

# Índices de extremo climático de las variables de precipitación y temperatura para la gestión de proyectos de adaptación al cambio climático en la República de Panamá

**Ministerio de Ambiente  
Dirección de Cambio Climático  
Departamento de Adaptación  
y Resiliencia**

**Panamá, 2023**



## Palabras del ministro

Los cambios en la temperatura y precipitación pueden incidir directamente en otros aspectos como la salud, disponibilidad del recurso hídrico, agricultura y biodiversidad.

Este estudio surge de la necesidad de contar con una data robusta de datos y así lograr tener la información necesaria para realizar análisis históricos de estas variables. Contar con esta información de base científica, es fundamental para la planificación de actividades que garanticen la adopción de medidas de adaptación al cambio climático en diferentes sectores, tanto públicos como privados.

Es por esto que el Ministerio de Ambiente, pone a disposición los resultados obtenidos de los Índices de extremo climático de las variables de precipitación y temperatura para la futura toma de decisiones y gestión de proyectos de adaptación al cambio climático en la República de Panamá.

Con la publicación de este documento buscamos seguir reforzando nuestra base de conocimientos local y garantizar que la información llegue a todos los estratos socioeconómicos, desde los gobiernos locales, empresa privada, la academia, hasta nuestros productores y campesinos.

Milciades Concepción

## **Agradecimientos**

### **Autoridades:**

Milciades Concepción

Ministro de Ambiente

Ligia Castro de Doens

Directora Nacional de Cambio Climático

Maribel Pinto

Jefa de Departamento de Adaptación y Resiliencia

Israel Torres

Asesor de la Dirección de Cambio Climático

**Autores:** Clara Cruz, Yahaira Cárdenas, Jenny Guevara

### **Colaboradores:**

René López, Carmen Prieto, Alberto Cumbreira, Nathalye Camaño, Isabel González,  
Gabriela Ávila, Esther Rodríguez

### **Agradecimiento:**

Fundación Natura

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA)

**Crédito de imágenes:** Imágenes propiedad del Ministerio de Ambiente

**Año de publicación:** 2023

## Índice

Antecedentes .....	5
Resumen Ejecutivo .....	7
Análisis de datos meteorológicas para las variables de precipitación y temperatura .....	9
Área de estudio.....	9
Recopilación de datos climáticos .....	11
Variable Precipitación.....	12
Variable Temperatura .....	13
Métodos de estimación de datos faltantes .....	14
Método de la Media y Mediana Histórica: .....	14
Método de Regresión, simple y múltiple: .....	15
Suavizamiento Exponencial Simple: .....	16
Control de calidad.....	18
Generación de índices de extremos climáticos.....	19
Interpolación de datos climáticos .....	22
Mapas generados a partir de los índices de extremo climáticos.....	23
Glosario.....	43

## Antecedentes

A nivel internacional, la adaptación al cambio climático se ha reconocido como una importante respuesta complementaria a la mitigación de los gases de efecto invernadero para abordar los riesgos que plantea el cambio climático.

En el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5, por sus siglas en inglés) se establece que desde 1950 se han observado muchos cambios en eventos climáticos extremos. Y esto se ve reflejado en el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, donde establece que de acuerdo a su posición geográfica y sus características geotectónicas la República de Panamá está expuesta a una variedad de amenazas hidrometeorológicas y geofísicas.

Panamá se considera como un país altamente vulnerable a los impactos del cambio climático; experimenta una serie de eventos climáticos extremos incluyendo lluvias intensas y prolongadas, tormentas tropicales, inundaciones, sequías, incendios forestales, terremotos, deslizamientos, y eventos El Niño-La Niña, como se evidencia en el Índice de Vulnerabilidad de Panamá publicado en febrero del 2021. Además, según la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Panamá (CDN1), los cambios mostrados en la variabilidad climáticos a nivel nacional en los últimos años han incrementado alrededor de 1-2°C, lo que ha puesto en evidencia una condición de vulnerabilidad creciente en los sectores económicos clave: recursos hídricos, la agricultura, salud humana, zonas marinocostas y ciudades resilientes.

Entre los años 1982 y 2008, Panamá fue afectado por 32 eventos de desastres naturales, con un total de daños económicos estimado por USD \$86 millones. Además, la pérdida de vidas humanas durante estos eventos, que alcanzó un total de 249.

El financiamiento significativamente ampliado para la adaptación fue clave para las negociaciones de la Decimoquinta Conferencia de las Partes (COP 15) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y es un elemento destacado del Acuerdo de Copenhague. También sigue siendo un elemento central en las negociaciones internacionales en curso sobre el cambio climático.

Alineado a esto, en el año 2001, se establece el Fondo de Adaptación (AF, por sus siglas en inglés) para financiar proyectos y programas de adaptación concretos en países en desarrollo que hayan ratificado el Protocolo de Kyoto y que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, en la COP24 de 2018 se decidió que el Fondo de Adaptación empiece a servir al Acuerdo de París a partir de 2019, una vez que los arreglos institucionales pendientes sean acordados.

En mayo de 2016 el Fondo de Adaptación aprueba el “Programa de Adaptación al Cambio Climático a través de la gestión integrada del agua en Panamá”, que tiene como entidad implementadora a Fundación Natura y las principales entidades ejecutoras del Programa son el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE), el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A (ETESA), y Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

El objetivo general de este programa es establecer una gestión del agua con resiliencia climática para mejorar la seguridad alimentaria y energética a nivel nacional, incluida una comunidad integrada y comunitaria con un enfoque basado en las cuencas hidrográficas de Chiriquí Viejo y Santa María.

## Resumen Ejecutivo

En este documento, se presenta el resultado de la estructuración de la base de datos climáticos de precipitación de 27 estaciones meteorológicas de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) y 57 de la Empresa de Transmisión Eléctrica S, A. y de bases de datos de temperatura de 15 estaciones meteorológicas de Empresa de Transmisión Eléctrica S, A. y 1 de Autoridad del Canal de Panamá (ACP), para el uso de esta en la generación de productos que permitan apoyar la planificación, informar sobre las medidas de adaptación al cambio climático a nivel local y reducir los impactos asociados a la variabilidad y riesgos climáticos inducidos en las zonas más vulnerables del país.

Este proyecto se desarrolla en el marco del Acuerdo de París, donde 196 Partes se reunieron para transformar sus trayectorias de progreso con el fin de encaminar al mundo hacia el desarrollo sostenible y limitar el calentamiento de 1,5 a 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales. A partir del Acuerdo de París, las Partes también acordaron el objetivo a largo plazo de aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático, fomentar la resiliencia al clima y desarrollar estrategias de bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de manera que la producción de alimentos no se viera amenazada. Además, acordaron trabajar para que las corrientes de financiación fueran coherentes con una vía hacia un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero y resiliente al clima.

La primera gestión fue la de solicitar a las instituciones oficiales en el manejo de la información meteorológica de Panamá, las bases de datos de precipitación y temperatura, se hizo una selección inicial, donde se obtuvo un total de 84 estaciones meteorológicas con registros de precipitación y 16 estaciones meteorológicas con registro de temperatura, del período comprendido entre los años 1988 a 2019 con periodicidad mensual y diaria.

Luego, se procedió a analizar las bases de datos recibidas por parte de las instituciones oficiales, ACP y ETESA, e identificar los vacíos de información. Seguidamente, se realizaron los rellenos de información correspondiente.

## **Análisis de datos meteorológicas para las variables de precipitación y temperatura**

Con el objetivo de contar con información oficial y actualizada, la Dirección de Cambio Climático, a través del Departamento de Adaptación y Resiliencia lleva a cabo este proyecto. El mismo fue ejecutado a escala nacional, para contar con una cobertura completa de la información meteorológica para la posterior generación de mapas de riesgo climático.

### **Área de estudio**

La República de Panamá se localiza geográficamente en las latitudes septentrionales bajas entre los 7° 12' 07" y 9° 38' 46" de Latitud Norte y los 77° 09' 24" y 83° 03' 07" de Longitud Oeste. Se encuentra en la parte central del continente americano, en la parte más oriental y meridional de América Central.

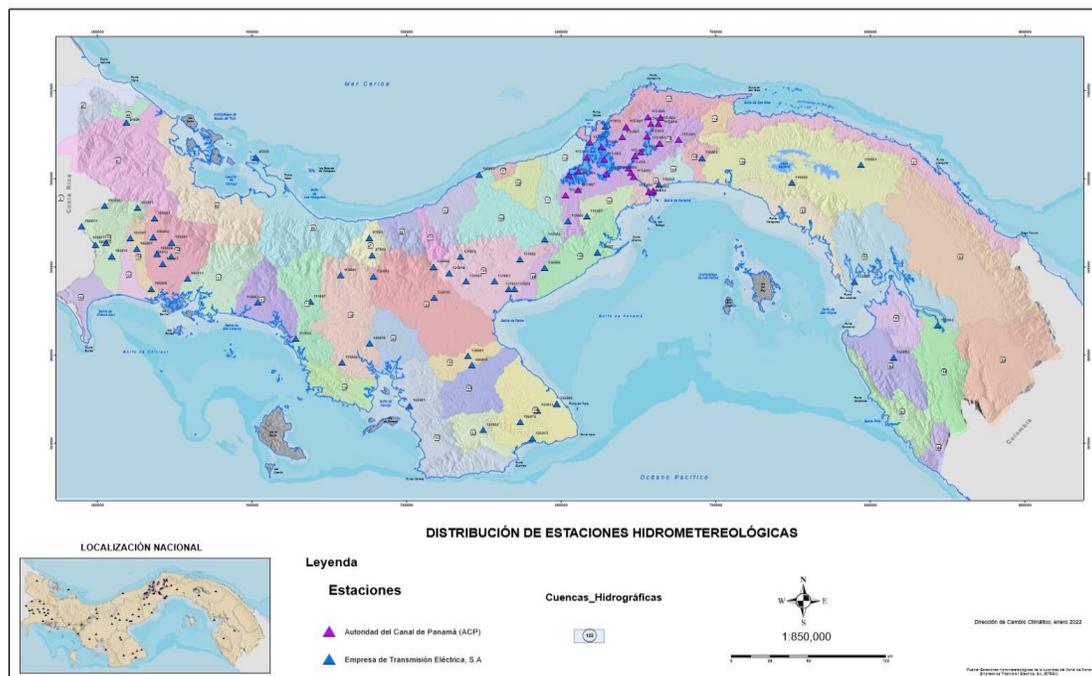
Está dispuesta en sentido Este - Oeste, limitando al Norte con el Mar Caribe, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con la República de Colombia y al Oeste con la República de Costa Rica.

El régimen pluvial se caracteriza por originarse, fundamentalmente debido, a cuatro tipos de ascendencias: la ascendencia por convergencia, la ascendencia orográfica, la ascendencia litoral y la convección térmica; además de presentar características diferentes según la vertiente.

En términos generales, en la vertiente del Pacífico, la precipitación anual se calcula entre los 1,500 y 3,500 mm. Se caracteriza, además, por una estación lluviosa que empieza a fines de abril y persiste hasta finales de noviembre y sus máximas se

registran entre junio y octubre. Entre diciembre y finales de abril sucede una estación seca con ausencia casi total de lluvias.

En la vertiente del Caribe se destaca la uniformidad de las precipitaciones a lo largo del año y en gran parte de la zona no se presenta una estación seca definida. En esta vertiente los totales pluviométricos son altos o muy altos, los cuales con mucha frecuencia superan los 4,000 mm anuales.



**Figura 1:** Distribución de estaciones hidrometeorológicas en la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

## Recopilación de datos climáticos

El cambio climático es definido por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) como la variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) propone a los gobiernos que adopten un enfoque de bases de referencia de 30 años. En la actualización de las Normas Climáticas, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA), establece un nuevo periodo de referencia comprendiendo los años 1991 - 2020; como una referencia estándar para las variables de temperatura y precipitación con un promedio de 30 años de registro histórico, como lo establece la OMM.

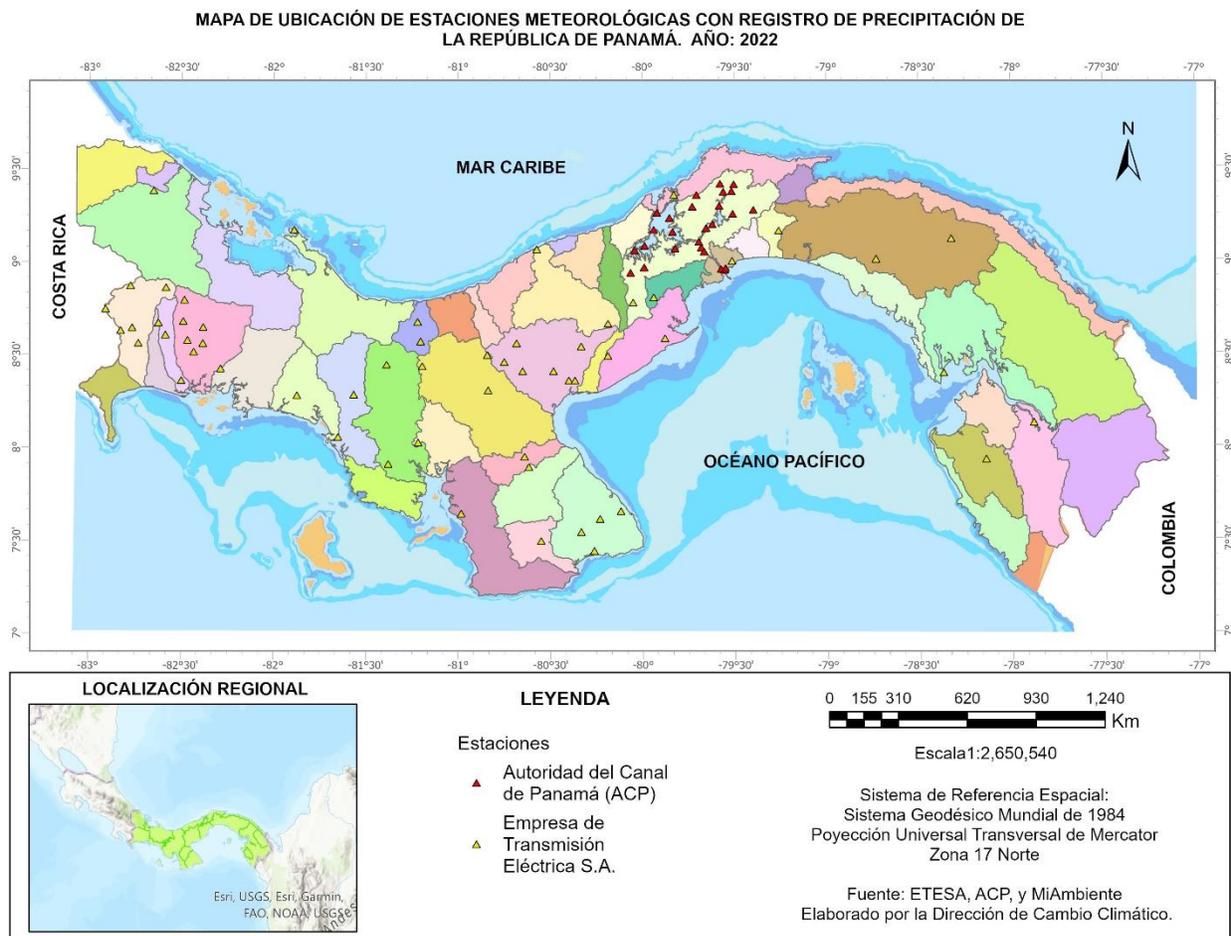
Es por lo que para el desarrollo de este proyecto se seleccionó, según la información meteorológica disponible, un periodo de tiempo que comprendiera 30 años de registros históricos de mediciones de precipitación y temperatura para su posterior análisis. El periodo de estudio seleccionado está comprendido entre los años 1988 y 2019.

