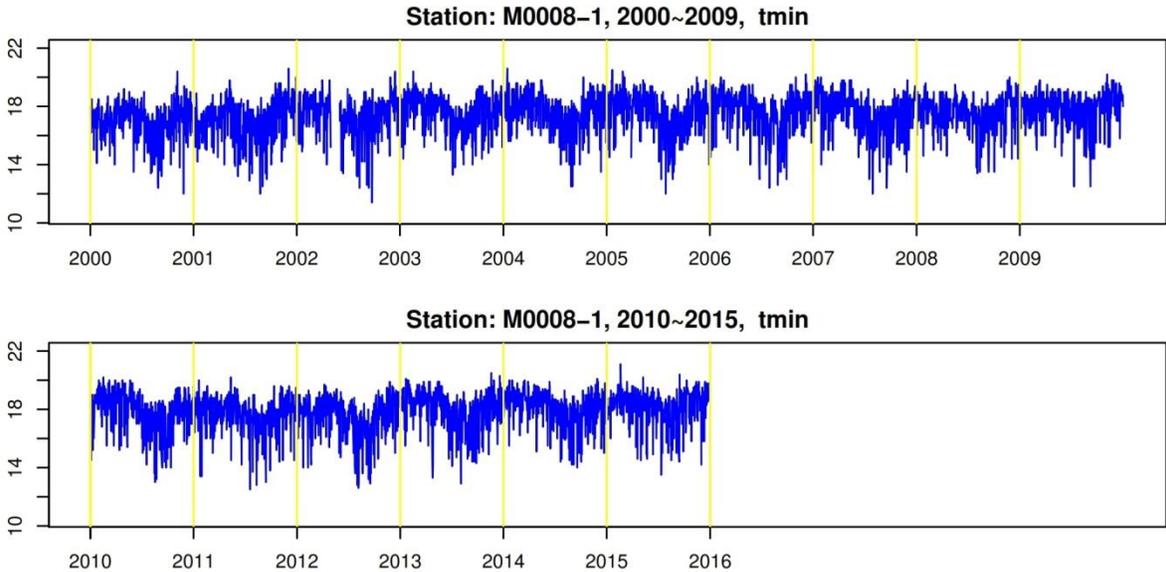
Con este listado de estaciones, se procedió a realizar el control de calidad y los test de homogeneidad respectivos. Para ello, se utilizaron las herramientas AndesQC y ExtraQC (Que hace parte de la herramienta RClimdex). AndesQC realiza una revisión básica de las series, indicando datos con errores de digitación, valores incongruentes (por ejemplo temperaturas mínimas superiores a las máximas), etc. (Aguilar, Peterson, Brunet, Vazquez-Aguirre, & coautores, 2005). La herramienta marca los días en los que halla estos errores y, según el caso, cambia los registros a valores faltantes, con el fin de que no incidan en los análisis a realizar con RClimdex. Por otra parte, con ExtraQC se realiza una segunda revisión de los datos, más enfocada hacia los valores atípicos u outliers. Esta herramienta, a diferencia de AndesQC, no realiza cambios en la series originales, sino que en archivos separados indica los posibles registros erróneos, y deja a elección del usuario modificarlos o no. A manera de ejemplo, se presentan las series de temperatura mínima de la estación Puyo (M0008). La Figura 1 muestra las series original (sin el control de calidad) y después del control de calidad de la temperatura mínima para el periodo 2000-2015. En ella se aprecia que en la serie original hay valores atípicos en 2011 y 2015, los cuales, después del control de calidad, son corregidos, generando una serie homogénea.

De este filtro secundario, finalmente quedaron series diarias confiables de precipitación para 125 estaciones y de temperaturas máxima y mínima para 36 estaciones (Figura 3).

El listado de estaciones con los valores de los índices calculados y los *P Value* se encuentra en los Anexos I, II y III.



(a)



(b)

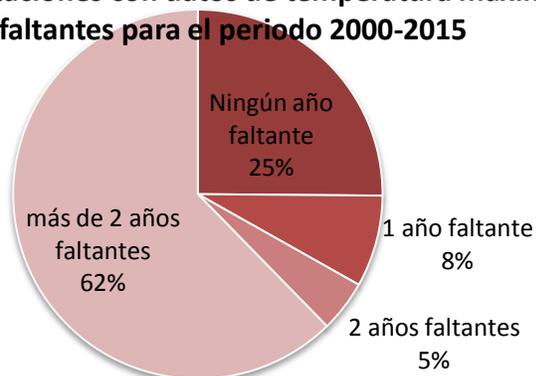
Figura 1. Series de temperatura mínima antes del control de calidad (a) y después del mismo (b), para la estación Puyo (M0008) en el periodo 2000-2015.

Porcentaje de estaciones con datos de precipitación con años faltantes para el periodo 2000-2015



(a)

Porcentaje de estaciones con datos de temperatura máxima con años faltantes para el periodo 2000-2015



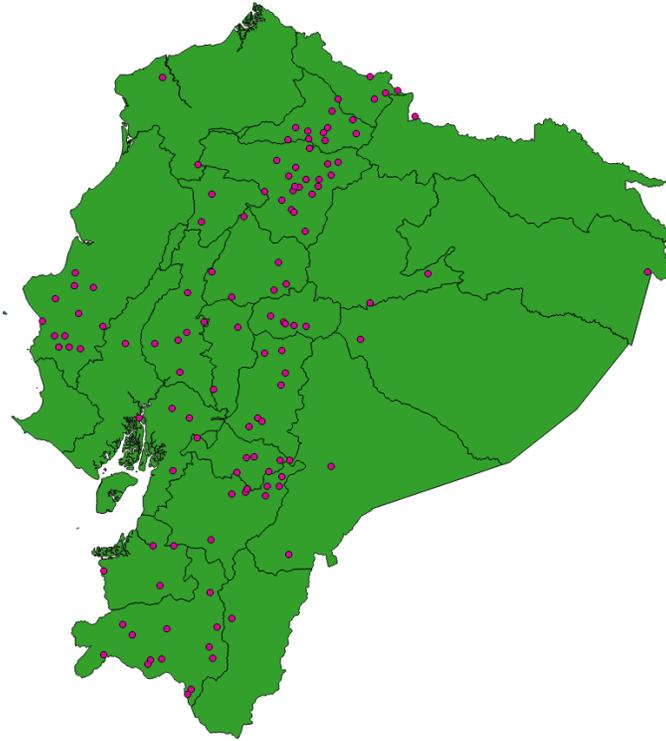
(b)

Porcentaje de estaciones con datos de temperatura mínima con años faltantes para el periodo 2000-2015

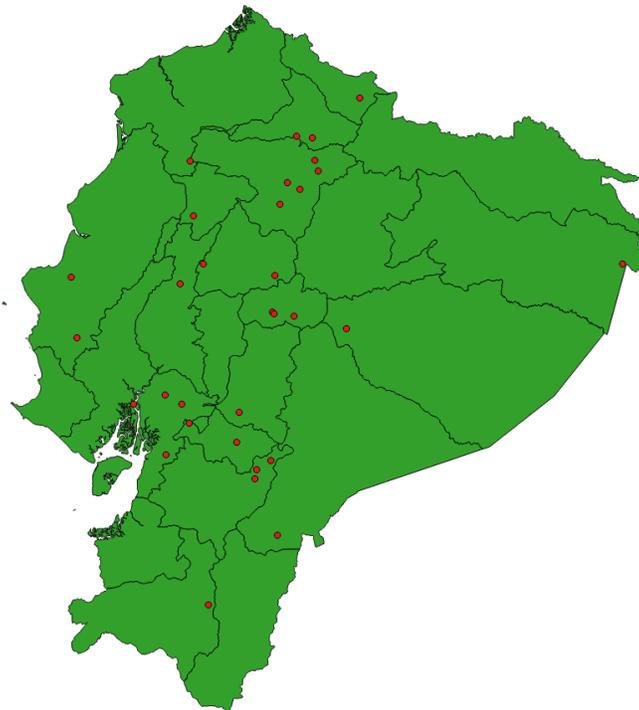


(c)

Figura 2. Porcentaje de estaciones con datos diarios faltantes para las variables: precipitación (a), temperatura máxima (b) y temperatura mínima (c), para el periodo 2000-2015.



Precipitación



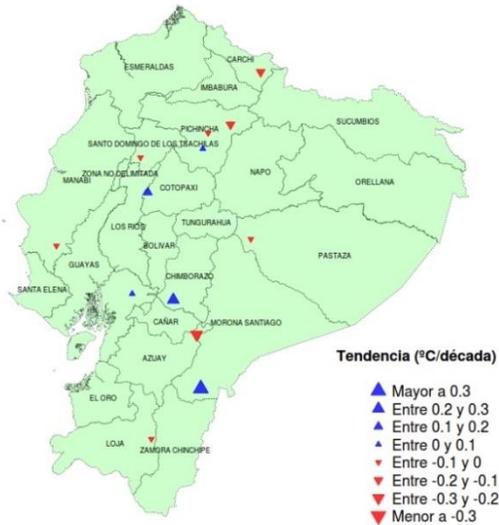
Temperaturas Máxima y Mínima

Figura 3. Distribución de las estaciones con datos confiables de precipitación (arriba) y temperaturas máxima y mínima (abajo) para el periodo 2000-2015 utilizadas en el estudio.

Análisis de tendencias climáticas y eventos climáticos extremos

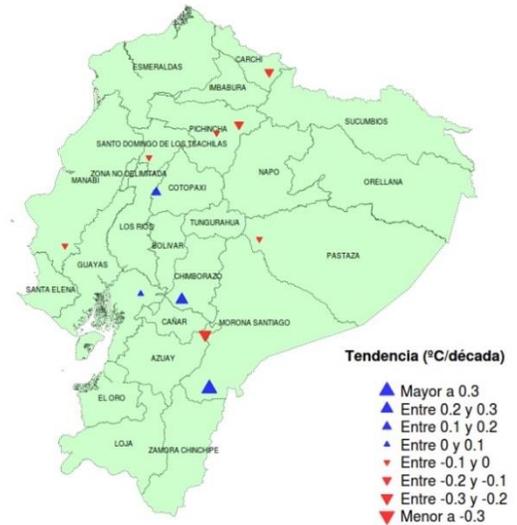
Al analizar el comportamiento de las temperaturas máxima y mínima, en general se aprecia que éstas han venido incrementándose en los últimos años. Las diferencias entre ambas temperaturas se han venido incrementando en las estaciones de la Sierra, mientras que las del occidente de la Amazonia la tendencia es a disminución (Figura 4).

Diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima (Índice DTR)



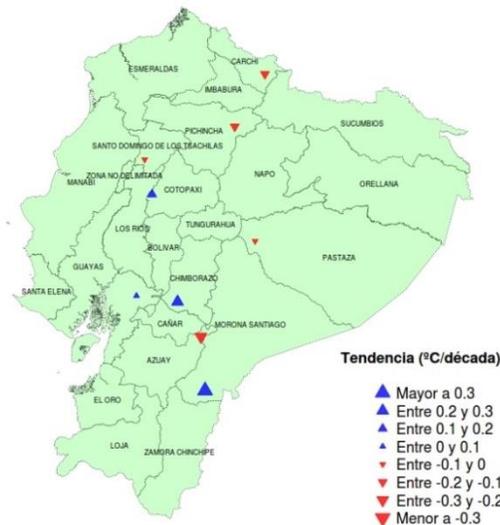
Nivel de confianza: 85%

Diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima (Índice DTR)



Nivel de confianza: 90%

Diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima (Índice DTR)



Nivel de confianza: 95%

Figura 4. Tendencia de la diferencia anual entre la temperatura máxima y la temperatura mínima (índice dtr).

Para la temperatura mínima, se observan aumentos del orden de $0,1^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en los valores medios anuales para gran parte del territorio, siendo superiores a $0,2^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en la costa, específicamente en la estación ubicada en Manabí (Figura 5).

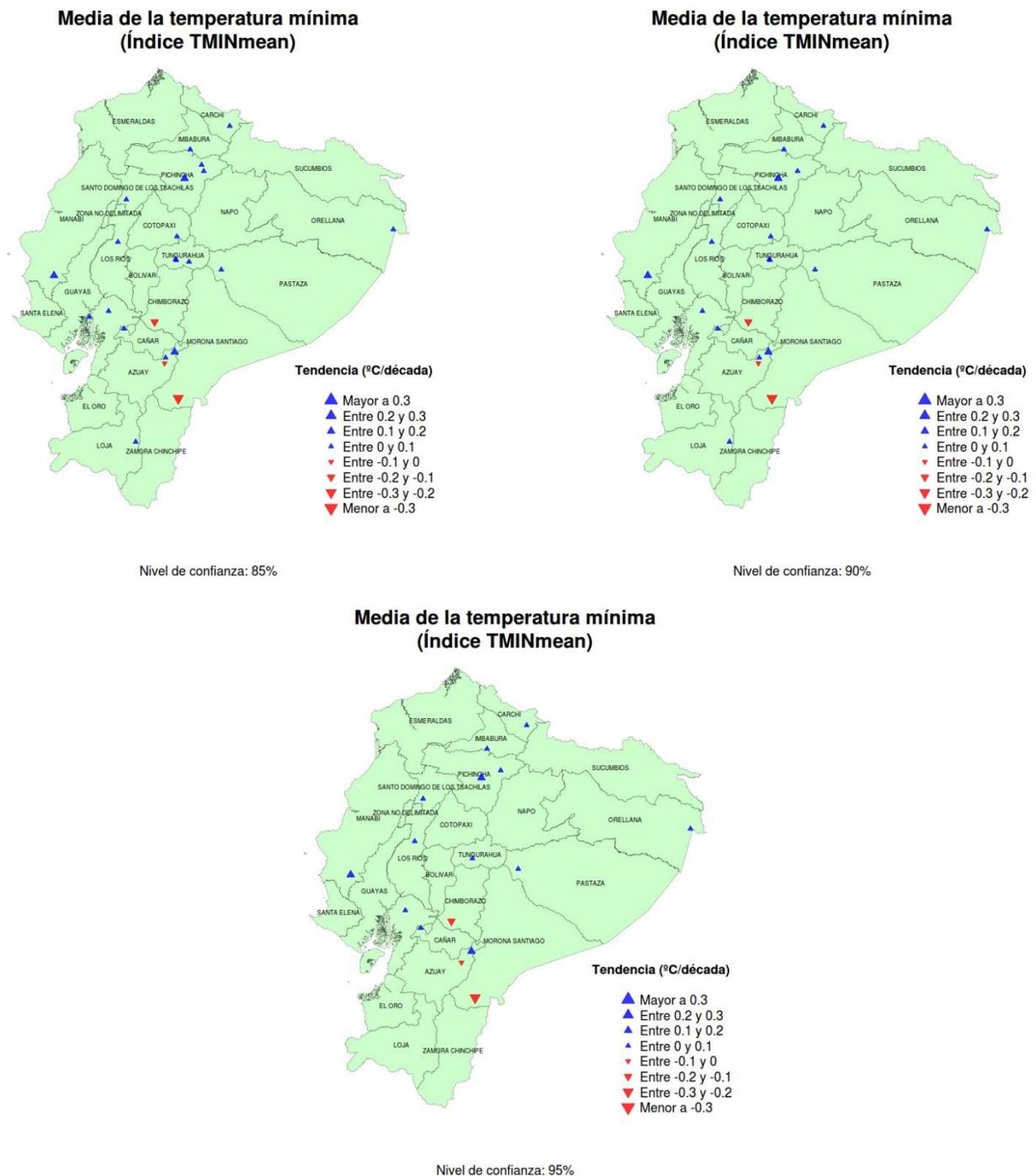


Figura 5. Tendencia del valor medio anual de la temperatura mínima (índice TMINmean).

