



Cartógrafo.CL/02-2021



Richard Hernández
Geógrafo, Magíster en
Geografía

Óscar Puerta
Geógrafo, Magíster en
Geografía

Keidy Vergara
Geógrafo

Grupo de Investigación
Geografía y Ambiente

Universidad de Córdoba,
Montería, Colombia



richardhernandezs@correo.unicordoba.edu.co

Islas de Calor Urbanas (ICU) en la ciudad de Montería, Córdoba, 2015 - 2020

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación aborda la temática de Islas de Calor Urbanas (ICU) en la ciudad de Montería, Córdoba, Colombia. Los distintos fenómenos climáticos y meteorológicos presentes en las zonas urbanas han dado lugar a una serie de análisis muy particulares con respecto a la dinámica térmica que se está presentando en muchos territorios a raíz de las malas prácticas en materia de (re)ordenamiento y planificación territorial. Lo anterior parte de la base conceptual del desarrollo sostenible y sustentable que envuelve a sobremano la organización actual de las zonas urbanas en el mundo, ya que los territorios, en todo su conjunto, están siendo objeto de un acelerado desarrollo que se enfoca más en las banalidades del ser humano que en sus necesidades más básicas. Por consiguiente, se buscó analizar la dinámica espacial de los aspectos involucrados en el creciente fenómeno denominado Islas de Calor Urbana, ICU, con el fin de presentar alternativas que permitan mitigar el acelerado incremento en la temperatura interna de las ciudades y así trabajar en pro del bienestar ciudadano. El trabajo se desarrolló a partir de información secundaria obtenida mediante el procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8, (2015 – 2020) y el cálculo del Índice de Temperatura Superficial Terrestre (*Land Surface Temperature*).

INTRODUCCIÓN

La disciplina geográfica se ha enfocado en algo común a través de sus diferentes paradigmas como lo es el interés por la organización espacial, una de las principales categorías de análisis del espacio geográfico. Esta disposición de la geografía por entender la organización de los lugares, se da principalmente con el fin de comprender la relación entre las personas, los objetos y la tierra, bajo una concepción funcionalista del espacio y explicar la forma en que los individuos y las sociedades organizan el territorio para ajustarlo a sus necesidades (Souza, 1992).

Dentro de la ciencia geográfica han aparecido nuevos campos de estudio que nutren directa o indirectamente esta disciplina. Tal es el caso de la geografía urbana, que empezó a ahondar en aspectos más allá de los clásicos estudios de su morfología, organización y actividades económicas, adentrándose así en aspectos más especializados, tales como el confort térmico, el estrés urbano y la imagen de la ciudad.

Para entender algunos de los nuevos aspectos estudiados por la geografía, los geógrafos se han preocupado por entender múltiples interrogantes relacionados con su objeto de estudio, "durante un tiempo, los geógrafos consideraron que la naturaleza constituía la realidad fundamental, y que se tenían que consagrar a su estudio" (Claval, 2002). La geografía humana se interrogaba acerca de la naturaleza y la relación del hombre con su entorno. Posteriormente, al definirse el espacio geográfico como la superficie de la Tierra transformada por el hombre en sociedad, se asume que el objeto de estudio de la ciencia geográfica es el espacio geográfico (Delgado, 2003).

Esencialmente, el componente urbano dentro de la disciplina geográfica ha marcado un fuerte énfasis en el estudio de este tipo de interrogantes. Es por ello que la geografía urbana forma parte de la base científica para varias temáticas, incluidas la planificación, gestión y (re)ordenamiento territorial. Se puede distinguir, quizá entre muchos otros, dos enfoques en el estudio de los problemas urbanos, el primero tiene que ver con la distribución espacial de las ciudades en sí mismas y de las pautas complejas del movimiento, los flujos y las uniones espaciales. Y el segundo, se relaciona con el estudio de variables que juegan un papel importante dentro de la distribución e interacción interna de las ciudades.

El componente urbano juega un papel importante dentro de los estudios locales y regionales, los cuales según Mendoza (2011), permiten entender las lógicas del desarrollo teniendo en cuenta uno de sus elementos de mayor importancia, el territorio. Aspecto trascendental para la comprensión de las dinámicas económicas, políticas y culturales de la sociedad. Por consiguiente, se dice que el desarrollo local o regional se cimienta como un proceso endógeno generado en el territorio de forma global e intersectorial, y que exige la participación activa de la propia población en un proceso apoyado en la acción subsidiaria de las administraciones y de otros agentes externos.