Luego, se procedió a la identificación de las instituciones oficiales en el manejo de la información meteorológica de Panamá y posteriormente, la solicitud para la obtención de datos de estaciones meteorológicas con registros históricos de precipitación según el periodo de estudio seleccionado.

## Variable Precipitación

Estas estaciones conformaron un grupo inicial de 84 estaciones, con periodicidad mensual y diaria, administradas por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) y la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA).

Las bases de datos fueron adquiridas en formato Excel, con la siguiente información para cada una de las estaciones: nombre y número de estación, tipo de estación, coordenadas, altura, provincia y registro histórico de precipitación diaria.



**Figura 2:** Distribución de estaciones meteorológicas con registro de precipitación de la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022



## Métodos de estimación de datos faltantes

Los métodos estadísticos más adecuados para este tratamiento, de acuerdo con la necesidad y aplicabilidad fueron los siguientes:

**Método de la Media y Mediana Histórica:** Se utiliza cuando la estación meteorológica posee una cantidad limitada de datos faltantes y los mismos no son de periodos consecutivos.

La mediana es utilizada, cuando la variable medida es altamente aleatoria, esta medida corresponde a las medidas de resumen o medida de tendencia central. Por su parte, la media es utilizada cuando en los registros históricos de precipitación o lluvia no hay alta variabilidad en los datos, es decir, no hay valores atípicos, por lo que la medida no se ve afectada por valores extremos.

En el caso del relleno de datos faltantes para la variable de **precipitación**, se analizaron las medidas descriptivas; siendo la precipitación en Panamá altamente variable (alta aleatoriedad), se recomendó utilizar el método de la mediana histórica, y se analizaron los coeficientes de variación como indicador de la alta variabilidad por estación meteorológica, teniendo en cuenta que los datos que contiene la serie no sobrepasen el 15% de datos faltantes en años o periodos consecutivos.

En el caso de la **temperatura**, se seleccionó el método de relleno con la media histórica. Este se calcula en base a cada año, mes y día donde se ubican los datos faltantes, y con ello se obtiene el promedio, teniendo en cuenta que los datos que contiene la serie no sobrepasen el 50% de datos faltantes en años o periodos consecutivos, cabe resaltar que se han hecho algunas consideraciones, dado que son pocas estaciones con datos de registro histórico de temperaturas a nivel nacional.

Luego de tener claro el formato se procede a realizar el cálculo del promedio, este se realiza en la columna con nombre media histórica, seguido se copia el promedio de los datos del año- mes faltante y se rellena con este cálculo.

**Método de Regresión, simple y múltiple:** Se utiliza para generar relleno de datos al registro diario y mensual, y es utilizada cuando los puntos georreferenciados no se ven afectados por la topografía, el radio de representatividad en superficies planas es de aproximadamente 30 km y el comportamiento de los registros son homogéneos.

Para esta etapa, se realizó el empalme de las dos series y se procedió con el arreglo. Posteriormente, se hizo el relleno de los datos faltantes, tomando en cuenta que cuando la estimación de la variable resulte en un valor negativo, se debe colocar el cero como estimación. Además, cuando en ninguna de las dos estaciones cercanas se encuentran datos, se coloca el código de -99.9, código de "dato faltante" reconocido por el programa RClimDex para el tratamiento de los datos y la generación de los índices de extremos climáticos.

En los casos donde no se encuentren datos en la estación para el relleno, se utilizó la mediana, para la precipitación, y la media, para la temperatura; del año del dato faltante.

**El método de media móvil centrada y no centrada:** se utiliza en formato de series de tiempo en datos mensuales. En estadística, una media móvil es un cálculo utilizado para analizar un conjunto de datos en modo de puntos para crear series de promedios. Así las medias móviles son una lista de números en la cual cada uno es el promedio de un subconjunto de los datos originales.

Las medias móviles son indicadores técnicos de tendencia, que se utilizan en los análisis para realizar estimaciones de pocos a corto plazo, esta puede ser centrada ( $K=3, 5, 7$ ), cuando se utiliza constante de valores impares o no centrada ( $K= 4, 6, 8$ ), cuando se utiliza constante con valores pares.

Para la aplicación de este método hay que conocer que el intervalo  $K=3$  indica el promedio ponderado con tres valores anteriores y con ese cálculo se rellena el dato faltante y se agrega a la serie original, este proceso se realiza para los siguientes datos de manera consecutiva hasta completar toda la serie. Es importante señalar, que en este método de relleno es aconsejable el relleno de datos hasta 6 valores faltantes, cuando los registros de datos faltantes son consecutivos, dado que el método de relleno genera subestimaciones y luego se hace constante al paso del tiempo.

**Suavizamiento Exponencial Simple:** Es el método más utilizado por empresas dado que su formulación es sencilla, no necesita grandes cantidades de datos, es un modelo exponencial preciso y es flexible al darle más importancia a las entradas recientes que a las antiguas.

Este método de suavizado exponencial simple funciona con una constante de suavización llamada "alfa", que tendrá un valor comprendido entre 0 y 1. Cuando esta constante se acerca a 1, significa que como técnico le estamos dando mayor importancia a lo que sucede últimamente en el registro de la serie de tiempo, por el contrario, cuando la constante la acercamos a 0, indica que le damos mayor peso a los primeros registros de la serie.

Tal como se señaló en el método anterior, en el método de SES de relleno es aconsejable el relleno de datos hasta 6 valores faltantes, cuando los registros de datos faltantes son consecutivos.

Para la aplicación de este método hay que conocer que el intervalo  $\mu=0.7$ , dándole peso a los últimos valores para la consideración del relleno, con el cálculo se rellena el dato faltante y se agrega a la serie original, este proceso se realiza para los siguientes datos de manera consecutiva hasta completar toda la serie.

## Control de calidad

Para el control de calidad se utilizó la base de datos con las estaciones que cumplieron con los requisitos establecidos, es decir base con registros de precipitación y temperatura completos o rellenos.

Los métodos de validación utilizados fueron los siguientes: Pruebas de igualdad de medias, para validar que no hay cambios significativos de una estación meteorológica con otra estación cercana, se utilizó, la distribución T de Student, la prueba z para dos muestras y otros test no paramétricos. Igualdad de varianzas: la cual se utiliza cuando nos interesa saber o validar la homogeneidad en los datos, es decir que no hay datos atípicos importantes, (Prueba de Levene's).

La prueba de Rachas se utilizó para verificar aleatoriedad en los datos, es decir que el registro no se muestra en un valor constante, se utiliza la distribución normal y normal estándar, para cuando la muestra de datos son  $n > 30$  años. Los gráficos de cajas, bigotes y de dispersión por períodos; para observar el comportamiento de los datos y si se mostraban datos dudosos o atípicos. Se utilizan las líneas de tendencias para validar el cambio climático a largo plazo, cuando la prueba de beta o pendiente resulta diferente de cero, indica que hay un cambio climático en los registros históricos, e indica si es un cambio debido al aumento o a la disminución.

## Generación de índices de extremos climáticos

Es importante señalar que, de las 84 estaciones meteorológicas con información de precipitación recibidas para la generación de los índices de extremos climáticos, se descartaron 7 estaciones por un porcentaje alto de datos faltantes. Por otro lado, 25 estaciones meteorológicas pasaron el proceso de validación y para las 52 estaciones incluidas, se estableció una comisión de expertos para tomar decisiones, según criterios establecidos, quedando la base con un total de 77 estaciones meteorológicas.

Para el caso de este estudio, se trabajaron los índices relacionados a la temperatura y precipitación, por lo que se consideraron 5 índices de extremo climático de precipitación y 9 índices de extremos climáticos de temperatura que se generarán con este programa, de los cuales 5 están relacionados específicamente con las temperaturas mínimas y el resto (4) con las temperaturas máximas.

**Tabla 1:** Índices de extremo climático relacionados a precipitación

N°	Índice	Descripción
1	CDD	Mayor número de días secos consecutivos en un año
2	CWD	Mayor número de días húmedos consecutivos en un año
3	PRCTOT	Precipitación total al año
4	R95P	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 95 para los días húmedos Prec. > 1,0mm
5	R20MM	Total de precipitación mayor a 20 mm en un día

**Fuente:** Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 2.** Índices de extremos climáticos relacionados a los registros de temperaturas mínimas.

N°	Índice	Descripción	Aclaraciones
1	DTR (°C)	Diferencia media mensual entre la Temperatura Máxima y la Temperatura Mínima.	El rango entre la T <sub>máx</sub> y la T <sub>min</sub> , también conocido como oscilación térmica (OSC. T)
2	TN10P	Noches frías: % de días con Temperatura Mínima. menor al Percentil 10	Asociados al comportamiento de la temperatura mínima (temperatura en la noche)
3	TN90P	Noches calientes: % de días con Temperatura Mínima mayor al Percentil 90	
4	TNN (°C)	Temperatura nocturna mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria.	
5	TNX (°C)	Temperatura nocturna máxima: Valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria	

**Fuente:** Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 3.** Índices de extremos climáticos relacionados a los registros de temperaturas máximas.

N°	Índice	Descripción	Aclaraciones
6	TX10P	Días fríos: % de días con Temperatura Máxima. menor al Percentil 10	Asociados al comportamiento de la temperatura máxima (temperatura en el día)
7	TX90P	Días calientes: % de días con Temperatura. Máxima mayor al Percentil 90	
8	TXN (°C)	Temperatura diaria mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria	
9	TXX (°C)	Temperatura diaria máxima: Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria	
10	WSDI	Conteo anual de días (por lo menos 6 días consecutivos) en que la temperatura máxima (TX) > percentil 90 (duración de periodos calientes)	Descartado, por muchos valores inconsistentes

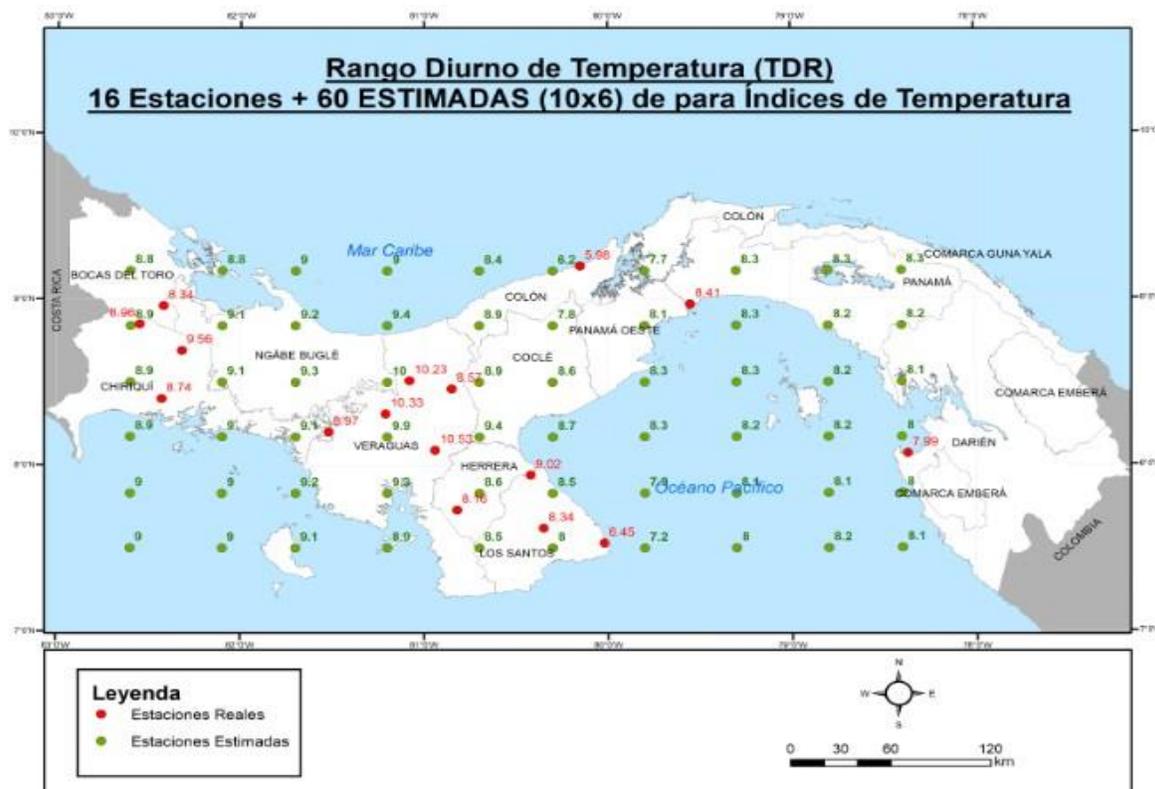
**Fuente:** Ministerio de Ambiente, 2022

Posteriormente, se procedió a hacer el análisis de los índices calculados por la herramienta y a recopilar la información necesaria. El análisis se realizó a través de los gráficos observando la significancia y la pendiente, como señal de aumento o disminución de la lluvia o días secos consecutivos según la definición para cada índice.

