

Territorios 53 / Bogotá, 2025, pp. 1-19
ISSN: 0123-8418
ISSNe: 2215-7484

Sección general

Cambio climático en la ciudad de Pereira, Colombia, en los últimos 50 años

*Climate Change in the City of Pereira,
Colombia, in the Last 50 Years*

*Mudanças climáticas na cidade de Pereira,
Colômbia, nos últimos 50 anos*

Luis Fernando Restrepo-Betancur*
Luis Miguel Mejía Giraldo**

Recibido: 4 de julio de 2023

Aprobado: 25 de marzo de 2025

<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.13464>

* Autor de correspondencia. Docente titular de la Universidad de Antioquia, Colombia; Grupo STATISTICAL. Correo electrónico: frbstatistical@yahoo.es. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8583-5028>

** Facultad de Ingenierías, Universidad La Gran Colombia, Armenia, Colombia. Correo electrónico: mejiajluis-miguel@mingca.edu.co. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2940-0111>

Para citar este artículo

Restrepo-Betancur, L. F. & Mejía Giraldo, L. M. (2025). Cambio climático en la ciudad de Pereira, Colombia, en los últimos 50 años. *Territorios*, (53), 1-19. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.13464>

Palabras clave

*Cambio climático;
contaminación;
estadística; medio
ambiente; temperatura;
Colombia.*

Keywords

*Climate change;
pollution; statistics;
environment;
temperature; Colombia.*

Palavras-chave

*Mudanças climáticas;
poluição; estatísticas;
meio ambiente;
temperatura; Colômbia.*

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo evaluar el cambio climático en la ciudad de Pereira, Colombia, en los últimos cincuenta años. El desarrollo de la presente investigación se efectuó con base en la información reportada por la estación climática del aeropuerto Matecaña, donde las variables analizadas fueron: temperatura media, máxima y mínima, expresadas en grados centígrados; de manera adicional, se fijó la humedad relativa medida en porcentaje. Para el análisis de la información se utilizó el modelo lineal general suplementado con la técnica multivariada MANOVA. Al evaluar de manera conjunta las variables objeto de estudio, se detectó diferencia estadística en las últimas dos décadas, lo que evidencia un cambio climático en la ciudad, donde la temperatura mínima se ha incrementado en 1,5°C, la temperatura máxima en 0,3°C y la temperatura media no ha presentado cambio significativo, mientras que la humedad relativa aumentó 6,58 % en el último periodo respecto al primero evaluado.

ABSTRACT

The objective of this article is to evaluate climate change in the city of Pereira, Colombia, over the last fifty years. The development of this research was carried out based on the information reported by the Matecaña airport weather station, where the variables analyzed were average, maximum, and minimum temperature expressed in degrees Celsius, in addition to relative humidity measured in percentage. For the analysis of the information, the general linear model was used, supplemented with the multivariate technique MANOVA. When the variables under study were evaluated jointly, a statistical difference was detected in the last two decades, which is evidence of climate change in the city, where the minimum temperature has increased by 1.5°C, the maximum temperature by 0.3°C, and the average temperature has not changed significantly. Relative humidity increased by 6,58 % in the last period compared to the first one evaluated.

RESUMO

Este artigo tem como objetivo avaliar as mudanças climáticas na cidade de Pereira, Colômbia, nos últimos 50 anos. A pesquisa foi desenvolvida com base nas informações fornecidas pela estação meteorológica do Aeroporto de Matecaña, analisando-se as seguintes variáveis: temperatura média, máxima e mínima (em graus Celsius), e umidade relativa (em porcentagem). Para a análise das informações, foi utilizado o Modelo Linear Geral, complementado com a técnica multivariada MANOVA. Ao se avaliarem conjuntamente as variáveis estudadas, foram detectadas diferenças estatísticas nas últimas duas décadas, o que evidencia mudanças climáticas na cidade: a temperatura mínima aumentou 1,5°C; a temperatura máxima, 0,3°C; e a temperatura média não apresentou alterações significativas. A umidade relativa aumentou em 6,58% no último período em comparação com o primeiro analisado.

Introducción

El clima presenta variabilidad, es dinámico y cíclico, y está correlacionado con la presencia de gases como el CO_2 , H_2O_g , CH_4 y óxidos de nitrógeno, los cuales alteran las condiciones del medio ambiente, anotando que el CO_2 se presenta en mayor medida en los mares, donde, al incrementarse la temperatura del océano, el dióxido de carbono se concentra más en la atmosfera (Soto, 2015). El clima ha estado en evolución a través del tiempo y factores como la colisión de meteoros, la presencia de volcanes activos, las quemaduras de las capas vegetales, entre otros componentes, han incidido en el medio ambiente. Durante el Precámbrico, se presentó la huroniana asociada a la glaciación, donde el metano se redujo y se incrementó el oxígeno. En el Cámbrico, los océanos incrementaron su nivel con una temperatura media estimada en 22°C ; el periodo Silúrico se asocia con la presencia de climas cálidos derritiendo grandes capas de hielo. Por su parte, el Carbonífero se caracterizó por la presencia de extensas zonas de bosque, donde el planeta presentó un clima más favorable; en el Mesozoico, los climas cálidos predominaron, con grandes erupciones volcánicas que alteraron el clima.

