

ANEXO 6-4

INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA PROPORCIONADA POR LA DIRECCIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA DE LA EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, S.A. (ETESA)

- 6-4.1 INFORME CLIMATOLÓGICO Y ESTADÍSTICO DE LAS PROVINCIAS DE PANAMÁ OESTE Y PANAMÁ, PARA EL PERÍODO DE 2010 A 2020**
- 6-4.2 REGISTRO DE VIENTOS MÁXIMOS EN EL ÁREA DE LA CIUDAD DE PANAMÁ 2012 - 2020**

ANEXO 6-4.1

INFORME CLIMATOLÓGICO Y ESTADÍSTICO DE LAS PROVINCIAS DE PANAMÁ OESTE Y PANAMÁ, PARA EL PERÍODO DE 2010 A 2020

EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, S.A.
GERENTE GENERAL ING. CARLOS MOSQUERA CASTILLO

DIRECCIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA
GERENCIA DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES CLIMÁTICAS

“Informe climatológico y estadístico de las provincias de Panamá Oeste y Panamá, para el período de 2010 a 2020.”

Preparado por:
Téc. Edelia Domínguez
Analista en Meteorología

Lic. Johisy Bethancourt
Técnico en Telecomunicaciones

Luz Graciela Calzadilla
Aprobado por:
Ing. Luz Graciela de Calzadilla
Directora de Hidrometeorología



Panamá, 16 de junio de 2021

La Dirección de Hidrometeorología, de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. ha preparado el presente informe a través de la Gerencia de Investigación y Aplicaciones Climática, en respuesta a la solicitud dada por el CSA GROUP PANAMA, INC. El informe contiene el Cálculo del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, 24 y 36 meses) y los mapas de máximos de precipitación Mensuales por temporada (seca y lluviosa) para las estaciones meteorológicas que se encuentran en las provincias de Panamá y Panamá Oeste desde enero 2010 hasta diciembre del 2020. Además de una breve descripción del Visor de Escenarios de Cambio Climático de Centroamérica.



1. Régimen climático en Panamá

El sistema climático de Panamá se rige por una temporada lluviosa y una temporada seca, la primera comienza a partir del mes de mayo y dura aproximadamente hasta el mes de noviembre, siendo los meses de octubre y noviembre los más lluviosos. La temporada seca o meses con poca lluvia corresponde a los meses de diciembre a abril, exceptuando la vertiente del Caribe donde llueve casi todo el año.

2. Generalidades de las estaciones en las provincias de Panamá Oeste y Panamá

La información meteorológica se recopiló de la base de datos de la Dirección de Hidrometeorológica de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A., registrada por la red de estaciones meteorológicas histórica que funcionan dentro de los límites de las provincias de Panamá y Panamá Oeste. En total se utilizaron 10 estaciones con información de precipitación procesada, ver *Tabla N°1*. Las estaciones utilizadas en este informe climatológico fueron: Barro Colorado, Caimito, Cascadas, Chepo, Chimán, Loma Bonita, Pedro Miguel, Río Maje, Chame y Hato Pintado; distribuidas dentro de ambas provincias. Se toma como referencia el período de la Normal Climática (1991-2020, nueva reglamentaria) de las estaciones y para nuestro análisis nos enfocamos en el período de estudio 2010 al 2020.

En la *Tabla N°1*, se mencionan el metadato de las estaciones utilizadas para este análisis (nombre de la estación, código, coordenadas, elevación y cuenca); todas ubicadas dentro de las provincias de Panamá y Panamá Oeste, donde están los siguientes tipos de estaciones:

- Estación CC: son estaciones convencionales, lo cual para realizar las mediciones dependen de un observador meteorológico y solo registra la variable de precipitación.
- Estaciones CA: son estaciones automáticas, lo cual para realizar las mediciones lo hacen a través de sensores y almacenan la información, solo registra la variable de precipitación.
- Estaciones CM: son estaciones conformada por pluviómetros convencionales y automáticos, siendo un compuesto de los dos tipos de estaciones descritos anterior e igualmente registran la variable de precipitación.
- Estaciones BC: son estaciones convencionales, lo cual para realizar las mediciones dependen de un observador meteorológico y registra hasta siete (7) variables meteorológicas.

- Estaciones BA: son estaciones automáticas, lo cual para realizar las mediciones lo hacen a través de sensores y almacenan la información, registran hasta siete (7) variables meteorológicas.

TABLA N°1. LISTA DE ESTACIONES METEOROLOGICAS PARA LAS PROVINCIAS DE PANAMÁ Y PANAMÁ OESTE.						
Código	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elevación (m)	Latitud	Longitud
115-002	Barro Colorado	Panamá Oeste	CA	34	9° 09' 55	79° 50' 11
115-086	Cascadas	Panamá Oeste	CA	47	9° 04' 53	79° 40' 48
138-005	Chame	Panamá Oeste	CC	30	8° 35' 35	79° 52' 41
140-005	Caimito	Panamá Oeste	CC	180	8° 48' 49	79° 56' 22
142-007	Pedro Miguel	Panamá Oeste	BA	31	9° 01' 22	79° 37' 02
142-020	Hato Pintado	Panamá	CA	45	9° 00' 33	79° 30' 52
146-002	Loma Bonita	Panamá	CC	100	9° 10' 17	79° 15' 40
148-001	Chepo	Panamá	CM	30	9° 10' 00	79° 05' 00
148-008	Río Maje	Panamá	CC	70	9° 01' 00	78° 44' 00
150-002	Chimán	Panamá	BC	30	8° 43' 01	78° 37' 59

Tabla N°1. Lista de estaciones meteorológicas para las provincias de Panamá y Panamá Oeste.

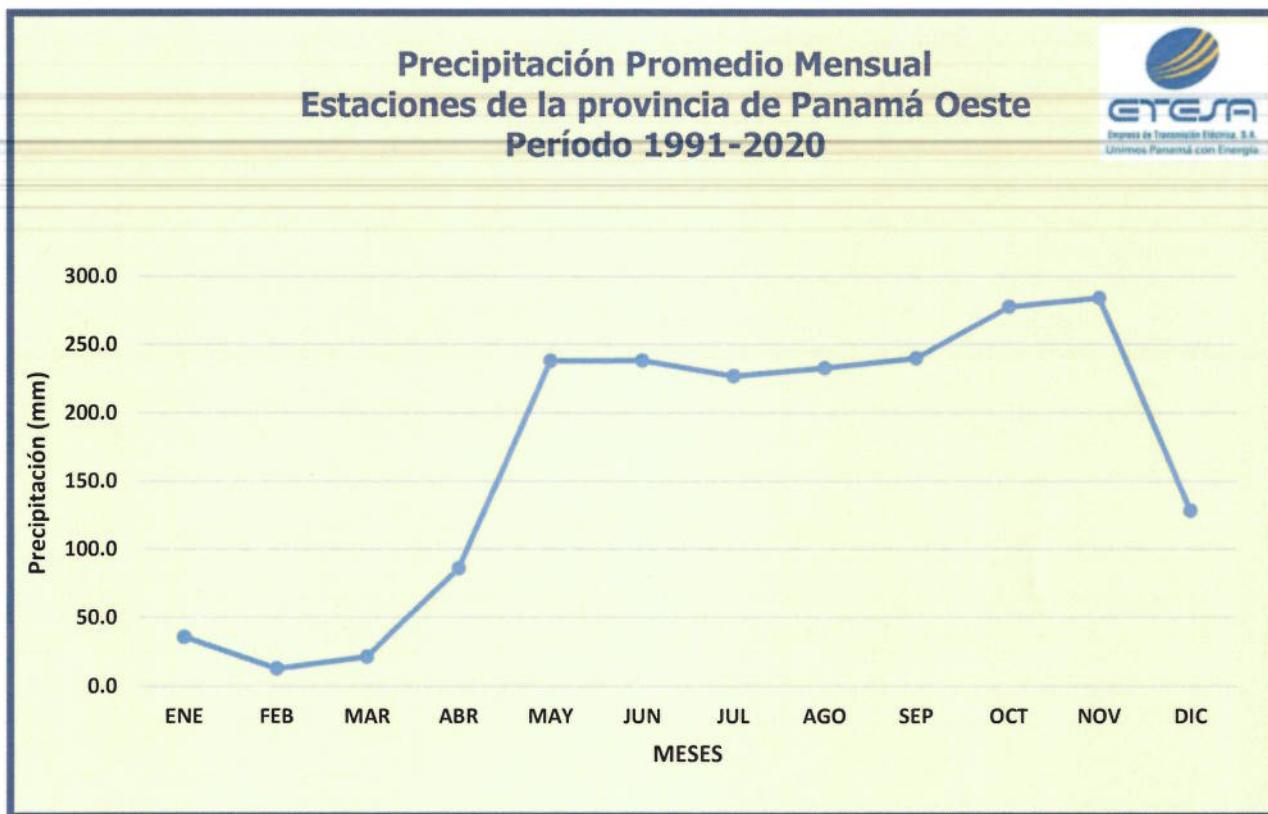


Mapa N°1. Localización de las provincias de Panamá Oeste y Panamá y sus respectivas estaciones.



Para la preparación de este documento se utilizaron los datos de lluvia en milímetros (mm) en escala mensual y precipitaciones máxima mensuales en milímetros (mm) para las estaciones mencionadas anteriormente en el período comprendido entre 1991 a marzo 2021.

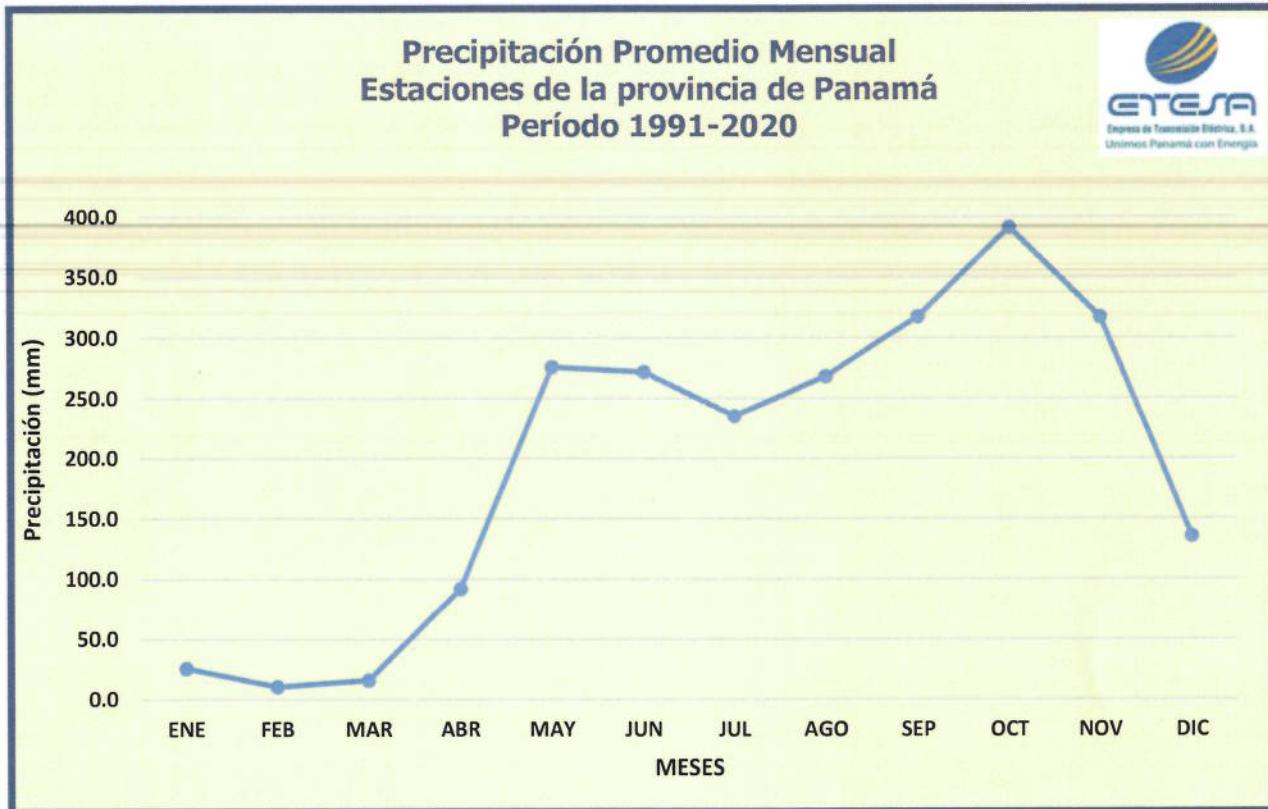
3. Análisis climatológico y estadístico de las estaciones en estudio ubicadas en las provincias de Panamá Oeste y Panamá