## Interpolación de datos climáticos

Se elaboró una matriz de referencia de las estaciones meteorológicas con rellenos diarios de datos de temperatura y precipitación. Luego, se creó una tabla de estaciones georreferenciada y con los índices promedio se generó una propuesta de interpolación con una grilla de 10x6, para obtener puntos de datos referenciados donde no hay registro, bajo los métodos de interpolación.

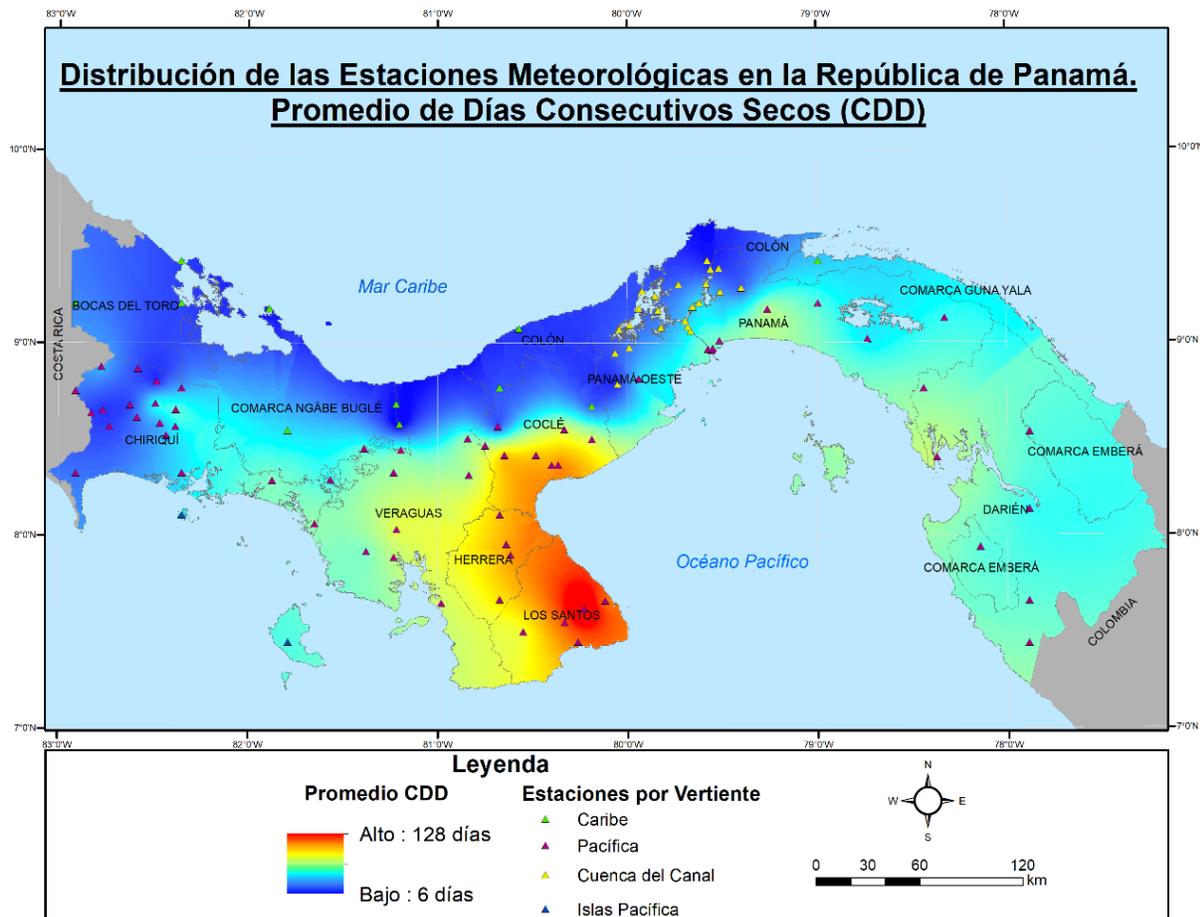
Posteriormente, se seleccionaron los métodos de interpolación que iban a ser analizados dentro del estudio (método de Kriging e IDW) y se eligió la rejilla con el método de interpolación del modelo que arroje el menor error medio y que produzca valores aceptables para la estimación. Luego de tener la rejilla con mejor representatividad, se elaboraron los mapas interpolados con los índices de extremos climáticos.



**Figura 4:** Distribución de rejilla de interpolación de estaciones meteorológicas para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

## Mapas generados a partir de los índices de extremo climático



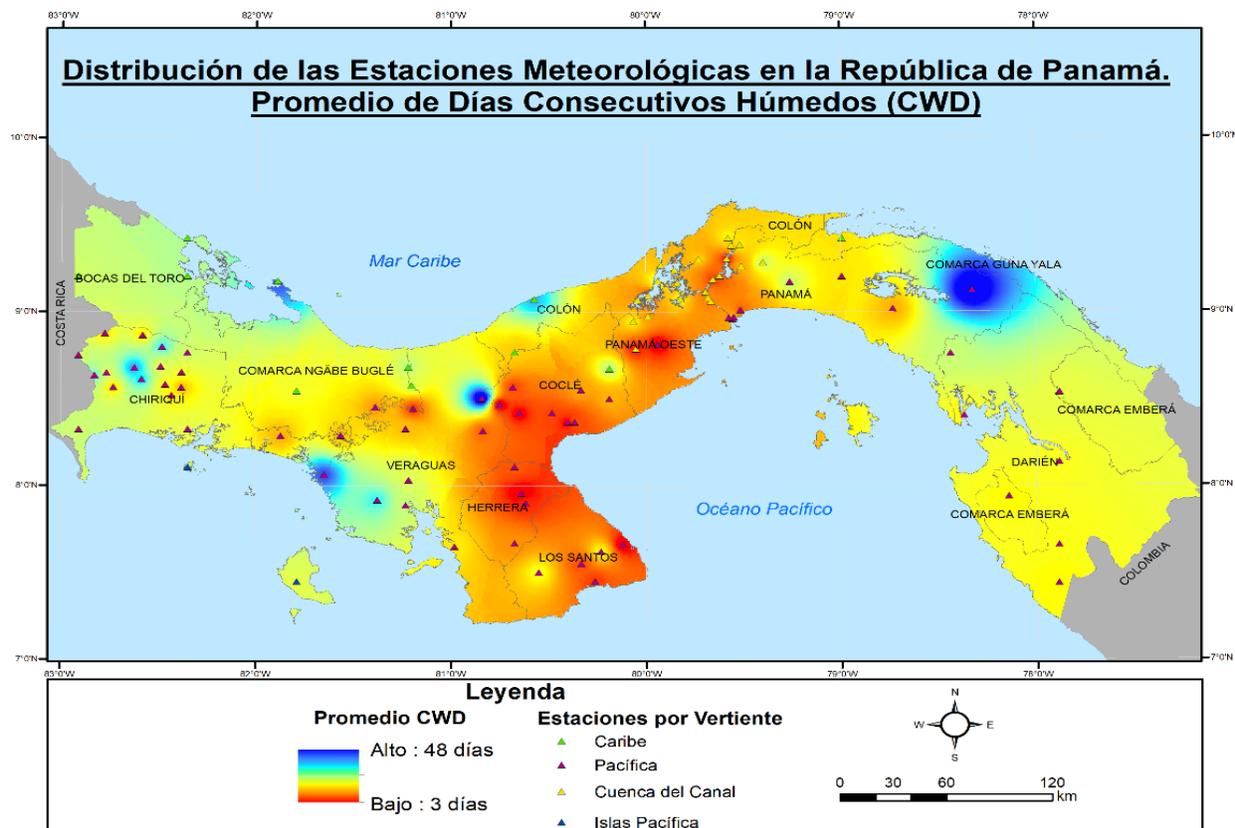
**Figura 5:** Promedios de días secos consecutivos para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

Para el índice promedio de días consecutivos secos, CDD, se tiene que el comportamiento de acuerdo a la caracterización y ubicación según regiones (Pacífico, Caribe y Cuenca del Canal de Panamá), presenta un dominio en alto porcentaje de estaciones ubicadas desde la Región Pacífico, Provincia de Veraguas, pasando por el Arco Seco (Herrera, Los Santos y Coclé) y parte de la Provincia de Darién; con valores de mayores días consecutivos secos que alcanzan un promedio anual hasta de 128 días consecutivos secos, tal como se muestra en el mapa de riesgo 1. CDD. En la

Región Caribe se muestran valores del índice promedio con valores bajos hasta registros de 6 días secos consecutivos al año en promedio. Estos valores se ubican desde Bocas de Toro Tierras altas de Chiriquí Oriente y Occidente pasando por la

Comarca Ngabe Buglé, Panamá, Colón hasta la cuenca del Canal de Panamá. Los registros que quedan cercanos al promedio entre los valores extremos registrados y visualizados en el mapa se encuentran en las provincias de Panamá Este, Comarcas GunaYala, Emberá y Provincia de Darién.

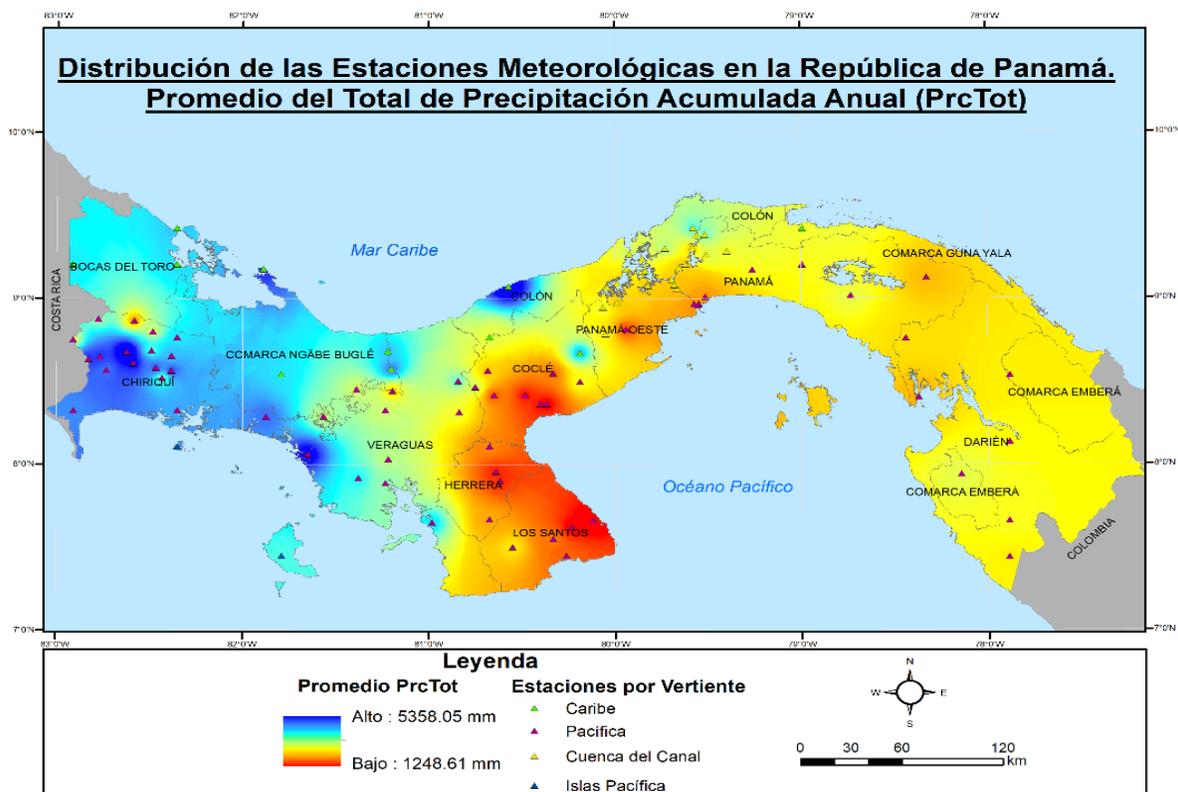


**Figura 6:** Promedio de días húmedos consecutivos para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

Para el índice promedio de días consecutivos húmedos, CWD, se determinó que el comportamiento de acuerdo a la caracterización y ubicación según regiones (Pacífico, Caribe y Cuenca del Canal de Panamá), muestra un alto porcentaje de estaciones meteorológicas ubicadas desde la Región Pacífico, Provincia de Veraguas, pasando por el Arco Seco (Herrera, Los Santos y Coclé) y parte de la Provincia de Darién, donde predominan valores de menores días consecutivos húmedos, que alcanzan promedios anuales desde 3 días. En tanto que, con 48 y menos días consecutivos húmedos, se encuentran puntos muy específicos como en las Provincias de Veraguas, Coclé y la Comarca Guna Yala.

Para la Región Caribe, se muestran valores del índice promedio con valores bajos con registros de 3 días consecutivos húmedos al año en promedio, estos valores se ubican desde Bocas de Toro, Tierras altas de Chiriquí Oriente y Occidente pasando por la Comarca Ngabe Buglé, Panamá, Colón hasta la cuenca del Canal de Panamá.



