

Técnicas Multivariadas para la Regionalización Climática de la Precipitación pluvial en Panamá: (1980-2010)

Multivariate Techniques for Climate Regionalization of Precipitation in Panama: (1980-2010)

Anabel Ramírez Bayard

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Estadística, Panamá

anabel.ramirez@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-8264-3055>

Clara E. Cruz G.

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Estadística, Panamá

clara.cruz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-7572-3372>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8613>

RESUMEN

La lluvia constituye uno de los fenómenos naturales más relevantes en las regiones tropicales por su impacto ambiental, social y económico, especialmente en la gestión de los recursos hídricos. La topografía y la interacción de las masas oceánicas del Pacífico y el Caribe determinan en Panamá una marcada variabilidad espacial de la precipitación, evidenciada en los contrastes pluviométricos entre ambas vertientes. El presente estudio tuvo como objetivo identificar regiones climáticamente homogéneas en cuanto a la precipitación acumulada mensual en Panamá durante el periodo 1980–2010. Para ello, se emplearon registros de estaciones meteorológicas con datos continuos, sometidos a procesos de control estadístico de calidad, lo que permitió depurar la muestra a 78

pp.228-247

estaciones meteorológicas válidas. Posteriormente, se aplicaron técnicas estadísticas multivariadas, específicamente el Análisis de Componentes Principales y el Análisis de Conglomerados, utilizando la Distancia Euclíadiana y el método de Ward. Los resultados revelaron dos grandes regiones climáticas correspondientes a las vertientes Pacífica (62 estaciones meteorológicas) y Caribe (16 estaciones meteorológicas), subdivididas en 10 y 2 subregiones homogéneas, respectivamente. Estos hallazgos confirman la eficacia de las técnicas multivariadas para la regionalización climática en regiones tropicales y aportan una base científica sólida para la gestión y planificación sostenible del recurso hídrico en Panamá.

PALABRAS CLAVE: precipitación pluvial, regionalización climática, Técnicas Multivariadas, Análisis de Componentes Principales, Clúster.

ABSTRACT

Rainfall is one of the most significant natural phenomena in tropical regions due to its environmental, social, and economic impact particularly in the management of water resources. In Panama, the topography and the interaction between Pacific and Caribbean oceanic masses result in marked spatial variability in precipitation, as evidenced by the pluviometric contrasts between both slopes. This study aimed to identify climatically homogeneous regions based on monthly accumulated precipitation in Panama during the period 1980–2010. To achieve this, records from meteorological stations with continuous data were used. After undergoing statistical quality control processes, the sample was refined to 76 valid meteorological stations. Subsequently, multivariate statistical techniques were applied specifically Principal Component Analysis and Cluster Analysis using Euclidean Distance and Ward's method. The results revealed two major climatic regions corresponding to the Pacific (62 meteorological stations) and Caribbean (16 meteorological stations) slopes, further subdivided into 10 and 2 homogeneous subregions, respectively. These findings confirm the effectiveness of multivariate techniques for climate regionalization in tropical areas and provide a solid scientific foundation for the sustainable management and planning of water resources in Panama.

KEYWORDS: rainfall, climate regionalization, multivariate analysis, principal component analysis, cluster analysis.

INTRODUCCIÓN

En regiones tropicales la distribución de la precipitación pluvial determina la dinámica ambiental y la sostenibilidad de diversos sectores productivos (Luna Robles, Cantú Silva, & Bejar Pulido, 2022), esto constituye un componente esencial del ciclo hidrológico y un indicador fundamental del clima. En este sentido, una adecuada caracterización espacial de la precipitación resulta crucial para la planificación ambiental, la gestión integral del agua y la reducción del riesgo frente a eventos hidrometeorológicos extremos como inundaciones o sequías (MiAmbiente, 1999; Mora, 2010).

En Panamá, la precipitación pluvial presenta una marcada variabilidad espacial y temporal, influenciada por su posición geográfica entre los océanos Pacífico y Atlántico, así como por la interacción con la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Kessler, 2003; OMM, 2003). Esta interacción oceánico-atmosférica, sumada a la compleja topografía del país, genera contrastes regionales significativos en los regímenes de lluvia, los cuales inciden directamente en la disponibilidad de recursos hídricos, los ecosistemas y las actividades socioeconómicas.

En la literatura internacional, las técnicas estadísticas multivariadas han demostrado ser herramientas eficaces para analizar la estructura espacial de la precipitación y establecer regiones climáticamente homogéneas. Estudios como los de Muñoz y Rodríguez (2002) en la Península Ibérica, y Arroyo y Borja (2018) en contextos ambientales diversos, han resaltado la utilidad del Análisis de Componentes Principales y del Análisis de Conglomerados en la identificación de patrones espaciales de variabilidad climática.