Gráfica N°1. Gráfico de precipitación promedio mensual, en el período de 1991-2020 de la provincia de Panamá Oeste.

La Gráfica N°1, presenta el promedio mensual de precipitación en el período histórico de 1991-2020 de la provincia de Panamá Oeste, donde se denota un período poco lluvioso entre enero a marzo con lluvia que no superan los 35 mm al mes, mientras que los meses de abril y diciembre forman parte del período de transición y muestran promedios de lluvia de entre 85 y 120 mm. El resto de los meses corresponden a los meses del período lluvioso, los promedios mensuales están entre 225 mm y 290 mm de lluvia. Siendo noviembre el mes más lluvioso con 284.2 mm como promedio.





Gráfica N°2. Gráfico de precipitación promedio mensual, en el período de 1991-2020 de la provincia de Panamá.

La Gráfica N°2, presenta el promedio mensual de precipitación en el período histórico de 1991-2020 de la provincia de Panamá, donde se denota un período poco lluvioso entre enero a marzo con lluvia que no superan los 25 mm al mes, mientras que los meses de abril y diciembre forman parte del período de transición y muestran promedios de lluvia de entre 90 y 135 mm. El resto de los meses corresponden a los meses del período lluvioso, los promedios mensuales están entre 235 mm y 400 mm de lluvia. Siendo octubre el mes más lluvioso con 390.4 mm como promedio.



TABLA N°2. PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LAS PROVINCIAS DE PANAMA OESTE Y PANAMÁ. PERIODO 1991-2020.

PROVINCIA	ESTACIONES	CODIGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prec Med. Total
PANAMA OESTE	BARRO COLORADO	115-002	70.7	26.3	37.8	103.0	276.7	273.0	270.5	272.4	246.6	314.3	389.5	227.6	2508.3
	CASCADAS	115-086	29.7	10.0	20.8	92.6	249.3	267.5	239.8	263.3	282.3	287.6	306.0	108.4	2157.3
	CHAME	138-005	16.0	2.8	7.5	51.1	190.4	192.2	199.2	185.1	198.5	234.0	211.1	78.1	1561.2
	CAIMITO	140-005	37.6	16.4	20.3	80.3	226.6	188.9	164.3	200.8	221.6	259.6	228.0	101.2	1745.4
	PEDRO MIGUEL	142-007	24.9	9.0	21.2	102.8	245.5	268.6	259.4	241.2	248.9	292.5	286.5	126.9	2127.3
PANAMA	HATO PINTADO	142-020	30.7	13.9	24.8	82.6	262.5	216.3	220.0	217.2	250.4	271.3	290.6	136.8	1994.8
	LOMA BONITA	146-002	15.9	7.7	10.1	92.8	313.5	337.0	233.2	301.5	352.6	470.6	343.8	137.0	2615.7
	CHEPO	148-001	16.7	7.4	14.9	81.9	232.6	233.0	208.6	241.4	290.5	367.1	298.9	120.0	2112.9
	RIO MAJE	148-008	42.1	18.2	25.1	115.7	288.2	310.3	269.6	272.9	345.4	395.9	316.1	151.3	2550.8
	CHIMAN	150-002	24.2	5.7	5.4	87.1	283.0	263.1	243.8	307.9	349.8	449.3	338.5	132.6	2490.3

Tabla N°2. Promedio mensual de precipitación por estaciones para las provincias de Panamá y Panamá Oeste.

Para el análisis de los valores totales anuales de la *Tabla N°2*, se tiene que la precipitación promedio acumulada en la provincia de Panamá Oeste es de 2019.9 mm, donde cuatro (4) estaciones presentan valores mayores a 1600 mm. Con excepción de la estación de Chame que presentan una precipitación inferior de 1600 mm, pero no menor de 1000 mm; mientras que, la precipitación promedio acumulada en la provincia de Panamá es de 2352.9 mm, donde cuatro (4) estaciones presentan valores mayores a 2000 mm. Con excepción de la estación de Hato Pintado que presentan una precipitación inferior de 2000 mm, pero no menor de 1800 mm.

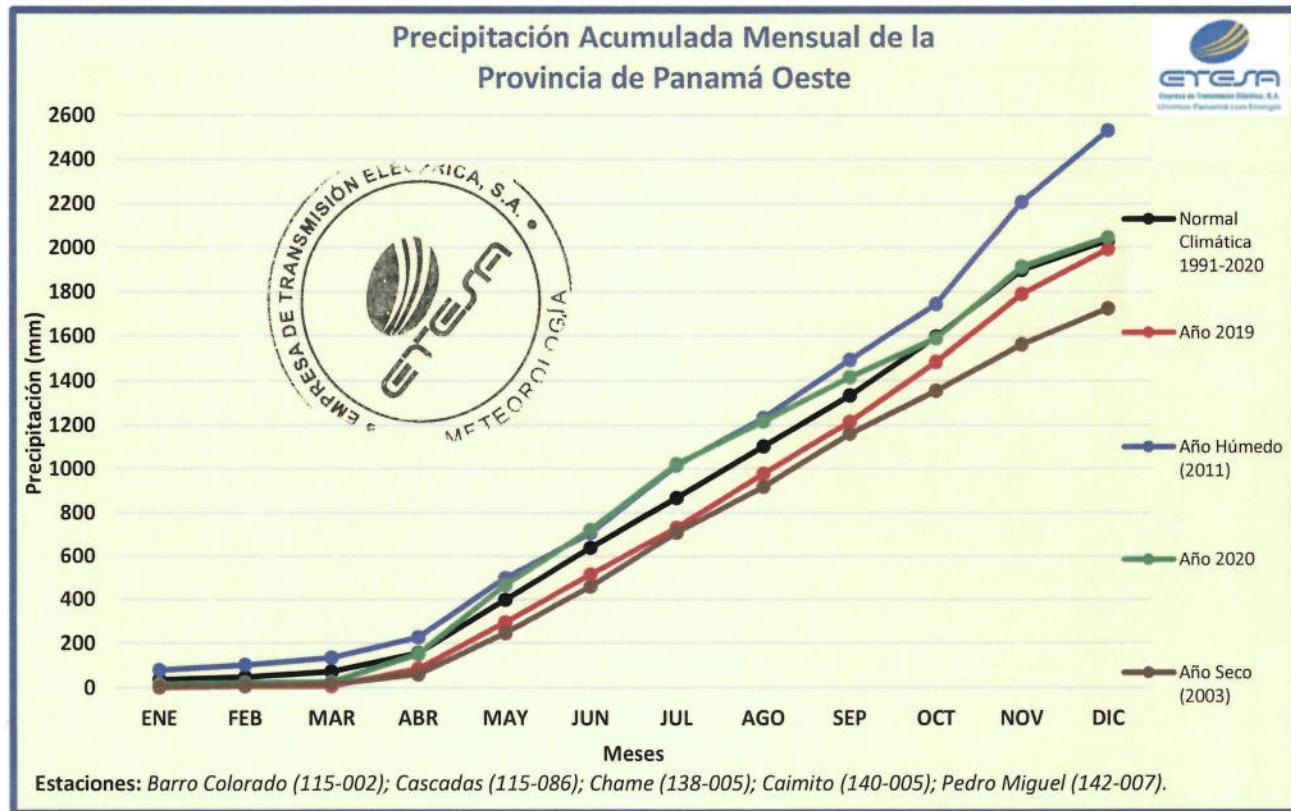
La provincia de Panamá Oeste registra una precipitación promedio anual de 2019.9 mm. Las variaciones estacionales de la precipitación muestran que los meses de enero, febrero y marzo son los menos lluviosos en la provincia. Seguido por los meses de abril y diciembre como meses de transición entre la temporada seca y lluviosa. Y los meses más lluviosos son desde mayo a noviembre, resaltando los meses de octubre y noviembre con los mayores acumulados mensuales en la provincia. Es decir, el 86% total anual de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre (temporada lluviosa), con máximos en octubre y noviembre; y el 16% restante se registra entre los meses de diciembre a abril.