A través del Triásico, Jurásico y Cretácico, la separación de los continentes y la orogénesis fueron colosales, trajeron consigo un efecto fundamental en los climas de

la Tierra, denominado sombra orográfica y, en consecuencia, una mayor diversidad de ambientes climáticos que funcionaron como nuevos nichos ecológicos. Finalmente, en el Cenozoico, los continentes continuaron su desplazamiento hasta alcanzar su distribución actual. (Sánchez *et al.*, 2014, p. 127)

El cambio climático se asocia de manera principal con el calentamiento del planeta, trayendo como consecuencia un efecto invernadero, generado por la presencia de gases letales, como el anhídrido carbónico (CO_2), el cual es generado por la combustión de fuentes de energía fósiles, como el carbón y el petróleo (Roca *et al.*, 2019). El calentamiento global es uno de los temas más frecuentes de debate con unas repercusiones nefastas en el ambiente, por ende, en los ecosistemas, en la biodiversidad y en el desarrollo de las naciones (Espejel & Flores, 2015). La transformación en las condiciones climáticas se debe, en gran medida, a la industrialización dada a partir del siglo anterior, donde se presentaron grandes emisiones de gases por la quema de combustibles fósiles (Andrade *et al.*, 2017).

El globo terráqueo presentó un incremento de un grado Celsius respecto al periodo preindustrial. Se estima que para el año 2050 la atmosfera tendrá 550 ppm, lo que aumentará la temperatura, afectando los polos, los glaciares y el ecosistema marino e incrementando el nivel del mar. La presencia de metano asociado

con carbón repercute en el aumento de las temperaturas, anotando que el 90 % de las fuentes caloríficas es asumido por los mares. Al calentarse el planeta, deriva un efecto invernadero que incide en la radiación solar, repercutiendo en el entorno de manera significativa (Paterson, 2017).

La evolución en el clima, mediante el incremento de la temperatura, conlleva afectaciones severas en el ecosistema e incide sobre la salud de los habitantes, de igual manera afecta la seguridad alimentaria, por lo tanto, el estado nutricional de las personas (Cuadros, 2017). De esta manera, influye en las fuentes hídricas, disminuyendo los caudales de los ríos; repercute en el nivel del mar, e incrementa el número de huracanes con mayor impacto, que trae grandes implicaciones en la infraestructura de las regiones afectadas, trayendo migraciones forzadas (Rodríguez *et al.*, 2019). Las repercusiones en la alteración del clima se correlacionan con grandes impactos en la economía, en la salud, en la política estatal, en la inequidad social, en la producción agrícola, entre otros factores (Pascual, 2017).

El cambio climático incide en el desarrollo humano: desnutrición, alergias, estrés, incremento de diferentes tipos de cáncer, insolación, pérdida de capacidad asociada con las actividades laborales, incremento de la violencia, aumento de malaria, diarreas, dengue, problemas pulmonares, mayor exposición a la radiación ultravioleta, mala calidad del agua, entre otros componentes (Sánchez, 2016).

El cambio climático hace parte de las agendas de los políticos en sus diferentes campañas, ya que es un tema que cautiva la atención de la ciudadanía, por lo tanto puede colocar o quitar votos. En Latinoamérica, este aspecto cada día convoca mayor interés, debido a la preocupación de la población por la afectación del medio ambiente, sobre todo, la Amazonia que, en las últimas décadas, se está deforestando de manera significativa, trayendo consecuencias inevitables en la transformación del clima mundial (Ryan, 2017).

El objetivo de la presente investigación es evaluar estadísticamente el cambio climático en la ciudad de Pereira, Colombia, en los últimos cincuenta años, donde la hipótesis nula se refiere a que no ha existido un cambio climático y la hipótesis alternativa afirma que se ha presentado un cambio en el clima en la ciudad en los últimos cincuenta años.

Materiales y métodos

El estudio es de tipo descriptivo comparativo de tipo longitudinal. La investigación se llevó a cabo teniendo en cuenta la información del portal “Tutiempo.net” de España y la NASA, relacionado con la estación meteorológica 802100 (SKPE), con altitud 4,81, longitud -75,8 y altitud 1 342 metros sobre el nivel del mar, localizada en la ciudad de Pereira en el aeropuerto Matecaña. Se evaluaron los últimos 50 años relacionados con la temperatura media (°C), temperatura máxima

(TMAX °C), temperatura mínima (TMIN °C), temperatura media (TM °C) y humedad relativa media (HR %). Se utilizaron las siguientes técnicas estadísticas: análisis MANOVA, por medio del método GLM, con contraste canónico ortogonal, donde se determinó la dimensionalidad del contraste, mediante el ultimo valor propio significativo, el cual permitió construir la función canónica a través del modelación multidimensional. Finalmente, se realizó un análisis descriptivo de tipo unidimensional para cada una de las variables presentes en este estudio. El proceso de la información se efectuó por medio del paquete de Libre acceso SAS University. Además, las ecuaciones empleadas en el estudio se referencian en la tabla 1.

Resultados

El análisis descriptivo de tipo unidimensional permite observar que la temperatura media es menor en el último trimestre del año, con una mayor dispersión en los meses de enero y febrero. En general, no se aprecia un cambio significativo asociado con la variable a lo largo de las diferentes épocas evaluadas. El mayor incremento a lo largo del tiempo en la TM se ha presentado en el mes de mayo con un valor cercano a un grado. Dicho esto, se aprecia un buen comportamiento estadístico relacionado con la variable, donde en el mes de diciembre ha presentado un leve decremento (ver tabla 2).