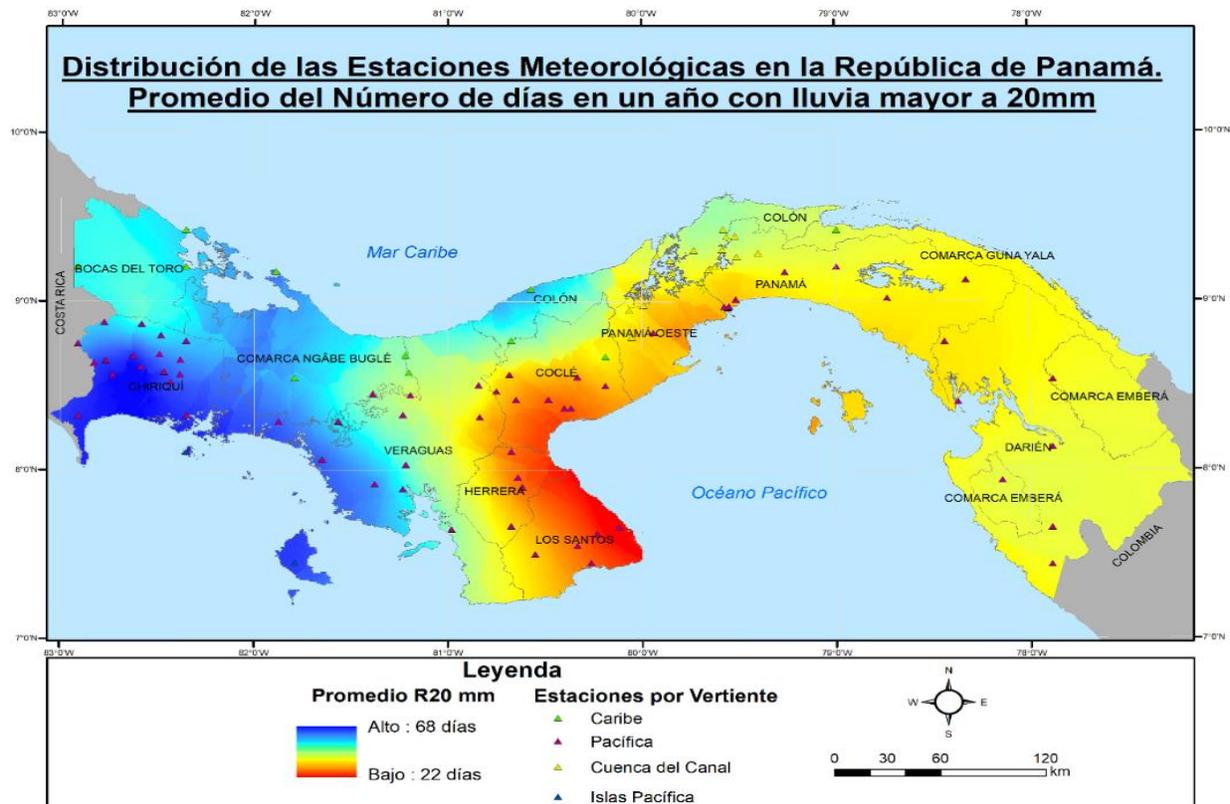
**Figura 7:** Promedio de precipitación anual acumulada para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

Para la precipitación total anual promedio, se obtuvo que el comportamiento de acuerdo a la ubicación según regiones (Pacífico, Caribe y Cuenca del Canal de Panamá), un dominio en alto porcentaje de estaciones ubicadas desde la Región Pacífico, Provincia de Veraguas, pasando por el Arco Seco (Herrera, Los Santos, Coclé), Panamá y parte de la Provincia de Darién con valores bajos de precipitación que alcanzan un promedio anual 1248.61 mm por año, tal como se muestra en el mapa de riesgo 3. En tanto que, en la provincia de Chiriquí, Comarca Ngäbe Buglé, se registran valores más altos en promedio de 5, 358.05 mm.

En la Región Caribe, se muestran valores del Índice promedio de precipitación total con valores altos en algunos puntos, estos valores se ubican desde Bocas de Toro, Tierras altas de Chiriquí Oriente y Occidente pasando por la Comarca Ngäbe Buglé, y Colón.

En los puntos ubicados en la Cuenca del Canal de Panamá. Se obtuvieron registros cercanos al promedio con una tendencia a la disminución, los valores extremos registrados que se pueden visualizar en el mapa, incluye la Provincias de Panamá Oeste, Este y Comarca de Guna Yala



**Figura 8:** Promedio del número de días en un año con lluvia mayor a 20 mm para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

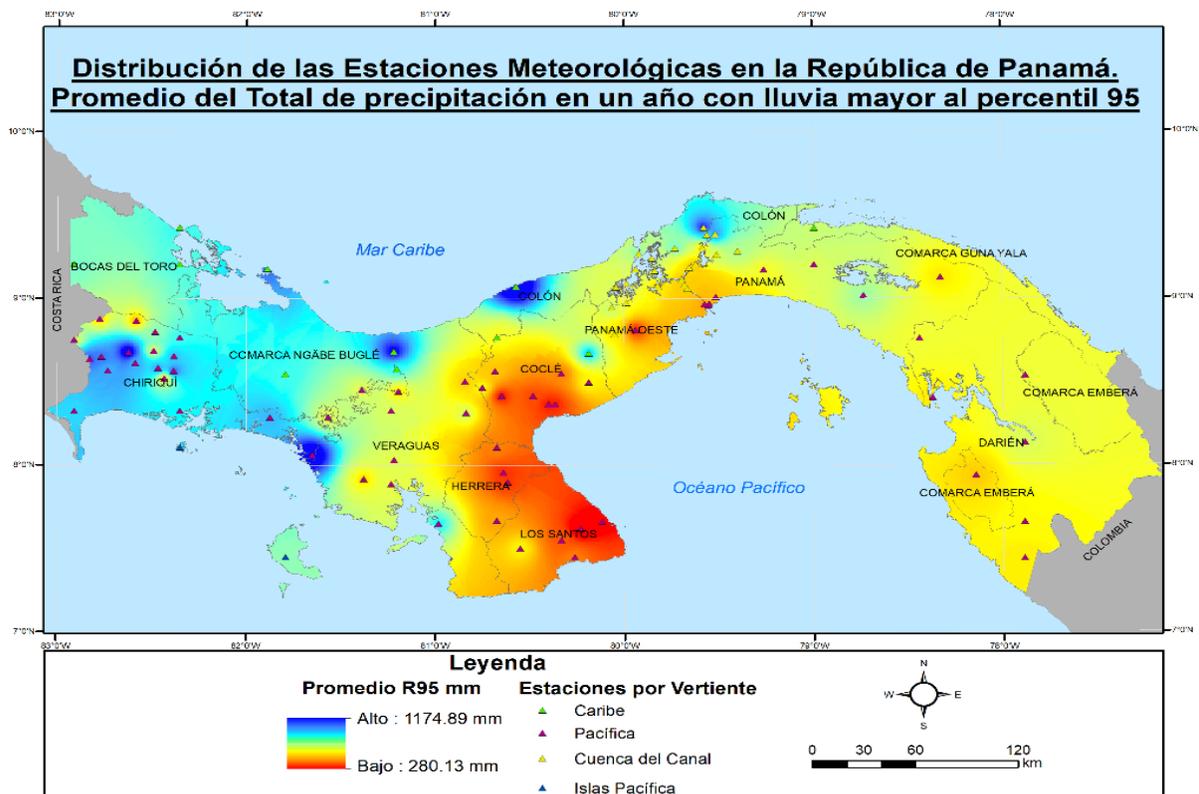
Para  $R > 20$  mm, índice promedio de días con registros de precipitación total en 24 horas mayor a 20 mm, se determinó que para las Regiones (Pacífico, Caribe y Cuenca del Canal de Panamá), el comportamiento de acuerdo a la caracterización y ubicación, muestra un alto porcentaje de estaciones ubicadas en la Región Pacífico, desde la Provincia de Veraguas, pasando por el Arco Seco (Herrera, Los Santos, Coclé), Panamá Oeste, Centro y Este y parte de la Provincia de Darién predominan valores promedio de días con registros de precipitación mayor a 20 mm en 24 horas, que alcanzan un promedio anual bajo de 22 días.

En tanto que los puntos que se ubican desde Bocas del Toro, tierras altas de Chiriquí Oriente y Occidente pasando por la Comarca Ngäbe Buglé, Centro de Veraguas,

registran valores altos de 68 días donde la precipitación sobrepasa los 20 mm en 24 horas (lluvias fuertes), según la clasificación de la lluvia.

Para la Región Caribe, se muestra el Índice promedio de días con precipitación mayor a 20 mm en 24 horas, estos valores se ubican desde Bocas de Toro Tierras altas de Chiriquí Oriente y Occidente pasando por la Comarca Ngäbe Buglé, Panamá, Colón.

En la cuenca del Canal de Panamá. Los registros se quedan cercanos al promedio entre los valores extremos registrados. Además, estos registros también se encuentran en las Provincias de Panamá Este, Comarcas Guna Yala, Emberá y Provincia de Darién.

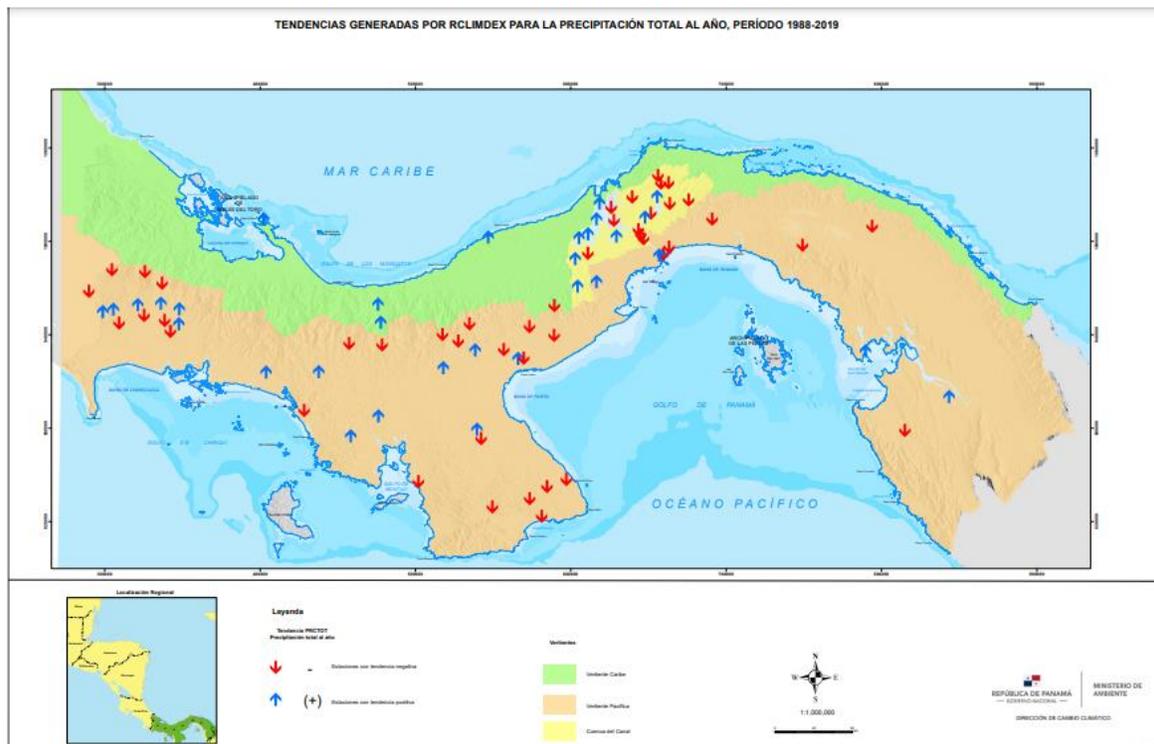


**Figura 9:** Promedio del total de precipitación en un año con la precipitación mayor al percentil 95 para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

Para el índice R95 p, índice promedio de total de precipitación anual ubicada en el percentil 95, se tiene que el comportamiento de acuerdo a la caracterización y ubicación según regiones (Pacífico, Caribe y Cuenca del Canal de Panamá), alto porcentaje de estaciones ubicadas desde la Región Pacífico, Provincia de Veraguas, pasando por el Arco Seco (Herrera, Los Santos y Coclé) y parte de la Provincia de Darién, predomina el índice promedio de total de precipitación anual ubicada en el percentil 95, que alcanzan un promedio anual bajo de hasta 280.13 mm.

Para la Región Caribe se muestran valores del Índice promedio con valores altos hasta 1174.89 mm ubicados en el percentil 95, estos valores se ubican desde Bocas de Toro Tierras altas de Chiriquí Oriente y Occidente pasando por la Comarca Ngabe Buglé, Panamá, Colón. Para la cuenca del Canal de Panamá, se registran valores que se ubican en el percentil 95 por el orden de entre los valores extremos de 727.51 mm, con tendencia a la disminución en un porcentaje de estaciones con esta periodicidad.

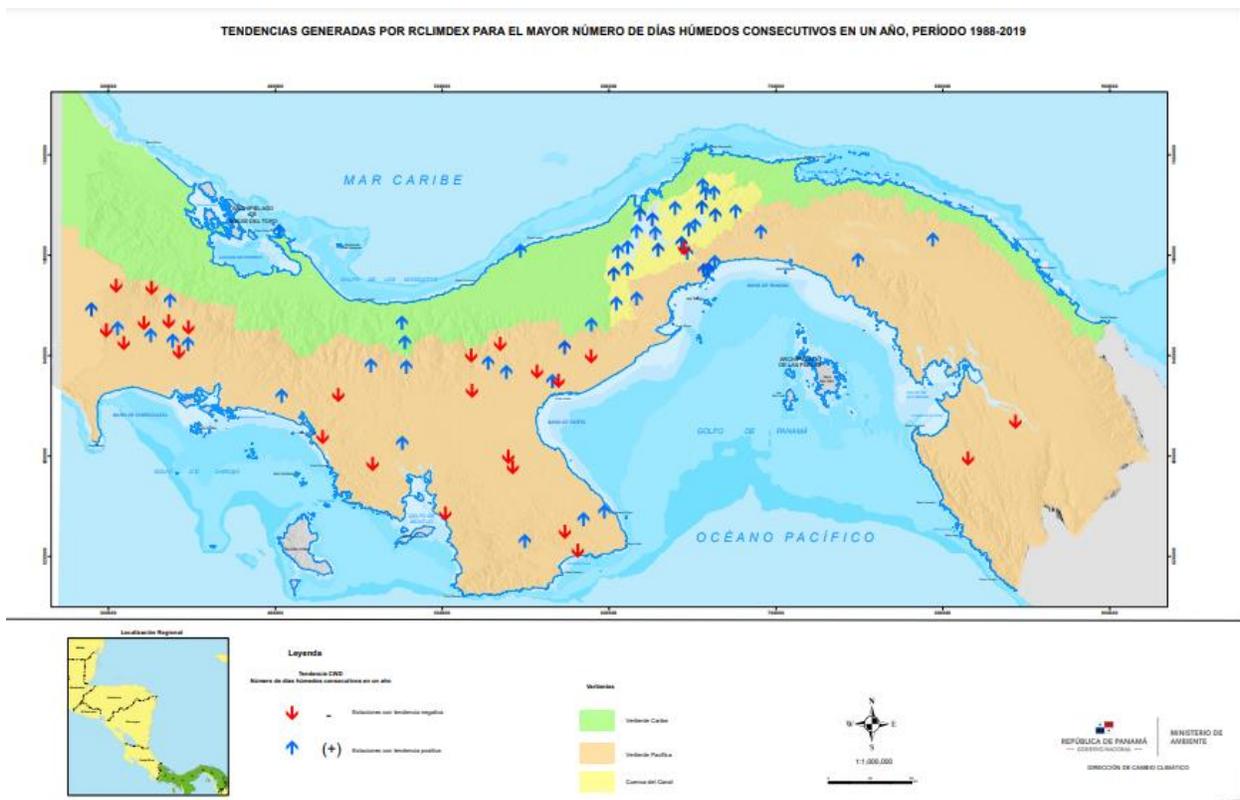


**Figura 10:** Tendencias generadas por RCLimDex para la precipitación total anual (periodo 1988 - 2019), para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