Los valores mínimos de esta variable presentan incrementos más altos que los de los valores medios anuales, siendo superiores a $0,2^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en las estaciones que se encuentran en Loja y Manabí, y entre $0,2$ y $0,1^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para las del centro de la Costa, el Oriente y las de parte del centro y norte de la Sierra (Figura 6), mientras que los valores máximos de la variable presentan aumentos de $0,1^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para las estaciones de la Costa y la de Pichincha (Figura 7).

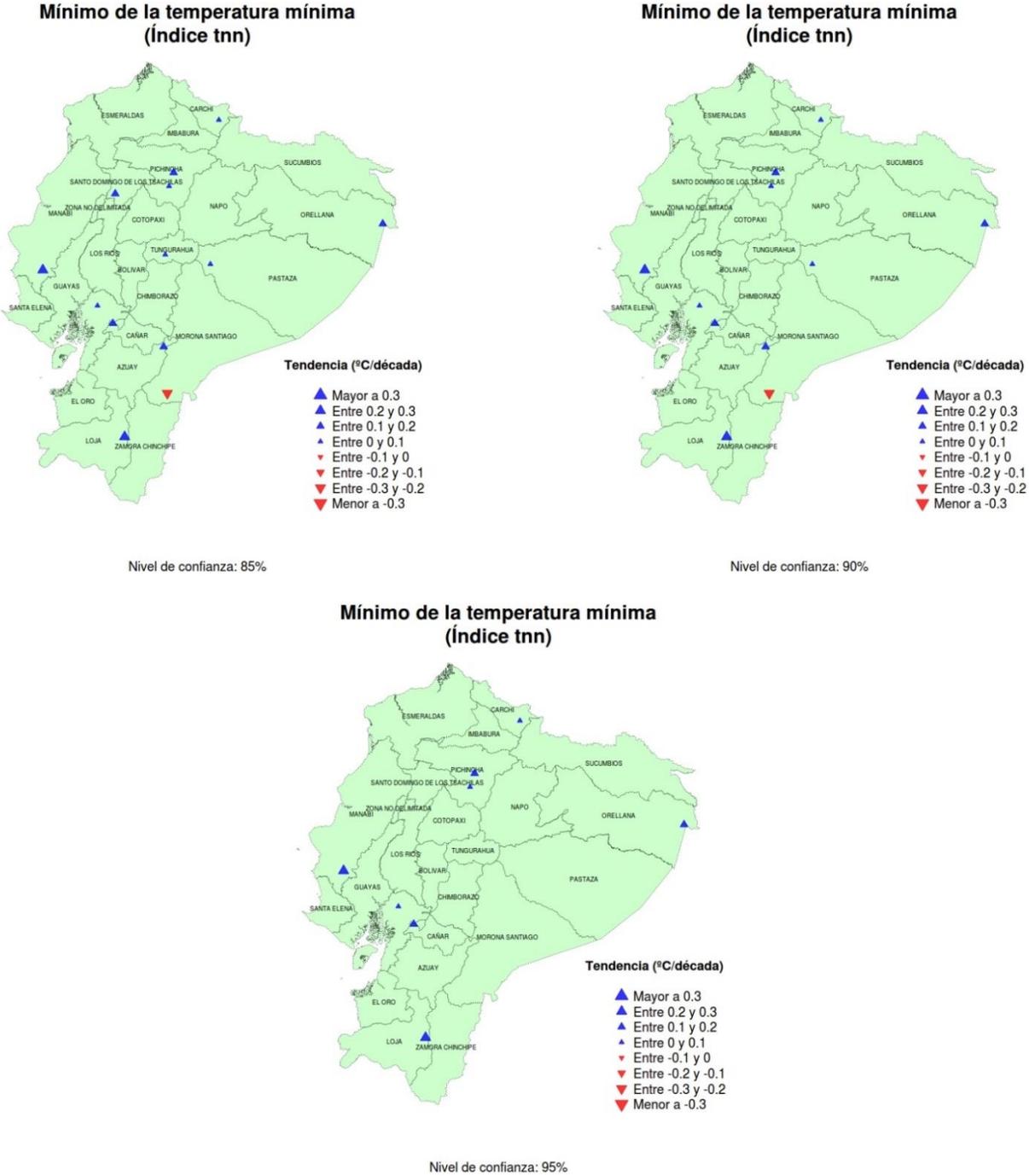
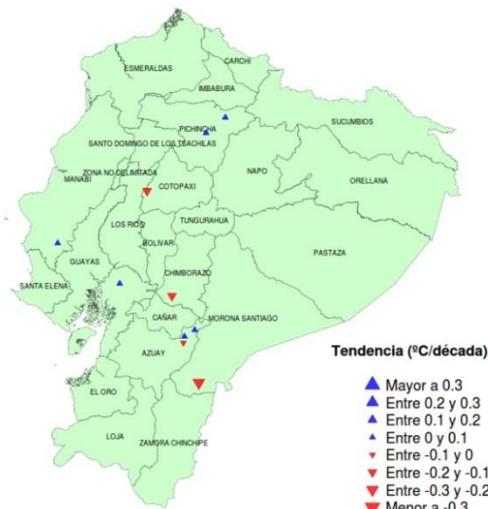


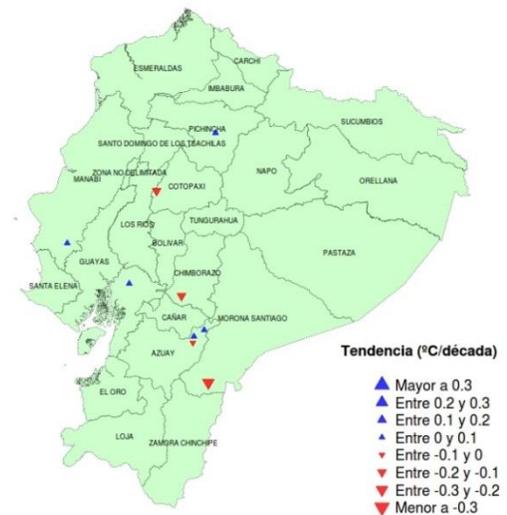
Figura 6. Tendencia del valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria (índice tnn).

**Máximo de la temperatura mínima
(Índice tnx)**



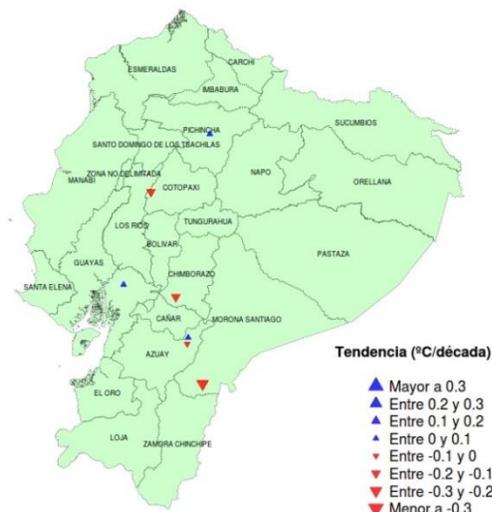
Nivel de confianza: 85%

**Máximo de la temperatura mínima
(Índice tnx)**



Nivel de confianza: 90%

**Máximo de la temperatura mínima
(Índice tnx)**

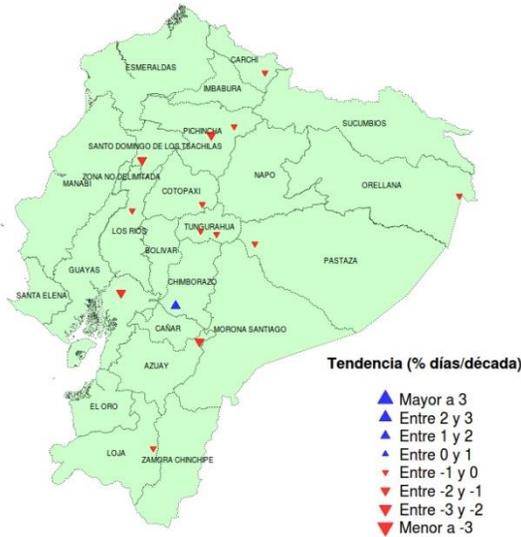


Nivel de confianza: 95%

Figura 7. Tendencia del valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria (índice tnx).

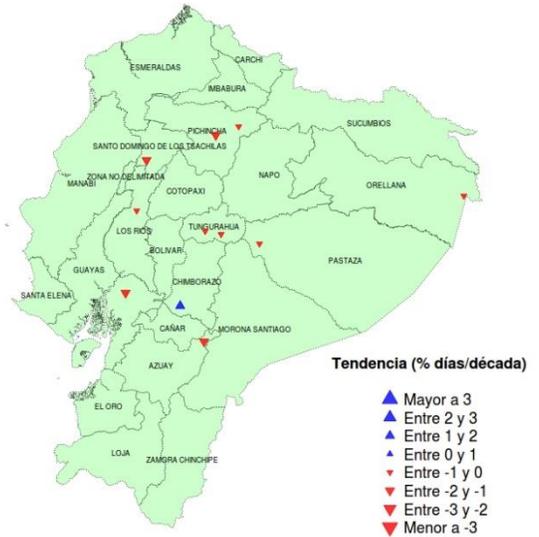
El número de noches frías o con temperaturas mínimas atípicas (inferiores al percentil 10) presentan reducciones para la mayor parte de Ecuador, siendo del orden del 2% para las estaciones del centro de la Costa y la que se encuentra en Azuay (Figura 8). De manera análoga al comportamiento de la temperatura mínima, el número de eventos noches calientes o con temperaturas superiores al percentil 90 presenta incrementos, del orden del 1-2% por década para las estaciones del oriente de la Costa, las del norte de la Sierra y la que se ubica en Pastaza (Figura 9).

Porcentaje de días donde la temperatura mínima es menor al percentil 10 -Noches frías- (Índice tn10p)



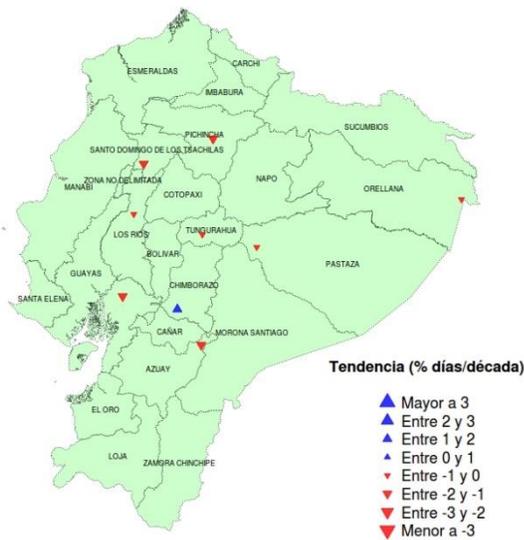
Nivel de confianza: 85%

Porcentaje de días donde la temperatura mínima es menor al percentil 10 -Noches frías- (Índice tn10p)



Nivel de confianza: 90%

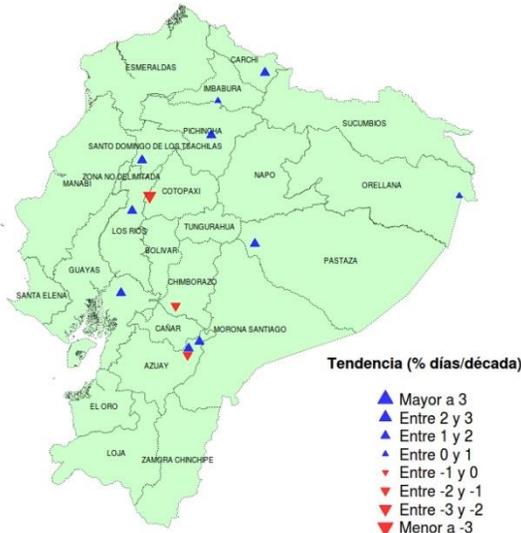
Porcentaje de días donde la temperatura mínima es menor al percentil 10 -Noches frías- (Índice tn10p)



Nivel de confianza: 95%

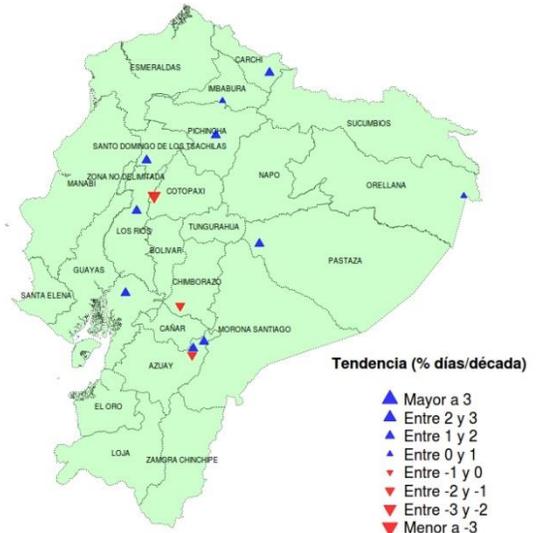
Figura 8. Tendencia del porcentaje de noches frías (índice tn10p).