Tabla 1. Ecuaciones aplicadas

Técnica	Fórmula empleada
Modelo Lineal General	$Y = X\beta + \epsilon.$ Y: vector asociado a la variable dependiente. β: vector asociado a los coeficientes del modelo. X: matriz de las variables independientes. ϵ: vector asociado al error experimental.
Wilks' Lambda	$/E/(H + E)$
Pillai's Trace	$\text{traza}[(E + H)^{-1}H]$
Hotelling-Lawley Trace	$\text{traza}(E^{-1}H)$
Roy's Greatest Root	$\lambda_{\max}(E^{-1}H)$
Matrices	$H = M(L\beta)'(L(X'X)^{-1}L')^{-1}(L\beta)M$ $E = M'(\gamma'\gamma - \beta'(X'X)\beta)M$

Fuente: elaboración propia.

Nota. H: matriz de sumas de cuadrados y productos cruzados, se conoce como matriz de contrastes entre grupos. E: la matriz de covarianzas del error o matriz de sumas de cuadrados del error. M: especifica una matriz de transformación asociada con la variable dependiente.

Tabla 2. Análisis descriptivo por década y mes para la temperatura media

	Temperatura media				
Década	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	22,95±0,98*	22,38±1,11	22,02±1,05	22,55±0,76	22,59±1,03
Febrero	22,68±1,01	22,47±1,24	22,13±0,94	22,77±0,78	22,64±0,88
Marzo	22,68±0,94	22,65±0,88	22,07±0,78	22,38±0,58	22,42±0,86
Abril	22,38±0,78	22,21±0,49	21,83±0,66	22,08±0,43	22,04±0,56
Mayo	22,05±0,61	21,98±0,64	21,68±0,52	22,29±0,82	21,98±0,52
Junio	22,10±0,41	22,03±0,62	21,82±0,53	22,16±0,80	22,29±0,55
Julio	22,61±0,82	22,31±0,76	22,06±0,70	22,67±0,92	22,40±0,62
Agosto	22,53±0,65	22,30±0,84	22,27±1,01	22,63±0,71	22,63±0,68
Septiembre	22,05±0,90	21,77±0,65	21,73±0,58	22,23±0,68	22,41±0,67
Octubre	21,75±0,45	21,40±0,48	21,39±0,50	21,91±0,49	21,54±0,33
Noviembre	21,65±0,37	21,58±0,55	21,12±0,44	21,87±0,30	21,45±0,51
Diciembre	22,08±0,78	21,88±0,79	21,70±0,65	22,08±0,55	21,96±0,69

*Media± Desviación.
Fuente: elaboración propia.

La humedad relativa media se incrementó en la última década en cada uno de los meses respecto a periodos anteriores. Así, la mayor variabilidad se presenta en los meses de junio, enero y julio. El mayor incremento en el tiempo aparece en el primer trimestre del año. Cabe anotar que la humedad relativa se incrementa cuando el aire se enfría o cuando se agrega vapor de agua al aire, lo que puede incidir en varios aspectos, como la conservación de productos farmacéuticos, alimentos

en general y materiales de construcción (ver tabla 3).
La temperatura máxima promedio mayor se manifiesta en el mes de enero y febrero, mientras en el último trimestre se exponen los menores valores. En general, se puede establecer que la variabilidad en la TMAX no ha presentado patrones de heterogeneidad. Es importante anotar que, al incrementarse la temperatura máxima, aumentan los niveles de ozono y otros contaminantes del aire que agravan,

Tabla 3. Análisis descriptivo por década y mes para la humedad relativa

	Humedad relativa				
Década	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	66,42±6,05	72,28±5,90	72,18±4,08	72,07±3,36	74,16±4,66
Febrero	68,42±6,44	71,29±5,77	72,82±4,45	70,24±4,14	75,19±4,21
Marzo	69,81±3,33	71,44±4,33	73,97±1,84	73,90±3,07	77,20±3,47
Abril	72,00±3,72	72,27±3,08	77,64±2,55	75,99±2,58	79,85±3,34
Mayo	74,18±3,42	76,70±2,97	78,53±1,95	75,34±4,36	80,77±3,92
Junio	73,15±2,64	75,88±3,61	76,87±2,35	74,80±4,88	78,57±4,80
Julio	68,38±4,11	71,45±4,42	71,95±4,20	72,17±4,83	76,45±4,16
Agosto	69,10±4,39	71,12±4,98	69,54±6,11	71,60±4,72	74,11±3,32
Septiembre	71,30±5,59	73,68±3,75	73,36±2,61	73,55±2,46	75,57±3,84
Octubre	73,98±3,00	76,66±3,31	75,65±2,32	75,04±2,94	80,00±2,80
Noviembre	75,10±3,26	76,15±3,82	77,36±2,21	76,59±1,88	81,61±3,76
Diciembre	72,32±3,78	74,53±4,91	75,14±2,53	75,46±2,50	79,13±3,63

*Media± Desviación.

Fuente: elaboración propia.

de manera fundamental, enfermedades relacionadas con el sistema cardiaco y afectaciones al sistema respiratorio, lo que puede inducir al deceso de seres vivos (ver tabla 4).