En el contexto panameño, las investigaciones sobre precipitación han abordado la influencia de variables macroclimáticas como los fenómenos asociados al ENOS (El Niño Oscilación del Sur) o las oscilaciones intertropicales, pero son limitados los estudios que aplican metodologías multivariadas orientadas a una regionalización climática sistemática (Soley et al., 1999; Urrutia, 2010). Asimismo, diversos autores han subrayado la relevancia de la calidad, homogeneidad y

pp.228-247

consistencia de las series de datos meteorológicos para garantizar la validez de los análisis climatológicos (Ochoa et al., 2017; Avellana, 2019).

Considerando la heterogeneidad climática del territorio nacional y la necesidad de disponer de una base científica sólida para la gestión del recurso hídrico, el presente estudio tiene como objetivo realizar una regionalización climática de la precipitación en Panamá mediante la aplicación de técnicas estadísticas multivariadas específicamente, Análisis de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados, utilizando datos mensuales del periodo 1980 - 2010. La regionalización obtenida permitirá identificar áreas con comportamientos pluviométricos similares, optimizar el diseño de redes de monitoreo, mejorar la representación espacial en modelos climáticos y apoyar la toma de decisiones en sectores sensibles al clima (Toro Jaramillo et al., 2006; Urrutia, 2010).

MÉTODOS Y MATERIALES

La investigación fue de tipo no experimental y longitudinal, centrada en la observación y análisis de datos existentes (Toro Jaramillo & Parra Ramírez, 2006). Se incluyeron estaciones meteorológicas cuyos registros continuos mensuales de precipitación pluvial fueran más de 30 años y menos del 10% de datos mensuales faltantes, siendo consideradas para el estudio un total de 95 estaciones meteorológicas en la República de Panamá, las cuales son operadas por el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA) y la Autoridad del Canal de Panamá (ACP). La periodicidad de los datos es a nivel mensual desde enero de 1980 y termina en el mes de diciembre de 2010.

Actualmente en Panamá se cuenta con una amplia red de estaciones meteorológicas instaladas a nivel nacional mismas que son operadas por el IMHPA y la ACP. Para el análisis se consideraron las estaciones meteorológicas activas al periodo establecido (1980-2010) que cumplieran con los requisitos de continuidad en sus observaciones mensuales, también que tuvieran 10% de data faltante mensual histórica de lluvia, además de ser representativas en la distribución geográfica del

pp.228-247

territorio panameño. Al contar con la selección de las estaciones meteorológicas y verificar sus registros se procede a aplicar control estadístico de calidad a los acumulados de lluvia mensual, de lo cual al realizar la depuración aplicaron para el estudio solamente 78 estaciones meteorológicas de todo el país operadas por el IMHPA y la ACP (Ver Anexo).

La aplicación de la técnica multivariada Análisis de Componentes Principales (PCA) se aplicó a la serie completa de los registros acumulados mensuales de lluvia desde 1980 hasta 2010, considerando los resultados obtenidos con la rotación Varimax que indica la reducción de las dimensionalidades del conjunto de estaciones meteorológicas y determinar factores predominantes que miden la proporción de la varianza explicada en cada variable; las cuales explican cada factor correspondiente, por lo que una variable con mas carga factorial será más representativa del factor (Triola, 2006; Avellana, 2019), los resultados se muestran en la Tabla 1.

El análisis factorial de las comunidades denominada en la técnica PCA como la “varianza común” que se apoya en el análisis de la matriz de correlaciones para medir la fuerza de la relación lineal de las variables (Badii & Castillo, 2007) en apoyo con la prueba de Esfericidad de Bartlett la cual es una prueba estadística que evalúa si las correlaciones entre las variables son significativas, al aplicar el análisis a un nivel de significancia propuesto del 95%, arrojo como resultado que la prueba es significativa al nivel de confianza propuesto para validar la aplicabilidad del PCA (Díaz, 2007; Avellana, 2019).

El agrupamiento de la precipitación mensual de estaciones meteorológicas en clústeres homogéneos se realizó con la técnica de clasificación jerárquica empleando el método de la Distancia Euclídea al cuadrado y el método de Ward para minimizar la variabilidad intragrupal, efectuando análisis por separado para cada factor resultante (Muñoz y Rodríguez, 2002; Arroyo y Borja, 2018).

Con el programa Microsoft Excel de Office se manejó la base de datos de la lluvia acumulada mensual de las estaciones meteorológicas, además de adecuar las salidas del programa estadístico

SPSS versión 21, el cual se utilizó para el manejo de la información y los análisis estadísticos multivariados.