Porcentaje de días donde la temperatura mínima es mayor al percentil 90 -Noches calientes- (Índice tn90p)



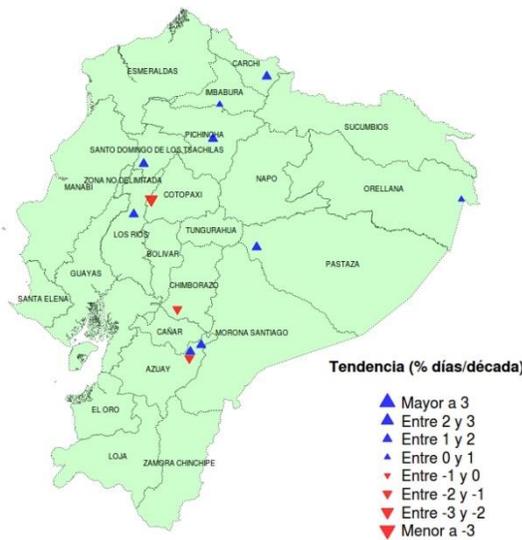
Nivel de confianza: 85%

Porcentaje de días donde la temperatura mínima es mayor al percentil 90 -Noches calientes- (Índice tn90p)



Nivel de confianza: 90%

Porcentaje de días donde la temperatura mínima es mayor al percentil 90 -Noches calientes- (Índice tn90p)

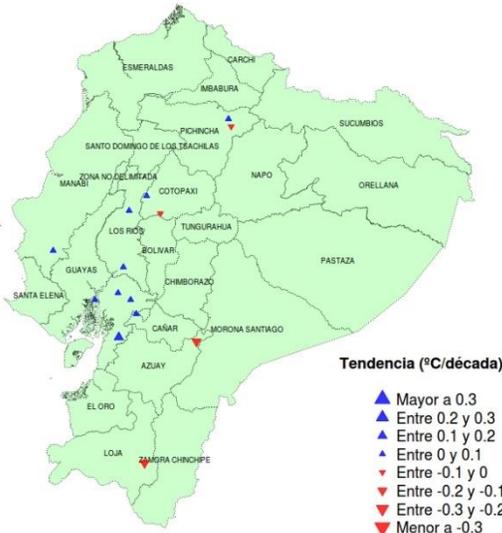


Nivel de confianza: 95%

Figura 9. Tendencia del porcentaje de noches calientes (índice tn90p).

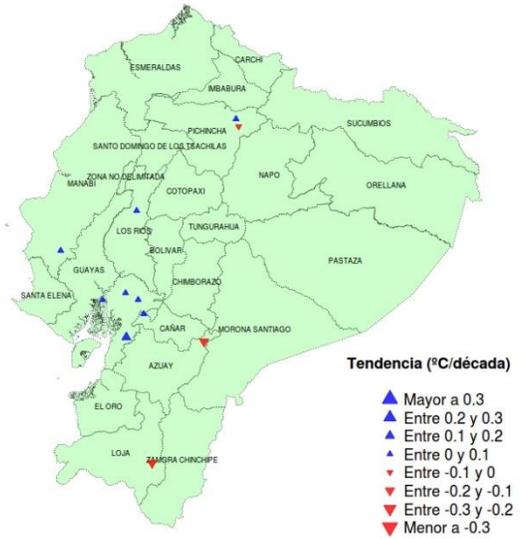
Para la temperatura máxima son pocas las estaciones cuyos índices tienen una significancia estadística igual o superior al 85%. Entre los resultados que se encuentran, se observa el incremento en los valores medios anuales de esta variable, siendo del orden de 0,1°C/década en las estaciones de Manabí, El Cañar, Los Ríos y Morona Santiago, y superiores a este valor en Guayas (Figura 10).

**Media de la temperatura máxima
(Índice TMAXmean)**



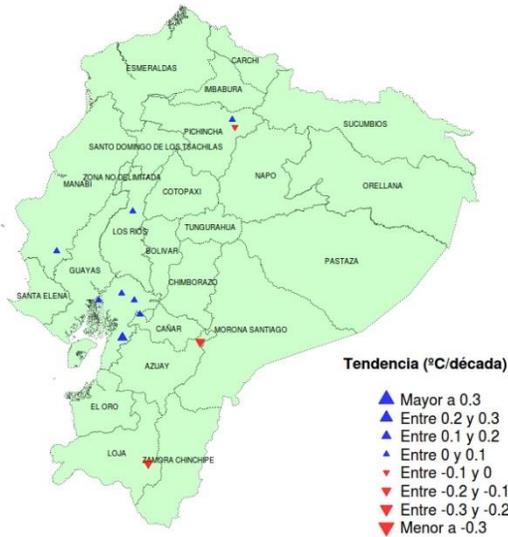
Nivel de confianza: 85%

**Media de la temperatura máxima
(Índice TMAXmean)**



Nivel de confianza: 90%

**Media de la temperatura máxima
(Índice TMAXmean)**

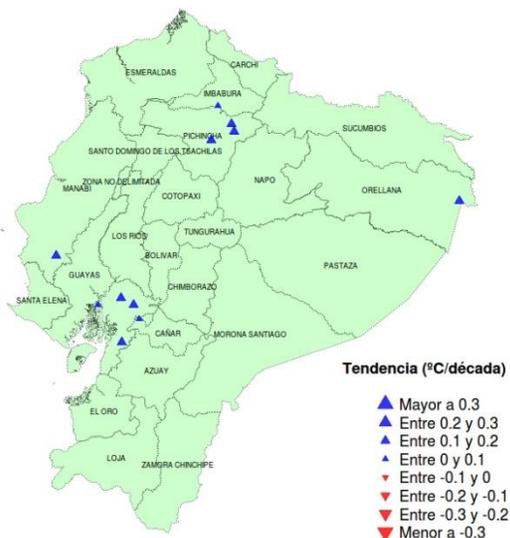


Nivel de confianza: 95%

Figura 10. Tendencia del valor medio anual de la temperatura máxima (índice TMAXmean).

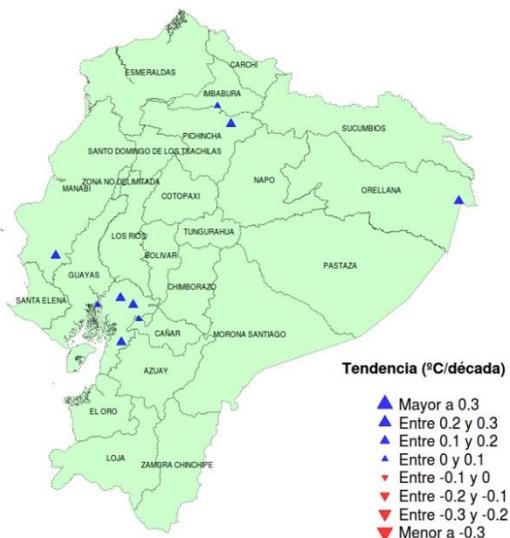
Los valores mínimos y máximos de esta temperatura también presentan incrementos, siendo para los valores mínimos del orden de 0,1 a 0,2°C/década en las estaciones que se encuentran en las provincias de Los Ríos, Pichincha y Orellana (Figura 11); y para los valores máximos superiores a 0,2°C/década en Chimborazo, entre 0,1 y 0,2°C/década en Pichincha y del orden de 0,1°C/década en la estación ubicada en Guayas (Figura 12).

**Mínimo de la temperatura máxima
(Índice txn)**



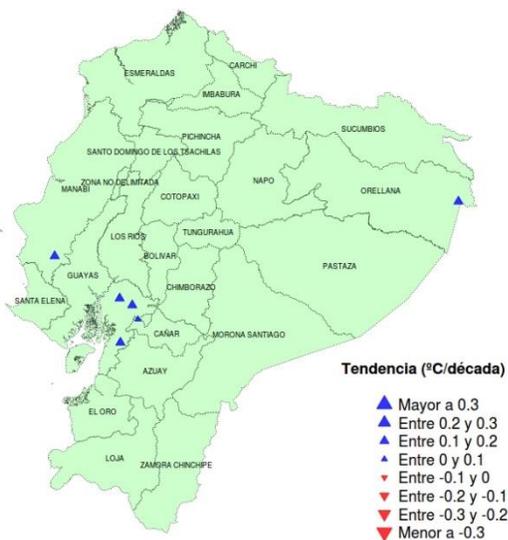
Nivel de confianza: 85%

**Mínimo de la temperatura máxima
(Índice txn)**



Nivel de confianza: 90%

**Mínimo de la temperatura máxima
(Índice txn)**



Nivel de confianza: 95%

Figura 11. Tendencia del valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria (índice txn).

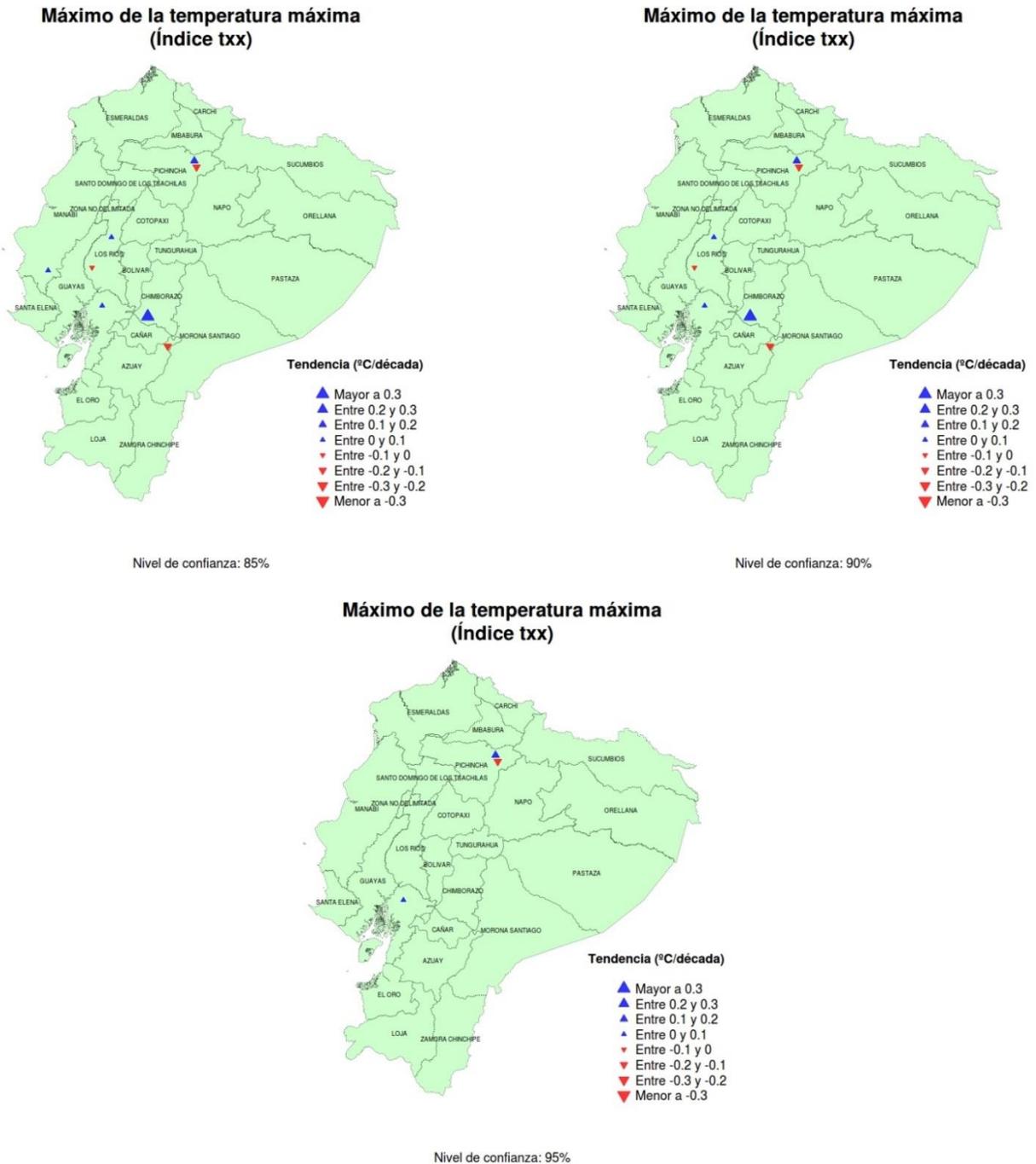
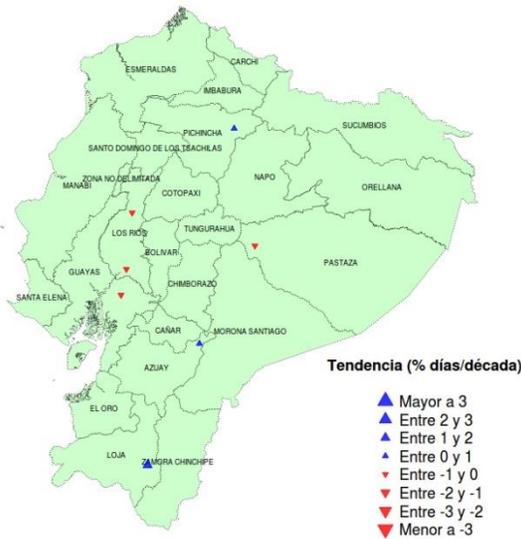


Figura 12. Tendencia del valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria (índice txx).