En promedio, la temperatura mínima se ha incrementado, a través del tiempo, para los diferentes meses que comprende el calendario, donde se aprecia un aumento por encima de un grado, alcanzando la mayor diferencia en los meses de septiembre y octubre. En general, se alcanza a observar una disminución en

la variabilidad en las últimas dos décadas (ver tabla 5).

Por otro lado, en la figura 1, se aprecia la dinámica de comportamiento de las variables climatológicas para un periodo de cincuenta años, donde la banda se está estrechando al observar las temperaturas. La humedad relativa se ha incrementado en el último periodo.

El análisis multivariado de la varianza, el cual en su proceso incorpora todas las variables, permitió detectar diferencias significativas entre décadas. Para la

Tabla 4. Análisis descriptivo por década y mes para la temperatura máxima

	Temperatura máxima				
Década	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	27,76±1,19*	25,96±0,76	26,92±1,61	27,03±1,07	27,81±1,35
Febrero	27,44±1,48	26,35±1,00	27,02±1,22	27,44±1,26	28,06±1,19
Marzo	27,62±1,51	26,50±0,99	26,84±1,00	26,91±0,95	27,57±0,99
Abril	27,16±1,01	25,87±0,50	26,52±0,80	26,54±0,54	27,05±0,86
Mayo	26,52±0,64	25,38±0,61	26,07±0,38	26,15±0,77	26,71±0,78
Junio	26,31±0,50	25,54±0,65	26,10±0,59	26,23±0,75	27,03±0,96
Julio	27,16±0,88	26,03±0,83	26,60±0,97	26,76±0,73	27,37±1,04
Agosto	27,10±1,13	26,41±0,97	26,98±1,32	27,07±1,07	27,80±1,08
Septiembre	26,52±1,25	25,76±0,85	26,58±0,91	26,62±1,20	27,71±1,31
Octubre	26,38±0,64	25,26±0,49	26,24±0,75	26,22±0,69	26,49±0,55
Noviembre	26,15±0,71	25,42±0,66	25,75±0,45	25,91±0,62	26,34±0,73
Diciembre	26,61±1,25	25,67±0,70	26,17±0,95	26,22±0,87	26,94±1,00

*Media± Desviación.
Fuente: elaboración propia.

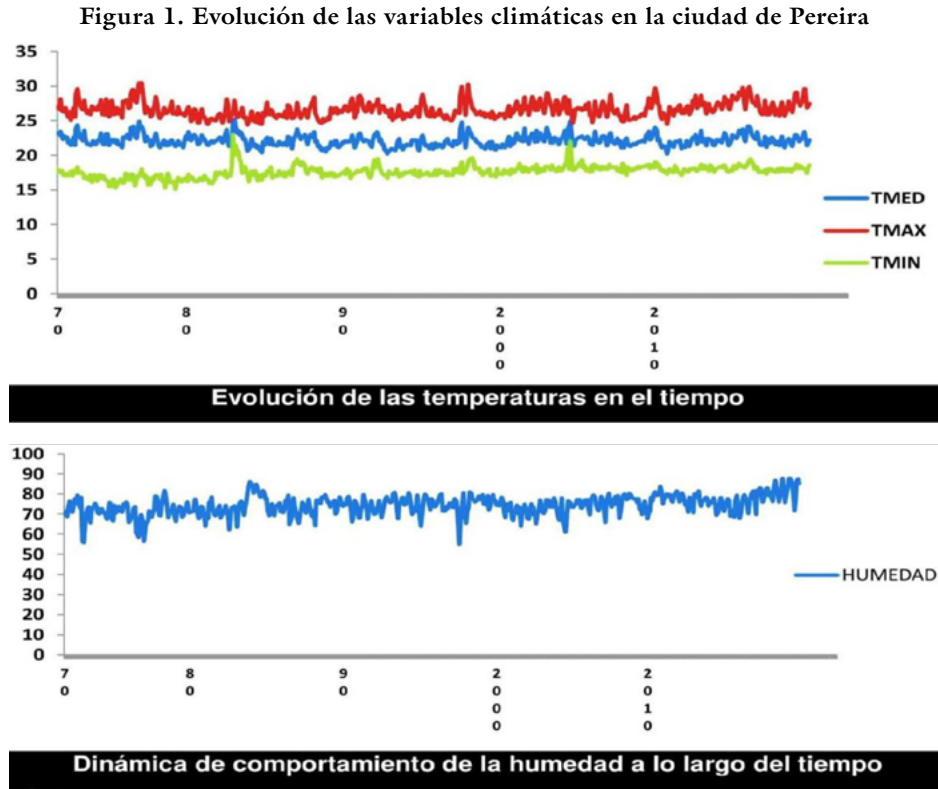
Tabla 5. Análisis descriptivo por década y mes para temperatura mínima

	Temperatura mínima				
Década	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	16,84±0,74	17,85±1,99	17,72±0,78	18,21±0,43	18,06±0,42
Febrero	17,02±0,88	17,58±1,25	17,80±0,66	18,11±0,46	18,32±0,53
Marzo	17,12±0,63	17,99±1,33	17,84±0,76	18,23±0,42	18,23±0,64
Abril	16,90±0,77	17,86±1,11	18,06±0,84	18,26±0,63	18,13±0,43
Mayo	16,65±0,77	17,65±1,22	17,96±0,46	18,53±0,93	18,29±0,31
Junio	16,82±0,39	17,72±0,90	17,70±0,34	18,02±0,33	18,17±0,30

