

Análisis espacial de la de la distribución térmica y el índice de vegetación normalizada a partir del crecimiento urbano en la ciudad de Montería para los años 2003 y 2019

Katherine Sierra Contreras

Resumen

Se analiza la distribución térmica y el índice de diferencia normalizada con el fin de conocer la relación espacial entre el crecimiento urbano, la temperatura superficial y el índice de vegetación normalizada (NDVI), mediante el uso de las tecnologías de la información geográficas (TIG) con la ayuda de los *softwares* ArcGis y Qgis que permitieron el procesamiento de las imágenes utilizadas. Se evidencio una relación espacial entre zonas de crecimiento e islas de calor, evidenciadas en la zona suroeste da la ciudad, por otra parte, se resalta la relación que se genera entre el crecimiento urbano y cobertura vegetal urbana, ya que las zonas densamente construidas coinciden con las que presentan ausencia de vegetación incidiendo en el aumento de la temperatura superficial. Teniendo en cuenta, el acelerado crecimiento que esta presentado la ciudad, este mecanismo sirve como ayuda para planificar una estrategia que ayude a mitigar estos cambios tan abruptos generados por la continua edificación y crecimiento que se está dando en la ciudad, la generación de políticas que regulen el medio ambiente en la ciudad que logren crear un equilibrio en beneficio al crecimiento urbano y el medio ambiente, además, de que se puede lograr un crecimiento urbano sostenible que ayude a equilibrar la relación naturaleza-espacio.

Palabras clave: NDVI, Temperatura superficial, Crecimiento urbano, Edilicias

Abstract

The thermal distribution and the standardized difference rate are analyzed in order to understand the spatial relationship between urban growth, surface temperature and standardized vegetation index (NDVI), using geographic information technologies (TIG)

with the help of ArcGis and Qgis software that enabled the processing of the images used. A spatial relationship between growth zones and heat islands is evident, evidenced in the southwest area of the city, on the other hand, highlights the relationship that arises between urban growth and urban plant coverage, since the densely constructed areas coincide with those with no vegetation affecting the increase in surface temperature. Considering, the rapid growth presented by the city, this mechanism serves as an aid to plan a strategy that will help mitigate these abrupt changes generated by the continued construction and growth that is taking place in the city, the generation of policies that regulate the environment in the city that manage to create a balance for the benefit of urban growth and the environment, moreover, that sustainable urban growth can be achieved to help balance the nature-space relationship.

Keywords: NDVI, Surface Temperature, Urban Growth, Building

Introducción

El crecimiento urbano es un fenómeno que invade a todas las regiones del mundo, especialmente a América Latina, la cual, en las últimas 5 décadas ha tenido un proceso de urbanización que ha modificado y complejizado el espacio urbano, (Lattes, 1995), especialmente por factores como el incremento poblacional y el apremio de las ciudades en tener un mayor desarrollo económico y social, lo que ha generado un crecimiento que en algunos casos se da de forma desorganizada y sin ningún tipo de planificación, sumado a esto la migración rural-urbana que se ha dado debido a factores como la violencia por parte de grupos al margen de la ley, desplazamiento forzado, pobreza rural, entre otros.

Por esta razón, el constante crecimiento urbano se está dando de forma exponencial que ligado al crecimiento poblacional han generado un desgaste en los recursos naturales ocasionado impactos significativos en el medio, en primer lugar, se tiene que “el consumo

intensivo de recursos naturales no renovables genera ingentes cantidades de contaminantes que no son posibles de procesar, absorber y neutralizar”, (Arboit, 2017. p. 35) lo que ha incitado al incremento de la problemática ambiental en las ciudades, generándose así la reducción de la capa vegetal que estas poseen, además, todas estas problemáticas conllevan a otras como un hilo conector, de esta forma se puede destacar la aparición de islas de calor que se presentan en distintas áreas de las ciudades.

Teniendo en cuenta esta última, Romero (2010), menciona que “El clima urbano puede interpretarse como el resultado de la relación sociedad-naturaleza, misma que genera cambios en la cobertura del suelo que modifican las condiciones atmosféricas” (Citado en Ferrelli, Bustos, Cisneros, Piccolo, 2015. p. 31), es así, como se determina que las ciudades son fuentes generadoras de calor debido a la estructura de las variables urbano-edilicias (Arboit, 2017), ocasionadas principalmente por la urbanización, que disminuye la capa de vegetación urbana y consigo el aumento de la temperatura superficial de cada ciudad.