La provincia de Panamá registra una precipitación promedio anual de 2352.9 mm. Las variaciones estacionales de la precipitación muestran que los meses de enero, febrero y marzo son los menos lluviosos en la provincia. Seguido por los meses de abril y diciembre como meses de transición entre la temporada seca y lluviosa. Y los meses más lluviosos son desde mayo a noviembre, resaltando el mes de octubre con el mayor acumulado mensual en la provincia. Es decir, el 88% total anual de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre



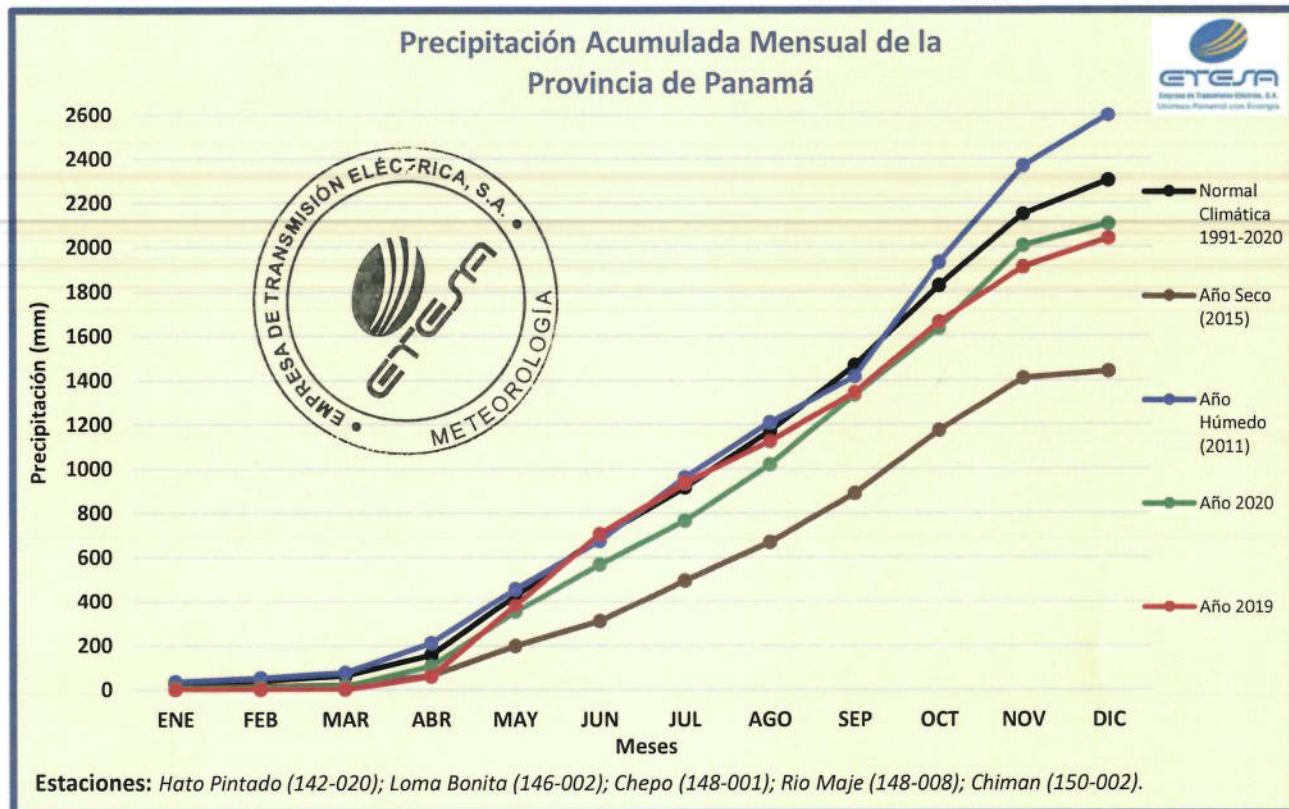
(temporada lluviosa), con el máximo en octubre; y el 12% restante se registra entre los meses de diciembre a abril.

A continuación, se presentan gráficos comparativos para ambas provincias, donde se observará la Normal climática (1991-2020, nueva reglamentaria); los años 2019 y 2020 (últimos años transcurridos del periodo analizado); año más seco, es aquel que ha registrado los menores montos de precipitación, arrojando déficits de precipitación para la provincia; y el año más húmedo, es aquel que ha registrado los mayores acumulados de precipitación, arrojando superávits de precipitación para la provincia.



Gráfica N°3. Gráfico comparativo de la Normal Climática, Año Seco, Año Húmedo y Años 2019 – 2020, para la provincia de Panamá Oeste.

En la Gráfica N°3 se presenta la comparación de los acumulados de lluvia mensuales de los dos últimos años transcurridos (2019 y 2020, línea de color rojo y verde respectivamente), respecto a la normal climática (1991-2020, línea color negro), el promedio del año más seco (2003, línea color marrón) y más húmedo (2011, línea color azul) para la provincia de Panamá Oeste. Siendo indicativo en promedio la precipitación mensual para el año 2019, se ha comportado ligeramente debajo de climatología (1991-2020), con un ligero déficit entre el 10% al 20%, aproximadamente; mientras que, el año 2020 se ha comportado casi similar a su climatología (1991-2020), pero con un ligero aumento en promedio del 1% al 5%, aproximadamente.



Gráfica N°4. Gráfico comparativo de la Normal Climática, Año Seco, Año Húmedo y Años 2019 – 2020, para la provincia de Panamá.

Mientras que en la Gráfica N°4 se presenta la comparación de los acumulados de lluvia mensuales de los dos últimos años transcurridos (2019 y 2020, línea de color rojo y verde respectivamente), respecto a la normal climática (1991-2020, línea color negro), el promedio de los años más seco (2015, línea color marrón) y más húmedo (2011, línea color azul) para la provincia de Panamá. Siendo indicativo en promedio la precipitación mensual para ambos años 2019 y 2020, ha sido similar o debajo de su comportamiento climatológico (1991-2020), pero no debajo del año más seco que ha registrado esta provincia (2015), el ligero déficit para ambos años oscila entre el 5% al 15%, aproximadamente.

La precipitación en Panamá depende básicamente del transporte horizontal de humedad (advección) desde los océanos, por esta razón, la dirección del viento, el relieve y la orientación geográfica del territorio, son factores muy importantes, decisivos en la determinación de la distribución espacial de la precipitación.

3.1. Análisis de datos precipitación máximas para las provincias de Panamá Oeste y Panamá

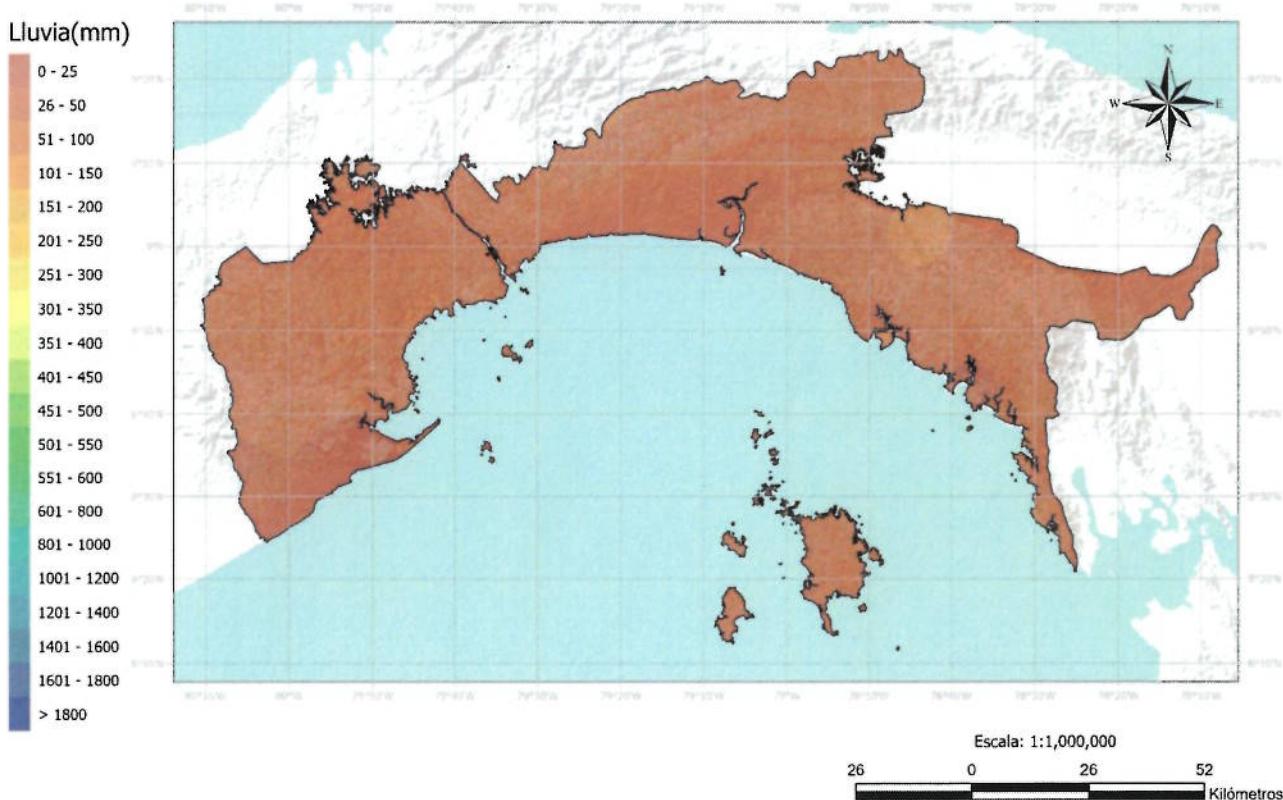
Como se ha definido anteriormente estas dos (2) provincias están ubicadas en la vertiente del Pacífico, por lo que su sistema climático se rige por la temporada lluviosa (mayo a noviembre; pero, para el análisis siguiente, se han tomado los meses de mayor porcentaje de precipitación: mayo a diciembre) y temporada seca (diciembre a abril; pero, se han tomado los meses de

menor porcentaje de precipitación: enero a abril), por lo que para el análisis de los máximos de precipitación se ha dividido el análisis de acuerdo con las variaciones porcentuales de mes a mes.

Se analizaron los últimos diez años, período 2010 a 2020 por temporadas seca y lluviosa, los mapas promedios por temporadas es la media de las 10 últimas temporadas secas o lluviosas, mientras que los mapas de acumulados máximos representa los máximos valores mensuales de las 10 últimas temporadas secas o lluviosas, para los meses descritos anteriormente.

Temporada seca (periodo: enero-abril)

Mapa de promedios de lluvias mensuales del período 2010-2020



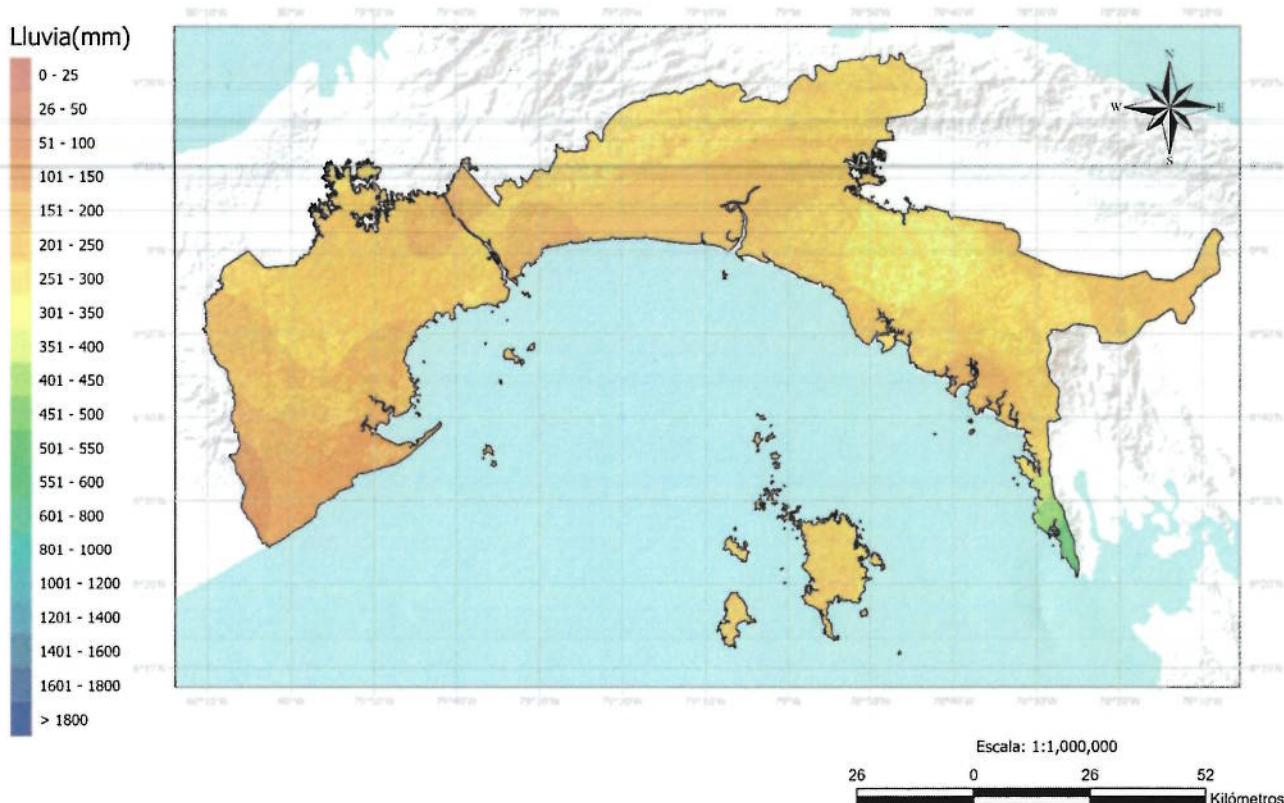
Mapa N°2. Mapa de promedios de precipitación de la temporada seca, para el período 2010 a 2020, en las provincias de Panamá Oeste y Panamá.