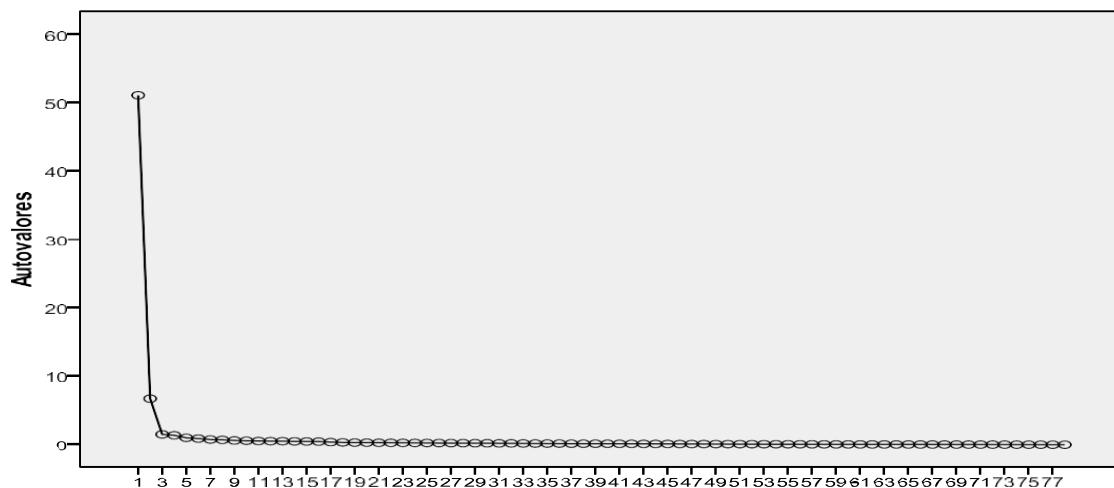
RESULTADOS Y ANÁLISIS

La selección de las estaciones meteorológicas cuyos valores de precipitación acumulada mensual desde 1980 hasta 2010 fuesen continuos y cumplieren con las condiciones iniciales para su selección, dio como resultado final un total de 76 estaciones meteorológicas representativas de todo el país (Ver Anexo).

El Análisis de Componentes Principales (PCA) se consideró para disminuir la dimensionalidad de los datos e identificar factores por medio de la rotación ortogonal del método Varimax considerando que la lluvia es una variable aleatoria se estandariza la serie de datos climática, dando como resultado la reducción de a dos factores que explican el 73.9% de la varianza explicada total: el Factor 1 agrupó 62 estaciones meteorológicas en la vertiente del Pacífico (65.3% de la varianza explicada), y el Factor 2 agrupó 16 estaciones meteorológicas en la región del Caribe (8.6% de la varianza explicada), se muestra en el Tabla N°1 los resultados por estación meteorológica.

Figura1.

Gráfico de sedimentación del análisis de componentes principales



pp.228-247

Tal cual se observa en el gráfico de sedimentación, el quiebre de la curva se realiza en el segundo factor que agrupa el 50% de los autovalores.

La adecuación del PCA se confirmó con la prueba KMO, el cual es un indicador de la relación lineal entre los coeficientes arrojados por la matriz de Correlación de Pearson y los Coeficientes de Correlación Parcial de las estaciones meteorológicas igual a esta prueba dio como resultado un valor de $KMO=0.982$. También se apoya en la decisión con la Prueba de Esfericidad de Bartlett, que comprueba si el valor determinante de la matriz de correlaciones es diferente de la matriz de identidad, el cual arroja un resultado significativo ($p_c < 0.001$), con el cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta que las variables iniciales no están correlacionadas, lo que es favorable para realizar el análisis de los factores.

El Factor 1 agrupa las estaciones meteorológicas cuyo régimen pluviométrico es lluvioso desde finales de abril o principios de mayo hasta finales de noviembre o principios de diciembre, y una estación seca o poco lluviosa que va desde mediados de diciembre hasta abril (IMHPA).

Tabla 1.

Estaciones meteorológicas agrupadas en el Factor 1.

Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 1	Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 1
1	Caldera (Pueblo Nuevo)	0.921	32	Finca Lérida	0.811
2	El Cobrizo	0.912	33	Parita	0.811
3	Angostura de Cochea	0.906	34	Santa Fe	0.811
4	Cermeño	0.905	35	Gómez Arriba	0.808
5	La Yeguada	0.905	36	Santiago	0.807
6	Los Palomos	0.904	37	Cative	0.806
7	Paja de Sombrero	0.899	38	Divisa	0.801
8	Potrillo Arriba	0.893	39	La Miel	0.791
9	Cañas Gordas	0.889	40	Las Sabanas	0.783
10	Los Valles	0.889	41	Las Martinas	0.782
11	Cañazas	0.887	42	El Cañafistulo	0.765

pp.228-247

12	Cuesta de Piedra	0.885	43	Valle Rico	0.758
13	Las Huacas de Quijé	0.879	44	El Marañon	0.754
14	Los Naranjos	0.870	45	Loma Bonita	0.748
15	Piedra Candela	0.865	46	Chepo	0.744
16	Veladero Gualaca	0.865	47	Toabré	0.744
17	Santa Cruz	0.860	48	Puerto Poso	0.743
18	Macano Arriba	0.856	49	Santa Rita	0.743
19	San Félix	0.854	50	Río Hondo	0.735
20	Breñon	0.852	51	Tonosí	0.734
21	Ojo de Agua	0.850	52	Tocumen	0.73
22	David	0.846	53	Río Majé	0.716
23	Olá	0.837	54	Chame	0.701
24	Pesé	0.835	55	Antón	0.696
25	Llano de la Cruz	0.832	56	Pocrí	0.694
26	La Llana	0.828	57	Taimatí	0.598
27	Sonadora	0.827	58	Caimito	0.579
28	Cerro Verde	0.826	59	Pedasí	0.574
29	Río Grande	0.821	60	Garachiné	0.567
30	Los Santos	0.819	61	Bajo Grande	0.527
31	Camarón Tabasará	0.812	62	Río Chico	0.450