	Temperatura mínima				
Década	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Julio	16,70±0,66	17,39±1,00	17,53±0,54	18,38±1,32	18,04±0,28
Agosto	16,62±0,62	17,13±0,83	17,51±0,64	18,10±0,43	18,07±0,34
Septiembre	16,46±0,56	17,00±0,54	17,29±0,36	17,89±0,37	17,87±0,35
Octubre	16,41±0,57	17,11±0,60	17,27±0,36	17,96±0,27	17,66±0,29
Noviembre	16,82±0,46	17,26±0,66	17,39±0,43	18,13±0,41	17,80±0,34
Diciembre	16,71±0,36	17,65±0,69	17,70±0,78	18,12±0,37	18,07±0,31

*Media± Desviación.

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CIUDAD DE PEREIRA, COLOMBIA, EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS

variable temperatura media, la diferencia aparece entre la primera, cuarta y quinta década respecto a la tercera. La temperatura máxima presenta diferencia estadística en las dos últimas décadas respecto a las tres primeras. La temperatura mínima se distingue del último periodo evaluado según el segundo, tercero y cuarto. La humedad relativa se diferencia de la quinta década respecto a las demás. El análisis canónico detectó las diferencias entre las últimas dos décadas respecto a las tres primeras, lo que evidencia un cambio climático en la ciudad (ver tabla 6).

Al comparar la temperatura media entre décadas para un mismo mes, se detectó diferencia únicamente en noviembre entre la cuarta década y la segunda. La humedad relativa marca divergencia en los meses de enero, febrero, marzo, mayo, junio, julio y diciembre entre la última década y la primera, lo cual puede ser por los periodos de fenómeno de niño (ENSO) y niña, caracterizados por cambios drásticos de los factores climáticos bajo estudio. En los meses de agosto y septiembre, no se estableció diferencia estadística entre los diferentes periodos

Tabla 6. Análisis multivariado de la varianza

Década	Temperatura media	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Humedad
1970-1979	22,30 a	16,76 c	26,91 ab	71,13 c
1980-1989	22,08 a	17,51 b	25,84 d	73,87 b
1990-1999	21,81 a	17,64 b	26,48 c	74,58 b
2000-2009	22,30 a	18,16 a	26,58 bc	74,91 b
2010-2019	22,19 a	18,26 a	27,23 a	77,71 a
MANOVA				
Prueba		Valor	F	P valor
Wilks' Lambda		0,24	64,46	<0,0001
Pillai's Trace		1,07	52,46	<0,0001
Hotelling-Lawley Trace		1,99	70,76	<0,0001
Roy's Greatest Root		1,30	186,20	<0,0001
Canónico		1970-1979 b	1980-1989 b	1990-1999 b
Canónico		2000-2009 a	2010-2019 a	

Nota. Las letras distintas indican diferencia estadística significativa (p<0,05).

Fuente: elaboración propia.

evaluados, debido a que son meses con un incremento en la velocidad de vientos y el ingreso al segundo periodo de lluvias (ver tabla 7).

La temperatura máxima fue igual estadísticamente entre la primera década y la última evaluada. Por su parte, la temperatura mínima no se diferenció entre

décadas para el mes de enero; en los demás meses, se presentan divergencias, anotando que esta variable se ha incrementado a lo largo del tiempo, lo cual evidencia el cambio incremental en la temperatura que está correlacionado con el potencial de cambio climático a nivel regional (ver tabla 8).

Tabla 7. Análisis comparativo por mes para la temperatura media y la humedad

	Temperatura media				
	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	a	a	a	a	a
Febrero	a	a	a	a	a
Marzo	a	a	a	a	a
Abril	a	a	a	a	a
Mayo	a	a	a	a	a
Junio	a	a	a	a	a
Julio	a	a	a	a	a
Agosto	a	a	a	a	a
Septiembre	a	a	a	a	a
Octubre	a	a	a	a	a
Noviembre	ab	b	ab	a	ab
Diciembre	a	a	a	a	a
	Humedad				
	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	b	ab	ab	ab	a
Febrero	b	ab	ab	ab	a
Marzo	b	ab	ab	ab	a

Abril	c	bc	ab	ab	a
Mayo	b	ab	ab	ab	a
Junio	b	ab	ab	ab	a
Julio	b	ab	ab	ab	a
Agosto	a	a	a	a	a
Septiembre	a	a	a	a	a
Octubre	b	ab	b	b	a
Noviembre	b	b	b	b	a
Diciembre	b	ab	ab	ab	a

Nota. Las letras distintas indican diferencia estadística significativa (p<0,05).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Análisis comparativo por mes para la temperatura máxima y mínima

	Temperatura máxima				
	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	a	b	ab	ab	a
Febrero	a	b	ab	ab	a
Marzo	a	a	a	a	a
Abril	a	b	ab	ab	a
Mayo	a	b	ab	ab	a
Junio	a	b	ab	ab	a
Julio	a	b	ab	ab	a
Agosto	a	a	a	a	a
Septiembre	a	b	ab	ab	a
Octubre	a	b	a	a	a
Noviembre	a	b	ab	ab	a
Diciembre	ab	b	ab	ab	a

	Temperatura mínima				
	Década 1	Década 2	Década 3	Década 4	Década 5
Mes	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Enero	a	a	a	a	a
Febrero	b	ab	ab	a	a
Marzo	b	ab	ab	a	a
Abril	b	ab	a	a	a
Mayo	b	ab	a	a	a
Junio	b	a	a	a	a
Julio	b	ab	ab	a	a
Agosto	c	bc	ab	a	a
Septiembre	D	cd	bc	a	ab
Octubre	C	b	b	a	ab
Noviembre	C	bc	bc	a	ab
Diciembre	B	a	a	a	a

Fuente: elaboración propia.