El Mapa N°2 representa el mapa promedio de precipitación de las 10 temporadas secas, para el período 2010 a 2020, donde se observa que las lluvias medias han oscilado entre 0 a 50 mm en ambas provincias, se exceptúa de lo anterior una pequeña zona de la cuenca de Bayano donde la lluvia promedio ha oscilado entre 100 a 150 mm, durante la temporada seca.



Temporada seca (periodo: enero-abril)

Mapa de acumulados máximos de lluvias mensuales del período 2010-2020



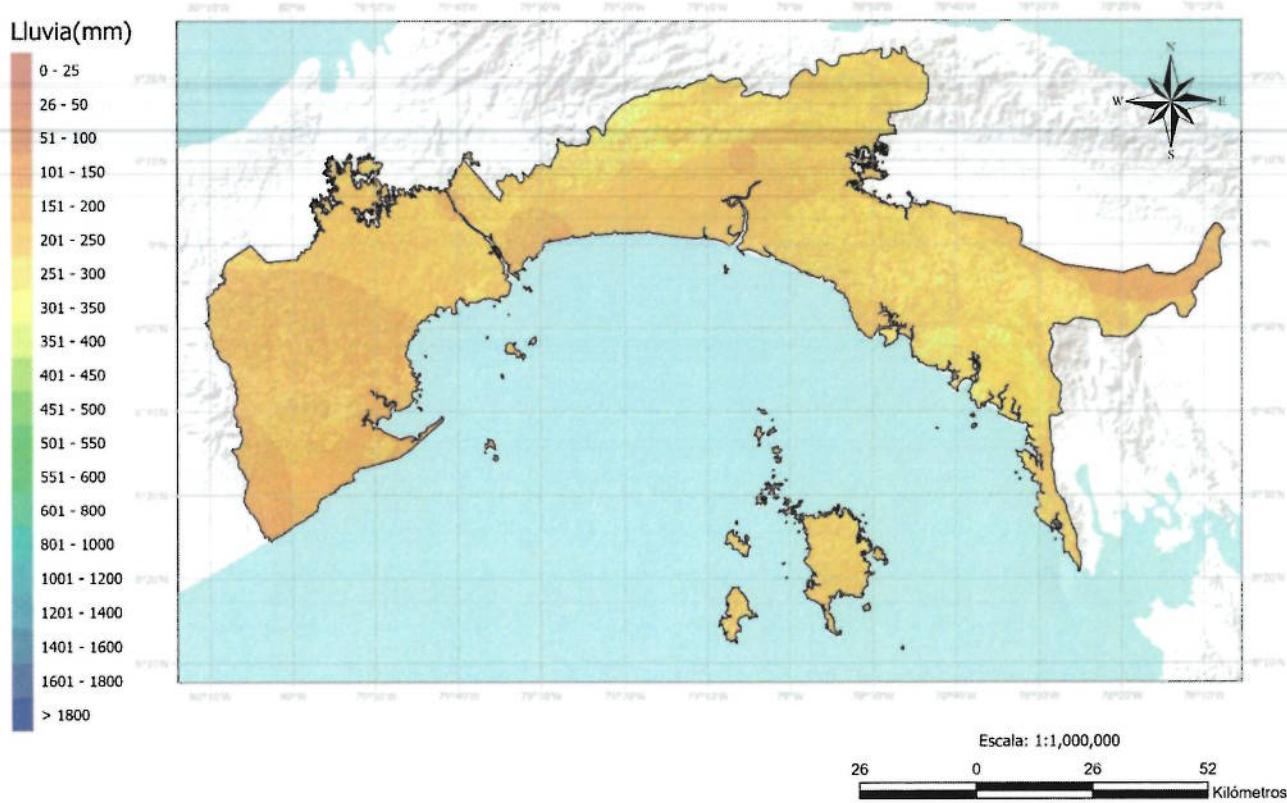
Mapa N°3. Mapa de máximos de precipitación de la temporada seca, para el período 2010 a 2020, en las provincias de Panamá Oeste y Panamá.

Mientras que, el Mapa N°3 representa el mapa de acumulados máximos de precipitación de las 10 temporadas secas, para el período 2010 a 2020. Se observa que las lluvias máximas han oscilado entre 200 a 300 mm en ambas provincias, se exceptúa de lo anterior la zona límite entre de Panamá Oeste y Coclé, al igual que el Norte de ambas provincias y Panamá Centro que presentan máximos entre 150 a 200 mm, es decir montos menores en relación con los máximos descritos anteriormente; no obstante, el sector Oriental donde limitan las provincias de Panamá y Darién una pequeña zona de la lluvia máxima oscilan entre 300 a 450 mm, para la temporada seca.



Temporada lluviosa (periodo: mayo-diciembre)

Mapa de promedios de lluvias mensuales del período 2010-2020



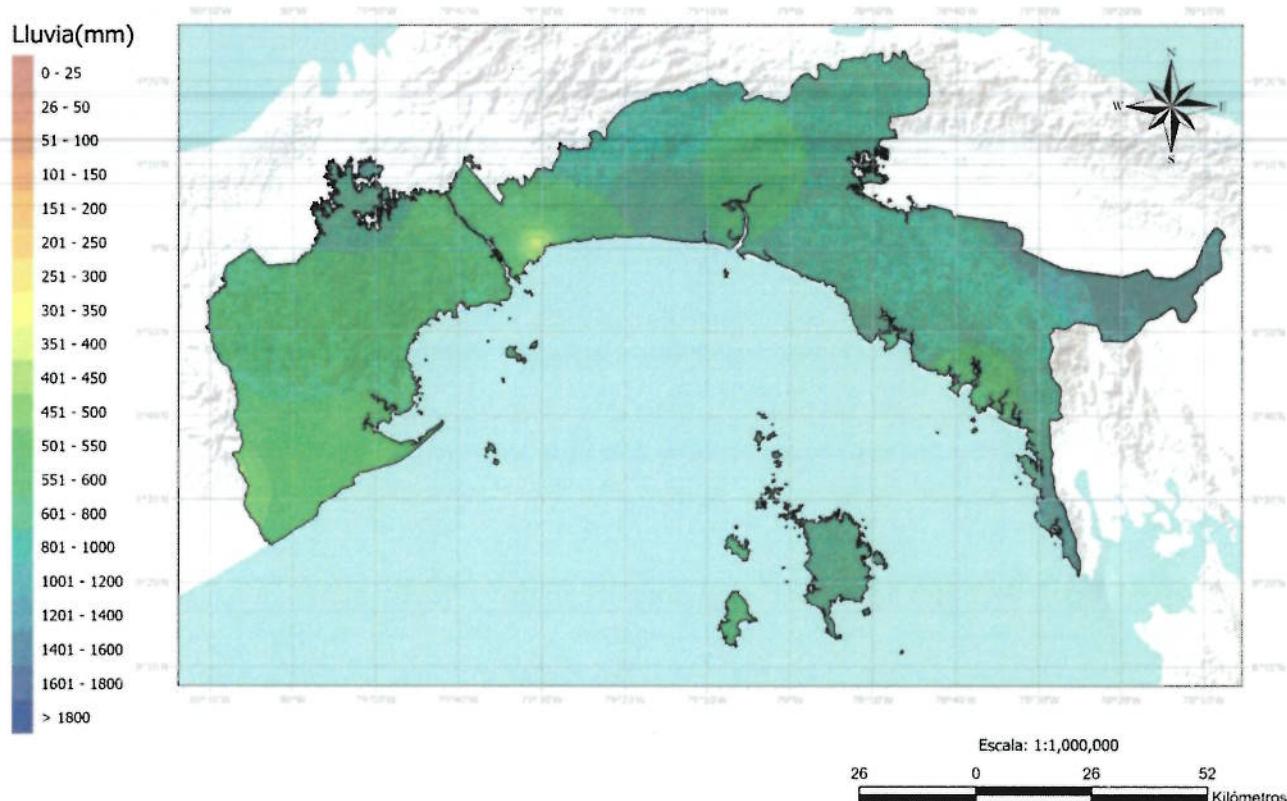
Mapa N°4. Mapa de promedios de precipitación de la temporada lluviosa, para el período 2010 a 2020, en las provincias de Panamá Oeste y Panamá.

El Mapa N°4 representa el mapa promedio de precipitación de las 10 temporadas lluviosas, para el período 2010 a 2020, donde se observa que las lluvias medias han oscilado entre 250 a 350 mm en ambas provincias, además se refleja que hacia el Occidente de la provincia de Panamá Oeste presenta montos menores en relación con los promedios descritos anteriormente.



Temporada lluviosa (periodo: mayo-diciembre)

Mapa de acumulados de lluvias mensuales del período 2010-2020



Mapa N°5. Mapa de máximos de precipitación de la temporada lluviosa, para el período 2010 a 2020, en las provincias de Panamá Oeste y Panamá.

Por último, el Mapa N°5 representa el mapa de acumulados máximos de precipitación de las 10 temporadas lluviosa, para el período 2010 a 2020. Se observa que las lluvias máximas han oscilado entre 450 a 1000 mm en ambas provincias, se exceptúa de lo anterior la zona límite entre de Panamá Oeste y Coclé, al igual que Panamá Centro que presentan máximos entre 300 a 450 mm, es decir montos menores en relación con los máximos descritos anteriormente; no obstante, el sector Oriental donde limitan las provincias de Panamá y Darién, es decir hacia donde se encuentra la cuenca de Bayano los valores máximos de lluvia oscilan entre 800 a 1200 mm, para la temporada lluviosa.