Se puede afirmar que para construir desarrollo local o regional se deben tener en cuenta: la capacidad operativa de los gobiernos locales y regionales, la legitimidad social de las autoridades y la interacción del gobierno con otras instituciones; con el fin de crear mejores escenarios tanto en el momento presente como de manera prospectiva.

Por consiguiente, resulta importante destacar el enfoque geográfico que fundamenta esta investigación, él se enmarcó en la geografía física y humana, particularmente ambiental, urbana y regional, respectivamente. En tal sentido se tuvo en cuenta las temáticas abordadas desde estas subdisciplinas geográficas para tratar algunos conceptos como: ciudad, territorio, planificación, gestión y temperatura superficial terrestre, los cuales se constituyeron en el eje temático de este artículo, es así, como se posibilitó ver más allá de un simple diagnóstico de las potencialidades y debilidades del sistema territorial de la ciudad de Montería, para aportar información que refuerce el ejercicio de planificación y (re)ordenación del espacio, con bases teóricas y conceptuales, desde la perspectiva geográfica, ajustado a la realidad físico-ambiental del territorio.

Dinámica Territorial de la ciudad de Montería

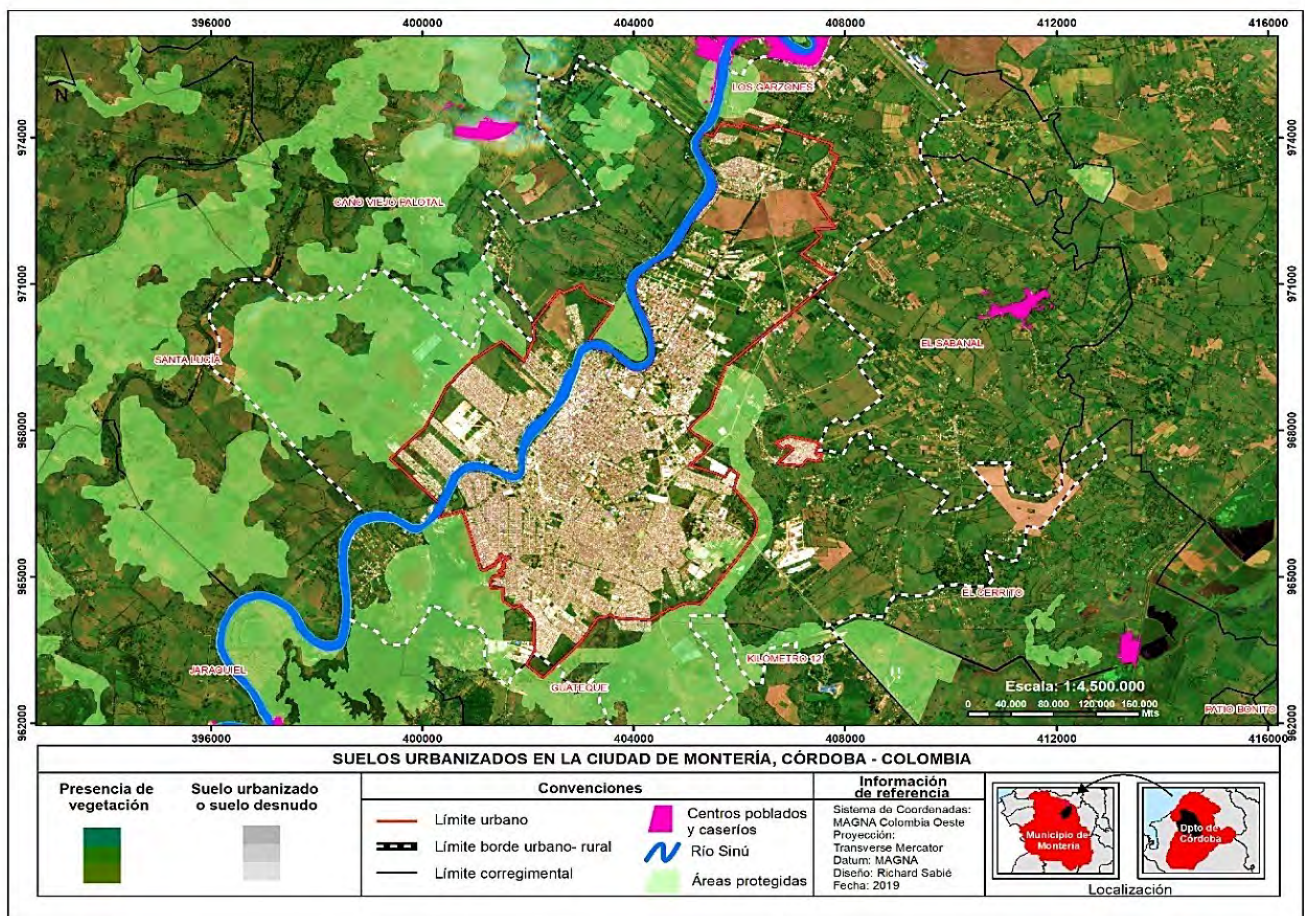
Sin duda el panorama territorial del siglo XXI apunta a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, lo cual debe ser el objetivo de las personas a las que le corresponde gobernar, lo que implica evaluar múltiples aspectos como una vida digna, un entorno saludable, seguridad, salud, educación, y las oportunidades para llevar a cabo su proyecto de vida, entre otros. El elemento condicionante de la cohesión territorial, es generar la suficiente riqueza, para asegurarle “a todos” vivir dignamente.