Nota. Las letras distintas indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Discusión

El cambio climático es uno de los factores más preocupantes en la actualidad para los diferentes gobiernos del mundo, el cual afecta de manera marcada a los seres vivos del planeta, amenazando el hábitat, la producción de alimentos, la calidad de vida, la salud de las personas, la economía de las naciones, entre otros componentes. La evidencia del cambio climático es notoria cuando se observa cómo incrementa el nivel del mar debido, entre otros factores, al derretimiento de

los glaciares, de igual forma se aprecia que el ciclo de precipitación ha evolucionado negativamente. De esta manera, se estima que la temperatura promedio ha incrementado en $0,2^{\circ}\text{C}$ por década, infiriendo un aumento de 2°C para el 2050.

La variabilidad del clima puede ser ocasionada por la intervención del hombre o por procesos internos de índole natural gracias a, principalmente, la intensidad solar, las corrientes marinas y la erupción de volcanes que repercuten en la atmósfera (Adedeji *et al.*, 2014). En la presente investigación llevada a cabo en la ciudad de

Pereira, se encuentra que, aunque la temperatura media ha cambiado de manera significativa en las últimas cinco décadas, no ha sido más pronunciado por una serie de posibles factores que pueden soportar dichos resultados, como la estructura cordillerana de la ciudad, dado que su ubicación sobre la cordillera central colombiana hace que se presenten efectos dinámicos de una potencial resiliencia del territorio a los cambios drásticos del clima, convirtiéndose en un territorio que denota estabilidad en aspectos esenciales, como la temperatura, la humedad relativa, entre otros a través del tiempo.

A su vez, debido a dicha condición topográfica, la estructura de la cordillera se convierte en una barrera para el ingreso de los vientos alisios, aquellos que vienen del noreste, que, al encontrar efecto de barrera, su impacto sobre la variabilidad climática tiende a disminuir o atenuarse. No obstante, como se evidenció, los cambios significativos manifestados denotan una alteración climática que podría asociarse al efecto cíclico de fenómenos, como ENSO (fenómeno del niño) y la niña, y a posibles alteraciones asociadas al cambio climático de las últimas décadas a nivel mundial.

Además, la presencia de altas temperaturas está relacionada con el nivel de ozono presente, lo que incide en la salud de la población expuesta. Dentro de las causas más notables están los problemas respiratorios, el asma y enfermedades infecciosas y gastrointestinales; de

igual manera, se incrementa el estrés, la depresión, entre múltiples causas. Adicional, la quema de combustibles fósiles y la tala masiva de árboles repercuten en la afectación del clima. En los últimos veinte años, se ha observado un cambio más notorio en las condiciones climáticas, derivado de la industrialización, la quema de bosques y los vehículos (Patz *et al.*, 2014). Sobre este último, Pereira no es ajena, debido a que se estima que su crecimiento vehicular en los últimos años ha sido del 22,5 %, según lo calcula el Instituto de Movilidad de Pereira, lo cual redundará en un mayor efecto en la emisión de partículas que incrementaría los niveles de contaminación ambiental, mas no en un aumento significativo de temperatura.

Investigaciones llevadas a cabo sobre el pasado climatológico del planeta demuestran que, durante el Pleistoceno y Holoceno, se presentaron cambios extremos del clima que repercutieron en las condiciones sobre el nivel del mar y en el nivel de precipitaciones; esto sucedió de manera natural donde el hombre no incidió en dicho efecto. En la actualidad, causas antropogénicas han incidido en el cambio climático, estimando que, para finales del presente siglo, la temperatura aumentará a 5,8 grados Celsius, además el dióxido de carbono se infiere a 450 ppm para el año 2050 (Akhtar, 2019). Sin embargo, con base en los hallazgos, a pesar de la alteración en la temperatura mundial, el caso de la ciudad obedece

más a efectos cíclicos climáticos, lo cual se evidencia en los cambios significativos en meses específicos.

Asimismo, estudios realizados por simulación han demostrado que la presencia de aerosoles repercute en la alteración de la atmosfera, por ende, del clima, donde Europa y Norteamérica son las zonas del planeta con mayor impacto. El calentamiento global trae como consecuencia directa una evolución en el ciclo del agua, incidiendo en el ciclo de lluvias y en la humedad, con patrones de comportamiento climático cada vez más heterogéneos (Hegerl *et al.*, 2019). La variabilidad en las condiciones del clima se asocia como potencial limitación emergente sobre la sensibilidad climática, teóricamente sustentado por la fluctuación teorema de disipación (Cox *et al.*, 2018). Grandes desastres se están dando por el cambio climático: sequías, inundaciones, incendios forestales, tormenta, huracanes, tsunamis, los cuales afectan la economía y a la población (Grossman, 2018). No obstante, estos fenómenos son de carácter aleatorio y no obedecen a una periodicidad específica de afectación por desastres naturales, lo que se evidencia en la ciudad al demostrarse que los fenómenos, como vendavales y granizadas, se convierten en hechos fortuitos puntuales y no son repetitivos ni recurrentes al interior de la ciudad.