3.2. Período climatológico para Panamá, período 1981-2010

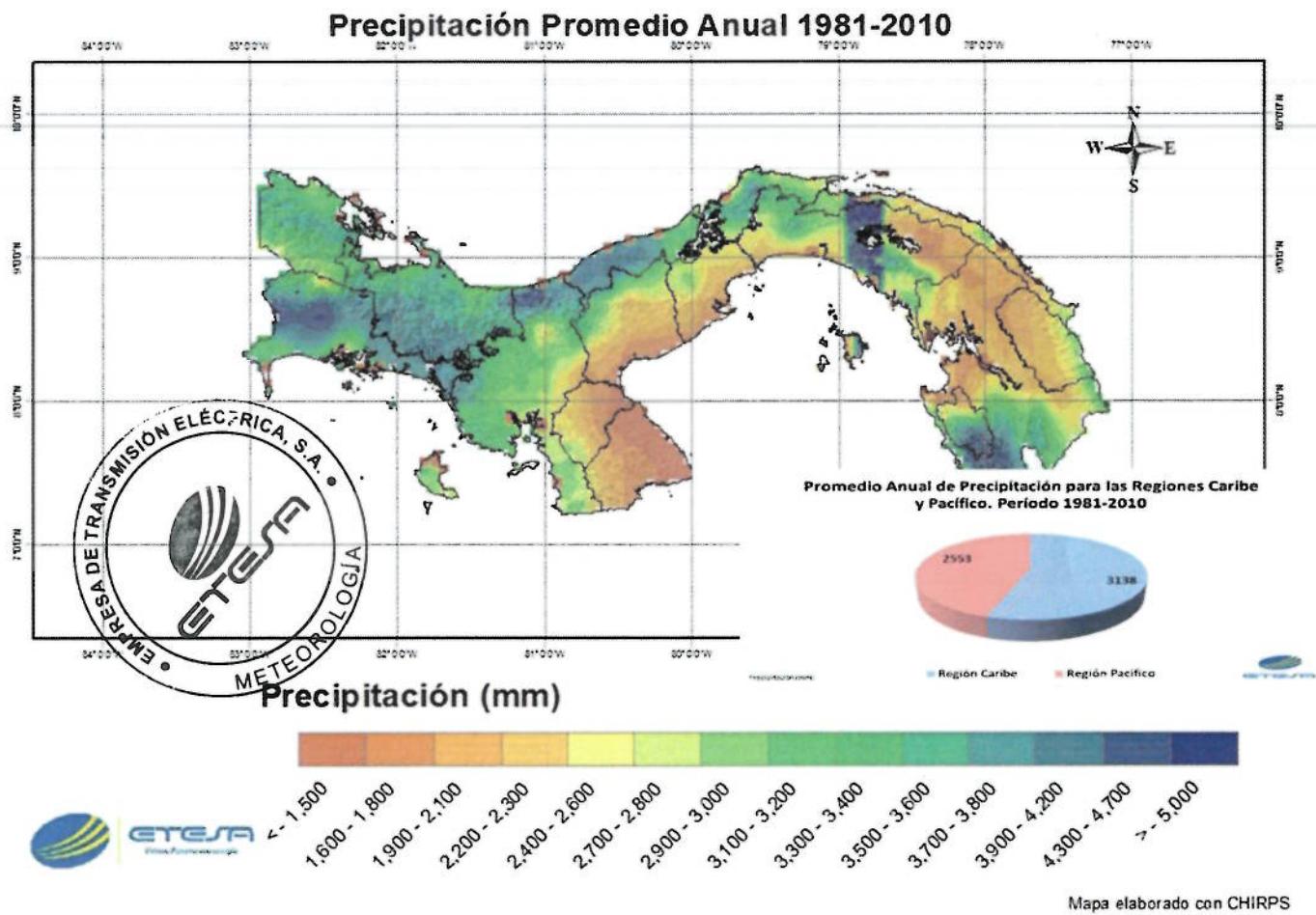


Figura N°1. Mapa de precipitación promedio anual, Normal Climatológica 1981-2010.

En la Figura N°1 se presenta el comportamiento de la precipitación promedio para Panamá, para la Normal Climatológica comprendida entre 1981-2010, estos valores nos permiten identificar el régimen de precipitación durante este período para poder asociar condiciones de sequía o exceso de humedad en las diferentes regiones del país.

Se observa en la región Pacífico Occidental (Chiriquí) y al Sur del Pacífico Oriental (Darién) del país que la lluvia promedio se encuentra arriba de los 2800 mm; así como en Caribe Occidental (Bocas del Toro). La región Pacifico Oriental y Norte Central (Panamá Este, Darién, Cuenca de Bayano) mantienen precipitaciones promedio entre 2200 a 3000 mm. También, el gráfico indica el promedio anual de precipitación para las regiones del Caribe y Pacífico, donde se evidencia que en condiciones normales en la región del Caribe (regiones costeras) precipita en promedio más, en comparación a la región del Pacífico.

3.3. Definición de Sequía¹

La noción usual del concepto de “sequía”, propia de algunas regiones del mundo, implica la ausencia de lluvia por uno o dos años y a veces se interpreta esta como la única forma de sequía que existe desde el punto de vista. No obstante, el déficit hídrico según sea la región, se manifiesta de distintas maneras y con distintos impactos, de acuerdo con las características fisiográficas, agrológicas y climáticas. En el caso de Centroamérica, la ocurrencia de la sequía no se asocia con períodos prolongados (por ejemplo, anuales) sin lluvia, sino con factores como los siguientes (Ramírez, 2001):

- Se dice que se está en *Sequía Meteorológica* cuando se produce una escasez continuada de las precipitaciones. Es la sequía que da origen a los restantes tipos de sequía y normalmente suele afectar a zonas de gran extensión. El origen de la escasez de precipitaciones está relacionado con el comportamiento global del sistema océano-atmósfera, donde influyen tanto factores naturales como factores antrópicos, como la deforestación o el incremento de los gases de efecto invernadero. La definición de sequía meteorológica está vinculada a una región específica, ya que las condiciones atmosféricas que producen déficit de precipitación son muy variables de una región a otra. Además, este tipo de sequía también puede implicar temperaturas más altas, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación; todo ello puede traducirse finalmente en reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas. En muchos casos el indicador primario de disponibilidad de agua es la precipitación.
- *Sequía Hidrológica*, es aquella relacionada con períodos de caudales circulantes por los cursos de agua o de volúmenes embalsados por debajo de lo normal.
- *Sequía Agrícola*, puede definirse como déficit de humedad en la zona radicular para satisfacer las necesidades de un cultivo en un lugar en una época determinada.
- *Sequía Socioeconómica*, entendida como afectación por la escasez de agua a las personas y a la actividad económica como consecuencia de la sequía.

3.4. Factores asociados a la sequía

- Prolongación de la Canícula (Veranillo);
- Pocos eventos de lluvia, entre períodos prolongados de días secos;
- El aumento en la temperatura del aire, aumento en la velocidad e intensidad del viento según el momento que suceda y en cuanto tiempo se mantenga;

¹ VOCABULARIO METEOROLÓGICO INTERNACIONAL: https://library.wmo.int/doc_num.php?expnum_id=4712

- Finalización temprana de la estación lluviosa. Incrementa la desecación del suelo y no permite la recuperación de fuentes de agua.

En síntesis, la intensidad de la sequía como proceso climático está referida al déficit porcentual de lluvia de ese año con relación al promedio. La duración de la sequía está dada por el número de años secos consecutivos. La cobertura espacial se determina de acuerdo con la frecuencia de casos de sequía por años para un grupo de estaciones dado.

3.5. Relación de El Fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS) con la precipitación promedio, por vertiente

En Panamá, los registros de sequías por lo general han sido relacionado con el Fenómeno de El Niño, éste indica un evento de la Variabilidad Climática que se produce por la interacción de las condiciones del océano-atmosféricas en el océano Pacífico Tropical. Al fenómeno también se le conoce como ENOS, El Niño Oscilación del Sur, el término Niño se refiere a la componente oceánica y el término Oscilación del Sur se refiere a la componente atmosférica.

El análisis de porqué el comportamiento de las precipitaciones varía en presencia de ENOS, depende de las regiones de Panamá; el fenómeno puede provocar aumentos, disminuciones o escasez total de la precipitación, pero no escapa de otras influencias o anomalías en la circulación atmosférica que afectan la lluvia en Panamá.

