

ARTÍCULO ESPECIAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.14482/sun.35.3.614>

## El índice de calor: un factor de alerta temprana en salud pública y ciudades sostenibles

*The heat index: an early warning factor in public health and sustainable cities*

ALEXANDER SALAZAR-CEBALLOS<sup>1</sup>, LÍDICE ÁLVAREZ-MIÑO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Docente del programa de Odontología, Universidad del Magdalena.

asalazar@unimagdalena.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0708-8792>

<sup>2</sup> Docente del programa de Enfermería, Universidad del Magdalena.

lalvarezm@unimagdalena.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1414-9442>

**Correspondencia:** Alexander Salazar-Ceballos. Carrera 32 n.º 22 -08. Santa Marta. Código postal No 470004. Celular: 310 558 1027. [alexsal2010@gmail.com](mailto:alexsal2010@gmail.com), [asalazar@unimagdalena.edu.co](mailto:asalazar@unimagdalena.edu.co).

## ■ RESUMEN

El cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible busca un equilibrio entre el desarrollo, el medio ambiente y la salud pública. Y el índice de calor es una herramienta de alerta temprana en la reducción de la mortalidad cardiovascular, y contribuye en la disminución de las islas de calor urbano y el diseño de ciudades sostenibles.

**Objetivo:** El objetivo de este trabajo fue observar el comportamiento de la temperatura, de la humedad relativa y el índice de calor en tres ciudades del Caribe colombiano: Barranquilla, Cartagena y Santa Marta, entre 1972 y 2017.

**Materiales y métodos:** Los datos fueron obtenidos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Se obtuvo una imagen de Santa Marta a partir del satélite Landsat 8 con el filtro de color infrarrojo para diferenciar la vegetación y áreas densamente pobladas.

**Resultados:** Se observó un aumento de la temperatura media anual y el índice de calor en el período de estudio; Santa Marta presentó los valores más altos. En la imagen satelital se observó que Santa Marta presenta una gran densidad poblacional con poca vegetación.

**Conclusión:** El índice de calor es una herramienta que se debe considerar en la medición de ciudades sostenibles.

**Palabras clave:** cambio climático, Colombia, objetivos de desarrollo sostenible, salud pública, comunicaciones por satélite.

## ■ ABSTRACT

The fulfillment of the Sustainable Development Goals seeks a balance between development, the environment and public health. And the heat index is an early warning tool in reducing cardiovascular mortality contributing to the decrease of urban heat islands and the design of sustainable cities. This index is also increased by the decrease in vegetation.

**Objective:** The objective of the present work was to observe the behavior of temperature, relative humidity and the heat index in three cities of the Colombian Caribbean: Barranquilla, Cartagena and Santa Marta, between 1972 and 2017.

**Methods:** The data was obtained from the Instituto de Hydrology, Meteorology and Environmental Studies. An image of Santa Marta was obtained from the Landsat 8 satellite with the infrared color filter to differentiate vegetation and densely populated areas.

**Results:** There was an increase in the annual average temperature and the heat index in the study period; Santa Marta presented the highest values. In the satellite image it was observed that Santa Marta has a high population density with little vegetation.

**Conclusion:** The heat index is a tool to consider in the measurement of sustainable cities.

**Keywords:** climate change, Colombia, sustainable development, public health, spacecraft.

## INTRODUCCIÓN

En 2015, la Organización de las Naciones Unidas adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales buscan un equilibrio entre el desarrollo, el medio ambiente y la salud pública. Son 17 objetivos globales; entre ellos se encuentran los ODS 3, Salud y Bienestar, el 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles, y el 13, Acción por el Clima (1).

En este trabajo se destacan la interrelación entre estos ODS, ya que su cumplimiento permitiría evidenciar la disminución de los riesgos en la salud ocasionados por las altas temperaturas que se presentan en las ciudades (2, 3).

La evidencia científica indica que el actual cambio climático es causado por el comportamiento humano, principalmente por actividades como la combustión de combustibles fósiles y la deforestación; y en la última década se ha observado un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero en casi 2.2% anualmente (4,5).

Pero también se ha observado que puede existir un desarrollo en conjunto con el medio ambiente (6), con predilección por los espacios verdes donde se pueden realizar actividad física, indicando una planeación en la infraestructura y promoción de salud, disminuyendo las islas de calor urbano (ICU).

Las ICU son áreas con elevada temperatura comparadas con las áreas circundantes; entre los factores causantes de las ICU se encuentran las diferencias entre los espacios verdes y los espacios impermeables (3).