El Factor 2 lo integran las estaciones meteorológicas localizadas en la región del mar Caribe, está zona presenta un comportamiento lluvioso durante todo el año, siendo diciembre y febrero los meses con los mayores acumulados de lluvia mensual (IMHPA).

Tabla 2.
Estaciones meteorológicas agrupadas en el Factor 2.

Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 2	Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 2
1	San Miguel	0.879	9	Boca de Toabré	0.795
2	Escandalosa	0.858	10	Icacal	0.765
3	Peluca	0.831	11	Agua Clara	0.744

pp.228-247

4	Candelaria	0.827	12	Barro Colorado	0.742
5	Gatún Rain	0.812	13	Piriá	0.694
6	San Lucas	0.809	14	El Caño	0.681
7	Montelirio	0.803	15	Gamboa	0.634
8	Coclé del Norte	0.797	16	Mulatupo	0.616

En la aplicación del método de Clúster se clasificaron la serie de observaciones de acumulados de lluvia en meses y estaciones meteorológicas para agruparlos en grupos de similar comportamiento climático; con el enfoque de agrupar las estaciones meteorológicas resultantes del primer factor (Vertiente Pacífico) como un agrupamiento N°1. Posteriormente se le dio el mismo enfoque tomando en cuenta las estaciones meteorológicas resultantes del segundo factor (región Caribe) como el agrupamiento N°2.

La medida de similitud entre las variables que son las estaciones meteorológicas, se consideró el método de la Distancia Euclídea al cuadrado, ya que la lluvia acumulada mensual es cuantitativa; como técnica para la aglomeración se seleccionó el Agrupamiento Jerárquico por el método de Ward conocido como la “varianza mínima” (Corral & Espinel, 2015).

La clasificación del Clúster de las estaciones meteorológicas identificó 10 subregiones homogéneas en la vertiente del Pacífico con características climáticas específicas, como influencia orográfica, marítima y variabilidad en la temporada seca, que incluyen zonas geográficas desde Chiriquí hasta las provincias de Panamá Oeste y Panamá.

Figura 2.

Ubicación de las estaciones meteorológicas resultantes del análisis de componentes principales, agrupadas por Factor 1 y Factor 2.



1 Tabla 3.

2 *Regiones geográficas, sus características meteorológicas y geográficas y las estaciones meteorológicas pertenecientes a cada grupo homogéneo para la vertiente del Pacífico*

Grupo	Región	Característica	Estaciones Meteorológicas
1	Región central de las provincias de Veraguas y Coclé	La lluvia es de tipo orográfica, es decir, después del mediodía con altos contrastes térmicos	Cañazas, Cerro Verde, El Cobrizo, Las Huacas de Quije, Los Valles, Olá, Sonadora, Laguna la Yeguada
2	Litoral Pacífico de la provincia de Panamá	Muestran una marcada influencia marítima costera en el comportamiento de la lluvia	Chepo, Loma Bonita, Río Majé y Tocumen
3	Litoral Pacífico de la provincia de Darién	La lluvia es abundante en los meses de temporada lluviosa, mas por la cercanía a la serranía y cordillera	Garachiné y Taimatí
4	Litoral Pacífico de la provincia de Los Santos	Se caracteriza por mantener una marcada temporada seca entre diciembre a mayo	El Cañafistulo, La Llana, La Miel, Pedasí, Pocrí, Tonosí y Valle Rico
5	Litoral Pacífico de la provincia de Coclé y sur de la provincia de Panamá Oeste	Denota una marcada temporada seca en los meses de temporada seca y en los meses de temporada lluviosa	Antón, Chame, Gamboa, Santa Rita, Puerto Posada y Río Hondo
6	Litoral Pacífico de las provincias de Chiriquí y Veraguas	Tienen un marcado régimen de poca lluvia en los meses de temporada seca y abundante acumulados de precipitación en los meses de temporada lluviosa, esto asociado a eventos atmosféricos de macro escala (ondas tropicales, vaguadas, formación de ciclones tropicales)	Angostura de Cochea, Breñon, Camarón Tabasará, Cañas Gordas, Cative, Cermeño, Cuesta de Piedra, David, Gómez Arriba, Los Palomos, Macano Arriba, El Maraón, Las Martinas, Ojo de Agua, San Félix, Santa Cruz, Santiago y Veladero Gualaca