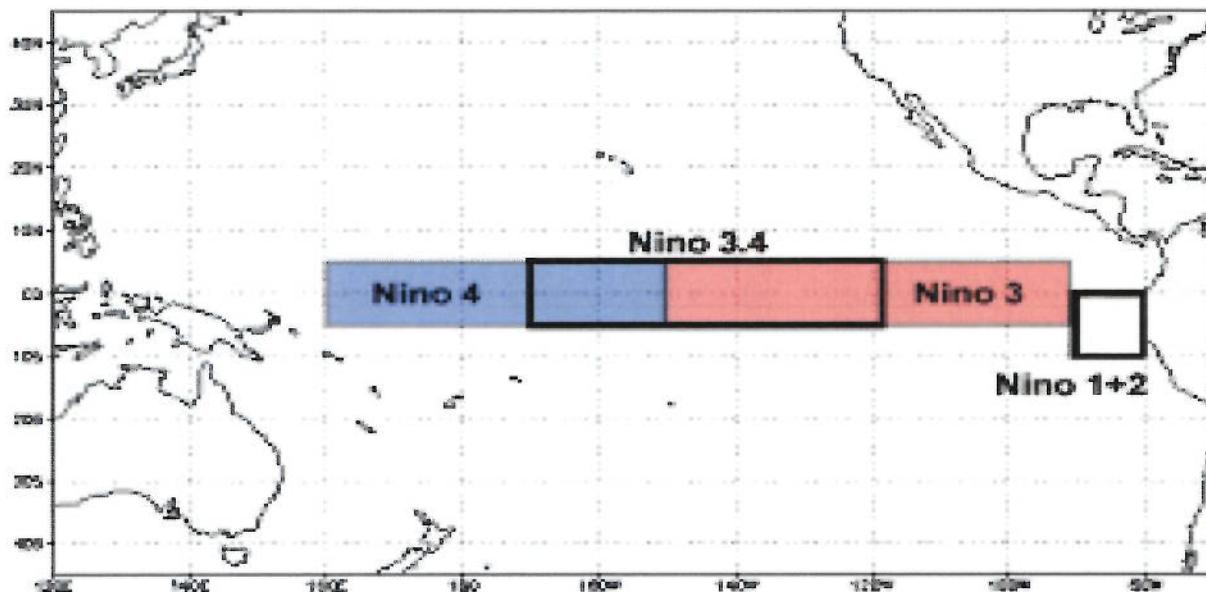
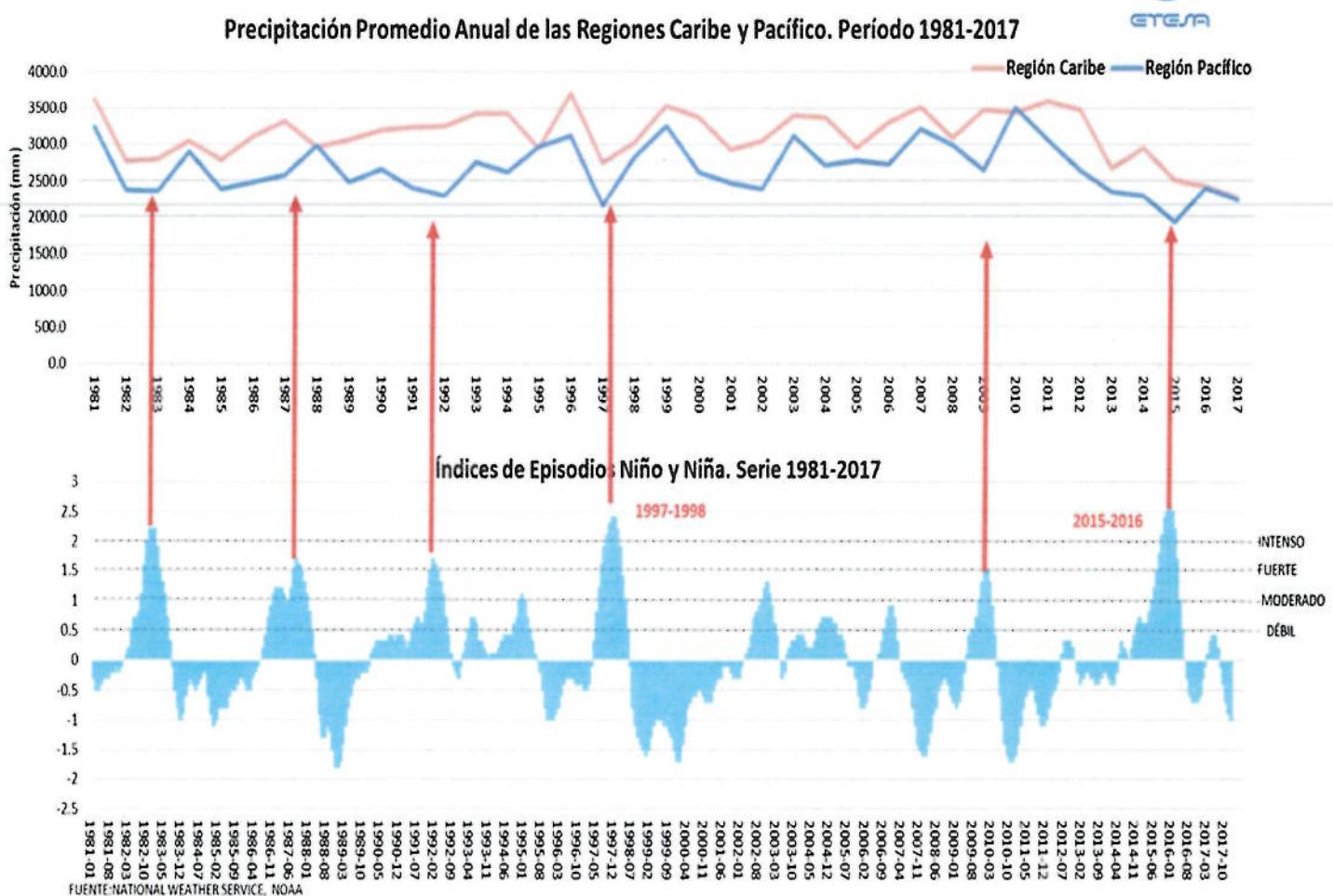


Figura 2. Regiones Niño, franja en el Océano Pacífico Ecuatorial establecidas para el monitoreo del ENOS.





Gráfica N°5. Precipitación promedio anual de las regiones del Caribe y Pacífico. Período 1981 – 2017.

Con base al Gráfico N°5, muestra que, el régimen de precipitaciones presenta variabilidad en presencia del Fenómeno de El Niño (Anomalías positivas mayor a 0.5 °C, línea en rojo), produciendo diversos efectos en las regiones del país. Siendo la región del Pacífico, la más afectada, pues provoca disminuciones en las lluvias acarreando consigo valores por debajo de su promedio en esta región; en cambio en la vertiente del Caribe, el comportamiento va a depender de la intensidad de ENOS.



Precipitación Promedio Histórica del Caribe y Pacífico, Período 1981-2010 Vs Promedio de Precipitación Acumulado de Años Niños, para Regiones Caribe y Pacífico

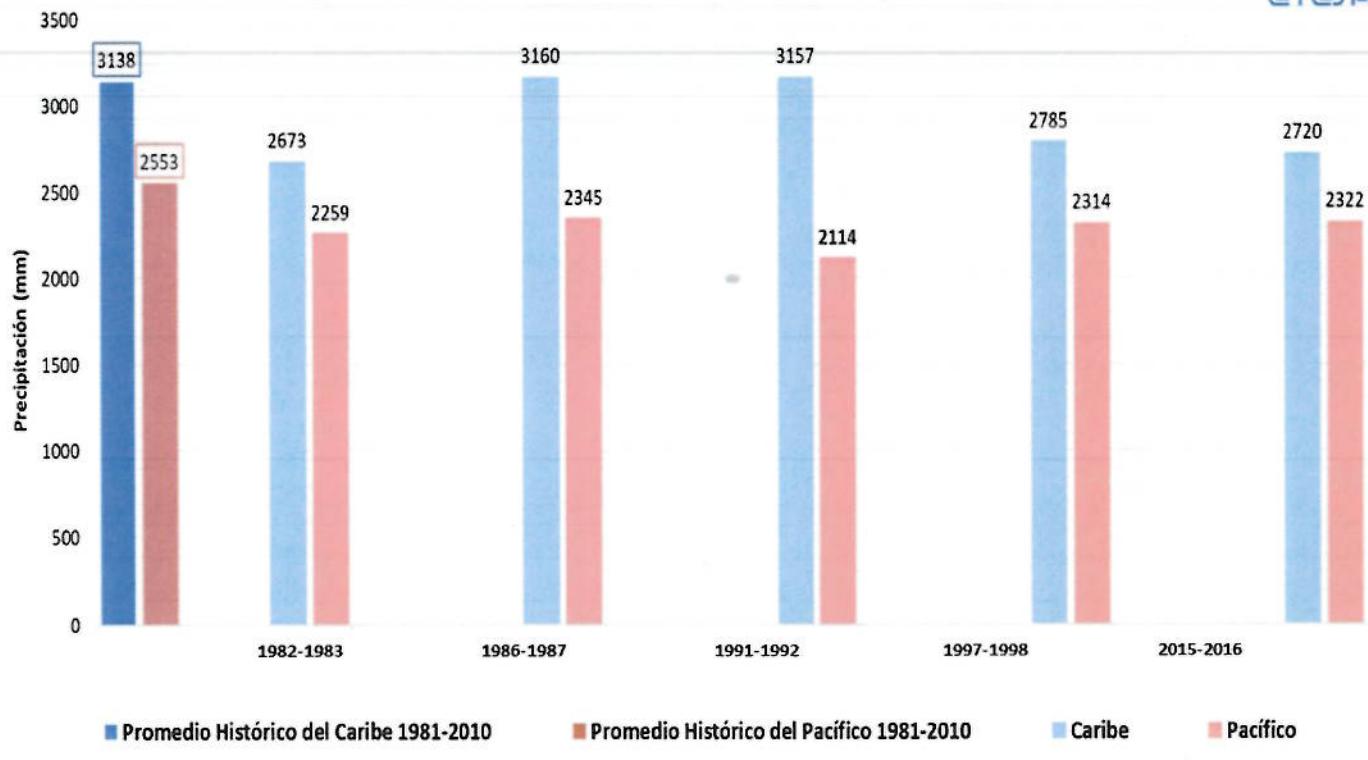


Gráfico N°6. Comportamiento promedio de la precipitación en años Niños para el Caribe y Pacífico.

Aunque la sequía es diferencial en su cobertura e intensidad, se puede decir que los años donde se ha presentado una mayor afectación en Panamá por déficit de lluvias, han sido 1982-1983, 1987-1988, 1991-1992, 1997-1998, 2015 -2016, todos estos años, han coincidido con años El Niño, lo cual explica la persistencia anual de condiciones secas sobre todo en el Pacífico. Los períodos señalados en el Gráfico N°6, acoplan los índices significativos de ENOS y las consecuencias de estos en Panamá. Se muestra el déficit en promedio de las precipitaciones para la región del Pacífico en años declarados como Niños en comparación al promedio histórico (1981-2010). Se observa que los años 1991-1992, presenta el mínimo de los valores en promedios; también los períodos 1982-1983 y 2015-2016 se reportaron escasez de lluvias significativas en la zona del arco seco del país, principalmente en los meses de la temporada lluviosa.



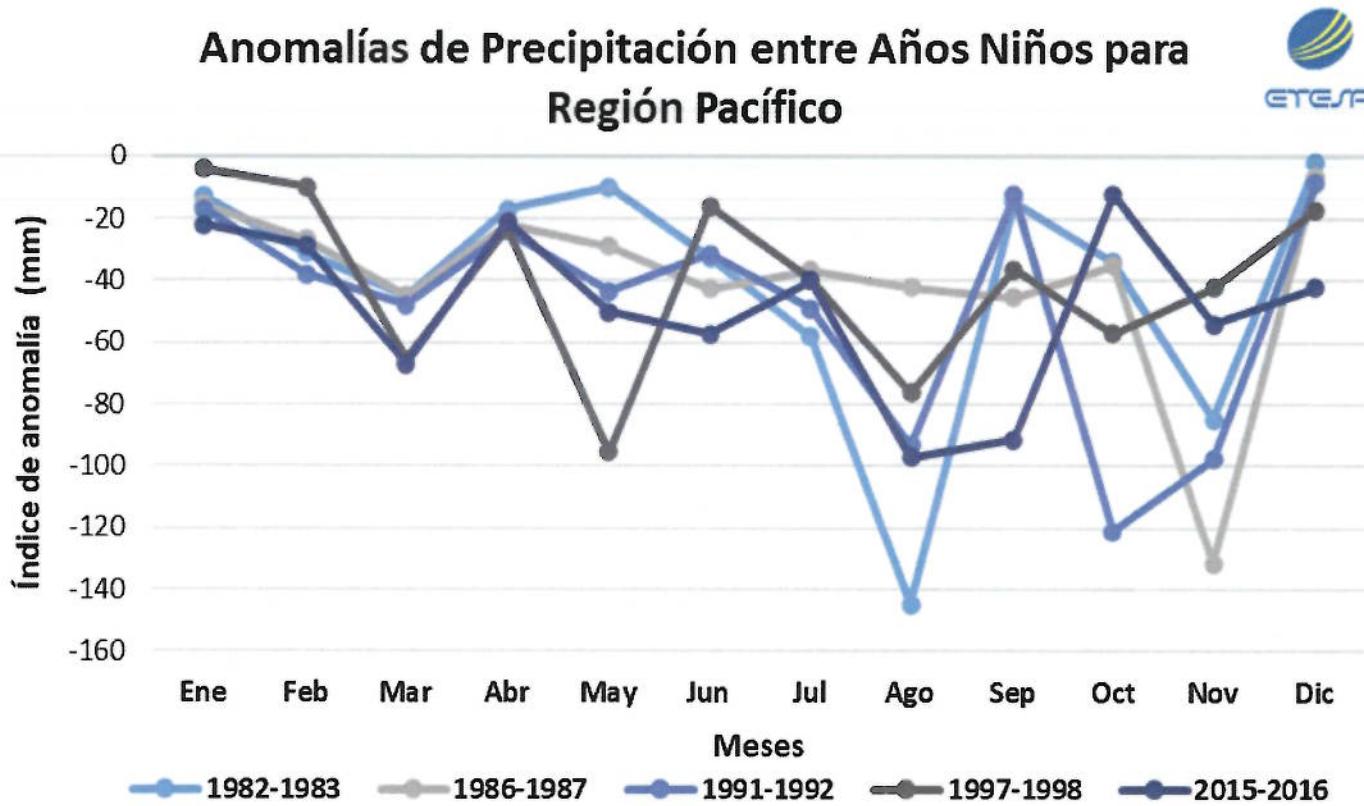


Gráfico N°7. Anomalías de precipitación en años donde fue declarado El Niño para región Pacífico.