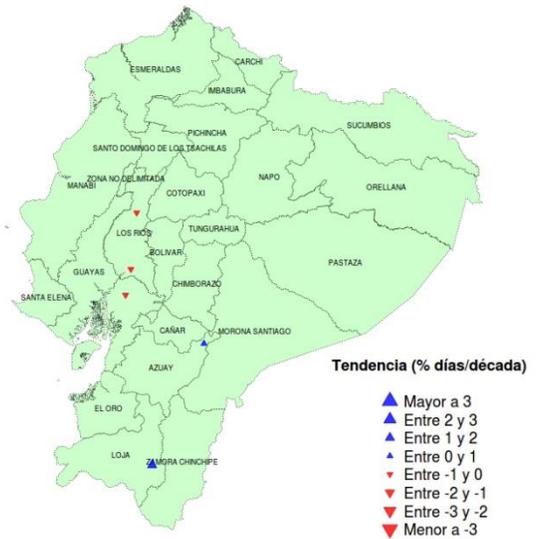
De forma análoga con las noches frías, los días fríos o con temperaturas máximas inferiores al percentil 10 se están reduciendo, del orden del 1% por década para las estaciones de las provincias de Guayas y Los Ríos (Figura 13); y los días calientes o con valores de temperatura máxima superiores al percentil 90 se vienen incrementando en las estaciones ubicadas en Cotopaxi, Los Ríos y Guayas, con valores del orden de 0,1°C/década (Figura 14).

Porcentaje de días donde la temperatura máxima es menor al percentil 10 -Días fríos- (Índice tx10p)



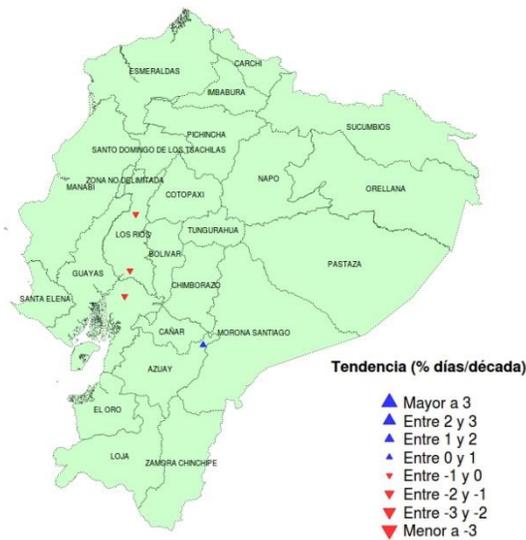
Nivel de confianza: 85%

Porcentaje de días donde la temperatura máxima es menor al percentil 10 -Días fríos- (Índice tx10p)



Nivel de confianza: 90%

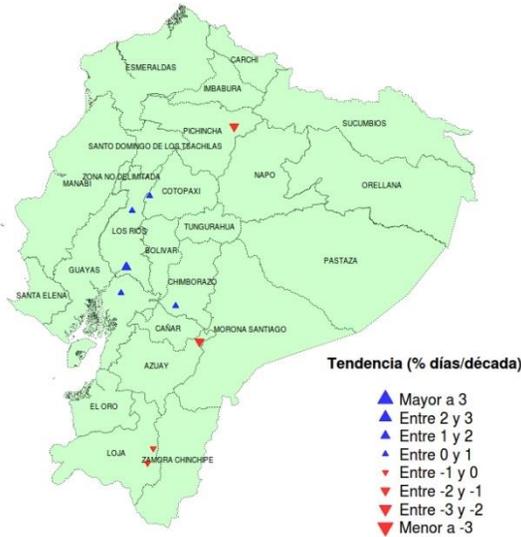
Porcentaje de días donde la temperatura máxima es menor al percentil 10 -Días fríos- (Índice tx10p)



Nivel de confianza: 95%

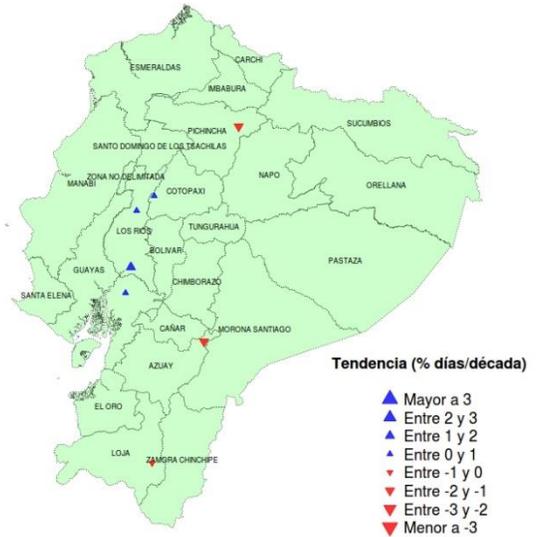
Figura 13. Tendencia del porcentaje de días fríos (índice tx10p).

Porcentaje de días donde la temperatura máxima es mayor al percentil 90 -Días calientes- (Índice tx90p)



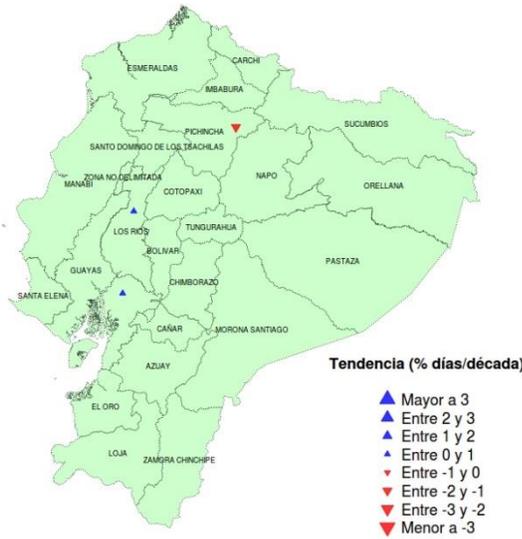
Nivel de confianza: 85%

Porcentaje de días donde la temperatura máxima es mayor al percentil 90 -Días calientes- (Índice tx90p)



Nivel de confianza: 90%

Porcentaje de días donde la temperatura máxima es mayor al percentil 90 -Días calientes- (Índice tx90p)



Nivel de confianza: 95%

Figura 14. Tendencia del porcentaje de días calientes (índice tx90p).

Para Precipitación, la tendencia anual es hacia el aumento en la mayor parte del país, siendo los mayores incrementos (superiores a 20 mm/década) en las estaciones ubicadas al este de la Costa, en Sucumbíos y en El Oro; mientras que en las estaciones de Loja y Cotopaxi se aprecia una tendencia hacia la disminución en más de 20 mm/década (Figura 15).

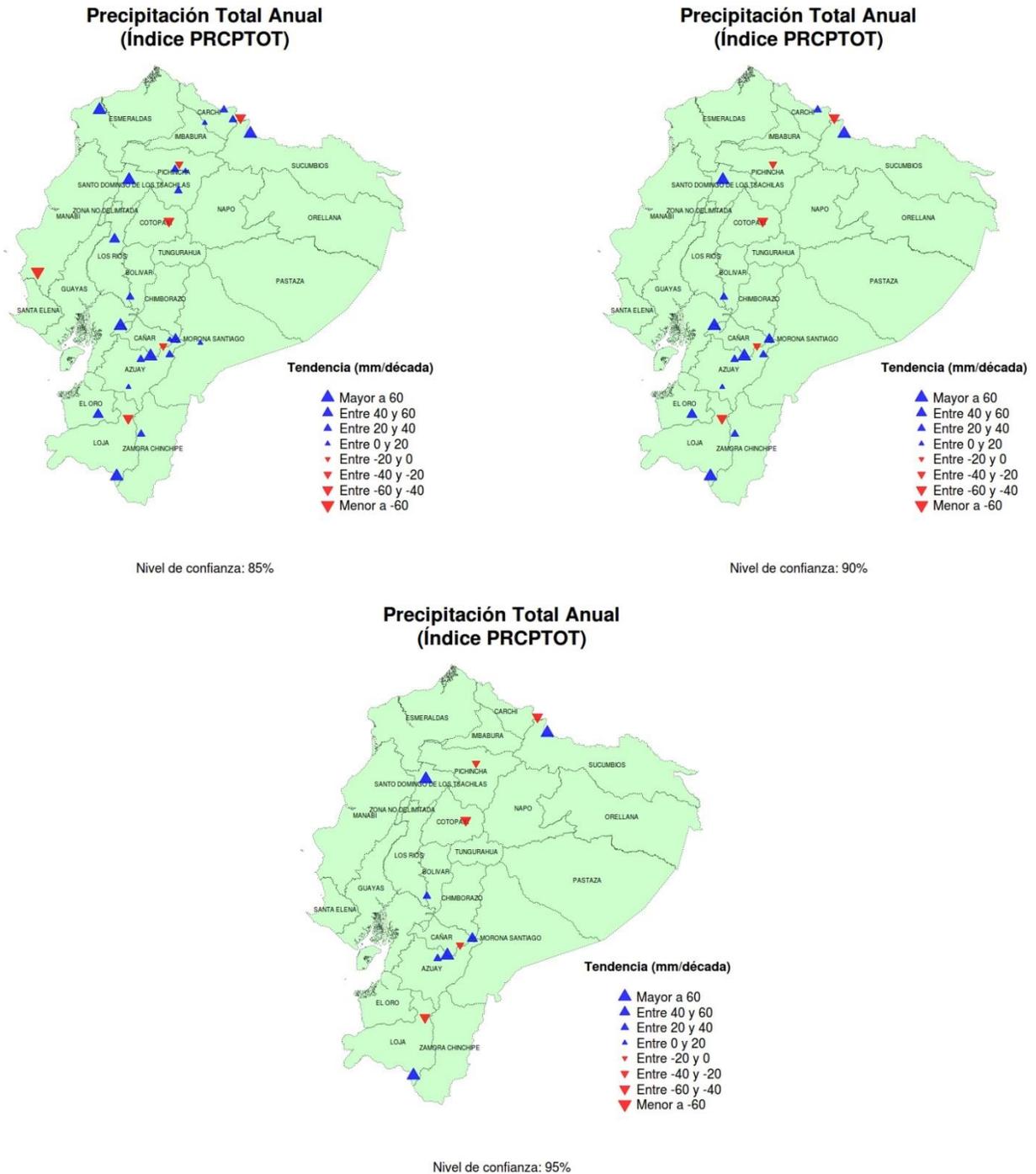


Figura 15. Tendencia del total de precipitación anual (índice PRCP TOT).

Los valores máximos de precipitación en un día también presentan reducciones de 2 mm/década o más para las estaciones de la franja central del país. En las estaciones de Pichincha, Sucumbíos y Loja, el comportamiento que se presenta es con una tendencia a aumento, con valores entre 2 y 6 mm/década (Figura 16).

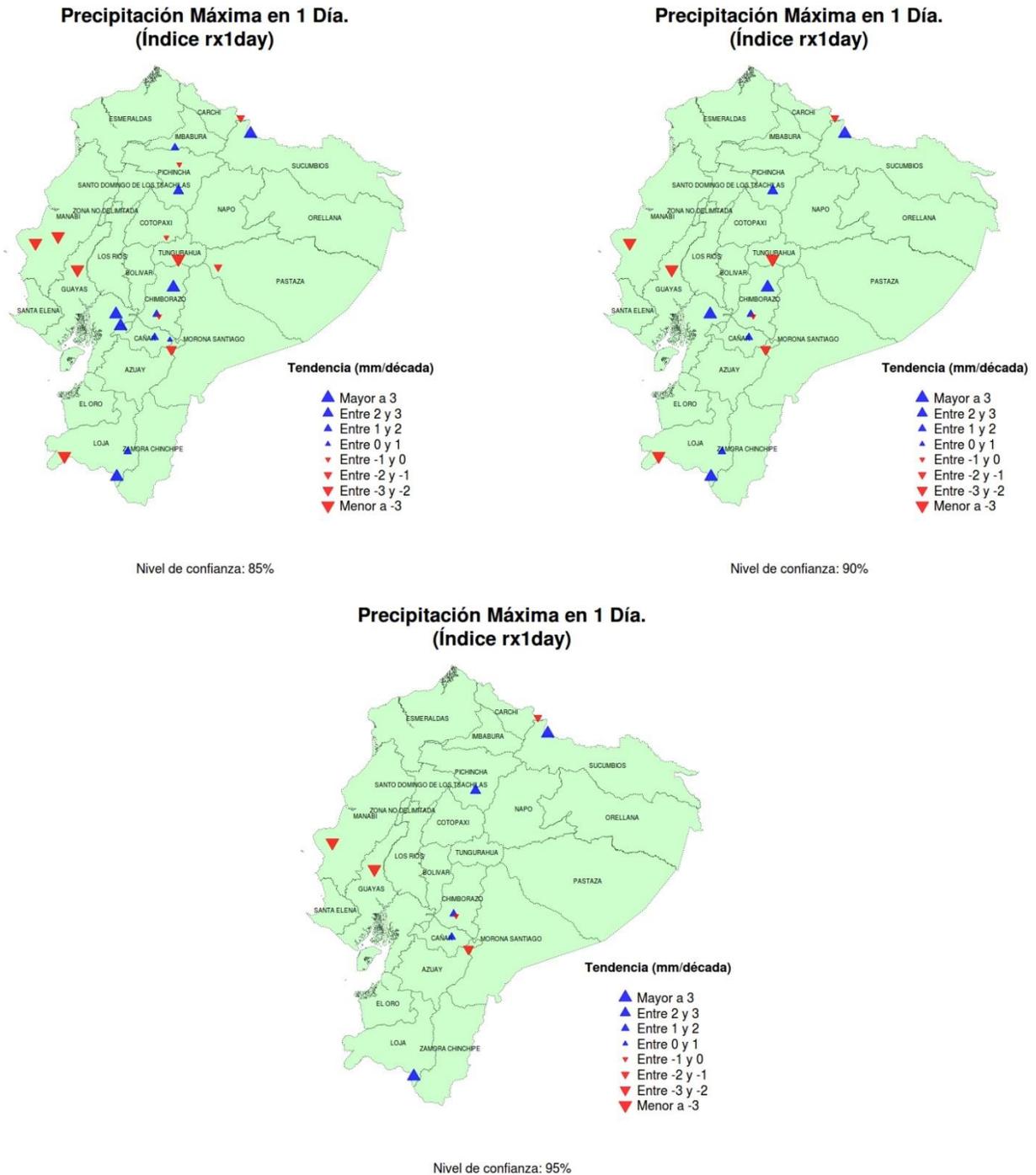
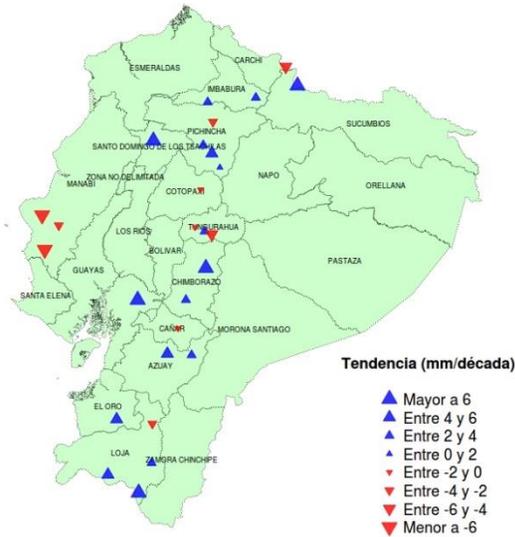


Figura 16. Tendencia del máximo mensual de precipitación en 1 día (índice rx1day).