Así, dos de las herramientas para medir las ICU son la temperatura del aire y la humedad, que combinadas generan el índice de calor (7,8).

El índice de calor es la temperatura percibida por los seres humanos en el área geográfica que se encuentren. Y se ha observado que el mismo está relacionado con la mortalidad cardiovascular, al igual que los cambios abruptos de temperatura. De esta manera, las alertas tempranas basadas en el índice de calor pueden disminuir las muertes relacionadas con las temperaturas (9,10).

En un trabajo previo se analizaron varios países, entre ellos Colombia, y el período analizado fue entre 1998 y 2013, y se observó una relación entre las olas de calor y un aumento del riesgo de mortalidad (11).

Así, este trabajo espera contribuir a la poca evidencia científica en Colombia y generar las bases para la creación de sistemas de alerta temprana y pensar en el diseño de ciudades sostenibles, sobre todo en el Caribe colombiano. De esta manera el objetivo de este trabajo fue describir el comportamiento de la temperatura media anual ( $T^{\circ}\text{C}$ ), de la humedad relativa (%) y el índice de calor (IC) en tres ciudades del Caribe colombiano: Barranquilla, Cartagena y Santa Marta. El período de estudio fue entre 1972 y 2017.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este es un estudio ecológico mixto. Los datos estadísticos temperatura media anual ( $T^{\circ}\text{C}$ ) y de humedad relativa (%) se obtuvieron del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (11).

Para el cálculo del índice de calor se utilizó el paquete *weathermetrics*, y la función *heat.index* para el programa R (12).

El cálculo del índice de calor del paquete *weathermetrics* está basado en el servicio de Predicción del Clima del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y utiliza el análisis de regresión múltiple propuesto por Lans P. Rothfus , que en su forma más simple es  $HI = 0.5 * \{T + 61.0 + [(T-68.0)*1.2] + (RH*0.094)\}$  (12,13).

Con el fin de observar los espacios verdes se obtuvo una imagen satelital de la ciudad de Santa Marta a partir del satélite Landsat 8 con el filtro de color infrarrojo para diferenciar la vegetación (rojo) y áreas densamente pobladas (azul cyan) (14).

Es importante medir la vegetación, ya que los árboles pueden regular la temperatura (15).

## RESULTADOS

Entre 1972 y 2017 se observó un aumento de la temperatura media anual para las tres ciudades del estudio, y entre 2014 al 2016 se observó la temperatura media máxima; siendo la ciudad de Santa Marta la que registró las temperaturas más altas (figura 1).