Desde el punto de vista del geógrafo Joaquín Farinos (2009), en su trabajo, “Cooperación para la cohesión territorial: una interpretación multinivel desde el S.O. europeo”, se deben tener en cuenta dos puntos clave en los estudios territoriales, el primero, lograr el equilibrio de la diversidad a través de la cohesión territorial y el segundo, utilizar dicha diversidad como recurso endógeno para mejorar la competitividad y la prosperidad de los territorios.

Para alcanzar satisfactoriamente un desarrollo territorial que involucre en su mayoría todos los elementos cruciales para la intervención territorial se deben tener en cuenta, por lo menos, tres aspectos fundamentales cuando se habla de cohesión territorial: a) La planificación que consiste en concebir un futuro deseado, así como los medios reales para conseguirlo; b) La prospectiva como esa anticipación para esclarecer la acción, es decir, la visión global, voluntaria y a largo plazo, que se impone para dar sentido a la acción y c) Las estrategias que son el conjunto de reglas de conducta de un actor que le permitan conseguir sus objetivos y su proyecto.

La ciudad de Montería se encuentra en un proceso de evolución constante, en lo que respecta a la planificación y la (re)ordenación de su espacio geográfico, lo cual debe ir de la mano con alternativas de desarrollo territorial que logren integrar todos, o por lo menos la mayoría, de los elementos del sistema territorial.

Figura 1. Ciudad de Montería, Córdoba. Nota: Elaboración propia – Datos Plan de Ordenamiento Territorial POT, Montería 2019 - 2032.



La capital de Córdoba, Montería, presenta condiciones ambientales importantes para el desarrollo de actividades agrícolas y agroindustriales (Ruiz y García, 1951), propicias en la incursión de nuevos modelos de desarrollo integrales, los cuales se han tratado de adoptar en las en las tres últimas décadas como posibles soluciones a numerosos intentos de cambio en las políticas de ordenación del espacio más allá de esquemas estrictos de organización de ciudad que solo obedezcan al crecimiento desmesurado de la malla urbana olvidándose de su zona rural.

Montería, como municipio, alberga 29 corregimientos, más su cabecera urbana. Se caracteriza por ser en su mayoría rural, ya que de las 320461 hectáreas que representa la totalidad de su superficie, 308439 hectáreas corresponden al campo según bases cartográficas del Plan de Ordenamiento Territorial – POT (2010-2018). Sin embargo, aunque este territorio cuente con una gran extensión rural, no se han generado las sinergias suficientes desde el punto de vista de la gestión territorial local para articular el campo y la ciudad; puesto que la intervención al territorio en los últimos gobiernos se ha enfocado en la idea de ciudad expansiva, que incorpora suelos rurales para crecimiento urbano, sin prever que los elementos que configuran las dinámicas sociales, culturales, políticas y económicas impactan ambas esferas.

Por consiguiente, la dinámica expansiva en la que se sitúa la ciudad de Montería, está ocasionando que la aglomeración de población en su casco urbano obligue a la expansión urbana (Figura 1), trayendo consigo la creación de muchos planes parciales y de vivienda con escasas zonas verdes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados obtenidos en esta investigación se realizaron a partir de información secundaria obtenida mediante el cálculo del Índice de Temperatura Superficial Terrestre (*Land Surface Temperature*) por medio de imágenes satelitales Landsat 8, específicamente de los años entre el 2015 y 2020, para los meses de enero. Cabe destacar que para dicho proceso se utilizaron las bandas 4, 5 y 10, rojo del visible, infrarrojo cercano y térmico, respectivamente.