Para el caso de la ciudad de Montería, este fenómeno ocurre de manera similar, al ser una ciudad en constante crecimiento, su impacto en el ambiente es evidente, pero mirar este fenómeno a una mayor escala requiere de un análisis más profundo, es por ello, que el uso de las tecnologías de la información geográfica se convierten en una herramienta indispensable para obtener información que permita generar resultados que ayuden a comprender las dinámicas generadas en la ciudad a partir del crecimiento urbano. Para la realización de este artículo se empleó la metodología de análisis y procesamiento de imágenes que ayudaron al mejoramiento de la visualización de las diferentes coberturas además de la implementación de los diferentes índices que ayudaron a conocer el aumento y disminución de la temperatura y la vegetación con el fin de observar las dinámicas espacio temporales.

Además, para obtener resultados más precisos, el artículo se basa en la documentación de autores que brindaron las herramientas necesarias y permitieron darle un peso de veracidad a la investigación, los resultados obtenidos permiten ilustrar cómo se comporta el fenómeno en el espacio o área de estudio.

Por otra parte, es importante resaltar que se utilizó la temporalidad representada entre los años 2003 y 2019, debido a que en ese lapso de tiempo se pudo evidenciar el crecimiento poblacional, ya que en una comparación hecha por el DANE se demuestra que entre los años 2005 y 2018 la población experimentó un crecimiento y cambio en su estructura demográfica para el año 2005, el censo identificó que un 24,4% de la población se ubicaba en la zona rural del municipio y para el año 2018 esta población disminuyó hacia un 22 %, este hecho tiene importantes repercusiones sobre el ordenamiento territorial ya que el crecimiento demográfico viene acompañado de una mayor demanda de vivienda, servicios públicos y equipamientos, esto evidencia una marcada tendencia hacia la consolidación urbana del municipio cuyo núcleo representa gran parte del crecimiento urbano (POT, 2019).

Con base a lo anterior surge la siguiente pregunta: ¿Cómo el crecimiento urbano ha incidido en el aumento o disminución de la cobertura vegetal y la temperatura superficial?

Área de estudio

Montería es una ciudad con un destacado desarrollo urbano, económico y poblacional, actualmente presenta una población de 460.080, de los cuales la población urbana es de 357.623 lo que equivale a un 78 % de la población total, el área urbana se compone de 207 barrios que se agrupan en 9 comunas, 5 de estos barrios se encuentran fuera del perímetro urbano (POT, 2019), ocupando áreas de gran significancia ambiental que deben ser conservadas y protegidas no urbanizadas, como sucede con El Privilegio, Villa Jiménez, La Vid, El Níspero II Etapa y Vereda Horizonte.