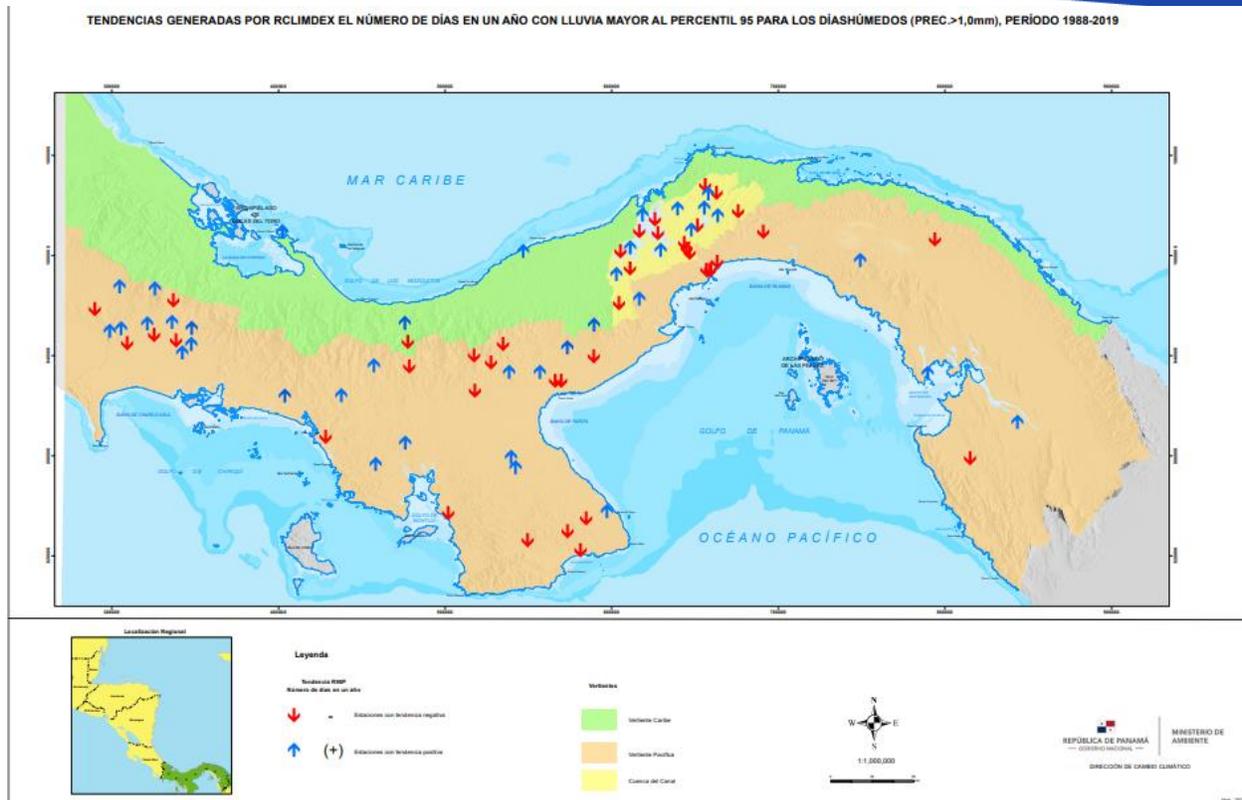
Según el periodo de estudio, se percibió que hay un porcentaje significativo de estaciones que registran tendencias negativas, es decir que evidencian cambios al aumento o disminución de los índices promedio relacionados con la precipitación.

La precipitación total promedio analizar las tendencias de precipitación o lluvia generada por año anual, indica evidencia de tendencia a la disminución.



**Figura 11:** Tendencias generadas por RCLimDex para el mayor número de días húmedos consecutivos en un año (periodo 1988 - 2019), para la República de Panamá.

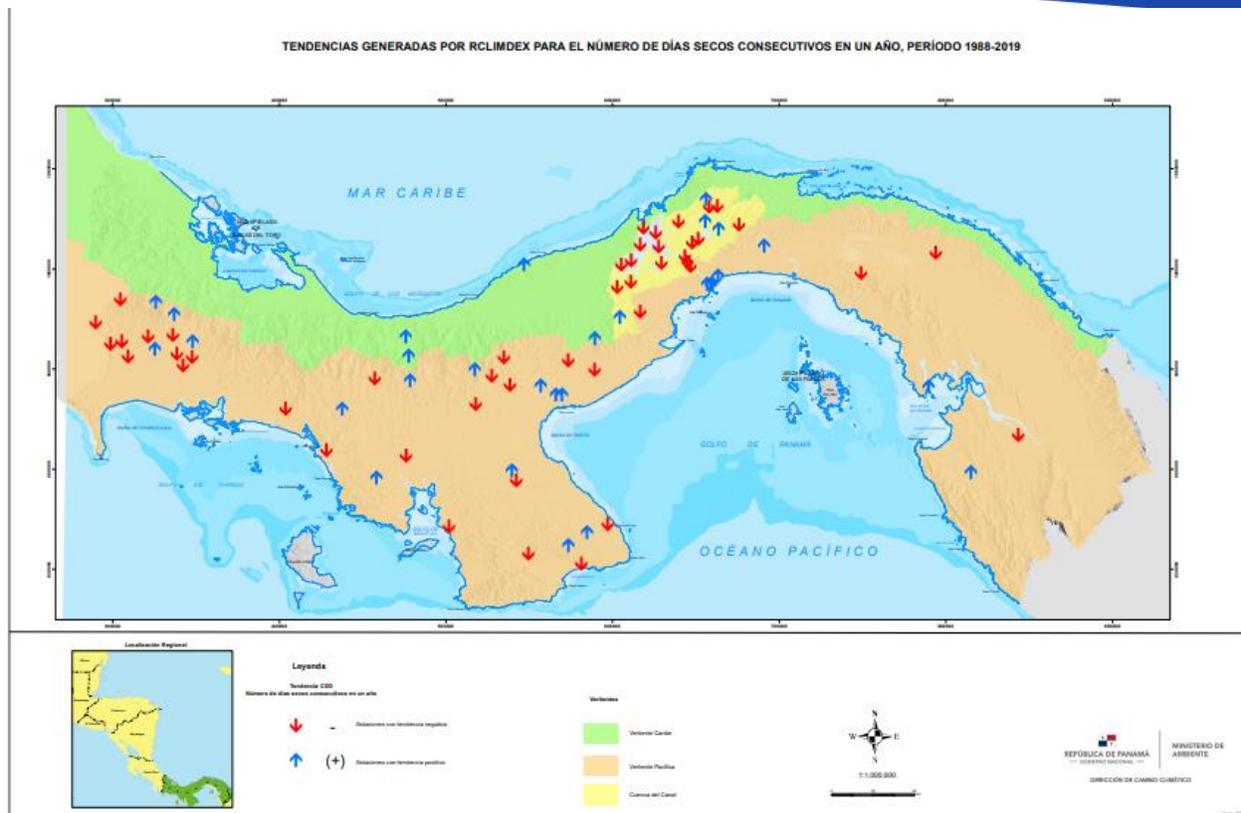
**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022



**Figura 12:** Tendencias generadas por RCLimDex para el número de días en un año con lluvia mayor al percentil 95 para los días húmedos (periodo 1988 - 2019), para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

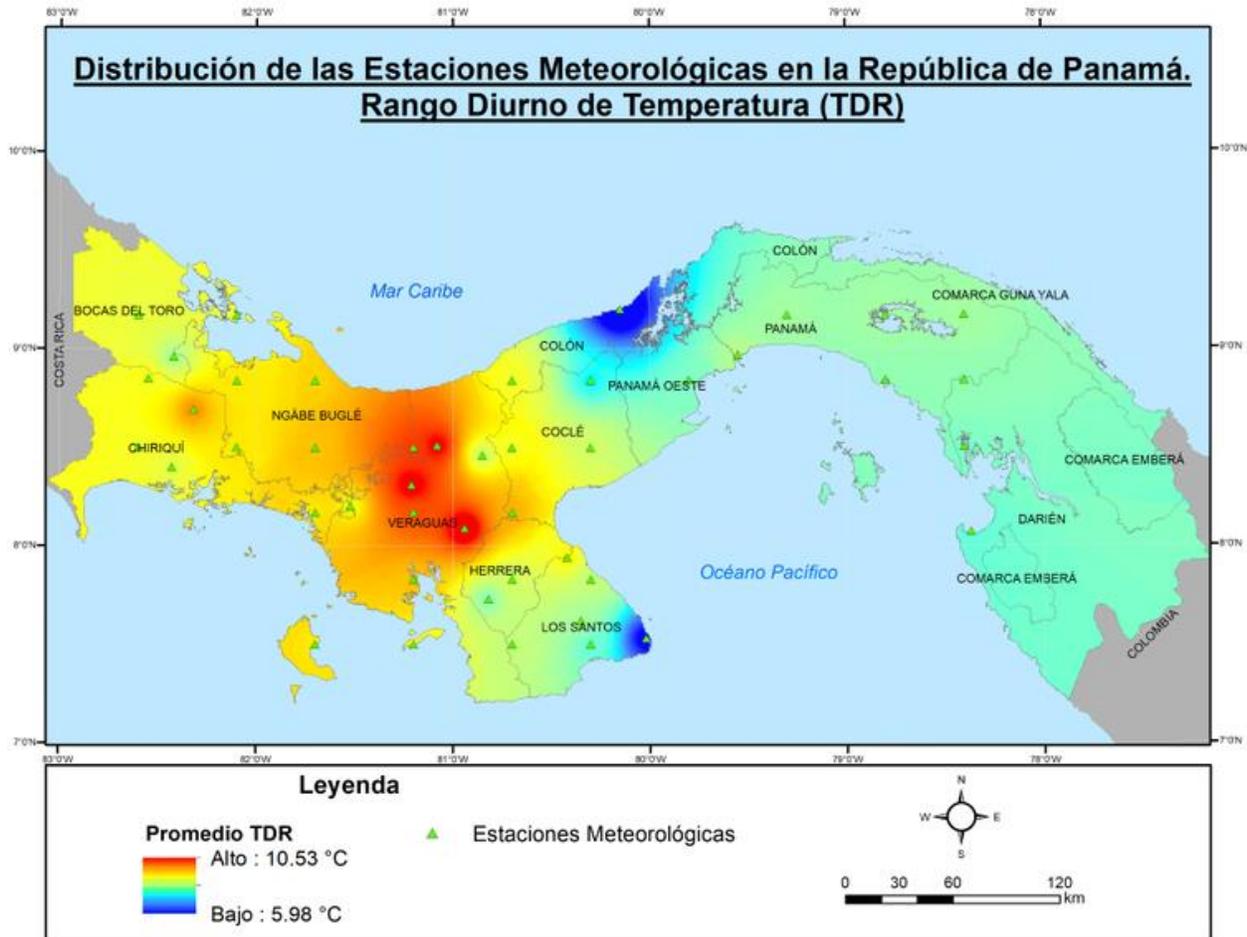
También se muestra una tendencia a la disminución de días húmedos consecutivos y registros de valores extremos en el percentil 95.



**Figura 13:** Tendencias generadas por RCLimDex para el mayor número de días secos consecutivos en un año (periodo 1988 - 2019), para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

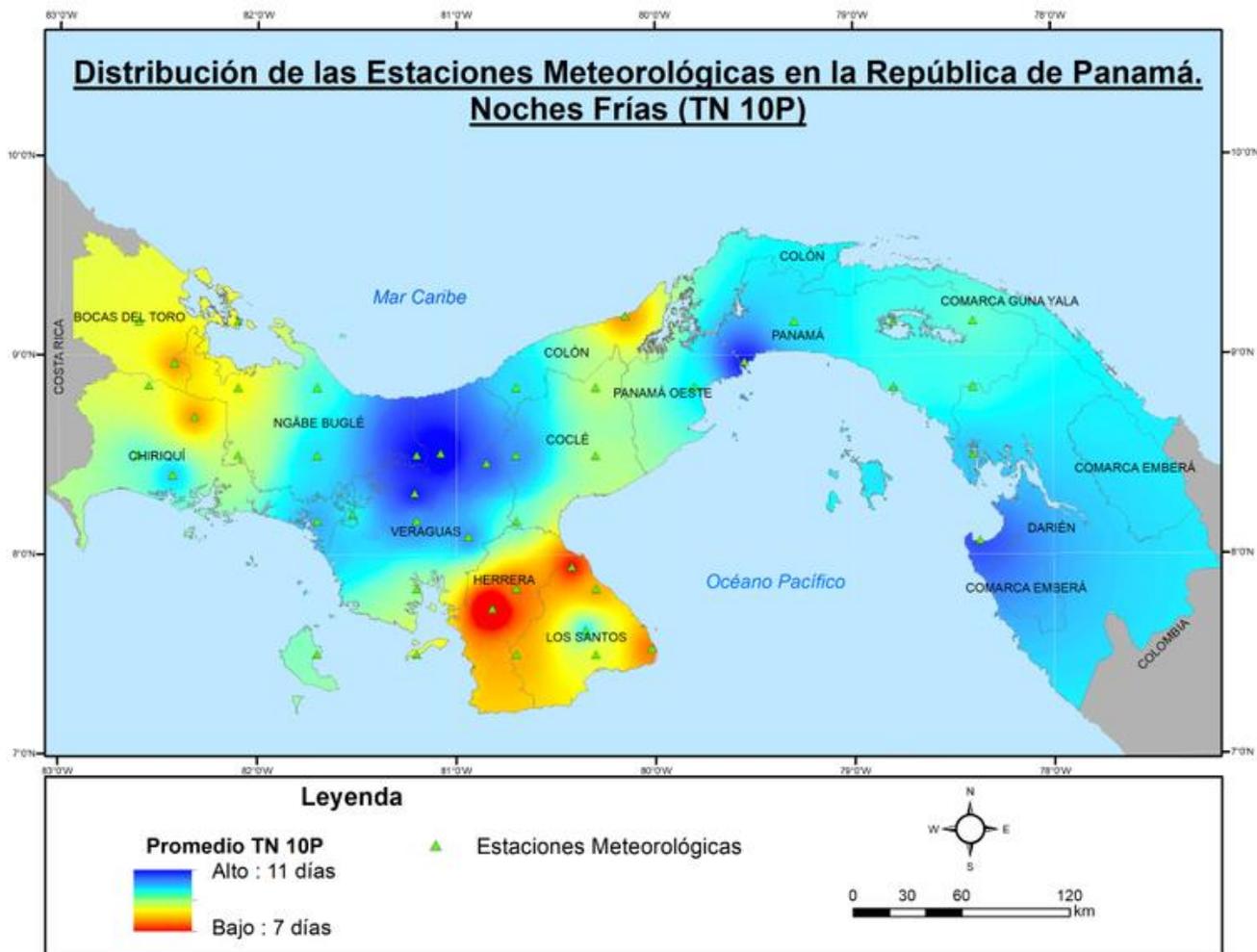
Sin embargo, como se muestra en la figura anterior, los días consecutivos secos muestran aumentos significativos, en dónde se acentúa en el Arco Seco y se extiende hasta la Provincia de Darién y comarca Emberá.