7	Región de Tierras Altas de la provincia de Chiriquí	Zona del Pacífico que alcanza altos acumulados de precipitación anual que ronda entre los 823 mm a 1,411 mm anuales	Caldera Pueblo Nuevo, Potrerillo Arriba, Paja de Sombrero, Piedra Candela, Finca Lérida, Los Naranjos
8	Región de Tierras altas con elevación de mas de 2,300 MSNMM	La precipitación es debida a la gran elevación, ya que la nubosidad que ingresa desde el Caribe logra sobrepasar el Volcán Barú e incide en el régimen pluviométrico de esta zona	Bajo Grande
9	Sur de la provincia de Panamá Oeste con elevación de mas de 180 MSNMM	Muestra un marcado régimen de lluvia propio del litoral Pacífico, pero con mas influencia por la elevación	Caimito
10	Región de la provincia de Herrera	Denota una marcada estación seca en la temporada seca, sin embargo es notorio el aporte de humedad proveniente del Pacífico por la dirección del viento SO.	Divisa, Llano de la Cruz, Los Santos, Parita, Pesé

4

5 También por el método de agrupación por Clúster, en la región del mar Caribe se definieron 2
 6 subregiones homogéneas, evidenciando diferencias notables en patrones pluviométricos. Para el
 7 grupo correspondiente a la zona del Caribe resultaron en la agrupación las estaciones
 8 meteorológicas del Pacifico de la provincia de Panamá (localizadas en la Cuenca del Canal de
 9 Panamá cercanas al lago Gatún, Colón y Comarca Gunayala.

10

11

12

13 Tabla 4.

14 *15 Regiones geográficas, sus características meteorológicas y geográficas y las estaciones meteorológicas pertenecientes a cada grupo homogéneo para la cuenca del caribe*

Grupo	Región	Característica	Estaciones Meteorológicas
11	Región Norte de la provincia de Coclé	Presencia de lluvia en todo el año, mas influenciado por la cercanía a la costa caribeña del país	Coclé del Norte, San Lucas, Boca de Toabré
12	Litoral Pacífico	Provincias de Panamá y Panamá Oeste	Barro Colorado, Candelaria, Montelirio, Peluca, San Miguel, El Caño, Piriá, Gamboa
	Litoral Caribe	Provincia de Colón y Comarca Gunayala	Icacal, Aguas Claras, Escandalosa, Gatun Rain, Mulatupo