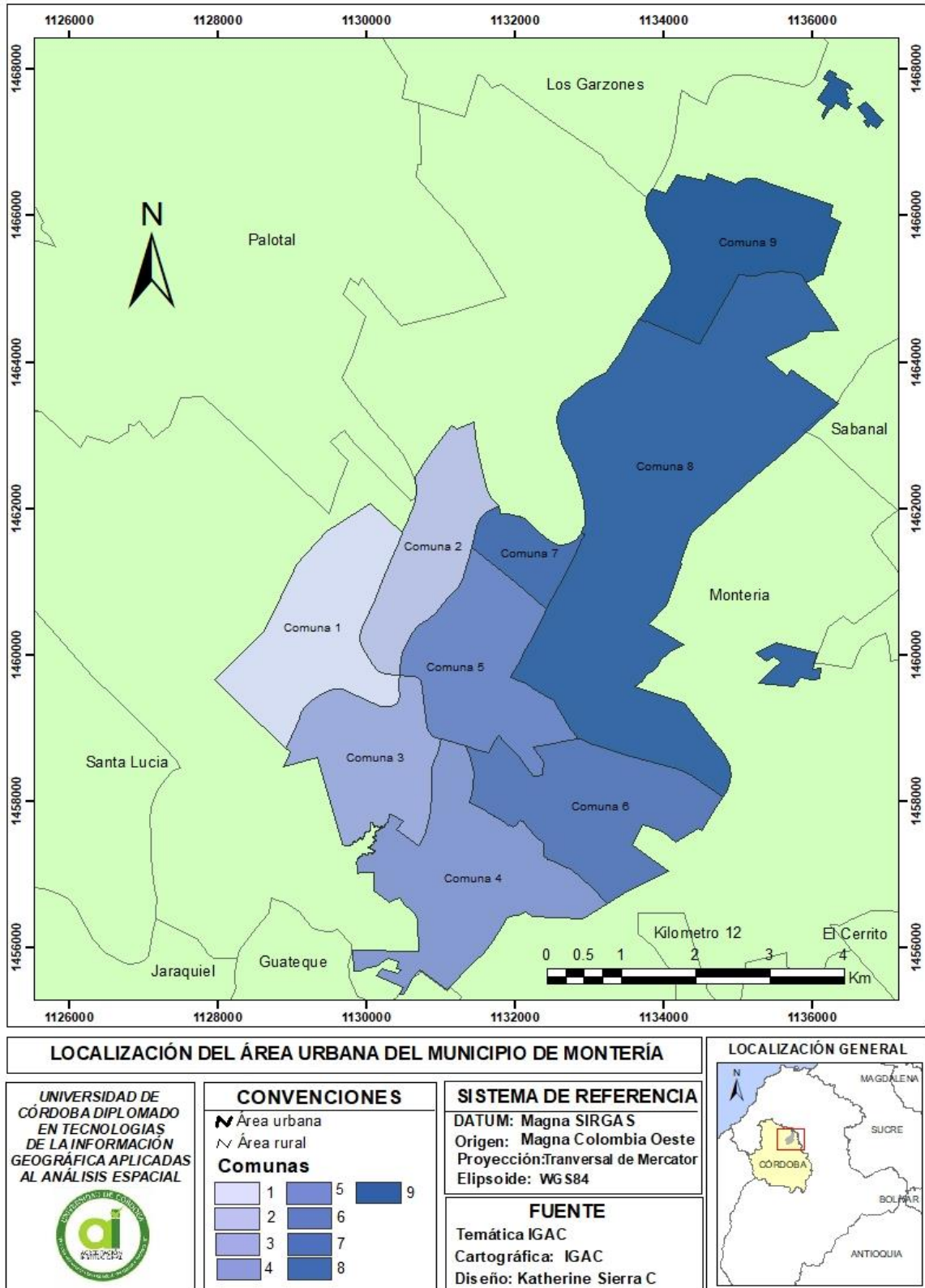


Figura 1: Localización del área urbana del municipio de Montería
Fuente: Elaboración propia basada en la cartografía IGAC

Materiales y Métodos

Diseño Metodológico

En la presente investigación se pretendió establecer la relación espacial que existe entre el crecimiento urbano, la temperatura superficial y el NDVI mediante el uso de las tecnologías de la información geográfica (TIG) ya que cumplen un papel muy importante a la hora de los procesamientos, análisis y tratamiento de la información geográfica debido a la gran variabilidad de herramientas que están brindan para su uso, ayudándole a estas a que se muevan en un campo más amplio de la investigación científica, para este estudio se utilizó el análisis y tratamiento de imágenes de satélites que ayudaron a resaltar el área de interés y por consiguiente la implementación de varios índices que permitieron conocer la temperatura brillo y la vegetación normalizada.

Datos

Para el desarrollo de este artículo fue necesario la recolección de información mediante imágenes de satélite las cuales fueron obtenidas de la plataforma *Land Viewer* , para este caso se utilizaron imágenes Landsat 7 LE07_L1TP_009054_20030203_20170126_01_T1 y 8 LC08_L1TP_009054_20190210_20190224_01_T1 correspondientes para el 03 de febrero de 2003 y 10 de febrero de 2019, las cuales hacen posible determinar la temperatura brillo y el índice de vegetación normalizada.