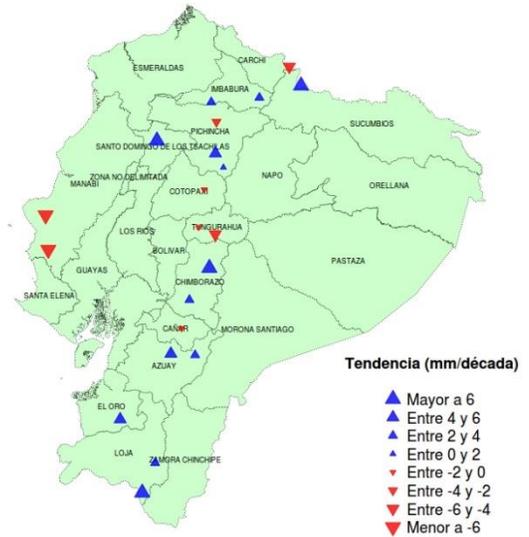
Por otra parte, los valores máximos de precipitación para 5 días consecutivos muestran un aumento entre 4 y 13 mm/década para las estaciones del sur de la Sierra, el norte de la Amazonia, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas; mientras que las reducciones son de 4 a 8 mm/década en las estaciones ubicadas en Manabí, Tungurahua y Carchi (Figura 17).

**Precipitación Máxima en 5 Días Consecutivos.
(Índice rx5day)**



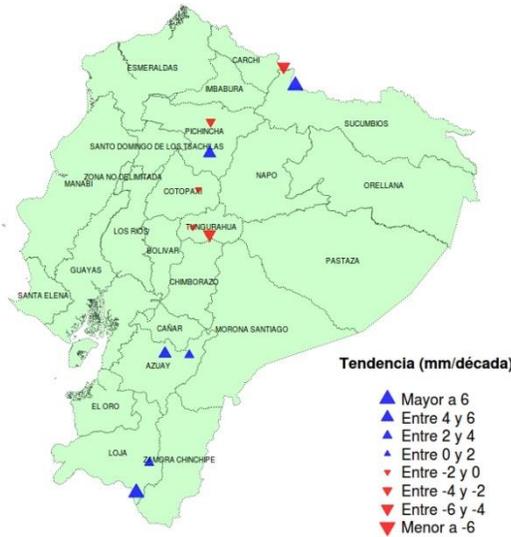
Nivel de confianza: 85%

**Precipitación Máxima en 5 Días Consecutivos.
(Índice rx5day)**



Nivel de confianza: 90%

**Precipitación Máxima en 5 Días Consecutivos.
(Índice rx5day)**

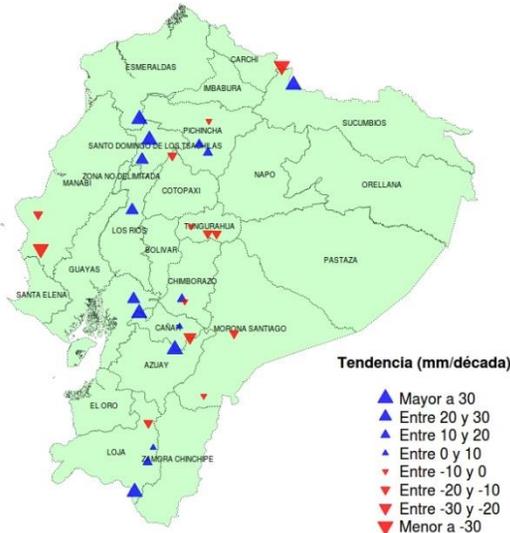


Nivel de confianza: 95%

Figura 17. Tendencia del máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos (índice rx5day).

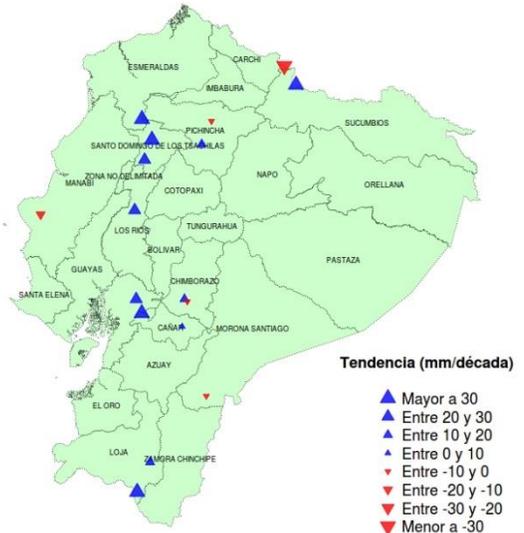
La tendencia de los días muy húmedos (índice r95p) es a reducción en algunas estaciones de la Sierra y del occidente de la Costa, con valores entre 8 y 14 mm/década, mientras que en las estaciones del sur y norte del territorio nacional y en el oriente de la Costa se presentan aumentos, con valores importantes (de 11 a 60 mm/década) (Figura 18).

Precipitación Total Anual con valores superiores al percentil 95. (Índice R95P)



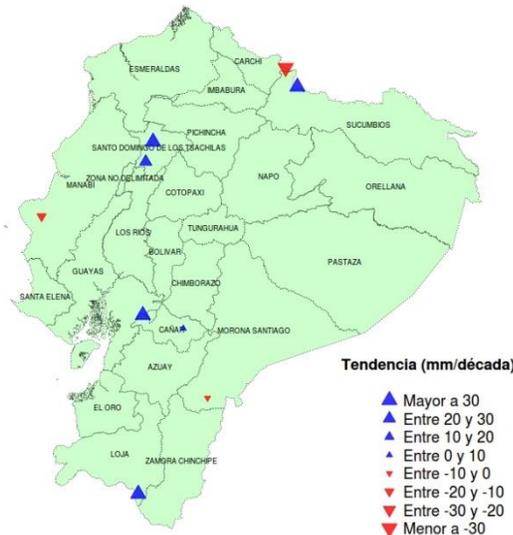
Nivel de confianza: 85%

Precipitación Total Anual con valores superiores al percentil 95. (Índice R95P)



Nivel de confianza: 90%

Precipitación Total Anual con valores superiores al percentil 95. (Índice R95P)

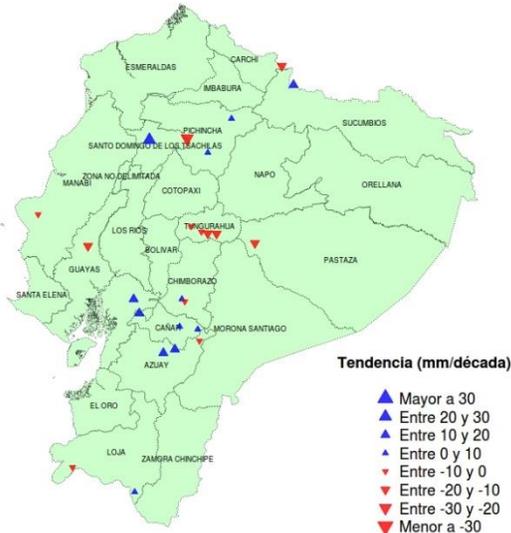


Nivel de confianza: 95%

Figura 18. Tendencia de la precipitación total con valores superiores al percentil 95 –días muy húmedos– (índice r95p).

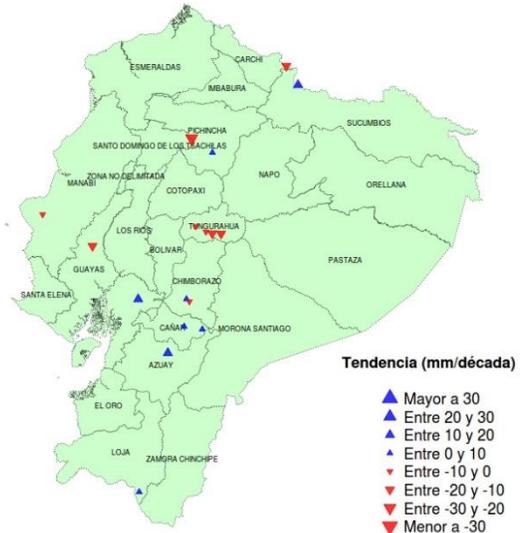
Los días de precipitaciones extremas (índice r99p) presentan incrementos en las estaciones de Guayas, Azuay y Sucumbíos, con valores entre 2 y 30 mm/década, mientras que en las estaciones ubicadas en Pichincha, Carchi y Tungurahua hay una tendencia a reducción de estos eventos, con valores de 3 a 16 mm/década (Figura 19).

Precipitación Total Anual con valores superiores al percentil 99. (Índice R99P)



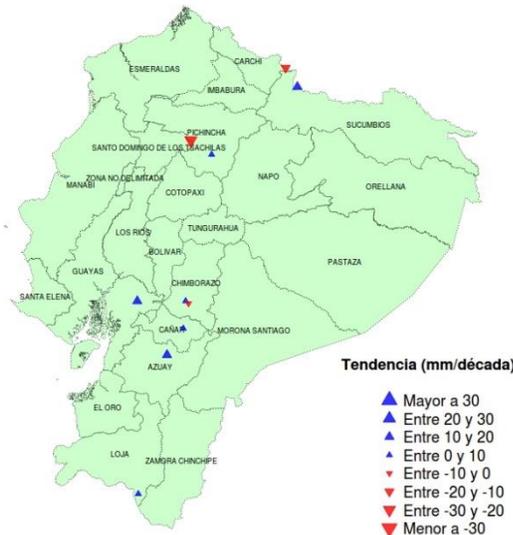
Nivel de confianza: 85%

Precipitación Total Anual con valores superiores al percentil 99. (Índice R99P)



Nivel de confianza: 90%

Precipitación Total Anual con valores superiores al percentil 99. (Índice R99P)

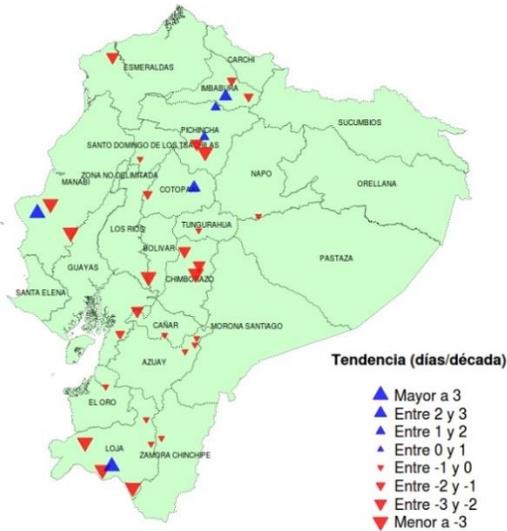


Nivel de confianza: 95%

Figura 19. Tendencia de la precipitación total con valores superiores al percentil 99 –días extremadamente húmedos– (índice r99p).

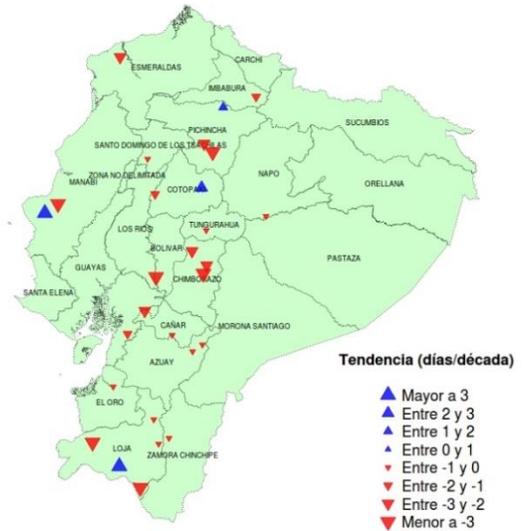
Finalmente, se aprecia una reducción en gran parte del país en el número de días secos consecutivos, siendo las mayores reducciones en las estaciones de la Costa, centro y sur de la Sierra (disminución entre 2 y 5 días/década). La tendencia de este índice muestra que posiblemente las precipitaciones estén en aumento en estas zonas. Únicamente 3 estaciones ubicadas en Manabí, Cotopaxi y Loja presentan aumentos de 1 a 2 días/década para este índice, mostrando posibles reducciones de las precipitaciones (Figura 20).