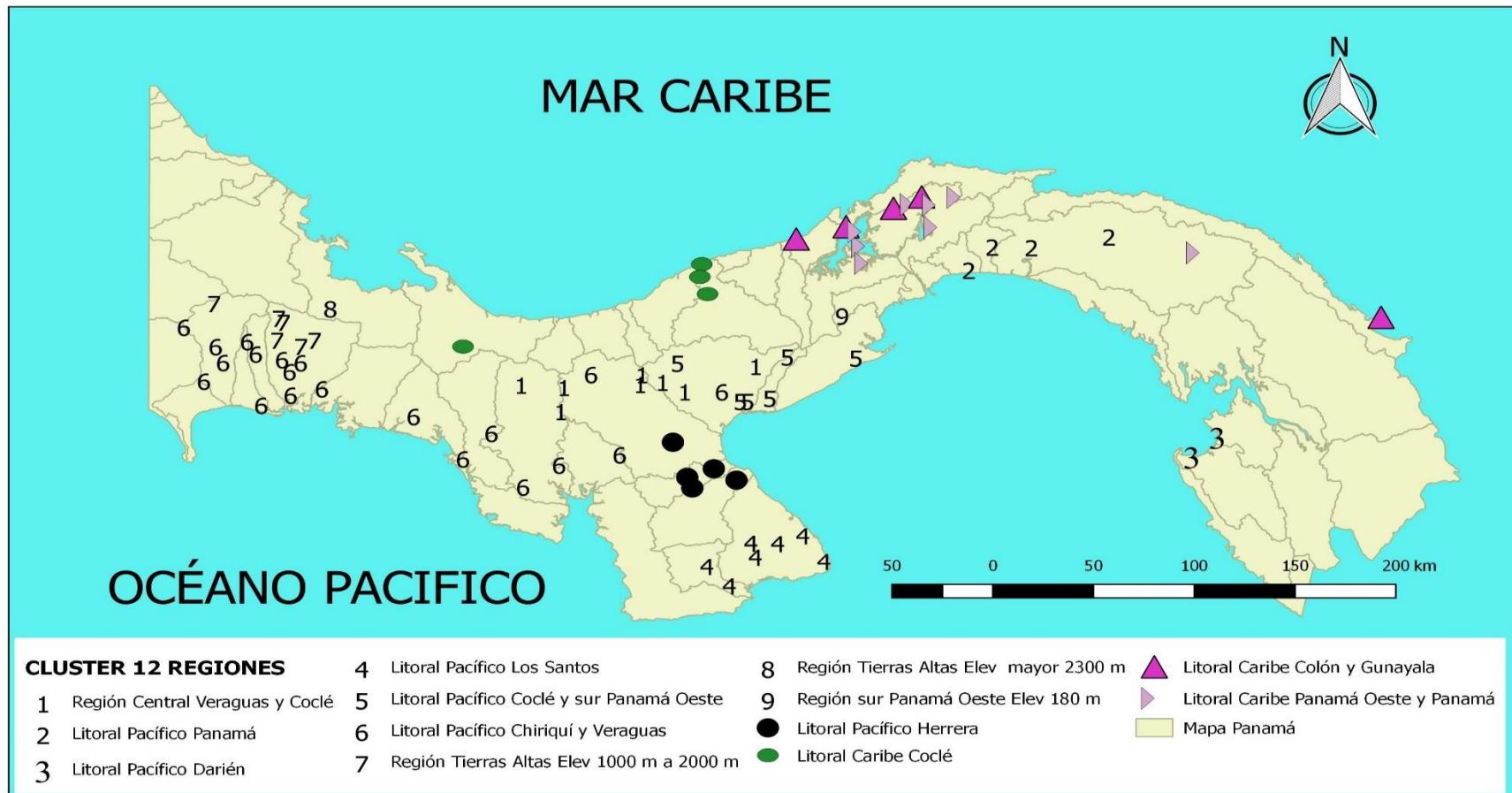
16

17 Estos hallazgos coinciden con estudios previos que resaltan la heterogeneidad pluviométrica en
 18 Panamá y la importancia de reconocer subregiones climáticas para la gestión hídrica y manejo
 19 ambiental (Soley et al., 1999; Urrutia, 2010).

20 En la siguiente página el mapa N°2 muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas que se
 21 agrupan por el método de Clúster y las 12 subregiones resultantes en comportamiento similar de
 22 precipitación pluvial en la vertiente del Pacifico y el mar Caribe para Panamá.

Figura 3.

Estaciones meteorológicas agrupadas por las 12 subregiones de precipitación pluvial para la vertiente del Pacífico y el Mar Caribe



CONCLUSIONES

- ✓ Por medio del Análisis Factorial por Componentes Principales, se encontró que la precipitación acumulada mensual en 76 estaciones meteorológicas de Panamá, se pueden reducir en dos nuevas variables observables y correlacionadas por factores explicativos que corresponden a la Vertiente del Pacífico y al mar Caribe.
- ✓ La identificación de regiones homogéneas de precipitación acumulada mensual por medio de las técnicas estadísticas multivariantes, diferencia la vertiente Pacífica y caribeña con subregiones climáticas diferenciadas, lo cual refleja la dualidad climática del país (temporada seca y temporada lluviosa).
- ✓ Se identificaron 12 regiones homogéneas de precipitación en Panamá: 10 en el Pacífico y 2 para el Caribe, comprueba el agrupamiento espacial significativo para este tipo de datos meteorológicos.
- ✓ Las técnicas estadísticas multivariantes PCA y Clúster demostraron ser aplicables para la regionalización pluviométrica en climas tropicales no uniformes como Panamá.
- ✓ La regionalización de la lluvia es útil para la planificación sectorial, especialmente en la gestión hídrica y mitigación de riesgos climáticos.
- ✓ La incorporación de variables meteorológicas adicionales como temperatura, humedad y eventos atmosféricos extremos apoyarían a complementar un modelo de regionalización climática contribuyendo a un entendimiento integral del clima en Panamá. (Corral & Espinel, 2015)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E., & Peterson, T. (2020). Tendencias climáticas en América Central y el Caribe. *Revista Interamericana de Climatología*, 45(2), 87–102.
- Arroyo, P., & Borja, J. (2018). *Análisis Multivariante para la inteligencia de mercados*. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- Badii, M. H., & Castillo, J. (2007). *Revista Innovaciones*. Obtenido de <https://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/194>: <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-9>
- Castillo, M., & González, J. (2019). Aplicación del análisis de componentes principales para la regionalización climática en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 63, 15–32.

CIIIFEN – OMM. (2003). *Informe Final del seminario-taller Rescate y Gerencia, Monitoreo, Aplicación y Predicción de Datos Climáticos*. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.

Cordero, A., & Pérez, J. (2021). Variabilidad climática y precipitación extrema en Panamá. *Revista Panameña de Meteorología*, 12(1), 45–59.

Corral, A., & Espinel, P. (2015). Sub-ontología para la medición del ritmo cardiaco como registro de una historia clínica electrónica . *Revista Científica INFOCIENCIA*, 14-15. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/120377162/infociencia-_2015_-libre.pdf?1734926927=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRevista_INFOCIENCIA_Vol_9_N_1.pdf&Expires=1761781328&Signature=H

Cuadras, C. (2020). *Nuevos Métodos de Análisis Multivariante*. Universidad de Barcelona: CMC Editions.