China contribuye con el 29 % de las emisiones totales de CO₂; Estados Unidos, 15 %; Europa, 11 %; Rusia, 5 %;

Japón, 4 %, y el resto de las naciones, 36 %. En el último siglo, la temperatura promedio ha aumentado 1°C. Los años 2014, 2015 y 2016 fueron los más calurosos, afectando las cosechas, la salud, la economía, entre otros componentes. Además, el CO₂ representa el 75 % de la emisión total de gases asociados con el efecto invernadero, que son los principales partícipes en el cambio climático global. De igual manera, la liberación de metano generado por las petroleras contribuye en la afectación del clima y el 80 % de los requerimientos energéticos dependen de los combustibles fósiles (Harris, 2017).

Aproximadamente, 125 mil millones de toneladas de capas de hielo de la zona Antártida se están derritiendo al año (Kaddo, 2016). De manera adicional, los huracanes están produciendo mayores estragos porque se están desplazando de manera más lenta y con mayor intensidad, afectando grandes áreas e incidiendo en la calidad de vida de los habitantes. Así, se incrementan el número de precipitaciones que afecta los cultivos y los medios de comunicación de la población (Ornes, 2018) y aunque es un fenómeno que influye sobre grandes extensiones territoriales, se aprecia que, para la ciudad de Pereira, estos tipos de fenómenos son fortuitos.

Una investigación llevada a cabo en Irán, efectuada en el periodo de 1988 al 2018, encontró un aumento en la temperatura y disminución en la precipitación, estimando que se enfatizará de mayor forma (Mansouri *et al.*, 2019). Además,

este estudio menciona que la temperatura mínima se ha incrementado a lo largo de las décadas evaluadas al igual que la humedad relativa.

El cambio climático conlleva conflictos sociales entre naciones, por el posicionamiento de recursos naturales, donde los países con mayor poder bélico se ven favorecidos, donde el agua es un factor preponderante para la conservación humana. Los gobiernos deben fijar políticas en pro de la conservación del medio ambiente, con el fin de mitigar posibles guerras (Corbera *et al.*, 2019).

Por otro lado, el cambio climático trae grandes consecuencias para los sistemas de salud, implicando mayor inversión por parte de los entes gubernamentales para cubrir las necesidades requeridas por la población (Herlihy *et al.*, 2016). La salud mental, la resiliencia emocional y psicosocial de los habitantes se ve afectada por el cambio climático, donde las personas de escasos recursos son las más vulnerables (Hayes *et al.*, 2018). Asimismo, los desastres naturales ocasionados por la alteración del clima ocasionan grandes inversiones económicas para la recuperación del medio ambiente (Hsiang & Kopp, 2018). En el caso particular de Alaska, presentó una pérdida económica significativa, debido al aumento en 3°C durante un periodo de 56 años, afectando de manera directa el transporte (Morales, 2015). En los Estados Unidos, en los últimos veinte años, los gastos derivados de desastres climáticos asciende,

en promedio, a los 42 mil millones de dólares por año (Trenberth, 2018).

Dentro de las principales limitaciones de este estudio referente al cambio climático en la ciudad de Pereira, se encuentra la falta de datos precisos sobre las emisiones contaminantes, provenientes de las industrias locales en el periodo considerado, lo que dificultó una evaluación detallada de su impacto en la evolución del clima. Además, no se contó con información en el tiempo asociada a la contribución del parque automotor al cambio climático, limitando el análisis de este factor.

Conclusiones

Al evaluar de manera conjunta las variables objeto de estudio, se detectó una diferencia estadística en las últimas dos décadas, lo que evidencia cambio climático en la región, donde la temperatura mínima se ha incrementado en 1,5°C; la temperatura máxima, en 0,3°C, y la temperatura media no ha presentado cambio significativo, mientras la humedad relativa aumentó 6,58 % en el último periodo.

Dicho esto, la temperatura mínima no ha cambiado a través del tiempo para el mes de enero, la temperatura máxima ha sido igual en los meses de marzo y agosto y la humedad relativa estadísticamente presenta igual patrón en los meses de agosto y septiembre. La variable que presenta mayor variabilidad es la humedad relativa y la más homogénea es la temperatura media.

Es esencial promover un desarrollo sostenible que priorice el uso de energías renovables, la construcción de infraestructura verde y la mejora del transporte público, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes. Asimismo, se debe fomentar la integración de prácticas agrícolas, como la agroforestería, y el uso responsable de los recursos naturales que contribuyan a la conservación del medio ambiente y así minimizar la huella de carbono. Finalmente, es fundamental involucrar tanto a la población como a los entes gubernamentales en la creación de políticas locales de adaptación y mitigación al cambio climático, mediante programas educativos y campañas de concientización.