Técnicas de recolección datos

Actualmente el uso e implementación de las TIG es cada vez más necesario independientemente del tipo de investigación a realizar. En la presente investigación se realizaron diversos procedimientos que ayudaron a la obtención final de los mapas. Primeramente, se realizó el debido procesamiento para mejor la calidad de las imágenes

satelitales, las cuales ayudaron a la digitalizar y establecer el perímetro urbano, seguido se realizó el cálculo del índice de vegetación normalizada y el cálculo de la temperatura brillo (gráfico 1) donde se explica todo el procedimiento realizados a las imágenes utilizadas, con el fin de obtener los resultados deseados.

Procesamiento de imágenes de satélite: se descargaron imágenes de preferencia Landsat 7 y 8 para los años 2003 y 2019 para la ciudad de Montería, se utilizaron estas imágenes debido a que se les puede realizar el procesamiento de *pansharpened*, el cual, ayuda a reducir el tamaño del pixel de 30m a 15m ayudando a tener una mejor resolución espacial, resaltando el área construida; dicho procesamiento se realizó en el software QGIS, además, se realizó el proceso de corrección atmosférica la cual se aplica a las imágenes digitales, “con el propósito de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera” (Arias, Zamora, Bolaños, 2014, p.40), además, permite convertir la información de la imagen original, de cada pixel, de niveles digitales a niveles de reflectancia captada por el sensor en el tope de la atmosfera, es decir, sin los efectos de la misma, lo que permite disminuir los efectos de dispersión o absorción causados por la presencia de partículas atmosféricas (Ferrelli, *et al.*, 2015). Con el fin de corregir el ruido atmosférico y a su vez pasar los niveles digitales a nivel de reflectancia que ayudan a la zonificación de la imagen y a la identificación de las diferentes coberturas.

Delimitación de la mancha urbana: para este proceso se utilizaron las imágenes ya corregidas procediendo a realizar la digitalización de la mancha urbano respecto a cada año, luego se hizo una superposición de capas para identificar las áreas nuevas, además, se adjuntó un *base map* que permitiera identificar los nuevos barrios, luego se realizó un *erase* para calcular el área total construida que se evidenció en la imagen del año 2019.

Determinación del NDVI: el índice de diferencia normalizada de Vegetación, proporciona la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación (Arias, Zamora, Bolaños, 2014) y es útil para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, la identificación de eco regiones y el seguimiento de patrones en los cambios estacionales y de crecimiento, se resalta que los resultados obtenidos entre el rango de -1 a 0 hacen referencia a la cobertura de suelos o agua, mientras que los valores que se encuentran entre 0 y 1 hacen referencia a la cobertura vegetal resaltando que los valores más cercanos a 1 indican vegetación sana, se obtiene a partir de las bandas 4 y 3 para una imagen Landsat 7 y para una Landsat 8 se utilizan las bandas 4 y 5, la formula implementada para obtener este resultado es:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

Donde NDVI es el índice diferencial de vegetación normalizada, NIR hace referencia a la banda del infrarrojo cercano y R a la banda del rojo; esto con el fin de identificar en el área urbana la presencia o ausencia de la cobertura vegetal urbana.

El paso siguiente fue reclasificar la imagen resultado de la operación anterior, seguido se convirtió la imagen de ráster a polígono, se realizó una intersección de la imagen con el área urbana correspondiente a cada año para obtener únicamente los datos del área de interés.

Cálculo de la temperatura brillo: para determinar la temperatura brillo se utilizaron las bandas 10 y 6 resultado del proceso realizado por el *software* QGis , en la banda 10 para el caso de la imagen Landsat 8 se tiene que es la banda térmica, la cual, permite generar una clasificación gradual de la temperatura brillo, luego se realiza el procesamiento de reclasificación de los datos se le asignan los valores originales y se genera un resultado, el mismo procedimiento se realiza para la imagen Landsat 7 pero este con una banda de

reflectancia generada por el software a partir de la banda 6 que es la banda del infrarrojo térmico, esto se hizo con el fin de identificar las áreas donde se están presentando islas de calor, luego, se reclasifico la imagen y se procedió a convertir la imagen ráster a polígono, transformando los datos ráster en datos vectoriales, seguido se realizó una intersección entre el área urbana de cada año con la imagen y se analizaron los datos de interés.