Número máximo de días consecutivos con precipitación <1mm. (Índice CDD)



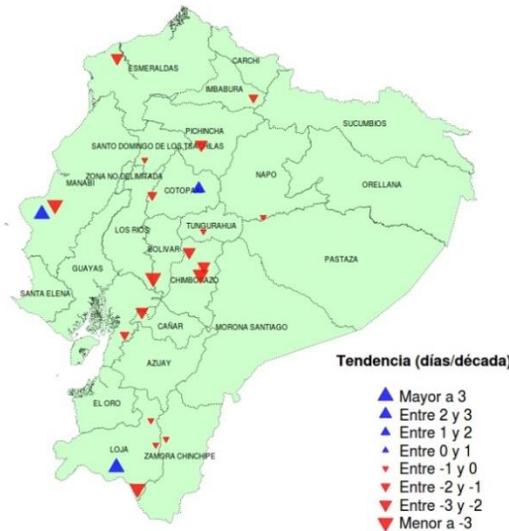
Nivel de confianza: 85%

Número máximo de días consecutivos con precipitación <1mm. (Índice CDD)



Nivel de confianza: 90%

Número máximo de días consecutivos con precipitación <1mm. (Índice CDD)



Nivel de confianza: 95%

Figura 20. Tendencia del número de días secos consecutivos (índice cdd).

En síntesis, el comportamiento que se observa para las temperaturas es que éstas se están incrementando, tanto en sus valores medios como en sus máximos y mínimos. Cada vez hay menos días y noches fríos (con valores inferiores al percentil 10) y hay más días y noches calientes en el año. En el caso de la precipitación, el comportamiento es diverso en el territorio, a pesar de que cada vez hay menos días secos consecutivos en el año. Para el oriente de la Costa, parte del centro de la Sierra y Carchi, las tendencias son a reducción de los días de precipitación extrema, así como de los valores máximos de la misma. Para el sur y norte-centro de la Sierra y parte de la Amazonia el comportamiento es inverso, con un incremento de los días húmedos y extremadamente húmedos y aumento en los días con precipitaciones atípicas.

En cuanto al nivel de confianza estadística, se observa que el número de estaciones con índices de al menos el 85% de confianza, en comparación con los del 90%, presentan apenas un leve incremento, con un aumento de apenas unas 4 u 8 estaciones como máximo entre estos dos niveles. Sin embargo, al analizar las estaciones cuyos índices tienen un grado de confianza de al menos el 95%, la cantidad de estaciones se reduce significativamente, particularmente para las temperaturas máxima y mínima, donde ésta puede llegar a ser superior al 40%, en comparación con las que tienen un 90% y 85% de confianza.

CONCLUSIONES

- El proceso de revisión y selección de las estaciones con mayor cantidad de datos para el periodo utilizado mostró vacíos importantes en la información registrada. Si bien se trabajó con un periodo “corto” de datos (2000-2015), se esperaba poder contar con más estaciones con datos confiables para los análisis. Más de la mitad de las estaciones con datos diarios tuvieron que ser descartadas, y en el caso de las temperaturas máxima y mínima apenas se pudo trabajar con el 33% del total de estaciones que reportan datos de estas variables.
- En el análisis de los índices, la temperatura muestra una tendencia hacia el aumento. Los valores medios de las temperaturas máxima y mínima, así como los valores mínimos y máximos de las mismas presentan incrementos de al menos 0,1°C/década, siendo las zonas con mayores incrementos la Costa y parte de la franja central del Ecuador. Acorde con este incremento, el número de días y noches calientes presentan aumentos del 1-2% por década, mientras que los días y noches fríos presentan reducciones del orden del 1-1,5% por década.
- Para precipitación, en general se aprecian incrementos de al menos 5 mm/década en los valores anuales, a excepción de Manabí, Loja, Cotopaxi y Carchi, donde el comportamiento es hacia la disminución, del orden de 20-40 mm/década. Así mismo, se observa una reducción en el número de días secos consecutivo en el año, mientras que el comportamiento de las precipitaciones extremas muestra incrementos en gran parte de la Sierra y parte de la Amazonía, y reducciones en el oriente de la Costa y parte del centro y norte de la Sierra.
- Al trabajar con tres niveles de confianza, se observa que para el mayor nivel (95%) la cantidad de estaciones es al menos un 40% menor en comparación con las que tienen valores de los índices con un 90% u 85% de confianza estadística. Este hecho sugiere que, a pesar de la revisión y control de calidad realizado a las series, aún hacen falta más datos para varias estaciones, y este faltante es el que muy posiblemente esté ocasionando que no todas las estaciones posean índices con una confiabilidad igual o superior al 95%.
- Comparando los resultados obtenidos en este análisis con los estudios realizados previamente en Ecuador, se aprecian coincidencias en las tendencias de las temperaturas, las cuales muestran que ellas están aumentando. De la misma forma,

para las zonas comunes entre todos los estudios se aprecian reducciones en el número de días y noches fríos e incremento en el número de días y noches cálidas. Para precipitación, los índices que son comunes entre los diferentes estudios muestran algunas tendencias contrarias, por ejemplo, comparando los resultados del índice r95p entre el estudio realizado y el elaborado por el CIIFEN, se aprecia que mientras para el periodo 2000-2015 (del presente estudio) la tendencia es hacia el aumento en las estaciones de la parte occidental de la Sierra, en el estudio del CIIFEN para el periodo 1965-2010 muestra tendencia hacia reducción. Estas diferencias se deben principalmente a la diferencia en los periodos utilizados para cada estudio, y como tal no es un indicador de que uno u otro trabajo sea malo o bueno, simplemente difieren debido a los periodos de tiempo analizados.

RECOMENDACIONES

- Al trabajar con datos diarios, se debe tener especial cuidado en el control de calidad y verificación de los datos. Si bien existen herramientas que simplifican esta tarea (como las utilizadas en este estudio), hay ocasiones en las que lo que parece ser un valor atípico erróneo resulta ser un registro verídico de un evento extremo. Se deben revisar y ajustar las series con el mayor rigor científico posible, pero sin descuidar las posibles alteraciones que los eventos meteorológicos y climáticos pueden ocasionar en el comportamiento de las variables climáticas.
- Los resultados obtenidos sirven como base para el análisis de impactos que pueden darse en las diversas provincias. Estos análisis deben ser complementados con las proyecciones climáticas de los escenarios futuros con el fin de tener la mayor base de información posible para la toma de decisiones y medidas de mitigación y adaptación.
- Como los índices calculados y analizados en el presente estudio son con base en los datos observados a nivel de estación, la extrapolación de los valores de los mismos y/o las tendencias de las variables climáticas calculadas a partir del Climdex no es recomendable, ni a nivel espacial (debido a que cada estación posee diferente área de representatividad de las variables meteorológicas y climatológicas según las condiciones topográficas, de vegetación, altitudinales, etc.) ni en un horizonte temporal largo –superior a 10 años– (debido a las oscilaciones de diversos fenómenos de variabilidad climática, que ocasionan fluctuaciones en las tendencias y en algunos de los valores de los índices).
- Se debe fortalecer la red de estaciones meteorológicas y climatológicas del país. En la medida de lo posible, se deben instalar estaciones en las provincias donde hay pocas de ellas y razón por la cual hay pocos datos registrados (por ejemplo el norte de la Costa, la Amazonía, Santa Elena). Además, estas estaciones deben contar con el registro no sólo de precipitación, sino también de la temperatura. En el estudio realizado se encontró que hay pocas estaciones con datos confiables de esta variable para todo el país (alrededor de 50 estaciones), y éstas no están distribuidas uniformemente en el territorio nacional. Así mismo, se debe fortalecer la red de información meteorológica que el INAMHI posee en la actualidad, a través de convenios con las otras entidades que poseen estaciones y que realizan registros de estas variables, con el fin de poder crear una base de información unificada que sirva para monitoreo del clima y para diversos estudios climáticos.

- Finalmente, se debe mejorar la capacidad investigativa del país frente a estos temas. Particularmente, se debe potenciar al INAMHI, al ser el principal servicio meteorológico y climatológico de Ecuador, fortaleciendo las capacidades tanto tecnológicas como de personal y de conocimientos, y con ello poder contar con información climática de alta calidad y un mejor conocimiento del mismo y de su influencia en las actividades humanas, en los ecosistemas y en otros sectores. También se debe potenciar a la academia y a los centros de investigación para desarrollar más y mejores investigadores, investigaciones y productos climáticos que ayuden al crecimiento y fortalecimiento del país.

REFERENCIAS

- Aguilar, E., Peterson, T., Brunet, M., Vazquez-Aguirre, J., & coautores, y. (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *Journal Geophysical Research*, 110.
- Armenta, G., & Ruiz, J. F. (2012). *Indicadores de eventos extremos en los escenarios de Cambio Climático para el periodo 2011-2040*. Nota técnica IDEAM.
- CIIFEN, C. I. (2014). *Metodología para la Estimación de Vulnerabilidad en Ecuador, Perú y Bolivia*. Proyecto “Información de cambio climático y biodiversidad para el fomento de políticas públicas de conservación y adaptación en la región de los Andes Tropicales”.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2015). *Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura en Colombia - Estudio Técnico Completo*.
- Karl, T., Nicholls, N., & Ghazi, A. (1999). *CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes*. Workshop summary. *Climatic Change*, 42.
- Muñoz, Á. (2013). *Análisis estadístico con Climdex de índices climáticos para las provincias de Pichincha y Napo*. Asistencia Técnica para la Generación de Escenarios de Cambio Climático para la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático del Ecuador.
- Muñoz, Á., Recalde, C., Cadena, J., Núñez, A., & Díaz, J. (2010). *Resultados del análisis estadístico con FCLIMDEX para Ecuador*. Informe dentro del Proyecto PRAA.
- OMM, O. M. (2011). *Guía de Prácticas Climatológicas* (Vols. OMM-No. 100). Ginebra, Suiza.
- Peterson, T. C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., & Plummer, N. (2001). *Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001*. Rep. WCDMP-47, WMO, World Meteorological Organization.
- 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*, 16, 23-47.

ANEXOS

ANEXO I

Valores de los índices de precipitación de las estaciones utilizadas en el análisis

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	rx1day	P Value	rx5day	P Value	cdd	P Value	r95p	P Value	r99p	P Value	prcptot	P Value
M0001	0,26	-78,40	3140	0,17	0,71	1,42	0,17	-0,11	0,82	5,46	0,38	0,22	0,95	3,49	0,83
M0002	-0,23	-78,37	2480	-0,47	0,47	-0,83	0,53	0,46	0,57	-2,85	0,32	-1,43	0,56	-9,59	0,32
M0003	-0,37	-78,55	3058	-0,03	0,97	-0,55	0,49	0,53	0,20	-4,97	0,27	-0,88	0,74	-7,02	0,63
M0004	-1,02	-78,59	2685	0,31	0,51	0,60	0,52	-0,68	0,16	1,97	0,64	-1,10	0,54	-1,59	0,84
M0005	-1,04	-80,46	46	-1,68	0,42	-4,01	0,17	-6,02	0,05	0,41	0,95	-0,18	0,97	1,90	0,87
M0006	-1,10	-79,46	120	0,30	0,87	1,91	0,60	-0,23	0,85	28,29	0,08	10,61	0,27	49,63	0,15
M0007	-0,92	-75,42	265	0,51	0,66	-0,67	0,67	-0,29	0,23	-2,22	0,84	1,50	0,85	23,00	0,17
M0008	-1,51	-77,94	960	-1,80	0,13	-1,24	0,58	-0,07	0,44	-16,77	0,23	-14,86	0,15	-6,12	0,76
M0009	-0,06	-78,20	2262	-0,53	0,33	-0,12	0,85	0,93	0,48	-3,21	0,18	-2,69	0,16	-1,92	0,79
M0021	0,35	-78,23	2200	0,96	0,63	0,56	0,78	0,17	0,84	-0,10	0,99	-0,72	0,85	-3,12	0,84
M0024	-0,17	-78,48	2789	-0,61	0,22	0,78	0,55	1,00	0,34	1,85	0,47	-1,08	0,66	-1,53	0,91
M0025	0,03	-79,37	379	-1,35	0,40	0,24	0,93	-1,00	0,20	33,32	0,06	9,68	0,26	49,59	0,16
M0026	-0,48	-79,34	319	1,08	0,47	2,52	0,27	-0,84	0,03	29,25	0,03	2,40	0,76	25,58	0,23
M0029	-1,39	-78,42	1695	NA	NA	NA	NA	0,29	0,29	-17,47	0,14	-15,33	0,07	-23,13	0,16
M0031	-2,55	-78,95	3083	-0,67	0,21	-1,33	0,07	-0,55	0,35	-0,84	0,81	-1,65	0,40	-2,06	0,81
M0033	-4,04	-79,20	2160	-0,18	0,68	0,70	0,42	-0,57	0,03	8,64	0,12	-0,18	0,96	12,49	0,18
M0037	-2,12	-79,60	13	-2,11	0,15	1,30	0,75	0,09	0,98	-5,74	0,66	-8,49	0,19	8,48	0,72
M0040	-3,32	-79,77	40	0,06	0,98	1,34	0,63	-0,81	0,05	-0,25	0,99	-0,02	1,00	9,09	0,61
M0045	-2,72	-78,63	2400	-2,11	0,04	-4,12	0,29	-0,31	0,13	-1,01	0,89	-8,23	0,14	5,61	0,52
M0051	-1,80	-79,53	7	0,56	0,74	-3,23	0,57	-0,91	0,75	-0,89	0,96	-13,31	0,17	-9,07	0,78
M0101	0,68	-77,61	2955	-1,69	0,00	-4,75	0,02	-0,47	0,46	-37,89	0,00	-16,03	0,00	-52,53	0,04
M0103	0,60	-77,82	2860	-0,48	0,39	-0,38	0,80	-0,02	0,92	-6,18	0,37	-3,90	0,34	1,45	0,92
M0105	0,24	-78,25	2550	0,25	0,66	1,30	0,28	0,12	0,89	1,18	0,74	-0,70	0,76	3,52	0,77
M0113	-0,39	-78,53	2740	2,75	0,02	4,34	0,01	-6,43	0,07	14,39	0,14	9,69	0,04	36,67	0,14
M0116	-0,21	-78,78	1750	-1,20	0,28	-2,22	0,26	0,44	0,72	-30,51	0,18	-21,98	0,03	-8,29	0,91
M0123	-1,13	-79,08	1471	-1,27	0,29	-3,76	0,25	-0,26	0,79	-0,29	0,99	-2,90	0,69	14,22	0,63
M0124	-0,92	-79,25	215	1,13	0,67	4,34	0,33	-1,24	0,02	6,08	0,82	-1,89	0,89	18,21	0,57
M0128	-1,35	-78,62	2910	1,67	0,28	2,07	0,12	-0,57	0,26	7,27	0,18	3,91	0,29	4,50	0,62