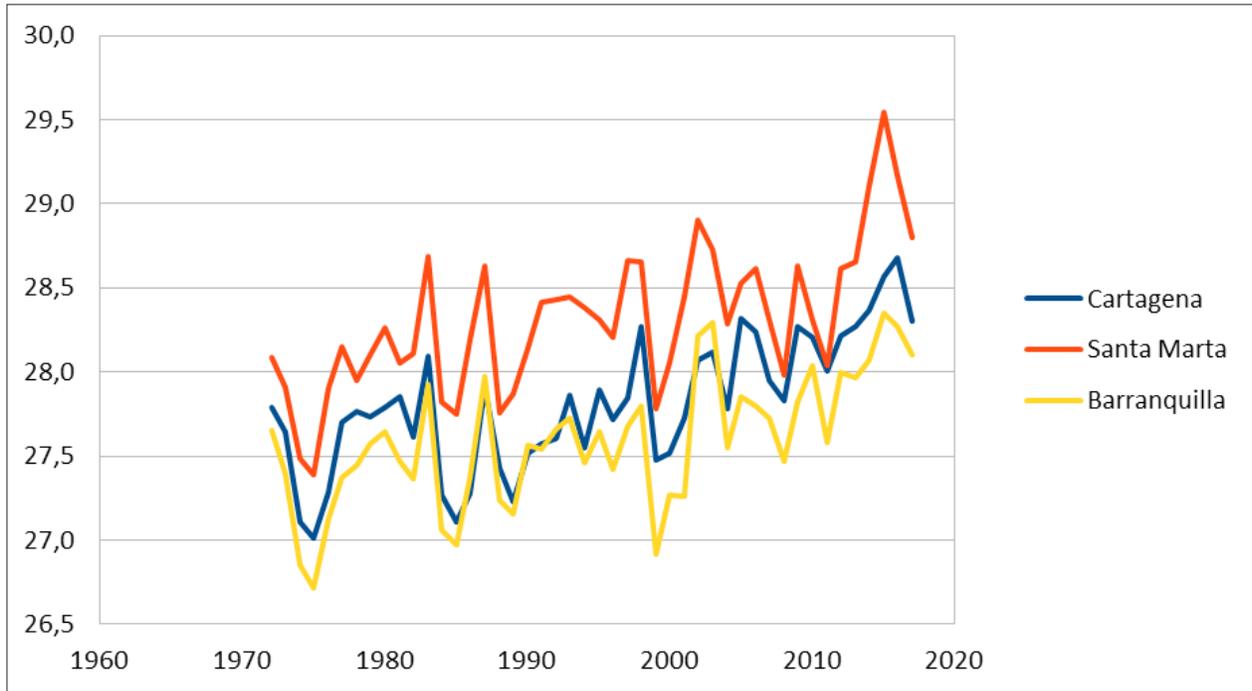
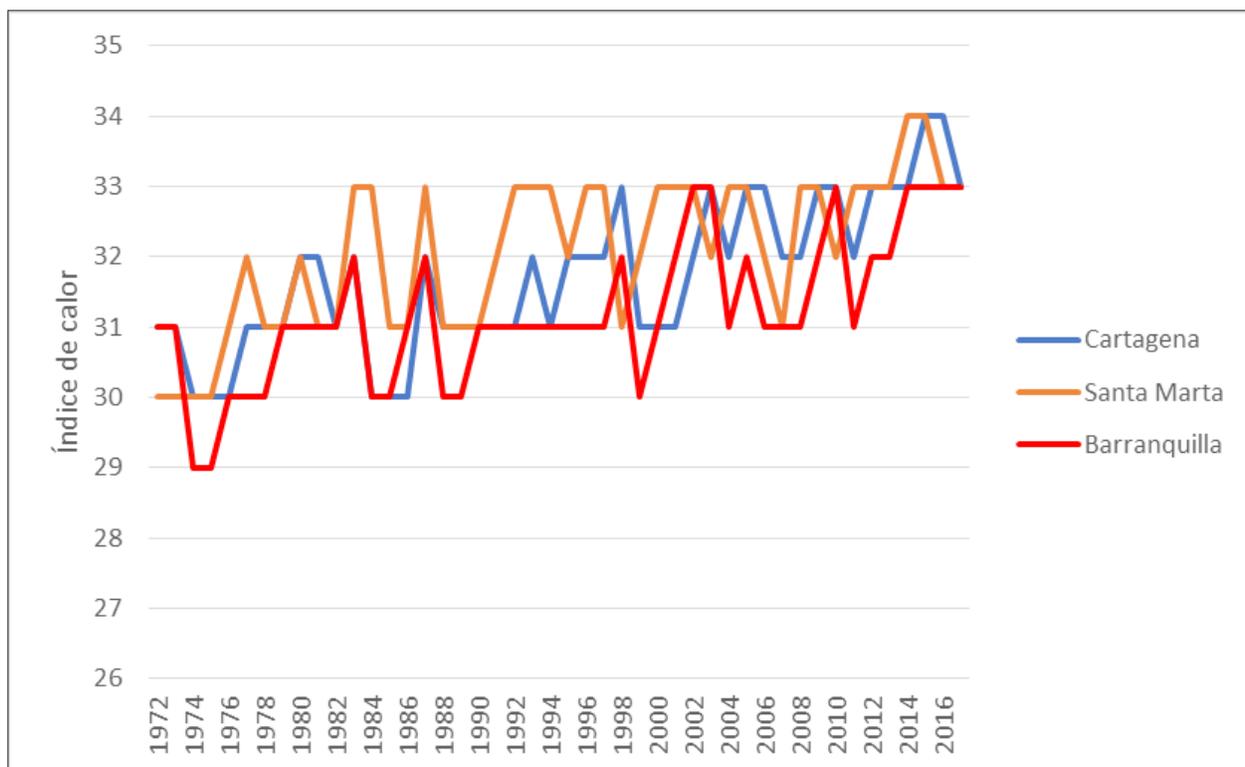


Figura 1. Evolución de la temperatura media anual en el Caribe colombiano entre 1972 y 2017

Entre 1972 y 2017 se observó un aumento del índice de calor anual para las tres ciudades del estudio, y en 2014 y 2015 Santa Marta presentó los índices más altos, con un valor de 34 (figura 2).