El proceso y las fórmulas utilizadas para el cálculo del LST fue el siguiente:

1.- Índice de Vegetación Normalizado - NDVI

$$\text{NDVI} = (\text{Banda 5} - \text{Banda 4}) / (\text{Banda 5} + \text{Banda 4})$$

Donde la banda 4 es el rojo del espectro visible y la banda 5 es el infrarrojo cercano o NIR.

2.- Top of Atmospheric (radiancia espectral) - TOA

$$\text{TOA} = 0.0003342 * \text{Banda 10} + 0.1$$

En cuanto al cálculo del TOA, se necesita obtener la radiancia multibanda que se obtiene del metadato de cada imagen, como también la reflectancia.

3.- Brightness Temperature (Temperatura de brillo) - BT

$$\text{BT} = 1321.0789 / \text{Ln} (774.8853 / \text{TOA} + 1) - 273.15$$

Para la temperatura de brillo, se tomaron las constantes K1 y K2 para la banda 10 (Térmica) del metadato de cada imagen.

4.- Proporción de vegetación - PV

$$Pv = \text{Square} (NDVI - NDVI_{\text{mín}} / NDVI_{\text{máx}} - NDVI_{\text{mín}})$$

La proporción de vegetación se obtuvo a través de operaciones matemáticas con los valores máximos y mínimos del NDVI

5.- Emisividad ϵ - E

$$\epsilon = 0.004 * Pv + 0.986$$

Respecto a la emisividad, se obtuvo gracias al cálculo de la proporción de vegetación y el acompañamiento de del valor de corrección de la ecuación.

6.- Índice de Temperatura Superficial Terrestre - LST

$$LST = BT / 1 + TOA * (BT / 14388) * \text{Ln}(\epsilon)$$

Finalmente, obtenemos el LST, con la formular anterior y apoyado en los resultados de todas las variables descritas en los puntos anteriores.

NDVI	<code>Float("B5_2020"- "B4_2020")/ Float("B5_2020"+"B4_2020")</code>
TOA	<code>0.0003342* "B10_2020"+0.1000</code>
BT	<code>(1321.0789/ Ln((774.8853/ "TOA_2020")+1))-273.15</code>
PV	<code>Square(("NDVI_2020"-0.252831) / (0.610014-0.252831))</code>
E	<code>0.004*PV+0.986</code>
LST	<code>"BT_2020"/(1+("TOA_2020"* "BT_2020"/14388)* Ln("E_2020"))</code>

Fórmulas exactas aplicadas dentro de la calculadora ráster en el SIGare ARCGIS PRO 2.9.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La temperatura superficial terrestre en la ciudad de Montería, oscila entre los 17 °C y los 37 °C, específicamente para el periodo entre 2015 y 2020. Esto, de manera general, puede tener una relación importante con la temperatura ambiente que en ocasiones alcanza los 39 °C y sensaciones térmicas de hasta 45 °C. Lo anterior ocasiona que la demanda de equipos electrónicos de aire acondicionado se eleven, lo cual repercute en el calentamiento de algunas zonas de la ciudad principalmente en la zona centro o comuna 5.