Díaz, L. (2007). *Estadística Multivariada: inferencia y métodos*. Universidad Nacional de Colombia. (pp. 284-342).

García, M., & López, A. (2018). Análisis multivariado aplicado a series de tiempo de precipitación en el norte de Colombia. *Revista Colombiana de Climatología*, 10(2), 33–51.

Hidalgo, H., & Alfaro, E. (2020). Cambios en los patrones de lluvia en América Central bajo escenarios de cambio climático. *Revista de Climatología Regional*, 56, 112–130.

IMHPA. ((s.f.)). *Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá*. Obtenido de Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá.: <https://www.imhpa.gob.pa/es/>

IMHPA. (2022). *Informe técnico sobre tendencias de precipitación 1980–2020*. Panamá: Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá.

Kessler, M. (2003). *Apuntes de Métodos Estadísticos de la Ingeniería*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.

López, D., & Mora, E. (2023). Evaluación del impacto del ENSO en las lluvias de Panamá. *Revista Científica de Clima y Sociedad*, 5(1), 22–39.

Luna Robles, E., Cantú Silva, I., & Bejar Pulido, S. (2022). Efectos del cambio climático en la gestión sostenible del recurso suelo. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.1097>.

Martínez, J., & Rojas, P. (2018). Homogeneización de series de precipitación en zonas tropicales. *Revista Latinoamericana de Ciencias Ambientales*, 14(3), 55–70.

- Mendoza, A., & Torres, C. (2022). Aplicaciones del análisis clúster en hidrometeorología tropical. *Revista Mexicana de Ciencias del Agua*, 18(4), 71–88.
- Mora, J. (2010). *Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura*. . México: (pp. 11-13).
- Morales, R., & Vega, F. (2020). Uso de métodos multivariantes para regionalizar la lluvia en zonas montañosas de Honduras. *Revista Centroamericana de Estadística Aplicada*, 7(2), 25–44.
- Muñoz, F., & Rodríguez, F. (2002). Aplicación del Análisis Clúster para el estudio de la relación NAO-precipitaciones de invierno en el sur de la Península Ibérica. *Universidad de Almería*, 283-292.
- Ochoa, C., Briceño, N., Zimmermann, E., & Vives, L. (2017). Relleno de series de precipitación diaria para largos periodos de tiempo en zonas de llanura. Caso de estudio cuenca superior del arroyo del Azul. *Geoacta*, 42, 38-62.
- OMM. (2003). *Guía de Prácticas Climatológicas*. Organización Meteorológica Mundial.
- Paredes, E., & Núñez, S. (2021). Caracterización de la precipitación en Panamá mediante análisis de conglomerados. *Revista Panameña de Ciencias Naturales*, 6(1), 17–36.
- Ramos, L., & Castro, J. (2019). Influencia de la topografía en la distribución espacial de la lluvia en América Central. *Revista de Geografía Tropical*, 41(2), 90–108.
- Sánchez, F., & Herrera, D. (2024). Técnicas multivariadas en estudios climáticos regionales en el trópico. *Revista Internacional de Modelos Climáticos*, 3(1), 11–28.
- Soley, F. (1999). Aplicación de Análisis Multivariado al campo de anomalías de la precipitación en Centroamérica. *Revista de Climatología, Costa Rica*, p17.
- Toro Jaramillo, I., & Parra Ramírez, L. (2006). *Método y Conocimiento: Metodología de la Investigación*. Universidad EAFIT: Fondo Editorial.
- Triola, M. (2006). *Elementary Statistics (9^a ed.)*. Pearson Education.
- Urrutia, J. (2010). *Aplicación de Análisis Multivariado en la Determinación de la incidencia de Variable Macroclimática en patrones de precipitación y temperatura*. Panamá: Tesis de maestría. Universidad de Panamá.
- Villarreal, C., & Espino, M. (2023). Análisis comparativo de modelos de regionalización de precipitación en Panamá. *Revista Panameña de Estadística Aplicada*, 2(1), 40–58.