**Figura 2. Evolución del índice de calor en el Caribe colombiano entre 1972 y 2017**

Dado que Santa Marta ha presentado los valores máximos de temperatura media e índice de calor anual se procedió a observar una imagen satelital de la ciudad a partir del satélite Landsat 8 (14) con el filtro de color infrarrojo. Este filtro genera una composición artificial, en la que la vegetación está en rojo y las áreas densamente pobladas se presentan de color azul claro. La imagen captada por el satélite corresponde al 13 de julio de 2019. Se puede observar que dentro de la ciudad de Santa Marta, la Quinta de San Pedro es el área más grande con vegetación y ocupa un área aproximada de 2 kilómetros cuadrados (figura 3).



**Figura 3.** Imagen de Santa Marta obtenida del satélite Landsat 8 con el filtro infrarrojo. En rojo se indica la vegetación y en azul cyan se indica la densidad poblacional

## DISCUSIÓN

En este trabajo se observó que entre 1972 y 2017 en Barranquilla, Cartagena y Santa Marta ha aumentado tanto la temperatura media anual como el índice de calor; siendo Santa Marta la ciudad que ha presentado la temperatura más alta, al igual que el índice de calor.

En la imagen satelital del Landsat 8 de Santa Marta se observó que existe una gran densidad poblacional con poca vegetación: la poca vegetación observada era solamente de un área de 2 kilómetros cuadrados, correspondientes a la Quinta de San Pedro.

El aumento de la temperatura conlleva riesgos en el aumento de la mortalidad. En 2015 en Karachi (Pakistán), murieron casi 1000 personas como consecuencia de las olas de calor; y en 2003 en Europa murieron miles de personas (6)

Por lo tanto se considera necesario la existencia de un sistema de alerta temprano basado en los índices de calor para informar a la ciudadanía.

Según la Organización Mundial de la Salud y la Organización Mundial de Meteorología no existe una definición de ola de calor, pero sí se determina que es un *período inusualmente caliente o seco o húmedo y que termina de forma abrupta, con una duración de por lo menos de tres días* (16).

Los sistemas de alerta temprano son responsabilidad de los gobiernos de las ciudades y del sistema de salud (17, 18).

Se considera necesario que en Santa Marta se generen más espacios verdes.

La existencia de espacios verdes está correlacionada con el enfriamiento de las áreas circundantes y, por lo tanto, con la disminución del riesgo de mortalidad (19).

El Índice de Ciudades Sostenibles presenta a Londres como la ciudad sostenible a nivel global, con gran proporción de áreas verdes por habitantes (20). Así Londres es uno de los principales destinos turísticos del planeta.

Es claro que invertir en áreas verdes contribuye a tener ciudades sostenibles y ser un destino turístico.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen a la Universidad del Magdalena por su apoyo en este trabajo.

**Conflicto de intereses:** Los autores no tienen ningún conflicto de intereses con los resultados de este trabajo.

**Contribuciones de los autores al artículo:** Los autores de este artículo contribuyeron de igual manera en el diseño, búsqueda de los datos secundarios, análisis de los datos, discusión, análisis de la bibliografía y redacción del mismo.

## REFERENCIAS

- 1 Lim SS, Allen K, Dandona L, Forouzanfar MH, Fullman N, Goldberg EM, Zonies D. Measuring the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: a baseline analysis from the Global

- Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*. 2016; 388(10053), 1813-1850. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31467-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31467-2)
- 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible | PNUD. UNDP. 2016. Available from: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
  - 3 Dang TN, Van DQ, Kusaka H, Seposo XT, Honda Y. Green Space and Deaths Attributable to the Urban Heat Island Effect in Ho Chi Minh City. *American Journal of Public Health*. 2018; 108(S2): S137-S143. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304123>
  - 4 Patz JA, Frumkin H, Holloway T, Vimont DJ, Haines A. Climate change: Challenges and opportunities for global health. *JAMA - J Am Med Assoc*. Oct 2014;15;312(15):1565-80. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.13186>
  - 5 Butler CD. Climate change, health and existential risks to civilization: A comprehensive review (1989-2013). Vol. 15, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG; 2018. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102266>
  - 6 Hass AL, Ellis KN, Mason LR, Hathaway JM, Howe DA. Heat and humidity in the city: Neighborhood heat index variability in a mid-sized city in the Southeastern United States. *Int J Environ Res Public Health*. Jan 2016; 11;13(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph13010117>
  - 7 Zhou B, Rybski D, Kropp JP. The role of city size and urban form in the surface urban heat island. *Sci Rep*. Dec 2017;7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04242-2>
  - 8 Aram F, Higuera García E, Solgi E, Mansournia S. Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*. April 2019; 4: 1-35. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01339>
  - 9 Yin Q, Wang J. A better indicator to measure the effects of meteorological factors on cardiovascular mortality: heat index. *Environ Sci Pollut Res*. Aug 2018;25(23):22842-9. <https://doi.org/doi:10.1007/s11356-018-2396-1>
  - 10 Guo Y, Gasparrini A, Armstrong BG, Tawatsupa B, Tobias A, Lavigne E et al. Heat wave and mortality: A multicountry, multicomunity study. *Environ Health Perspect*. Aug 2017;125(8): 1-11. <https://doi.org/doi:10.1289/EHP1026>
  - 11 CLIMA – IDEAM. [ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co).2014. Available from: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/clima>