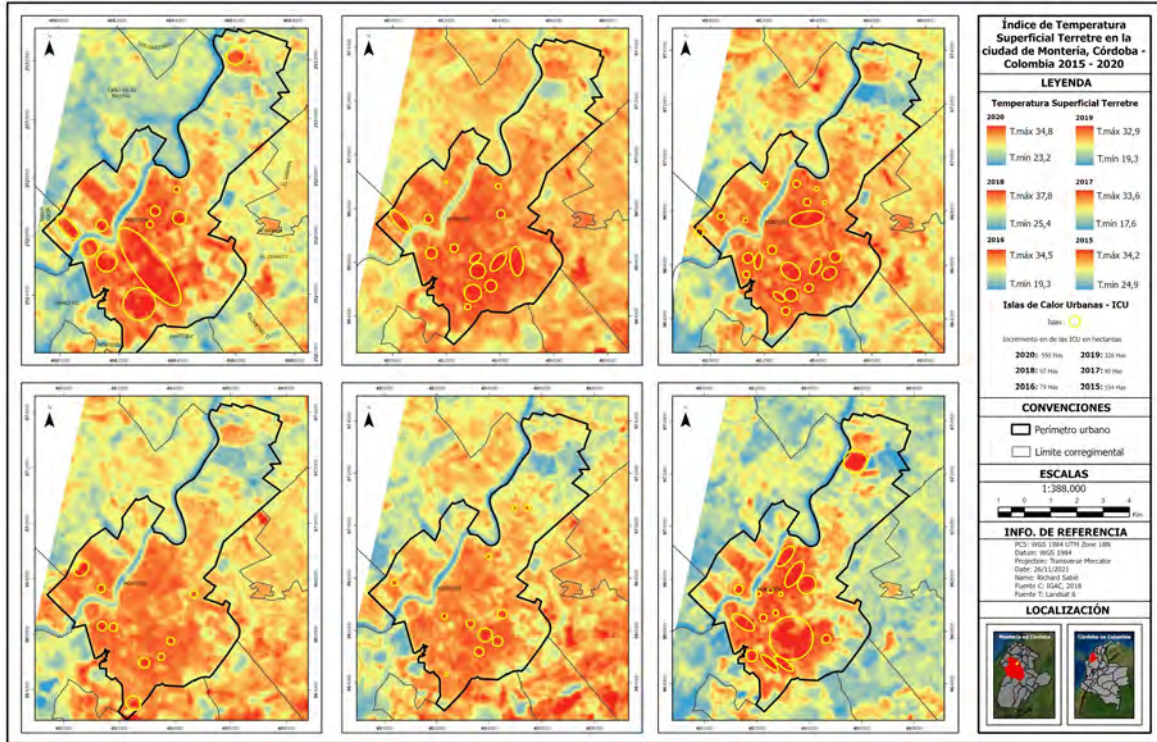
La escasa presencia de zonas verdes en el centro de la ciudad y algunos puntos de alta concentración de humedad ocasiona que se presenten ICU, ya que en esta zona de Córdoba, los vientos circulan a alturas superiores a los nueve metros, lo que causa que gran parte de la humedad que se desprende de la principal arteria fluvial, el Río Sinú, y otras fuentes hídricas, como también del pavimento, techos de edificios, viviendas y vegetación, se quede suspendida en el ambiente lo que produce sensaciones térmicas alrededor de los 45 °C, lo que comúnmente se conoce como “bochorno”.

Para tener un panorama lo bastante claro, acerca de la dinámica territorial de las ICU en la ciudad de Montería debemos relacionar dicha temática con la distribución de las diferentes coberturas de la tierra presentes tanto en la

ciudad como en sus alrededores. Lo anterior se hace necesario aclararlo ya que una de las causas más importantes y por las cuales se da el aumento paulatino del LST y de la aparición de las ICU, es el cambio de coberturas de la tierra, lo que ocasione en la mayoría de los casos conflictos de uso del suelo.

En la **Figura 2** se aprecia el aumento significativo de la temperatura superficial terrestre, como también la aparición de las ICU, sobre todo en la zona centro de la ciudad (comuna 5), lugar donde se da el mayor intercambio comercial y flujo de personal durante gran parte del día.

Figura 2. Índice de Temperatura Superficial Terrestre e ICU en la ciudad de Montería.
Nota: elaboración propia.



Las zonas donde se encuentran las ICU, y que han ido aumentando significativamente desde el 2015 hasta el 2020 representan lugares donde la cobertura vegetal ha sido reemplazada por urbanización, donde existe suelo desnudo o se encuentra en preparación para cultivos. Lo anterior permite analizar la relación entre las ICU y las coberturas, ya que a medida que las áreas boscosas o de herbazales van desapareciendo, así como los espejos de agua se van secando, debido a diversas razones entre ellas la urbanización, el LST va en aumento.

El panorama físico ambiental de la ciudad resulta preocupante ya que el modelo de ciudad que se contempla es la urbanización acelerada y la conurbación con los municipios próximos, pero no se cumplen con todas las disposiciones previstas en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, en materia de protección de suelos y conservación ambiental. Por ende, se puede inferir que no se están acatando rigurosamente los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, tales como acción por el clima y ciudades y comunidades sostenibles donde claramente las ciudades y sus gobernantes están llamados a preservar los recursos y revisar los procesos de planificación, gestión y organización del espacio.