**Figura 14:** Rango diurno de temperatura para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** Para el TDR (°C): Diferencia media mensual entre la temperatura máxima y la mínima, se observa que la diferencia media mensual (DTR °C), entre la temperatura máxima y la mínima, también conocida como oscilación térmica. Muestra valores de temperaturas altas alrededor de las provincias de Bocas, Chiriquí, arco seco (Herrera, parte Los Santos), en Veraguas se muestra un rango más marcado para tendencia al alza. En tanto que, para las provincias de Panamá, Comarcas, Colón y Darién se mantienen valores cercanos al valor promedio al rango entre mínimo valor y máximo.

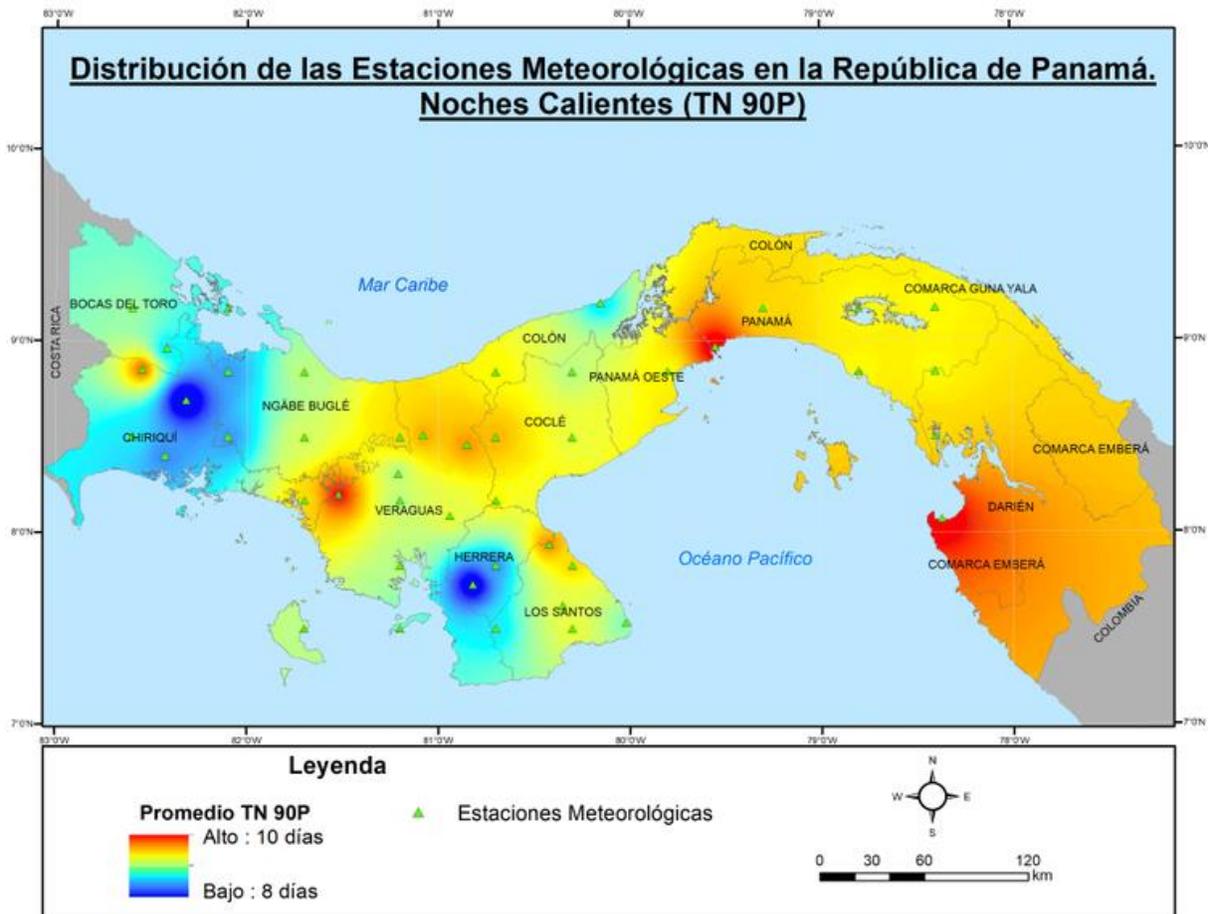


**Figura 15:** Noches frías para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TN 10P (%): Noches frías; Porcentaje de días con Temperatura Mínima. menor al Percentil 10.

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura Mínima. menor al Percentil 10 (TN 10P (%)), muestra porcentajes de días con Temperatura Mínima. menor al Percentil 10. con valores altos alrededor de las provincias de Bocas, Chiriquí, y con mayores porcentajes se observa en el arco seco (Herrera, parte Los Santos), en Veraguas se muestra un rango más marcado para porcentajes bajos. En tanto que, para las provincias de Panamá, Comarcas, Colón y Darién se mantienen valores cercanos al valor promedio del rango entre mínimo y máximo valor.

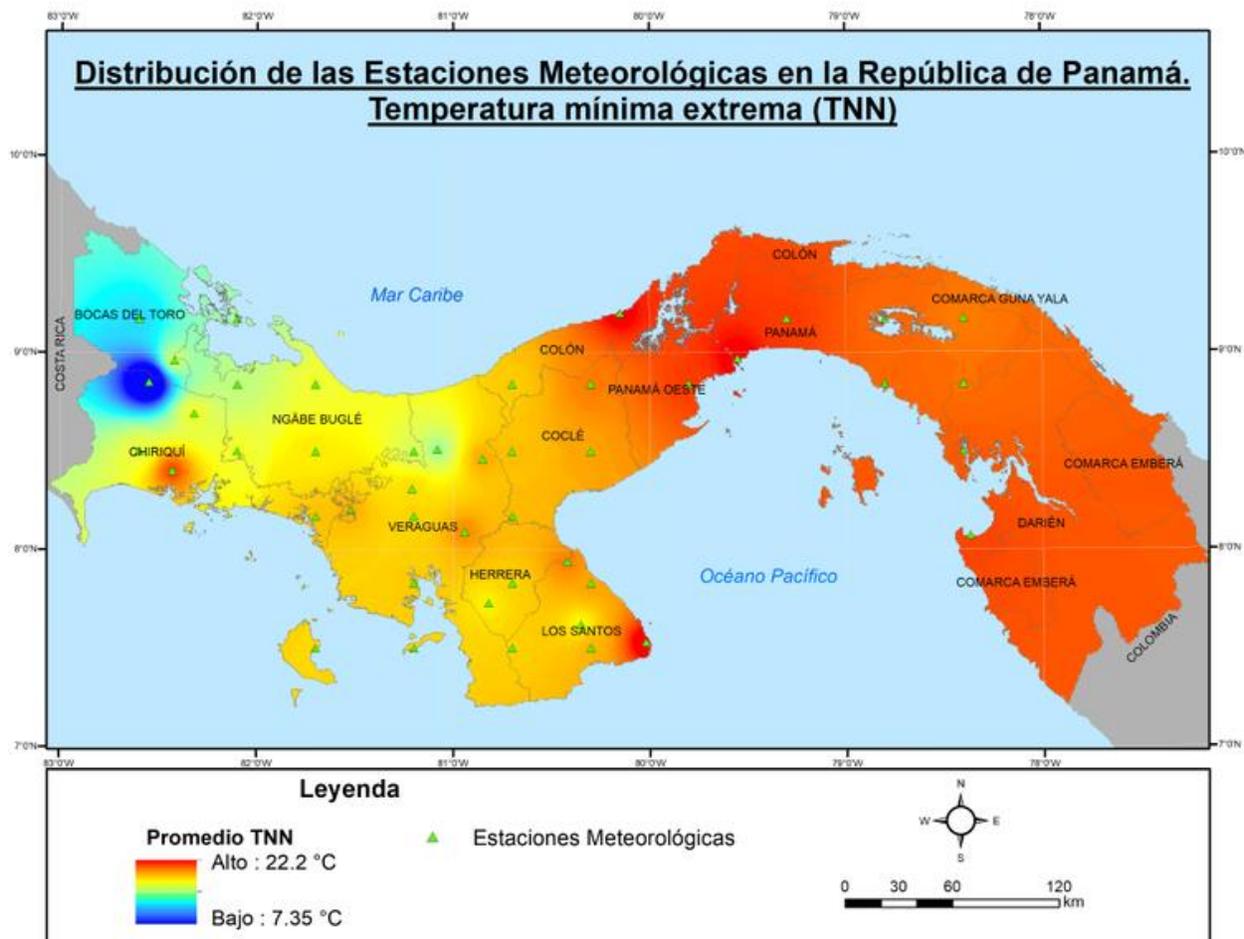


**Figura 16:** Noches calientes para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TN 90P (%): Noches calientes; Porcentaje de días con Temperatura Mínima mayor al Percentil 90.

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura Mínima. mayor al Percentil 90 TN 90P (%), muestra porcentajes de días con Temperatura Mínima. mayor al Percentil 90 con valores altos alrededor de las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí, y con mayores porcentajes bajos se observa desde Veraguas, arco seco (Herrera, Los Santos), Coclé pasando por Provincias de Panamá Oeste hasta Colón, Comarcas Guna Yala, Emberá y Darién.

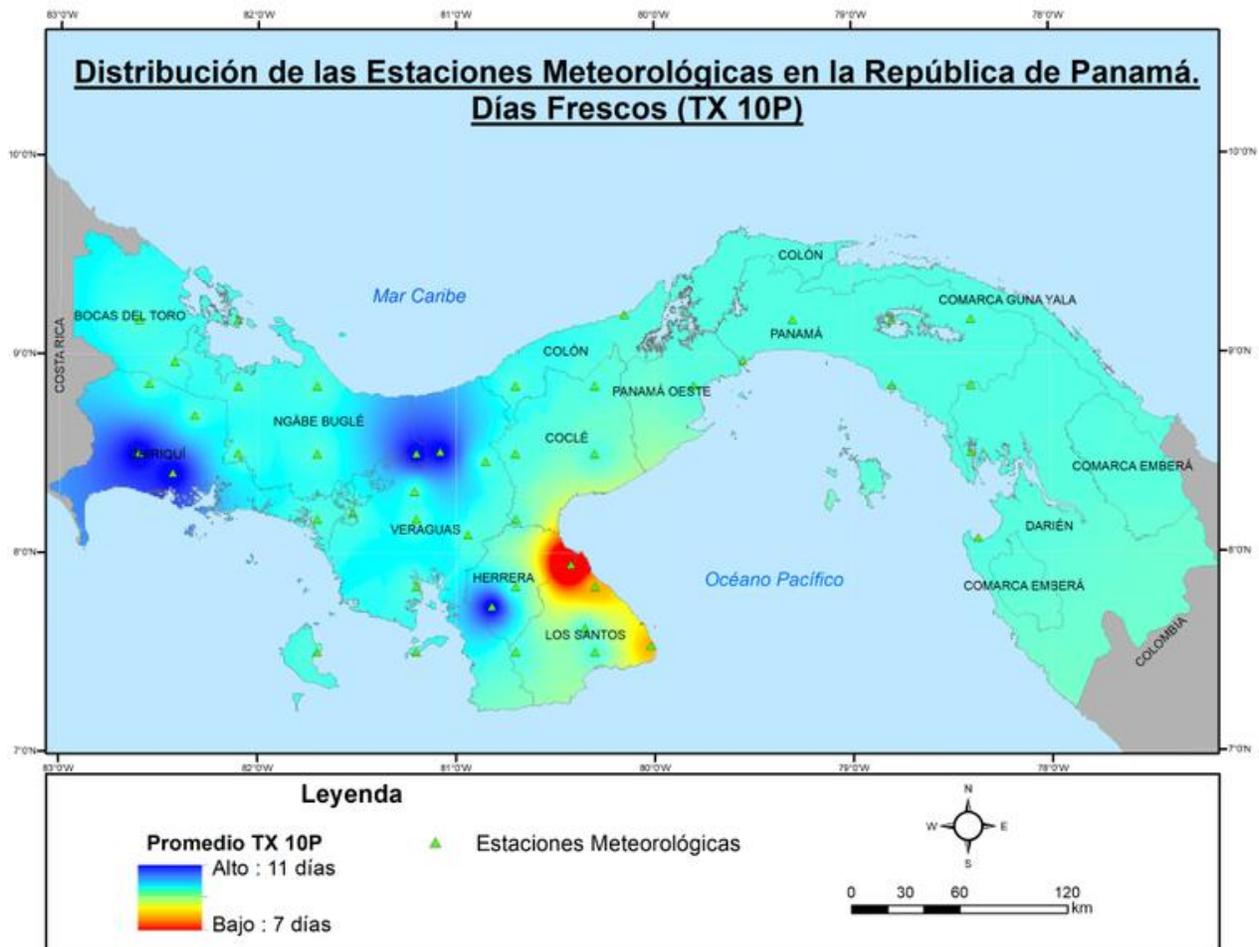


**Figura 17:** Temperatura mínima extrema para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TNN (°C) Temperatura nocturna mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria.