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	rx1day	P Value	rx5day	P Value	cdd	P Value	r95p	P Value	r99p	P Value	prcptot	P Value
M0136	-2,28	-78,92	2177	-0,18	0,83	0,43	0,75	-0,49	0,84	2,89	0,53	-0,64	0,77	-0,57	0,95
M0138	-2,80	-78,76	2194	1,31	0,32	1,05	0,38	-0,28	0,17	2,81	0,55	1,70	0,67	8,98	0,25
M0139	-2,88	-78,78	2230	0,75	0,28	2,53	0,03	-0,84	0,07	11,47	0,27	6,28	0,18	17,82	0,26
M0143	-4,22	-79,27	1453	1,38	0,09	3,47	0,05	-1,57	0,35	10,75	0,07	4,23	0,26	9,59	0,50
M0145	-4,31	-79,24	1559	NA	NA	NA	NA	2,12	0,18	1,84	0,82	1,72	0,49	4,27	0,77
M0148	-4,10	-79,95	1904	NA	NA	NA	NA	-1,19	0,72	-5,02	0,58	-7,02	0,19	20,81	0,34
M0150	-4,58	-79,43	1672	5,07	0,00	13,35	0,01	-7,80	0,01	31,09	0,01	8,49	0,02	127,99	0,00
M0165	-0,92	-80,45	20	0,65	0,72	1,40	0,74	1,80	0,69	1,75	0,85	3,64	0,41	7,89	0,62
M0166	-1,39	-80,21	50	-1,68	0,31	2,68	0,23	-3,44	0,15	4,62	0,73	-1,68	0,79	20,72	0,44
M0169	-1,48	-80,63	263	-1,94	0,31	-4,48	0,48	0,18	0,96	-5,72	0,57	-3,83	0,58	-11,79	0,41
M0171	-1,59	-80,40	156	2,76	0,29	2,68	0,26	-3,34	0,21	-7,56	0,17	-3,65	0,51	16,57	0,36
M0172	-1,52	-79,54	19	NA	NA	NA	NA	-4,89	0,31	-0,18	0,99	10,76	0,59	2,10	0,95
M0176	-2,66	-79,59	50	-0,06	0,91	0,12	0,85	-1,83	0,04	-4,26	0,17	-1,46	0,40	6,54	0,37
M0189	-3,40	-78,58	750	-0,98	0,28	-1,34	0,39	-0,02	0,95	-8,59	0,05	-3,25	0,43	11,70	0,22
M0191	-0,73	-90,30	6	0,88	0,60	3,04	0,25	-1,06	0,58	4,43	0,43	1,89	0,62	9,30	0,48
M0192	-0,70	-90,37	194	1,15	0,72	11,55	0,10	-1,79	0,30	30,72	0,12	8,05	0,27	31,17	0,21
M0197	-2,82	-78,93	2700	0,88	0,30	0,43	0,71	-0,45	0,18	5,46	0,26	1,04	0,77	0,58	0,96
M0217	-2,57	-78,57	2321	1,59	0,20	4,44	0,36	-0,02	0,93	14,26	0,17	12,29	0,19	44,40	0,02
M0218	-2,20	-79,44	35	4,57	0,07	7,57	0,12	-5,36	0,26	26,84	0,07	10,94	0,05	54,91	0,26
M0221	-0,90	-89,60	6	-3,48	0,13	-5,65	0,17	-4,11	0,34	-8,69	0,40	-9,71	0,08	-7,54	0,69
M0258	-1,37	-78,61	2865	-0,39	0,28	-0,76	0,26	-0,79	0,05	-1,80	0,53	-3,47	0,06	0,06	0,99
M0301	0,61	-78,14	1280	0,46	0,46	0,69	0,39	-1,63	0,19	4,55	0,26	0,65	0,79	14,23	0,13
M0305	0,66	-77,72	2890	-1,10	0,19	2,58	0,22	-0,19	0,82	2,09	0,80	-3,21	0,45	35,86	0,13
M0308	0,80	-77,86	3418	-0,90	0,42	1,34	0,31	0,02	0,98	8,96	0,22	-4,22	0,32	27,90	0,10
M0310	0,30	-77,98	2980	2,04	0,24	3,46	0,09	-1,68	0,02	3,72	0,52	1,12	0,76	20,67	0,27
M0312	0,50	-78,19	2340	2,80	0,45	2,54	0,47	-1,73	0,10	1,67	0,76	1,71	0,75	11,99	0,39
M0314	0,43	-78,01	1880	-0,64	0,20	-0,71	0,22	-1,21	0,15	-3,15	0,39	-1,34	0,54	3,56	0,68
M0317	0,31	-78,27	2410	1,57	0,37	1,31	0,62	2,56	0,10	12,78	0,25	3,64	0,43	-26,32	0,50
M0318	0,36	-78,51	1620	-0,71	0,35	-0,34	0,73	1,04	0,26	-2,17	0,69	-1,61	0,62	2,07	0,91
M0326	0,25	-78,58	1800	1,11	0,11	2,30	0,09	-0,26	0,72	6,33	0,40	3,86	0,50	-0,54	0,98
M0335	-0,20	-78,54	3165	-0,34	0,61	-0,38	0,81	1,57	0,14	3,20	0,56	-2,31	0,29	-6,92	0,69
M0337	0,17	-78,39	2440	0,30	0,65	1,60	0,37	1,66	0,09	3,43	0,52	3,13	0,37	-5,34	0,82
M0339	0,07	-78,68	1580	0,71	0,45	2,44	0,22	-0,25	0,57	-6,04	0,34	0,81	0,89	-17,30	0,45
M0343	-0,10	-78,30	2605	-0,48	0,33	-0,99	0,20	0,51	0,84	0,44	0,83	-0,57	0,61	-4,75	0,56
M0345	-0,10	-78,42	2645	0,49	0,62	3,32	0,20	-0,56	0,74	6,54	0,27	3,75	0,39	16,07	0,11
M0346	-0,16	-78,32	2600	-1,11	0,20	-1,23	0,51	-0,91	0,56	-8,44	0,23	-4,97	0,18	-8,46	0,56
M0348	-0,23	-79,25	560	4,94	0,24	10,87	0,09	-1,08	0,25	104,70	0,00	29,87	0,12	139,86	0,00

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	rx1day	P Value	rx5day	P Value	cdd	P Value	r95p	P Value	r99p	P Value	prcptot	P Value
M0354	-0,28	-78,63	3440	0,81	0,19	2,11	0,11	-2,13	0,04	17,59	0,08	2,80	0,51	-33,53	0,30
M0357	-0,16	-78,52	3780	-0,42	0,56	1,07	0,57	1,21	0,20	1,73	0,80	-2,58	0,58	-7,76	0,67
M0358	0,00	-78,51	2810	-0,65	0,14	-2,87	0,01	-0,09	0,95	-7,99	0,06	-4,61	0,17	-23,65	0,00
M0359	0,05	-78,14	2840	0,51	0,79	-0,88	0,72	-1,29	0,66	-4,61	0,61	4,38	0,45	24,78	0,36
M0361	-0,07	-78,57	2710	-0,37	0,82	0,30	0,88	-1,20	0,61	-0,89	0,90	-0,21	0,96	21,26	0,13
M0362	-0,43	-78,97	1583	-0,09	0,91	0,73	0,63	-0,54	0,27	-12,85	0,15	-0,78	0,89	-6,89	0,69
M0364	-0,56	-78,43	3620	0,40	0,27	1,73	0,10	-0,06	0,96	4,27	0,40	4,11	0,16	12,06	0,38
M0369	-1,07	-78,70	3175	-0,63	0,12	1,57	0,21	0,03	0,99	-2,03	0,71	-2,81	0,30	-1,44	0,91
M0375	-0,83	-78,66	2892	0,17	0,56	-1,68	0,00	2,18	0,01	-0,96	0,72	1,86	0,17	-48,52	0,00
M0376	-1,30	-78,73	3314	-0,49	0,23	-1,26	0,04	-0,15	0,55	-6,88	0,15	-3,48	0,08	-1,12	0,90
M0380	-1,39	-78,53	2880	-4,20	0,10	-4,98	0,04	-0,48	0,18	-12,96	0,13	-12,20	0,09	-12,53	0,20
M0385	-1,40	-79,02	3600	0,19	0,78	1,64	0,40	-1,54	0,47	11,89	0,33	1,92	0,72	11,00	0,66
M0388	-1,95	-79,23	2200	0,41	0,33	-0,74	0,75	-3,41	0,01	0,58	0,96	-0,71	0,89	38,93	0,04
M0393	-1,63	-78,78	3220	-0,11	0,80	0,11	0,89	-2,34	0,02	1,45	0,78	-2,31	0,29	0,70	0,94
M0395	-1,91	-78,64	2930	0,58	0,47	0,95	0,55	-3,04	0,03	7,83	0,23	5,39	0,44	3,80	0,77
M0403	-2,20	-78,85	2267	1,50	0,00	2,15	0,08	-2,24	0,27	10,12	0,06	4,58	0,00	19,32	0,31
M0405	-2,23	-78,81	2438	-0,90	0,01	-1,14	0,25	-0,18	0,85	-4,03	0,06	-2,92	0,01	-2,85	0,59
M0407	-1,81	-78,60	2840	5,99	0,10	6,72	0,07	-2,63	0,02	4,94	0,25	5,60	0,25	9,85	0,33
M0408	-1,61	-78,64	2620	0,60	0,25	-0,12	0,91	-0,53	0,68	-1,93	0,59	-0,13	0,94	-1,86	0,80
M0410	-2,57	-78,65	2450	0,46	0,13	1,56	0,28	0,60	0,23	4,35	0,44	3,26	0,08	16,64	0,15
M0411	-2,54	-78,87	3100	1,37	0,00	1,17	0,17	-0,16	0,88	9,41	0,04	4,78	0,01	11,73	0,29
M0414	-2,67	-78,75	3270	-1,80	0,41	-2,29	0,56	-0,21	0,76	-21,91	0,13	-4,34	0,69	-33,85	0,04
M0422	-3,27	-79,26	1310	0,40	0,67	1,43	0,30	-1,20	0,58	1,87	0,65	-0,74	0,78	14,99	0,09
M0426	-2,85	-78,95	2545	0,80	0,55	1,11	0,45	-0,23	0,68	-2,69	0,74	3,96	0,40	9,54	0,54
M0427	-2,87	-79,08	2780	1,57	0,17	4,69	0,02	0,07	0,83	6,11	0,31	10,51	0,04	22,31	0,05
M0431	-2,80	-78,65	2360	0,43	0,48	-0,78	0,40	-0,42	0,07	1,74	0,75	0,92	0,74	21,31	0,07
M0432	-3,73	-79,26	2525	-0,19	0,84	-2,14	0,10	-0,99	0,01	-18,84	0,12	-4,35	0,58	-41,13	0,02
M0434	-4,32	-79,79	1427	-0,69	0,80	0,72	0,88	0,86	0,73	1,39	0,94	4,89	0,43	-9,75	0,71
M0435	-4,02	-80,03	1250	0,30	0,84	1,23	0,78	-4,73	0,08	16,04	0,26	8,93	0,24	17,51	0,57
M0437	-4,28	-80,20	328	-3,63	0,08	-4,41	0,38	-1,25	0,67	-6,08	0,59	-5,42	0,14	-20,16	0,45
M0438	-4,63	-79,47	2100	2,84	0,27	-0,50	0,91	0,06	0,98	1,89	0,90	6,86	0,44	-15,77	0,69
M0439	-4,36	-79,81	700	0,96	0,39	4,89	0,10	-3,32	0,10	4,36	0,77	2,47	0,53	12,64	0,65
M0444	0,80	-79,68	100	2,51	0,61	10,41	0,42	-2,71	0,04	57,67	0,39	31,06	0,39	109,44	0,10
M0447	-1,28	-80,42	115	-1,00	0,46	-2,78	0,12	-4,74	0,28	-5,26	0,42	-5,09	0,36	9,12	0,43
M0448	-1,15	-80,62	235	-5,54	0,00	-10,32	0,06	24,57	0,00	-14,40	0,03	-4,97	0,06	-10,77	0,52
M0451	-1,48	-80,54	398	0,82	0,30	0,27	0,93	0,33	0,94	2,41	0,76	2,02	0,61	9,40	0,60
M0454	-1,05	-80,29	118	-3,86	0,13	-5,89	0,28	-0,64	0,90	3,25	0,75	-5,10	0,36	25,64	0,18