Por último, se recomienda que, en futuros estudios relacionados, se amplíen y complementen los hallazgos asociados con la presente investigación, aplicándolos a otras regiones para contrastar los efectos del cambio climático en distintos contextos. Asimismo, se sugiere adoptar un enfoque multidisciplinario que brinde una visión más profunda y global del impacto del cambio climático y de las posibles estrategias para mitigar sus efectos.

Agradecimientos. A la Universidad de Antioquia Colombia, por el apoyo recibido, a la Universidad Gran Colombiana, sede Armenia, y a Nova Cecilia.

Conflicto de interés. Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Fuente de financiación. La investigación se realizó con recursos propios.

Referencias

- Adedeji, O., Reuben, O., & Olatoye, O. (2014). Global Climate Change. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2(2), 14-122. <http://dx.doi.org/10.4236/gep.2014.22016>
- Akhtar, S. (2019). An Overview of Scientific Debate of Global Warming and Climate Change. *J Aqua Sci Oceanography*, 1(2), 1-6. <http://article.scholarena.com/An-Overview-of-Scientific-Debate-of-Global-Warming-and-Climate-Change.pdf>
- Andrade, H., Arteaga-Cespedes, C., & Segura-Madrigal, A. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103-112. http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561
- Corbera, E., Roth, D., & Work, C. (2019). Climate change policies, natural resources and conflict: implications for development. *Climate Policy*, 19(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1080/14693062.2019.1639299>
- Cox, P., Huntingford, C., & Williamson, M. (2018). Emergent constraint on

- equilibrium climate sensitivity from global temperature variability. *Nature*, 553(7688), 319-22. <https://europepmc.org/article/med/29345639>
- Cuadros, T. (2017). El cambio climático y sus implicaciones en la salud humana. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 157-171. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-40.ccis>
- Espejel, A., & Flores, A. (2015). Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6), 1277-1290. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n6/v6n6a11.pdf>
- Grossman, M. (2018). Climate Change and the Individual. *The American Journal of Comparative Law*, 66(1), 345-378. <https://doi.org/10.1093/ajcl/avy018>
- Harris, J. (2017). *The Economics of Global Climate Change*. Global Development And Environment. ED. Institute Tufts University. http://www.bu.edu/eci/files/2019/06/The_Economics_of_Global_Climate_Change.pdf
- Hayes, K., Lucatello, S., & Mortsch, L. (2018). Climate change and mental health: risks, impacts and priority actions. *International Journal of Mental Health Systems*, 12(28), 2-12. <https://doi.org/10.1186/s13033-018-0210-6>
- Hegerl, G., Brönnimann, S., Cowan, T., Friedman, A., Hawkins, E., Iles, C., Müller, W., Schurer, A., & Undorf, S. (2019). Causes of climate change over the historical record. *Environ. Res. Lett.*, 14:123006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4557>
- Herlihy, N., Bar-hen, A., Verner, G., Fischer, H., Sauerborn, R., Depoux, A., Flahault, A., & Schütte, S. (2016). Climate change and human health: what are the research trends? A scoping review protocol. *BMJ Open*, 6(12). <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012022>
- Hsiang, S., & Kopp, R. (2018). An Economist's Guide to Climate Change Science. *Journal of Economic Perspective*, 32(4), 3-32. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.32.4.3>
- Kaddo, J. (2016). Climate Change: Causes, Effects, and Solutions. A with Honors Projects. *Spring*, 164, 1-13. <http://spark.parkland.edu/ah/164>
- Mansouri, M., Ebrahim, M., & Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environmental Systems Research*, 8(7), 2-10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
- Morales, E. (2015). Global Climate Change as a Threat to U.S. National Security. *Journal of Strategic Security*, 8(3), 134-148. <http://dx.doi.org/10.5038/1944-0472.8.3S.1482>
- Ornes, S. (2018). How does climate change influence extreme weather? Impact attribution research seeks answers. *PNAS*, 115(33), 8232-8235. <https://doi.org/10.1073/pnas.181139311>
- Paterson, P. (2017). Calentamiento global y cambio climático en Sudamérica.

- Revista Política y Estrategia*, 130, 153-188. <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i130.133>
- Patz, J., Frumkin, H., Holloway, T., Vimont, D., & Haines, A. (2014). Climate Change Challenges and Opportunities for Global Health. *The Journal of the American Medical Association*, 312(15). <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2014.13186>
- Pascual, N. (2017). Cambio climático, pobreza y sostenibilidad. *Ehquidad International Welfare Policies and Social Work Journal*, 7, 81-116. <http://dx.doi.org/10.15257/ehquidad.2017.0003>
- Sánchez, N., Sánchez, R., Lanza, G., & Garduño, R. (2014). Evolución del clima a través de la historia de la tierra climate evolution across the earth's history. *Revista Reflexiones*, 93(1), 121-132. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/reflexiones/v93n1/a09v93n1.pdf>
- Soto, E. (2015). El calentamiento global y la degradación de la ozonosfera (Un análisis científico desde la diversidad de criterios. *Revista Integra Educativa*, 8(3), 43-54. http://www.scielo.org.bo/pdf/rieiii/v8n3/v8n3_04.pdf
- Trenberth, K. (2018). Climate change caused by human activities is happening and it already has major consequences. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 36(4), 463-481. <http://dx.doi.org/10.1080/02646811.2018.1450895>