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura nocturna mínima, es decir el valor promedio mensual mínimo nocturno de la temperatura, se registra en los valores altos en todo el país a excepción de tierras altas de la Provincia de Chiriquí.

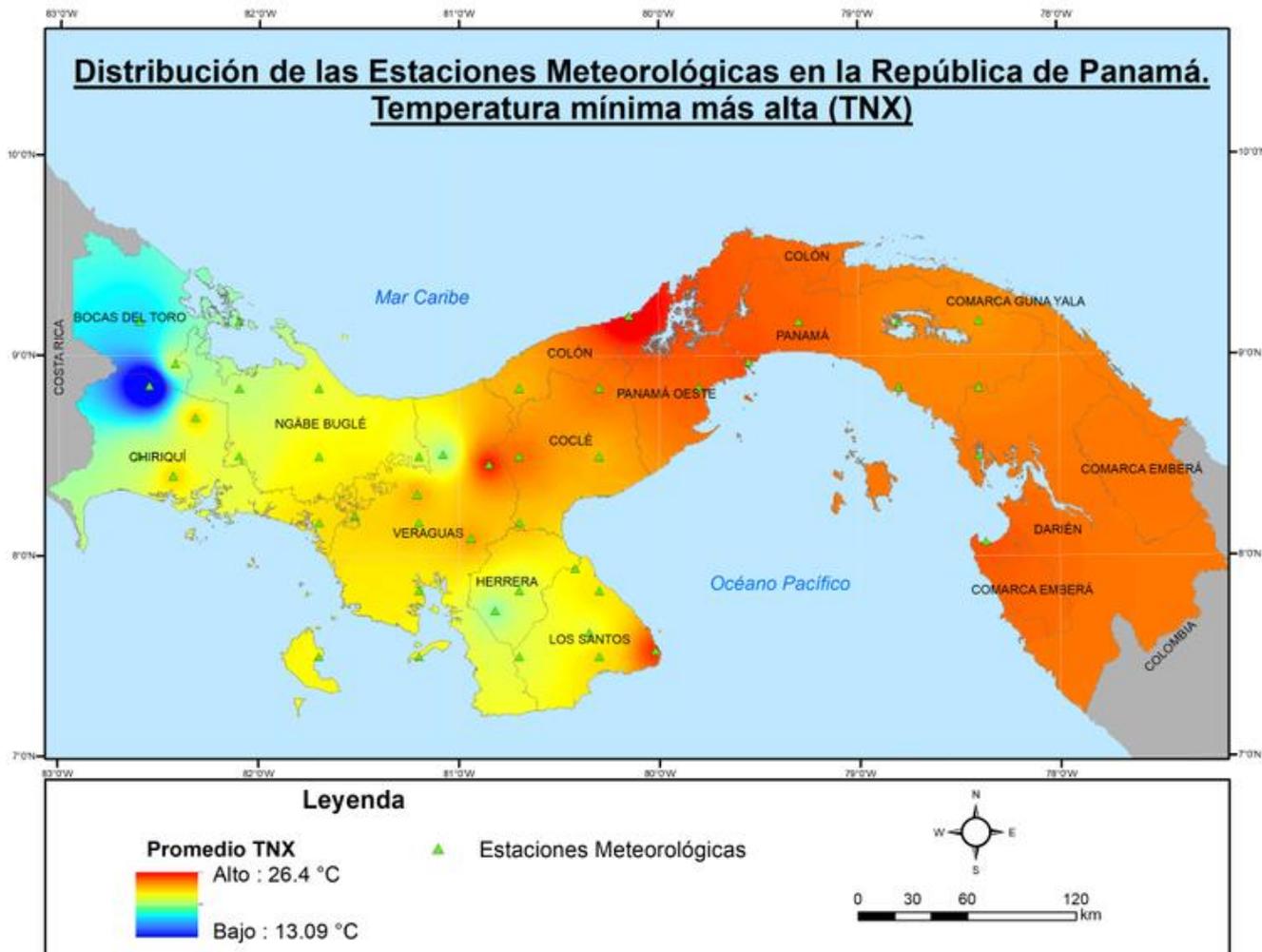


**Figura 18:** Días frescos para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TX 10P, Días fríos, Porcentaje de días con Temperatura Máxima menor al Percentil 10

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura Máxima menor al Percentil 10 TX 10P (%), muestra porcentajes de días con Temperatura Máxima. menor al Percentil 10, con valores altos (temperaturas agradables o frescas), alrededor de las provincias de Bocas, Chiriquí, y casi en todo el país, sin embargo, parte de las provincias de Los Santos y Herrera, muestran valores con mayores porcentajes bajos, relacionados a días frescos.

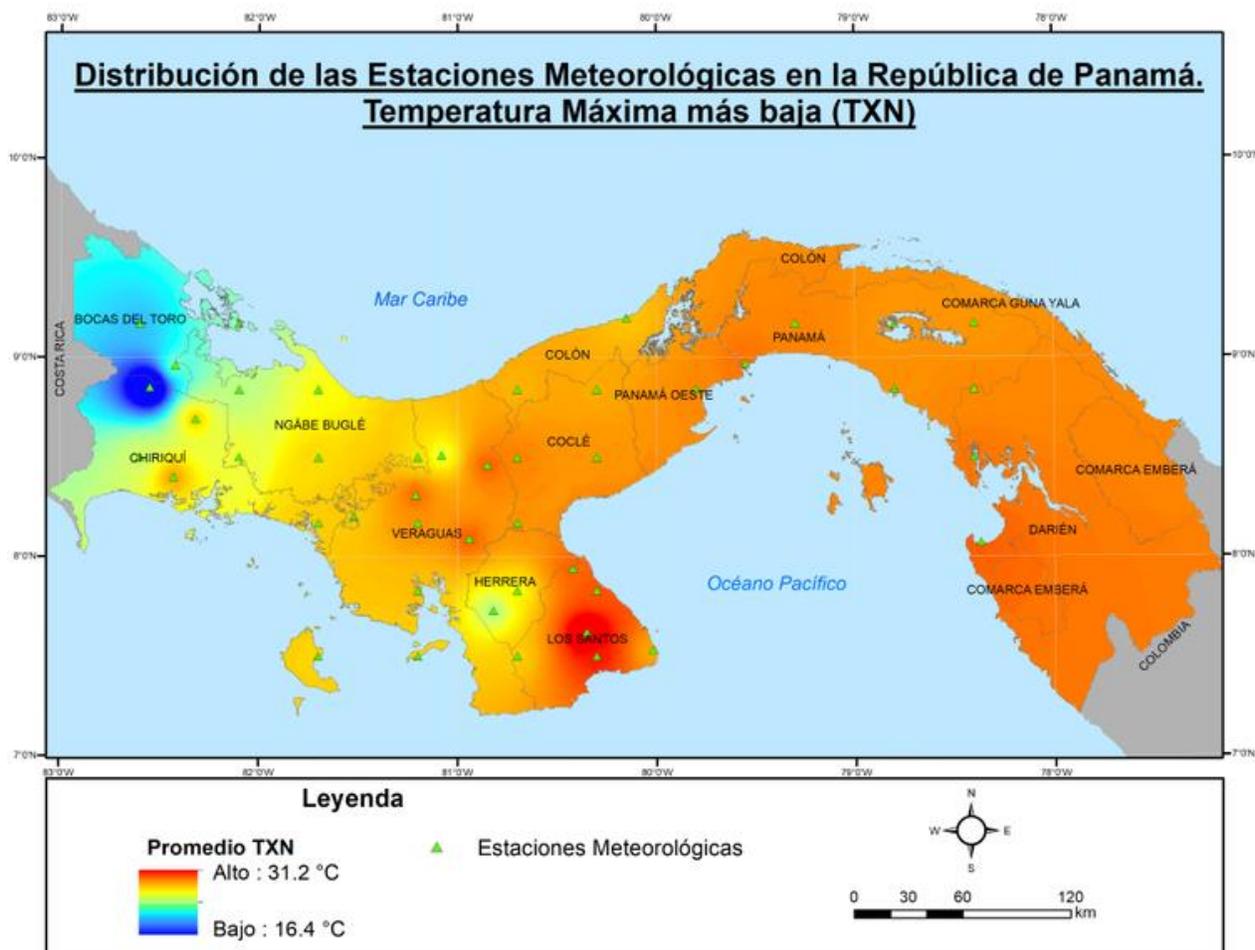


**Figura 19:** Temperatura mínima más alta para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TNX (°C), Temperatura nocturna máxima, valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura nocturna máxima, es decir el valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria, se registran valores altos en todo el país a excepción de los registros en tierras altas de la Provincia de Chiriquí.

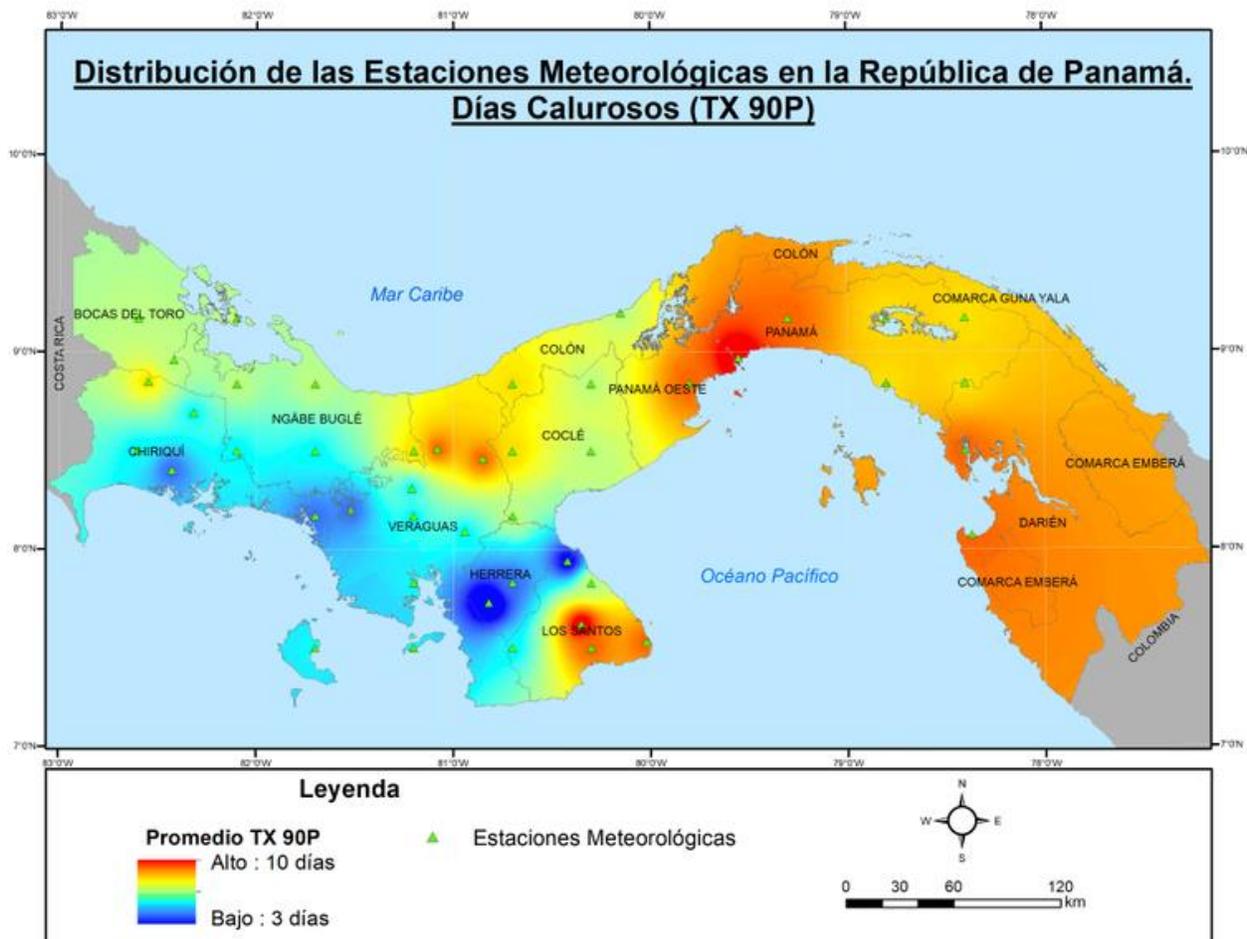


**Figura 20:** Temperatura máxima más baja para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TXN (°C), Temperatura diaria mínima, Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria.

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura diaria mínima, es decir el valor promedio mensual mínimo diurno de la temperatura, se registra valores altos en todo el país a excepción de tierras altas de la Provincia de Chiriquí.