Otros resultados importantes de la investigación, fue saber de manera precisa cuánto ha aumentado el área de las ICU en la ciudad de Montería, puesto que esto se evidencia en la figura anterior.

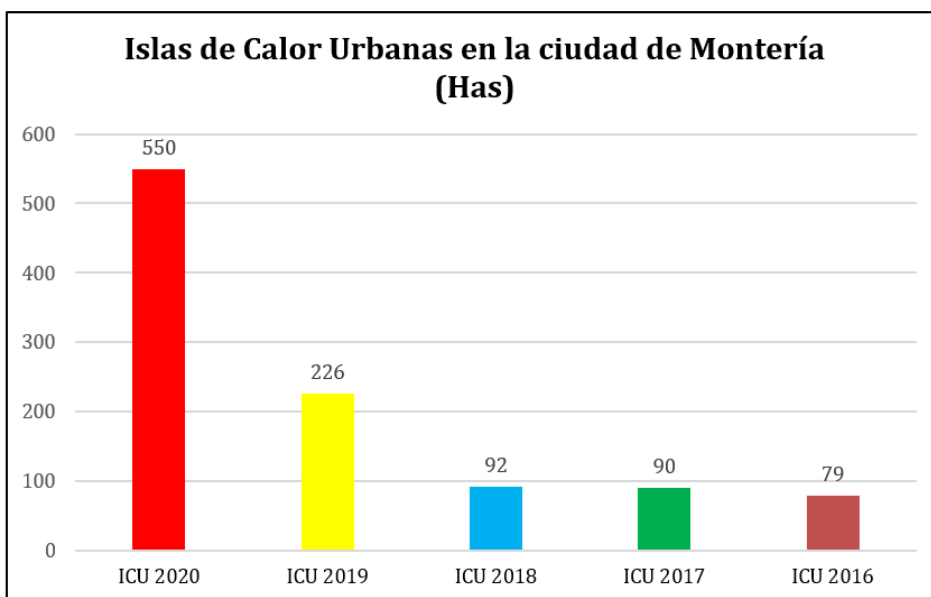


Figura 3. Diferencia en área de las ICU en Montería.
Nota: elaboración propia.

Cabe destacar que el resultado del año 2016 es el reflejo de una urbanización no tan acelerada como se puede observar en los años venideros, donde el aumento de las ICU y del LST es significativo, principalmente debido a la intervención de las distintas coberturas de la tierra. La falta de zonas verdes, área de esparcimiento, ocio y recreación, como la disposición de áreas naturales en los planes parciales y urbanización que se construyen casi que, a diario, es un factor detonante del aumento paulatino pero constante del fenómeno de ICU en la ciudad de Montería.

Pasar de 79 hectáreas ocupadas por las ICU en 2016 tener 550 hectáreas en el año 2020, es un aumento considerable, puesto que son 471 hectáreas ocupadas por las altas temperaturas del suelo y un aumento del LST de 1.7° C en tan solo 6 años, lo que nos lleva a pensar si realmente el modelo de desarrollo territorial que representa la urbanización y expansión de la ciudad está bien pensado o va de la mano con las políticas de desarrollo sostenible.

La concentración de temperatura en gran parte del casco urbano de la ciudad de Montería es una temática de gran preocupación para los académicos, gobernantes y planificadores del territorio, ya que sin duda, marca un camino hacia una planificación y gestión territorial que visiona territorios integrales, es decir, un sistema de variables que funcionen mancomunadamente y que tengan en cuenta tanto a las personas que viven la ciudad en el día a día, como a aquellos que se encargaran de gobernarla y estudiarla, para de este modo, poder construir modelos de ciudad en donde la adaptación a los fenómenos del cambio climático no se tome por sorpresa a este territorio, sino, por el contrario, se prevean las posibles alteraciones del medio y se tengan soluciones contundentes frente a dichas problemáticas.

CONCLUSIONES

El panorama ambiental de la ciudad de Montería debe ser ajustado a las políticas de adaptación al cambio climático ya que son compromisos mundiales para frenar los efectos de esta problemática. Las visiones de ciudad que se tengan alrededor de los procesos de expansión y conurbación deben ser revisados para que pueda existir armonía entre el desarrollo territorial y la preservación de los recursos naturales. El aumento del LST, es un llamado de atención al modelo depredador de los recursos del medio sin tener en cuenta las realidades territoriales que obedecen a cada territorio.