Mientras que el Gráfico N°7, muestra las anomalías de las precipitaciones durante eventos de El Niño para el Pacífico, donde los años 1982-1983 (agosto) muestra el mayor déficit de precipitación para la temporada lluviosa, seguido octubre 1991-1992 y noviembre de 1986-1987.



3.6. Índices e indicadores meteorológicos. Definiciones

Generalmente los métodos meteorológicos dedicados al análisis de la sequía tienen como objetivo determinar, a través de la precipitación, la ocurrencia de eventos por debajo de sus valores Normales, los cuales son representativos de una región. Para ser más indicativos se establecen los Índices e Indicadores de Sequía, los cuales se fundamentan en un análisis estadístico de información meteorológica que permite la identificación de eventos de sequía, su intensidad, duración, frecuencia y distribución geográfica.

- INDICADORES: variables o parámetros utilizados para describir las condiciones de las sequías: precipitación, temperatura, caudales fluviales, niveles de aguas subterráneas y embalses, humedad del suelo, manto de nieve e intensidad y duración de viento.
- ÍNDICES: representaciones numéricas informatizadas de la gravedad de las sequías, determinadas mediante datos climáticos o hidrometeorológicos. Los índices también son indicadores y tienen por objeto analizar el estado cualitativo de las sequías en el entorno en un periodo determinado.

3.7. Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)²

Índice conocido con el acrónimo de SPI, estas siglas provienen de su nombre en inglés, Standardized Precipitation Index. Edwards y McKee (1997), fue desarrollado por McKee y colaboradores en 1993. Es un índice basado en la probabilidad de precipitación para cualquier escala de tiempo, y sólo es dependiente de series históricas de precipitación, lo que hace posible identificar los impactos de la sequía en periodos de corto, mediano y largo plazo (McKee et al. 1995).

El SPI utiliza registros históricos de la precipitación de un lugar para establecer una probabilidad que se puede calcular para las escalas temporales que se deseen, desde un mes hasta 48 meses o más. El SPI tiene una escala de intensidad en la que se calculan valores positivos y negativos, que se correlacionan directamente con episodios de humedad y sequía.

Actualmente, se introdujeron la mayoría de las estaciones meteorológicas de la red nacional convencionales que tienen datos históricos (10 estaciones dentro de ambas provincias), elegidas en virtud de la longitud y control de sus registros, de acuerdo con el período definido por el método de cálculo del SPI. De esta manera, se logra establecer el comportamiento de la climatología de los eventos secos y/o húmedos, de acuerdo con diferentes períodos, en todo Panamá. El porqué de la utilización del SPI:

- SPI es dependiente solamente de los datos de precipitación.
- Regularmente actualizados en el banco de datos de la Dirección de Hidrometeorología, por la red nacional de estaciones que mantiene y opera ETESA a nivel nacional.
- Los resultados normalizados, para diversas áreas se pueden comparar con igualdad.
- Puede ser utilizado para supervisar condiciones húmedas o secas.

² Índice normalizado de precipitación: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7769#~text=El%20SPI%20se%20concibió%C3%B3%20para%20una%20escala%20relativamente%20corta



- Tiene flexibilidad para definir diferentes períodos de análisis;
- Si bien el SPI puede calcularse para distintos intervalos de tiempo (por lo general, desde 1 mes hasta n meses), para su aplicación con fines agronómicos se recomienda calcularlo a partir de la precipitación acumulada durante los últimos 3 meses.

Edwards y McKee (1997) desarrollaron este índice, basado en la función Gamma, la cual es más acorde con la distribución de la lluvia. El SPI, es un índice que se calcula a partir de los datos de precipitación acumulada mensual de una serie de datos suficientemente larga, con base en varios periodos de tiempo, en este caso, se ha hecho para 3, 6, 12, meses.

Como la precipitación acumulada no se distribuye de acuerdo con una distribución normal, se define una función de la precipitación que una vez tipificada se ajusta a una distribución de este tipo.

A cada valor de la precipitación acumulada se le asigna un valor de la función y se determina la probabilidad de ocurrencia de esta función que coincide con la probabilidad de precipitación (SPI del dato de precipitación acumulada). El valor del SPI representa la probabilidad de ocurrencia de una determinada precipitación acumulada. No es otra cosa que el número de veces que un valor concreto de la precipitación acumulada en un periodo temporal se separa de la media de la serie, medido en unidades de desviación típica.

Por lo tanto, el SPI trata de estadísticas en vez de valores, su aplicación es factible para estudiar zonas secas al igual que húmedas. Por eso es importante reconocer que un periodo de bajo SPI, para una zona húmeda (tal como Bocas del Toro), puede representar mucha más precipitación que uno de alto SPI en una zona más seca (tal como el Arco Seco de Azuero).

Requerimiento: Es recomendable que el cálculo del SPI para un período de tiempo dado, en un lugar determinado, se haga en base a los registros de precipitación de una serie de datos suficientemente larga (mínimo de 30 años, para este análisis se está utilizando el período 1991 - 2020, Normal Climática Reglamentaria). También es el recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para establecer la normal de una serie de precipitación.

3.7.1. Mapas de las provincias de Panamá y Panamá Oeste del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Actualmente se utilizaron 10 estaciones, que cumplen con el requisito impuesto por el método SPI, para la caracterización de la humedad o déficit en las provincias de Panamá y Panamá Oeste, donde se realizaron los mapas provinciales del SPI, para las siguientes escalas de tiempo que abarcan los 24 y 36 meses pasados; el período analizado para el SPI comprende desde enero 1991 a marzo 2021.

La clasificación de categorías de sequía o humedad son basadas en la en la escala presentada en la definición de los mapas de SPI; los valores agrupados en las 8 categorías de la escala adjuntada en los mapas, para delimitarlas se crearon códigos de colores, en donde predominan

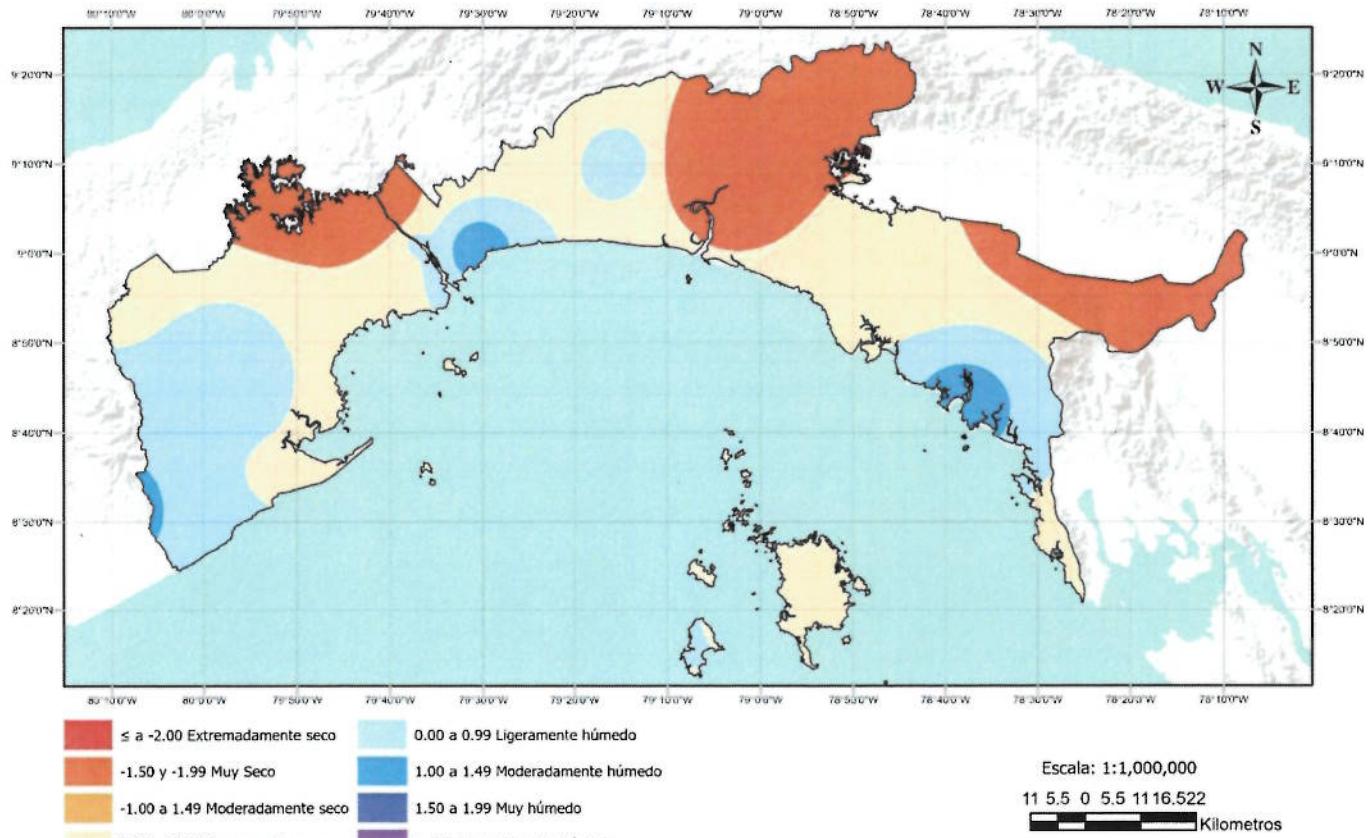


los colores de fríos para representar las zonas climáticas con tendencias húmedas y los tonos cálidos para definir las zonas secas.

3.7.1.1. Análisis del mapa SPI-24 meses para las provincias de Panamá Oeste y Panamá



Índice de Precipitación Estandarizado (SPI -24) de marzo 2019 a marzo 2021 Periodo: 1991-2020



Mapa N°6. Índice de Precipitación Estandarizado de 24 meses (SPI-24). Marzo 2019 a marzo 2021, período climatológico 1991-2020.

Para el mapa SPI-24, la probabilidad en cada área del país se calcula teniendo en cuenta la precipitación acumulada para el mes en final de información o en curso, en el análisis es marzo 2021 y los 23 meses previos, desde marzo 2019, y la distribución estadística de las precipitaciones históricas (Normal Climatológica Reglamentaria 1991-2020).