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	rx1day	P Value	rx5day	P Value	cdd	P Value	r95p	P Value	r99p	P Value	prcptot	P Value
M0457	-1,35	-80,74	6	-3,07	0,16	-2,60	0,43	1,02	0,49	-7,24	0,55	-3,80	0,57	-3,89	0,80
M0458	-1,58	-80,51	200	0,37	0,75	-1,04	0,56	-3,61	0,26	3,48	0,67	-1,95	0,59	11,48	0,52
M0459	-1,58	-80,59	465	-1,07	0,23	-8,34	0,06	2,33	0,36	-46,89	0,14	-4,14	0,23	-96,65	0,12
M0465	-1,44	-79,47	52	0,31	0,87	0,80	0,84	-1,54	0,68	-0,85	0,95	0,20	0,98	20,22	0,56
M0466	-1,55	-79,75	14	-1,25	0,41	0,04	0,99	-1,98	0,45	-0,94	0,94	-0,44	0,95	10,90	0,65
M0471	-1,35	-79,32	0	2,66	0,30	3,43	0,52	0,73	0,82	26,61	0,31	14,16	0,17	58,63	0,31
M0475	-1,54	-80,01	28	-3,42	0,05	-3,66	0,26	-5,15	0,21	-14,84	0,24	-15,17	0,09	-5,97	0,80
M0481	-3,32	-79,58	290	-0,41	0,72	1,80	0,24	-0,42	0,24	-0,83	0,92	-1,97	0,63	6,35	0,55
M0482	-3,54	-80,20	60	NA	NA	NA	NA	-1,74	0,73	8,12	0,53	2,83	0,64	15,72	0,42
M0485	-1,19	-77,86	628	4,34	0,16	3,11	0,47	-0,36	0,03	-46,24	0,25	28,75	0,17	-38,03	0,47
M0497	-2,62	-78,20	612	-0,96	0,19	-0,67	0,66	-0,19	0,32	-15,20	0,14	-6,81	0,20	14,13	0,11
M0503	-3,96	-79,07	1620	0,16	0,89	0,56	0,83	-0,57	0,02	11,81	0,18	-1,23	0,85	29,29	0,07
M0515	-4,06	-79,64	1808	-1,22	0,61	-0,61	0,83	-0,69	0,70	-11,00	0,28	-6,01	0,17	-15,60	0,44
M0544	-4,32	-79,69	2410	1,61	0,63	3,87	0,55	4,96	0,00	16,36	0,56	8,19	0,59	2,74	0,94
M0698	0,45	-77,47	1900	5,77	0,03	13,13	0,01	0,61	0,37	54,71	0,02	19,81	0,00	84,49	0,04
M0710	-0,93	-77,35	500	-1,24	0,49	-0,15	0,94	-0,17	0,40	-12,43	0,46	-2,11	0,82	16,93	0,50
M0773	-3,68	-79,70	1126	0,67	0,67	5,57	0,06	-1,23	0,17	19,91	0,16	-5,62	0,46	42,94	0,08
M0906	-2,82	-78,93	2700	2,13	0,28	3,39	0,34	-2,14	0,26	31,68	0,11	17,40	0,14	75,44	0,05
M0909	0,32	-78,41	2710	0,42	0,38	0,78	0,41	1,48	0,18	-3,45	0,62	0,10	0,97	2,25	0,90
M1094	0,03	-78,23	2790	0,04	0,94	0,47	0,53	-0,49	0,60	3,28	0,24	3,13	0,15	1,02	0,89
M1095	-2,37	-79,37	50	4,44	0,11	5,12	0,23	-2,25	0,02	57,00	0,00	18,51	0,11	69,96	0,07
M1096	-2,20	-79,88	6	-0,68	0,75	4,17	0,15	-0,16	0,98	-9,27	0,48	-7,59	0,27	-1,47	0,96
M1111	-2,68	-79,03	3336	NA	NA	NA	NA	-0,58	0,05	0,11	0,99	-2,28	0,67	5,04	0,73

ANEXO II

Valores de los índices de temperatura mínima de las estaciones utilizadas en el análisis

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	TMINmean	P Value	dtr	P Value	tn10p	P Value	tn90p	P Value	tnn	P Value	tnx	P Value
M0001	0,26	-78,40	3140	0,04	0,01	-0,04	0,44	-0,29	0,38	0,76	0,03	0,02	0,71	0,03	0,21
M0002	-0,23	-78,37	2480	0,01	0,81	-0,01	0,89	0,05	0,80	0,13	0,79	0,06	0,26	0,00	0,95
M0003	-0,37	-78,55	3058	0,00	0,91	0,05	0,15	-0,10	0,60	-0,03	0,93	0,07	0,02	-0,03	0,31
M0004	-1,02	-78,59	2685	0,03	0,07	-0,02	0,36	-0,24	0,14	0,36	0,25	0,05	0,40	0,01	0,67
M0005	-1,04	-80,46	46	0,02	0,53	0,04	0,34	0,28	0,64	0,97	0,21	0,05	0,49	0,00	0,91
M0006	-1,10	-79,46	120	0,06	0,00	-0,01	0,71	-0,84	0,00	1,77	0,01	0,05	0,18	0,02	0,46
M0007	-0,92	-75,42	265	0,03	0,00	-0,03	0,15	-0,49	0,02	0,89	0,01	0,10	0,03	0,00	0,88
M0008	-1,51	-77,94	960	0,06	0,00	-0,07	0,00	-0,71	0,00	1,11	0,00	0,07	0,07	-0,01	0,80
M0009	-0,06	-78,20	2262	0,05	0,02	-0,12	0,03	-0,41	0,09	0,46	0,20	0,08	0,31	0,01	0,52
M0024	-0,17	-78,48	2789	0,10	0,00	-0,06	0,08	-1,68	0,00	1,36	0,00	0,17	0,00	0,08	0,04
M0025	0,03	-79,37	379	0,00	0,97	0,01	0,75	0,44	0,73	0,43	0,52	0,03	0,61	-0,04	0,38
M0026	-0,48	-79,34	319	0,06	0,00	-0,08	0,00	-1,30	0,00	1,65	0,02	0,15	0,12	-0,07	0,16
M0029	-1,39	-78,42	1695	0,02	0,13	NA	NA	-0,47	0,10	0,28	0,45	0,06	0,32	0,01	0,79
M0031	-2,55	-78,95	3083	0,02	0,69	-0,03	0,44	-0,15	0,75	0,68	0,28	-0,06	0,56	0,00	0,95
M0033	-4,04	-79,20	2160	0,04	0,08	-0,06	0,11	-0,31	0,11	0,35	0,19	0,20	0,05	0,00	0,92
M0037	-2,12	-79,60	13	0,06	0,01	0,03	0,20	-1,12	0,03	1,51	0,05	0,10	0,03	0,05	0,02
M0045	-2,72	-78,63	2400	0,11	0,00	-0,26	0,00	-1,41	0,00	1,05	0,01	0,13	0,06	0,06	0,07
M0103	0,60	-77,82	2860	0,07	0,03	-0,10	0,03	-0,37	0,12	1,51	0,00	0,07	0,01	NA	NA
M0105	0,24	-78,25	2550	0,04	0,38	-0,04	0,41	-0,53	0,19	0,06	0,89	0,01	0,87	0,03	0,46
M0124	-0,92	-79,25	215	-0,05	0,23	0,11	0,01	-0,26	0,79	-2,07	0,01	0,14	0,18	0,02	0,66
M0128	-1,35	-78,62	2910	0,05	0,02	NA	NA	-0,63	0,01	0,48	0,31	0,04	0,53	NA	NA
M0136	-2,28	-78,92	2177	-0,17	0,00	0,23	0,01	1,39	0,00	-1,65	0,03	-0,01	0,93	-0,11	0,05
M0138	-2,80	-78,76	2194	0,04	0,06	0,01	0,90	-0,18	0,38	1,01	0,00	0,00	0,98	0,04	0,26
M0139	-2,88	-78,78	2230	-0,06	0,03	NA	NA	0,03	0,92	-1,53	0,00	0,03	0,64	-0,12	0,01
M0171	-1,59	-80,40	156	0,12	0,00	-0,06	0,06	NA	NA	NA	NA	0,24	0,02	0,09	0,02
M0176	-2,66	-79,59	50	0,01	0,84	0,09	0,20	NA	NA	NA	NA	0,04	0,81	-0,10	0,02
M0189	-3,40	-78,58	750	-0,30	0,01	0,33	0,00	NA	NA	NA	NA	-0,25	0,07	NA	NA
M0191	-0,73	-90,30	6	0,06	0,11	-0,02	0,34	NA	NA	NA	NA	0,08	0,56	0,05	0,07
M0192	-0,70	-90,37	194	0,16	0,03	-0,07	0,38	NA	NA	NA	NA	0,38	0,09	NA	NA
M0218	-2,20	-79,44	35	0,02	0,33	0,06	0,03	NA	NA	NA	NA	0,00	0,92	0,02	0,68
M0221	-0,90	-89,60	6	0,01	0,87	0,04	0,22	NA	NA	NA	NA	0,06	0,74	-0,27	0,01
M0258	-1,37	-78,61	2865	0,04	0,06	-0,01	0,74	NA	NA	NA	NA	0,07	0,12	0,04	0,29
M1094	0,03	-78,23	2790	0,04	0,12	0,01	0,76	NA	NA	NA	NA	0,05	0,21	0,09	0,31
M1095	-2,37	-79,37	50	0,08	0,00	0,02	0,37	NA	NA	NA	NA	0,14	0,02	0,02	0,49
M1096	-2,20	-79,88	6	0,04	0,14	0,02	0,40	NA	NA	NA	NA	0,02	0,68	-0,03	0,52

ANEXO III

Valores de los índices de temperatura máxima de las estaciones utilizadas en el análisis

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	TMAXmean	P Value	tx10p	P Value	tx90p	P Value	txn	P Value	txx	P Value
M0001	0,26	-78,40	3140	0,01	0,91	-0,57	0,21	-0,32	0,59	0,08	0,08	-0,03	0,60
M0002	-0,23	-78,37	2480	0,00	0,96	-0,05	0,89	-0,19	0,50	0,04	0,60	0,02	0,74
M0003	-0,37	-78,55	3058	0,04	0,18	-0,45	0,21	0,27	0,39	0,10	0,19	0,02	0,66
M0004	-1,02	-78,59	2685	0,02	0,41	-0,19	0,20	-0,07	0,78	0,05	0,51	-0,03	0,45
M0005	-1,04	-80,46	46	0,05	0,20	-0,29	0,35	0,69	0,15	0,01	0,77	0,01	0,91
M0006	-1,10	-79,46	120	0,06	0,01	-0,57	0,02	0,60	0,01	-0,01	0,76	0,07	0,08
M0007	-0,92	-75,42	265	0,00	0,87	0,03	0,83	0,13	0,67	0,11	0,05	-0,02	0,73
M0008	-1,51	-77,94	960	-0,01	0,77	-0,22	0,15	-0,12	0,61	0,06	0,31	-0,02	0,66
M0009	-0,06	-78,20	2262	-0,08	0,04	0,45	0,12	-1,01	0,02	0,10	0,10	-0,14	0,02
M0024	-0,17	-78,48	2789	0,05	0,17	-0,48	0,27	0,52	0,18	0,12	0,12	-0,01	0,88
M0025	0,03	-79,37	379	0,01	0,72	-0,03	0,89	-0,05	0,84	0,03	0,38	-0,02	0,41
M0026	-0,48	-79,34	319	-0,01	0,52	0,01	0,97	-0,32	0,21	0,01	0,90	-0,05	0,21
M0031	-2,55	-78,95	3083	-0,01	0,77	-0,15	0,76	-0,37	0,36	0,09	0,31	-0,09	0,64
M0033	-4,04	-79,20	2160	-0,02	0,42	-0,10	0,62	-0,35	0,12	0,06	0,17	-0,04	0,69
M0037	-2,12	-79,60	13	0,09	0,00	-0,87	0,00	0,93	0,00	0,11	0,00	0,05	0,04
M0045	-2,72	-78,63	2400	-0,15	0,01	0,82	0,02	-1,19	0,10	0,04	0,59	-0,16	0,10
M0051	-1,80	-79,53	7	0,07	0,11	-0,67	0,03	1,23	0,09	0,04	0,54	0,00	0,98
M0103	0,60	-77,82	2860	-0,03	0,21	0,21	0,40	-0,40	0,17	0,03	0,57	-0,01	0,92
M0105	0,24	-78,25	2550	-0,01	0,80	-0,04	0,88	-0,28	0,33	0,07	0,21	-0,04	0,65
M0123	-1,13	-79,08	1471	-0,06	0,11	0,55	0,21	-0,83	0,23	0,01	0,77	-0,24	0,27
M0124	-0,92	-79,25	215	0,06	0,15	-0,29	0,57	0,82	0,07	NA	NA	0,06	0,41
M0128	-1,35	-78,62	2910	-0,02	0,21	0,05	0,69	-0,27	0,35	0,03	0,66	0,02	0,91
M0136	-2,28	-78,92	2177	0,00	0,92	0,67	0,27	0,70	0,14	-0,01	0,71	0,34	0,08
M0138	-2,80	-78,76	2194	0,04	0,33	-0,33	0,30	0,52	0,27	0,07	0,45	NA	NA
M0143	-4,22	-79,27	1453	-0,10	0,05	1,10	0,08	-0,71	0,08	-0,13	0,39	-0,12	0,25
M0171	-1,59	-80,40	156	0,06	0,00	NA	NA	NA	NA	0,11	0,00	0,03	0,15
M0172	-1,52	-79,54	19	0,04	0,17	NA	NA	NA	NA	0,01	0,91	0,00	0,98
M0176	-2,66	-79,59	50	0,10	0,00	NA	NA	NA	NA	0,17	0,00	0,08	0,42
M0189	-3,40	-78,58	750	0,04	0,20	NA	NA	NA	NA	-0,01	0,93	0,06	0,16
M0191	-0,73	-90,30	6	0,05	0,28	NA	NA	NA	NA	-0,01	0,88	-0,09	0,15
M0192	-0,70	-90,37	194	0,10	0,04	NA	NA	NA	NA	0,13	0,09	0,00	0,98
M0218	-2,20	-79,44	35	0,08	0,00	NA	NA	NA	NA	0,11	0,01	0,11	0,28
M0221	-0,90	-89,60	6	0,05	0,49	NA	NA	NA	NA	0,01	0,92	-0,06	0,22
M0258	-1,37	-78,61	2865	0,02	0,41	NA	NA	NA	NA	0,01	0,88	-0,05	0,33
M0466	-1,55	-79,75	14	0,03	0,27	NA	NA	NA	NA	-0,02	0,67	-0,04	0,08
M1094	0,03	-78,23	2790	0,05	0,03	NA	NA	NA	NA	0,12	0,06	0,11	0,04
M1095	-2,37	-79,37	50	0,09	0,00	NA	NA	NA	NA	0,07	0,05	-0,01	0,89
M1096	-2,20	-79,88	6	0,06	0,01	NA	NA	NA	NA	0,09	0,09	0,05	0,54