Pueden ser los resultados de esta investigación puntos a tener en cuenta por los futuros gobernantes de la ciudad, cuando se hable de nuevos POT, Planes de Desarrollo o quizá cuando se piense en la creación de academias para la gestión, el desarrollo territorial y la sostenibilidad del espacio geográfico, como también en futuros proyectos de infraestructura y mejoramiento de zonas rurales o urbanas.

Que sean estudios de este tipo, piezas fundamentales en la conceptualización de ir más allá de un simple diagnóstico de las potencialidades y debilidades del sistema territorial de la ciudad de Montería, para convertirse en un punto de partida que refuerce el ejercicio de planificación y (re)ordenación del espacio, con bases teóricas y conceptuales desde la perspectiva geográfica, ajustado a la realidad ambiental del territorio. Conviene subrayar entonces, que la geografía se convierte en el soporte principal para trabajos de investigación desde la perspectiva territorial y ambiental.

La geografía brinda elementos importantes para el análisis territorial y la comprensión de las manifestaciones culturales, sociales, económicas y ambientales que se presentan en el territorio. Esta investigación permitió evidenciar que en la ciudad de Montería existen fortalezas y debilidades en materia de planificación y (re)ordenamiento del territorio, asociadas a equipamientos e infraestructura urbana, las cuales deben ser intervenidas por medio de políticas públicas de gestión territorial, que apunten a la integración de las dimensiones social, económica, cultural y ambiental; apoyadas por la dinámica político-administrativa de los actores territoriales, con miras a mejorar la calidad de vida de los pobladores.

BIBLIOGRAFÍA

- Claval, P. (2002). *El enfoque cultural y las concepciones geográficas del espacio*. Universidad de Paris-Sorbonne. Boletín de la A.G.E N° 34. P. 21 – 39
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE. (2018-2019). *Informe Trimestral sobre desempleo en Colombia*. Noviembre 2018 - enero 2019.
- Delgado, O. (2003). *Discurso sobre el espacio en la geografía contemporánea*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Farinos, J. (2009). Cooperación para la cohesión territorial: una interpretación multinivel desde S.O. europeo. En J. Bosque y M. V. Rodríguez, (Ed) *La perspectiva geográfica ante los retos de la sociedad y el medio ambiente en el contexto Ibérico*. Alcalá de Henares. Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá de Henares. Colección Ponencias del XI Coloquio Ibérico de Geografía. Pag. 117 – 148.
- Mendoza Castillo, A. (2011). *La gestión del territorio para el Desarrollo Local y Regional*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Perú.
- Plan de Ordenamiento Territorial – POT (2010-2018). Alcaldía de Montería. Concejo Municipal de Montería. Acuerdo 29 del 30 de diciembre de 2010. Montería, Córdoba.
- Ruiz J. A. y A. García Espino Alfonso. (1951). *Breve descripción de los suelos dominantes en las principales regiones de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá. Pub. Esp. S: 20-21.
- Souza, A. (1992). *A geography of world economy*. Merril Publishing Company. Columbus.



Richard Miguel Hernández Sabié

Geógrafo, Magíster en Geografía. Docente investigador adscrito al Departamento de Geografía y Medio Ambiente en los Programas de Pregrado y Postgrado en Geografía de la Universidad de Córdoba, Colombia. Miembro del grupo de investigación Geografía y Ambiente reconocido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia. Líneas de investigación: planificación, gestión y organización territorial, geografía ambiental, sensores remotos y sistemas de información geográficos.

Oscar Antonio Puerta Avilés

Geógrafo, Magíster en Geografía. Docente titular adscrito al Departamento de Geografía y Medio Ambiente en los Programas de Pregrado y Postgrado en Geografía de la Universidad de Córdoba, Colombia. Miembro del grupo de investigación Geografía y Ambiente reconocido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia. Líneas de investigación: análisis espacial, sistemas de información geográficos, Teledetección geográfica y paradigmas geográficos contemporáneos.

Keidy Paola Vergara Burgos

Geógrafo. Pedagoga de la Escuela Normal Superior de Montería. Interesada en temáticas relacionadas con la parte físico ambiental de la geografía, los sistemas de información geográficos y la percepción remota.

Se sugiere citar:

Hernández, R., O. Puerta, K. Vergara (2021). Islas de Calor Urbano (ICU) en la ciudad de Montería, Córdoba, Colombia 2015 - 2020. *Revista Cartógrafo.CL* 1 (2), pp. 59 - 67.