La probabilidad de ocurrencia dadas las categóricas en este mapa, indica:

- Un comportamiento considerado normal, ya que gran parte de ambas provincias presentan valores *ligeramente secos o húmedos*.
- Existen algunas zonas en la categoría *moderadamente húmedo*, una en Panamá Centro (área de Hato Pintado), otra en Panamá Este (área de Chimán) y la última al extremo límite entre las provincias de Panamá Oeste y Coclé.

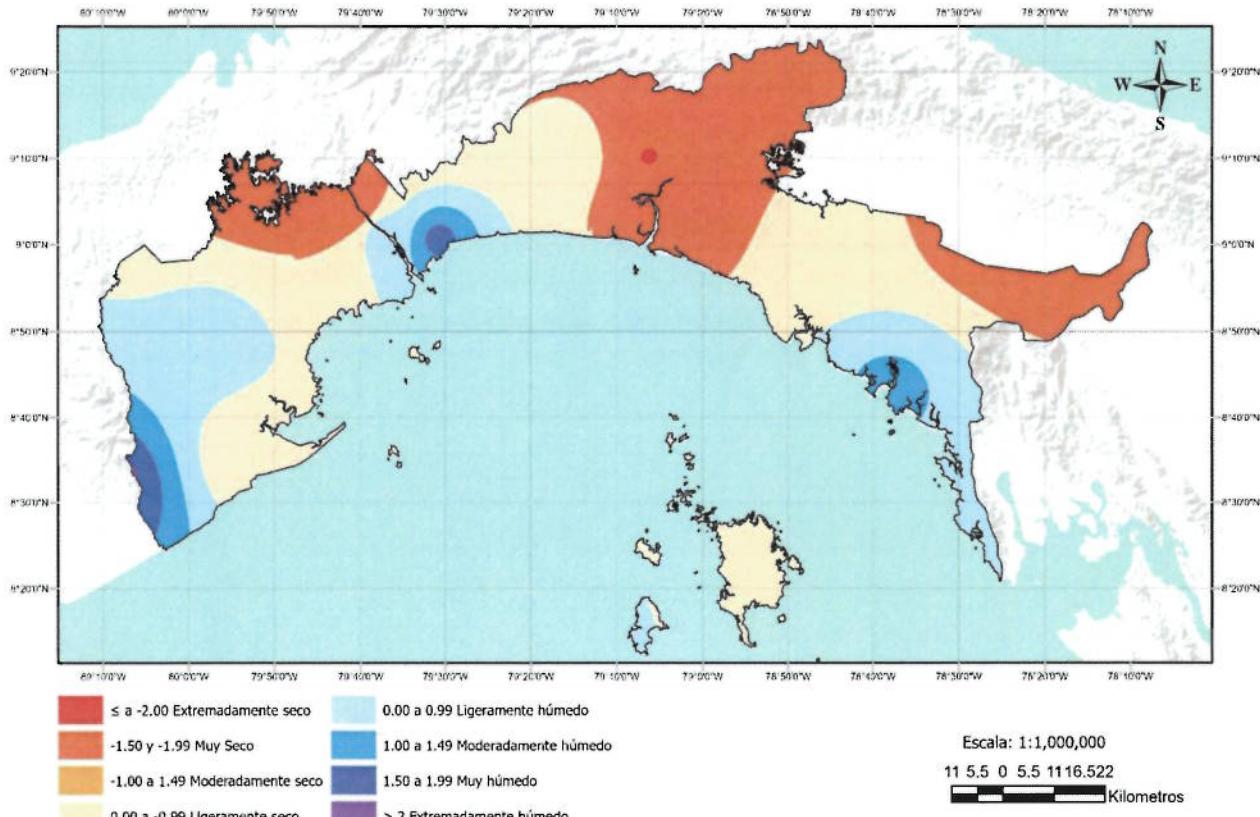


- En la categoría *muy seco* la encontramos, en Panamá Este (áreas de la cuenca de Bayano, en Río Maje y Chepo) y al Norte de las provincias de Panamá y Panamá Oeste (área de la cuenca del río Chagres, Canal de Panamá, que están dentro de los límites de ambas provincias).

3.7.1.2. Análisis del mapa SPI-36 meses para las provincias de Panamá Oeste y Panamá



Índice de Precipitación Estandarizado (SPI -36) de marzo 2018 a marzo 2021 Periodo: 1991-2020



Para el mapa SPI-36, la probabilidad en cada área del país se calcula teniendo en cuenta la precipitación acumulada para el mes en final de información o en curso, en el análisis es marzo 2021 y los 35 meses previos, desde marzo 2018, y la distribución estadística de las precipitaciones históricas (Normal Climatológica Reglamentaria 1991-2020).

La probabilidad de ocurrencia dadas las categóricas en este mapa, indica:

- Un comportamiento considerado normal, ya que gran parte de ambas provincias presentan valores *ligeramente secos o húmedos*.



- Existen algunas zonas con las categorías entre *moderadamente húmedo a muy húmedo*, una en Panamá Centro (área de Hato Pintado), otra en Panamá Este (área de Chimán) y la última al extremo límite entre las provincias de Panamá Oeste y Coclé.
- Se observan algunos valores con categorías entre muy seco a extremadamente seco, en Panamá Este (áreas de la cuenca de Bayano, en Río Maje y Chepo, además dentro de esta zona se encuentra el área de Loma Bonita con la máxima categoría) y al Norte de las provincias de Panamá y Panamá Oeste (área de la cuenca del río Chagres, Canal de Panamá, que están dentro de los límites de ambas provincias).

Dado que las diferentes escalas temporales son el resultado acumulado de períodos más cortos que pueden estar por encima o por debajo de lo normal, mientras que el SPI a largo plazo tiende a situarse en torno a cero, a menos que se esté produciendo una tendencia húmeda o seca característica. Los SPI a estas escalas temporales (24 y 36 meses) reflejan un patrón de la precipitación a largo plazo, permitiendo evaluar la duración de las condiciones de sequía y superávit para diferentes escalas de tiempo, estas escalas están relacionadas con cauces fluviales, niveles de reservorios e incluso niveles de aguas subterráneas a escalas temporales más largas (OMM, 2012).

4. Escenarios de Cambio Climático

El cambio climático se refiere a una variación estadísticamente significativa en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (generalmente décadas o más). El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o factores externos, como cambios persistentes en la atmósfera o cambios en el uso de la tierra.

El artículo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC³) define el "cambio climático" como: "un cambio climático que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMNUCC hace una distinción entre el "cambio climático" atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la "variabilidad climática" atribuible a causas naturales.

4.1. Visor de Escenarios Cambio Climático de Centroamérica

Los Escenarios Climáticos constituyen estimaciones de los posibles futuros rasgos del clima. Para contar con una resolución espacial y temporal adecuada se generan los Escenarios Regionalizados, los cuales sirven de referencia para elaborar estudios de impacto y vulnerabilidad específicos y valorar las necesidades de adaptación al cambio climático en diversos sectores socioeconómicos (como el productivo, defensa civil o infraestructuras) y sistemas ecológicos.



³ El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático, conocido por el acrónimo en inglés IPCC: <https://www.ipcc.ch/>

EUROCLIMA+ apoya la generación de los escenarios climáticos regionalizados en varios países con base en las indicaciones del último informe del IPCC (AR5), a través del fortalecimiento de los servicios meteorológicos nacionales, de acuerdo con sus necesidades, movilizando expertos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de España y la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Los países disponen de escenarios climáticos regionalizados específicos para la región centroamericana (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá) consensuados con los usuarios y con la resolución suficiente para que la información sea útil en la planificación de medidas de adaptación adecuadas para disminuir los impactos económicos, socioculturales y ambientales que ya se empiezan a detectar.

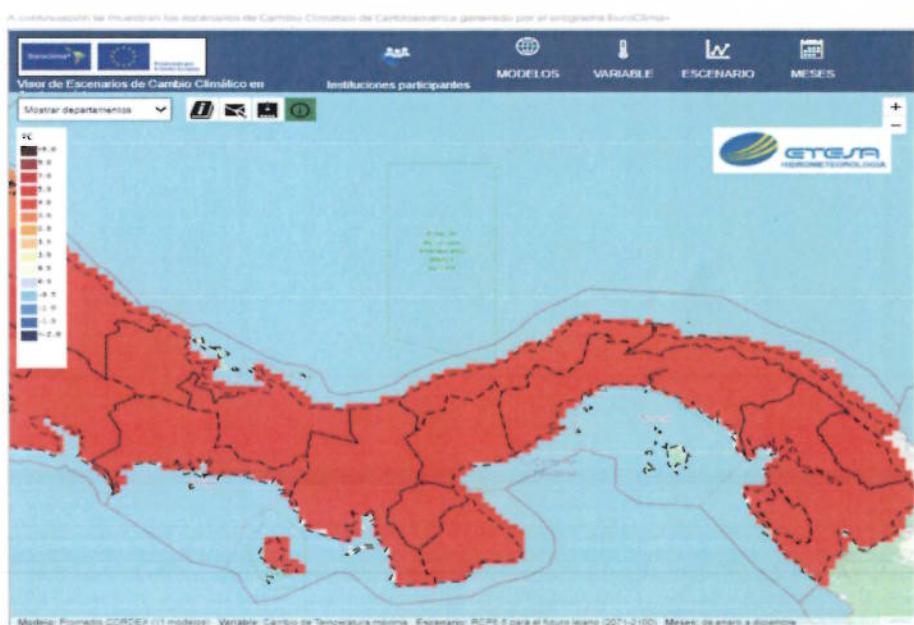
Uno de los resultados esperados es el desarrollo de un Visor Web en el que se podrán visualizar los distintos tipos de escenarios generados utilizando diferentes conjuntos de datos, variables y períodos temporales, a varias escalas.

Los productos presentados proceden de las proyecciones, a escala diaria, de variables obtenidas mediante técnicas de regionalización dinámica (que proporcionan resultados en una rejilla regular de 50 km de resolución) y estadística (que proporcionan resultados puntuales para cientos de localidades). Dichas proyecciones contemplan tres escenarios de emisión de uso habitual (RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5) así como un escenario de referencia (Histórico).

Esta aplicación permite al usuario consultar información a través de dos elementos principales: mapas y series temporales. Para ello, el usuario debe, en primer lugar, llevar a cabo una serie de selecciones que permiten delimitar el conjunto de datos que desea consultar. En el siguiente enlace se podrá encontrar el portal y el manual de usuario del sitio, donde puede interactuar con los escenarios de cambio climático de Centroamérica generado por el programa EuroClima+.



Figura N°2. Visor de Escenarios de Cambio Climático de Centroamérica



Enlaces de Escenarios de Cambio Climático:

<https://centroclima.org/escenarios-cambio-climatico/>

https://centroamerica.aemet.es/manual_usuarioV3.pdf

En resumen, los escenarios climáticos son proyecciones de cambio climático hechas con modelos globales, y regionalizadas a la zona en concreto que nos interesa, con la ayuda, bien de modelos de alta resolución regionales, o de algoritmos estadísticos.

La Dirección de Hidrometeorología monitorea las condiciones del tiempo permanentemente y publica los Pronósticos Climáticos mensuales y trimestrales en la web:
<http://www.hidromet.com.pa>