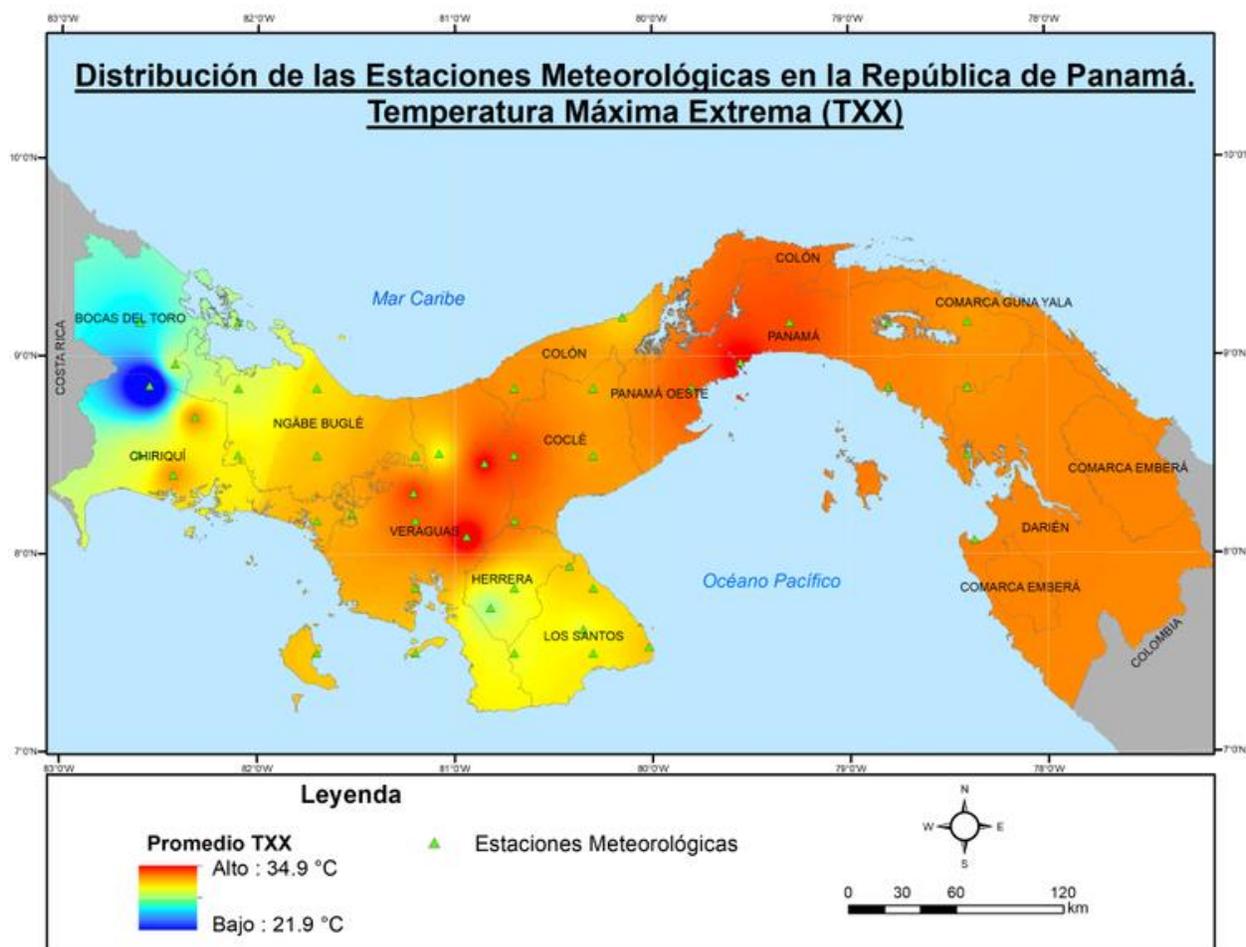


**Figura 21:** Días calurosos para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TX 90P, Días calientes, porcentaje de días con Temperatura. Máxima mayor al Percentil 90

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura Máxima menor al Percentil 90 TX 90P (%), muestra porcentajes de días con Temperatura Máxima. mayor al Percentil 90. con valores altos en Arco Seco, (Herrera y Los Santos), en provincias de Coclé, Panamá Oeste, Centro y Este, además las provincias de Colón áreas Comarcales, en tanto que en las provincias de registros en tierras altas de la Provincia de Chiriquí. en tanto que Veraguas parte de la provincia de Herrera área comarcal en Veraguas y Chiriquí y Bocas se presentan valores bajos de porcentajes en días calurosos.



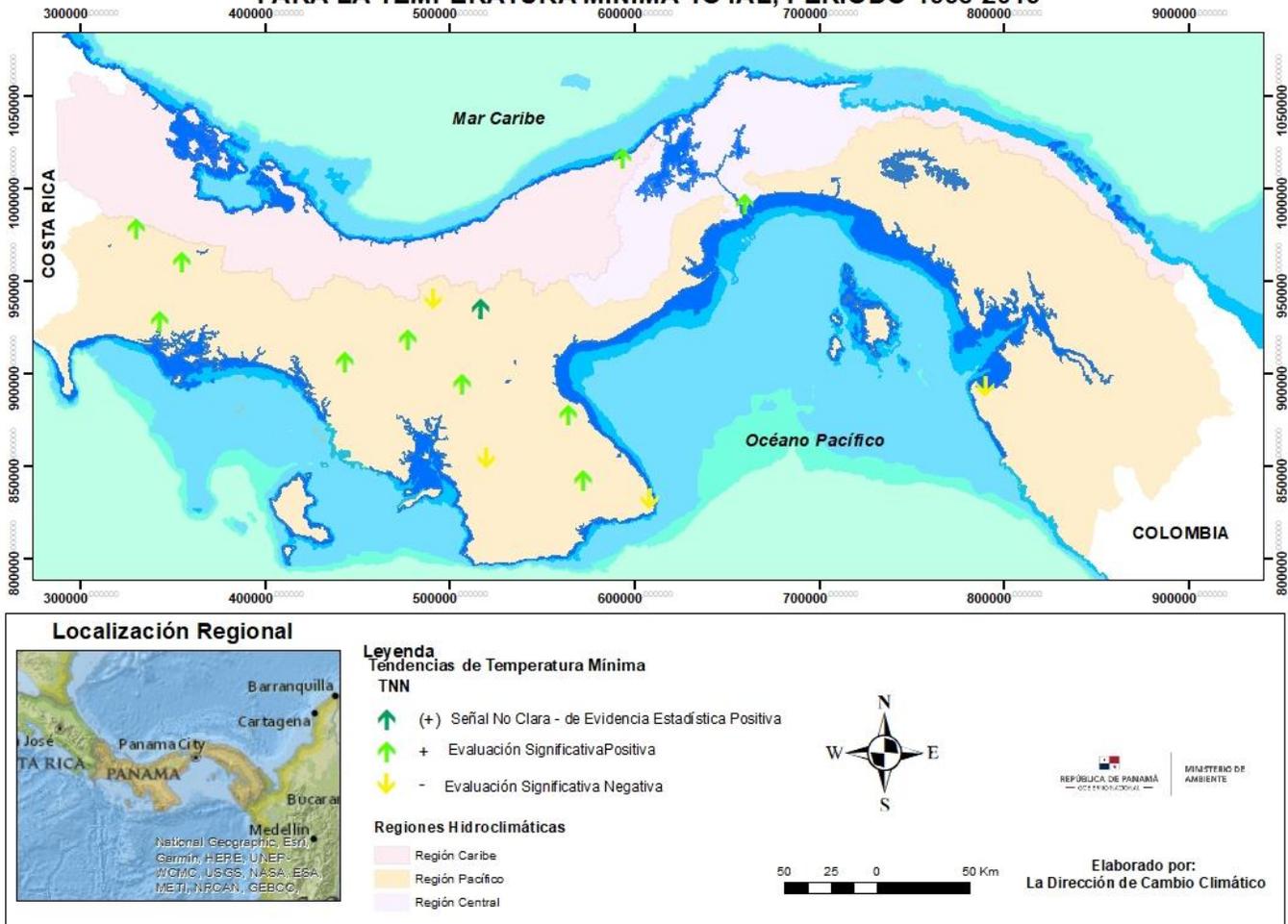
**Figura 22:** Temperatura máxima extrema para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

**Interpretación:** TXX (°C), Temperatura diaria máxima: Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria

Para este índice se observa que el valor de la Temperatura diaria máxima, es decir el valor promedio mensual máximo diurno de la temperatura, registra valores altos en todo el país a excepción de tierras altas de la Provincia de Chiriquí.

MAPA DE TENDENCIAS GENERADAS POR RCLIMDEX  
PARA LA TEMPERATURA MÍNIMA TOTAL, PERÍODO 1998-2019



**Figura 23:** Tendencias generadas por RCLimDex para la temperatura mínima total (periodo 1988 - 2019), para la República de Panamá.

**Fuente:** Dirección de Cambio Climático, Departamento de Adaptación y Resiliencia, Equipo de Riesgo Climático; 2022

En el mapa de tendencia para la temperatura mínima total se observa que hay un porcentaje significativo de estaciones que registran tendencias positivas, es decir se evidencian cambios al aumento del índice promedio de temperatura mínima al año.

## Glosario

**Aleatoriedad:** Equiprobabilidad, donde se relacionan con la posibilidad de que todos los resultados tengan la misma probabilidad de ocurrencia.

**Cambio climático:** Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos.

**CDD:** Días secos consecutivos.

**CWD:** Días húmedos consecutivos.

**El Niño-Oscilación del Sur (ENOS):** El término El Niño se refería inicialmente a una corriente de aguas cálidas que discurre periódicamente a lo largo de la costa de Ecuador y Perú, alterando la pesquería local. En la actualidad, designa un calentamiento del agua en toda la cuenca del Océano Pacífico tropical al este de la línea internacional de cambio de fecha.

**Estaciones meteorológicas:** Instalación destinada a medir y registrar regularmente, diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas, a partir de modelos numéricos, como para estudios climáticos.

**Estadística Descriptiva:** es la rama de las Matemáticas que recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos con el fin de describir apropiadamente las diversas características de ese conjunto. Ej. En este proyecto fue de valor para la interpretación de valores como máximo de precipitación acumulada en un día, como indicativo de valores extremos para dicho punto. Además, el rango indica como se mantiene esa oscilación o diferencia en ese punto.

**Estadística Inferencial:** Por su definición, trata de métodos por los que deben cumplirse ciertos supuestos en los registros de una muestra para inferir en el futuro de esa muestra representativa para la población. Entre los métodos de la inferencia

estadística se encuentran los estimadores puntuales como la media, varianza, proporción poblacional, entre otros parámetros.

**Índice climático:** Serie temporal construida a partir de variables climáticas que ofrecen una sinopsis combinada del estado del sistema climático.

**Juicio de experto:** La evaluación mediante el juicio de experto consiste, básicamente, en solicitar a una serie de personas la demanda de un juicio hacia un objeto, un instrumento, un material de enseñanza, o su opinión respecto a un aspecto concreto.

**Media:** Resultado de dividir la suma de varias cantidades por el número de ellas.

**Media móvil centrado:** es un promedio móvil desplazado de forma tal que se puede adjudicar al período correspondiente.

**Mediana:** La mediana es un valor numérico que separa la mitad superior de un conjunto de la mitad inferior.

**Método de consenso:** Donde de forma grupal y conjuntamente, los expertos seleccionados llegan a conseguir un acuerdo.

**Método de regresión lineal:** Este método se basa en la correlación cruzada entre dos estaciones, una con datos faltantes y otra con datos confiables.

**Precipitación.** En la precipitación se mide la tasa de acumulación de lluvia, por unidad de área horizontal. Una acumulación de 1mm corresponde al volumen de 1 litro por metro cuadrado de superficie.

**Precipitación anual:** Está comprendida por la cantidad de lluvia o precipitación, los días de lluvia que se hayan registrado durante el año y el promedio diario obtenido en base a 365 días, para cada estación.

**PRCPTOT:** Precipitación total anual de los días húmedos.

**Preindustrial:** Periodo anterior al periodo de rápido crecimiento industrial, con consecuencias sociales y económicas de gran alcance, que comenzó en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVIII, extendiéndose después a Europa y, posteriormente, a otros países, entre ellos Estados Unidos.

**Patrón climático:** Conjunto de coeficientes variables en función del espacio que se obtienen por “proyección” (regresión) de variables climáticas en una serie temporal de un índice climático.

**RClimDex:** Software para obtener índices de extremos climáticos.

**R20MM:** Días con precipitación mayor a 20 mm.

**R95P:** Días muy húmedos.

**R99P:** Días extremadamente húmedos.

**Serie de tiempo:** es una secuencia cronológica a iguales intervalos de tiempo en este caso el periodo es mensual.

**Temperatura diaria media:** Media de las temperaturas observadas, en 24 intervalos cronológicos iguales, durante 24 horas seguidas; o una combinación de temperaturas observadas con menos frecuencia, ajustada de modo que difiera lo menos posible de la media.

**Temperatura extrema:** Temperatura más alta o baja alcanzada en un intervalo cronológico dado.

**Temperatura máxima (mínima):** Temperatura más alta (baja) alcanzada en un intervalo cronológico dado.

**Temperatura máxima (mínima) absoluta mensual:** Temperatura más alta (baja) de las temperaturas máximas (mínimas) mensuales observada.

**Temperatura máxima (mínima) diaria:** Temperatura máxima (mínima) correspondiente al intervalo cronológico continuo de 24 horas.

**Temperatura máxima (mínima) diaria media para un mes:** Promedio de las temperaturas máximas (mínimas) diarias observadas durante un mes dado, ya sea en un año determinado o en un período determinado de años.

**Temperatura máxima (mínima) media anual:** Promedio de las temperaturas máximas por años.

**Temperatura máxima (mínima) media mensual:** Promedio de las temperaturas máximas (mínimas) mensuales de un mes durante un número determinado de años.

**Temperatura máxima (mínima) mensual:** Temperatura máxima (mínima) registrada en un mes determinado de un año dado.

**Tendencia climática:** Un cambio climático que se caracteriza por un suave y monótono ascenso o descenso de los valores medios, dentro de un período de registro, pero no necesariamente un cambio lineal, habiendo un sólo máximo y mínimo en los extremos del registro.

**Variabilidad climática:** Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa). Véase también Cambio climático.

**Varianza:** La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.

## Referencias

- Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1983), Guía práctica para el relleno de datos faltantes
- Métodos estadísticos para el relleno de datos faltantes: regresión simple, múltiple (Degaetano et al., 1995)
- Mediana y media histórica, razón q y razón-normal q (Redes Neuronales) (Paulhus y Kohler).
- Jorge A. Urrutia, Metodología para la imputación de datos faltantes en Meteorología. Universidad Tecnológica de Pereira (researchgate.net)
- Wang et al. 2010, sección 5, [etccdi.pacificclimate.org/homogenization.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/homogenization.shtml)
- RHtests/RHtests\_dlyPrcp\_UserManual\_10Dec2014.pdf en master · ECCC-CDAS/RHtests · GitHub.
- Feng et al. (2004), Estévez et al. (2011) y Meek y Hatfield (1994), entr. Los tests de rango y control de calidad. CLIVAR.
- Grupo de Expertos en Cambio Climático. [etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)
- En la guía de prácticas climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1983), se proponen los siguientes métodos estadísticos para el relleno de datos faltantes: regresión simple, múltiple (Degaetano et al., 1995), Mediana y media histórica, razón q y razón-normal q (RN) (Paulhus y Kohler), entre otros.
- IPCC, 2018: Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de

efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T.



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
— GOBIERNO NACIONAL —

**MINISTERIO DE  
AMBIENTE**