ANEXO

Tabla 5.*Listado de las 76 estaciones meteorológicas*

ID	Nombre	Número	Provincia	Elevación (MSNMM)	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)
1	Bajo Grande	102009	Chiriquí	2300	8,85	-82,25
2	Cañas Gordas	102014	Chiriquí	1140	8,751	-82,911
3	Breñón	102015	Chiriquí	700	8,469	-82,819
4	Gómez Arriba	102016	Chiriquí	380	8,567	-82,733
5	Santa Cruz	102017	Chiriquí	670	8,65	-82,767
6	Piedra Candela	102020	Chiriquí	1440	8,876	-82,776
7	Cuesta de Piedra	104001	Chiriquí	1000	8,677	-82,625
8	Boca de Toabré	105001	Coclé	170	8,916667	-80,549722
9	Coclé del Norte	105003	Colón	2	9,073056	-80,572778
10	San Lucas	105007	Colón	30	9,006667	-80,581667
11	Macano Arriba	106004	Chiriquí	520	8,612	-82,586
12	Las Martinas	106012	Chiriquí	17	8,3436	-82,560
13	Finca Lérida	108001	Chiriquí	1700	8,8	-82,483
14	Caldera Pueblo Nuevo	108004	Chiriquí	365	8,653	-82,382
15	Potrerillo Arriba	108006	Chiriquí	930	8,685	-82,49
16	Los Palomos	108009	Chiriquí	420	8,583	-82,467
17	Angostura de Cochea	108013	Chiriquí	210	8,567	-82,383
18	Veladero (Gualaca)	108014	Chiriquí	45	8,431	-82,287
19	Cermeño	108015	Chiriquí	170	8,52	-82,433
20	Los Naranjos	108017	Chiriquí	1200	8,779	-82,461
21	Paja de Sombrero	108018	Chiriquí	388	8,685	-82,321
22	David	108023	Chiriquí	27	8,397	-82,428
23	San Félix	112003	Chiriquí	110	8,287	-81,873
24	Icacal	113001	Colón	8	9,204444	-80,145833
25	Camarón Tabasará	114002	Chiriquí	20	8,065	-81,65
26	Ojo de Agua	114010	Veraguas	358	8,199	-81,522
27	Agua Clara	115001	Panamá	460	9,364.167	-79,705833
28	Barro Colorado	115002	Panamá	34	9,165278	-79,836389
29	Candelaria	115003	Panamá	98	9,382778	-79,516389
30	Chico	115004	Panamá	104	9,263517	79,509639
31	Escandalosa	115008	Colón	480	9,423333	-79,578056

pp.228-247

32	San Miguel	115009	Panamá	520	9,419722	-79,504167
33	Gatun Rain	115011	Colón	31	9,268056	-79,920556
34	Montelirio	115016	Panamá	34	9,240833	-79,853056
35	Peluca	115017	Panamá	107	9,38	-79,5164
36	El Caño (Lago Gatún)	115024	Colón	33	9,076389	-79,82278
37	El Cobrizo	118001	Veraguas	400	8,452	-81,388
38	Cañazas	118002	Veraguas	200	8,314	-81,209
39	Cativé	118009	Veraguas	160	7,918	-81,379
40	Santiago	120002	Veraguas	80	8,087	-80,944
41	El Marañón	120005	Veraguas	50	8,033	-81,217
42	Mulatupo	121006	Gunayala	2	8,943056	77,754722
43	La Llana	124002	Los Santos	60	7,502	-80,551
44	Tonosí	124004	Los Santos	25	7,4	-80,45
45	Pocrí	126002	Los Santos	70	7,662	-80,119
46	Pedasí	126005	Los Santos	47	7,527	-80,024
47	Valle Rico	126010	Los Santos	173	7,623	-80,353
48	La Miel	126012	Los Santos	220	7,55	-80,333
49	El Cañafistulo	126013	Los Santos	140	7,621	-80,232
50	Los Santos	128001	Los Santos	16	7,941	-80,418
51	Pesé	128010	Herrera	80	7,9	-80,617
52	Parita	130002	Herrera	43	8,001	-80,52
53	Llano de la Cruz	130004	Herrera	60	7,956	-80,64
54	Los Valles	132003	Veraguas	550	8,444	-81,195
55	Laguna la Yeguada	132006	Veraguas	640	8,456	-80,851
56	Cerro Verde	132008	Veraguas	800	8,507	-80,842
57	Divisa	132012	Herrera	12	8,14	-80,704
58	Santa Fe	132033	Veraguas	463	8,508	-81,073
59	Río Grande	134003	Coclé	20	8,417	-80,483
60	Sonadora	134008	Coclé	168	8,55	-80,333
61	Las Huacas de Quije	134019	Coclé	440	8,467	-80,75
62	Río Hondo	134020	Coclé	22	8,367	-80,367
63	Puerto Posada	134022	Coclé	15	8,367	-80,4
64	Las Sabanas	134023	Coclé	700	8,567	-80,683
65	Ola	134024	Coclé	100	8,417	-80,65
66	Antón	136002	Coclé	33	8,383	-80,267
67	Chame	138005	Panamá Oeste	30	8,593056	-79,878056
68	Santa Rita	138008	Coclé	180	8,499	-80,188
69	Caimito	140005	Panamá Oeste	180	8,813333	-79,939167

pp.228-247

70	Tocumen	144002	Panamá	14	9,05	-79,3667
71	Loma Bonita	146002	Panamá	100	91.713	-79,260
72	Chepo	148001	Panamá	30	9,167	-79,083
73	Piriá (poblado)	148004	Panamá	80	9,123889	-78,325278
74	Río Majé	148008	Panamá	70	9,221389	-78,733056
75	Taimatí	160001	Darién	5	8,1667	-78,25
76	Garachiné	162001	Darién	10	8,065278	-78,366389