- 12 Functions to Convert Between Weather Metrics [R package weathermetrics version 1.2.2]. *R-project.org*. 2016; Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/weathermetrics/index.html>
- 13 Anderson GB, Bell ML, Peng RD. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. *Environmental Health Perspectives*. 2013; 121(10):1111-1119. <https://doi.org/10.1289/ehp.1206273>
- 14 Landsat 8 Satellite. Eos.com. 2013. Available from: <https://eos.com/landsat-8/>
- 15 Ziter CD, Pedersen EJ, Kucharik CJ, Turner MG. Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *Proc Natl Acad Sci USA*. Apr 2019;116(15):7575–80. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>
- 16 Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud. Ola de Calor y Medidas a Tomar-Revisión Preliminar. 2019 Available from: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=48468-ola-de-calor-y-medidas-a-tomar-revision-preliminar&category\\_slug=deteccion-verificacion-evaluacion-riesgos-dve-1669&Itemid=270&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&alias=48468-ola-de-calor-y-medidas-a-tomar-revision-preliminar&category_slug=deteccion-verificacion-evaluacion-riesgos-dve-1669&Itemid=270&lang=es)
- 17 Nairn J, Ostendorf B, Bi P. Performance of Excess Heat Factor Severity as a Global Heatwave Health Impact Index. *Int J Environ Res Public Health*. Nov 2018;15(11): 1-26. . <https://doi.org/10.3390/ijer-ph15112494>
- 18 McGregor GR, Vanos JK. Heat: a primer for public health researchers. *Public Health*. Aug 2018;161:138–46. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.11.005>
- 19 Bixby H, Hodgson S, Fortunato L, Hansell A, Fecht D. Associations between green space and health in english cities: An ecological, cross-sectional study. *PLoS One*. Mar 2015;10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119495>
- 20 Citizen Centric Cities The Sustainable Cities Index. 2018. Available from: [https://www.arcadis.com/media/1/D/5/%7B1D5AE7E2-A348-4B6E-B1D7-6D94FA7D7567%7DSustainable\\_Cities\\_Index\\_2018\\_Arcadis.pdf](https://www.arcadis.com/media/1/D/5/%7B1D5AE7E2-A348-4B6E-B1D7-6D94FA7D7567%7DSustainable_Cities_Index_2018_Arcadis.pdf)

**Salud Uninorte** agradece a los profesionales que colaboraron con en el proceso de revisión por pares de los artículos publicados en la presente edición:

Ana Corberán. Universidad de Valencia.

María Guadalupe Ureña Rodríguez. Universidad de Guadalajara.

Cristina Jazmín González. Universidad de Guadalajara.

Cecilia Ordoñez Hernández. Universidad Libre.

Guy Mejía. Universidad Simón Bolívar.

Zenem Carmona. Universidad de Cartagena

Farith González. Universidad de Cartagena.

Ana María Erazo Coronado. Universidad Metropolitana.

Sandra Lucia Ruiz. Universidad de Santo Tomás.

Carlos Arcila. Universidad Salamanca.

Eduardo Egea. Universidad del Norte.

Guillermo Ceballos. Universidad Simón Bolívar.

Carmen Carrero. Universidad Simón Bolívar.

Sara Caro. Universidad del Norte.

Elizabeth Fajardo. Universidad del Tolima.

Sara Huertas González. Universidad de Veracruzana.

Antonio López Quiles. Universidad de Valencia.

Marianella Lechuga. Universidad del Norte.

Guillermo Cervantes. Universidad del Norte.

Fabián Muñoz Muñoz. Universidad Nacional de Córdoba.