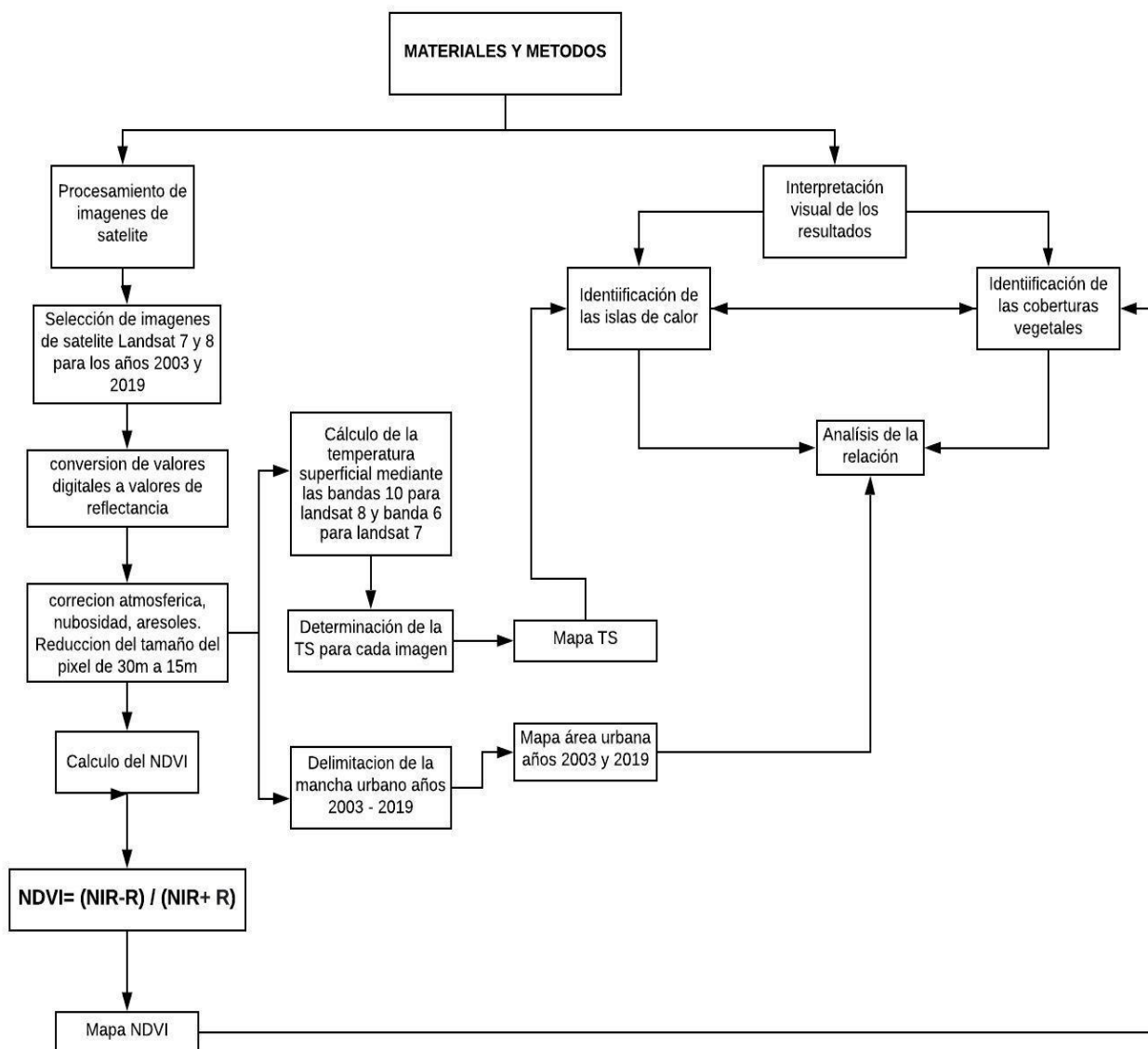


Gráfico 1: *preprocesamiento y procesamiento de imágenes de satélite*
Fuente: *elaboración propia*

Resultados

A nivel mundial, el fenómeno de expansión urbana ha sido un tema de estudio bastante controversial, Colombia como muchos de los países de América Latina ha venido presenciando un proceso acelerado de concentración de su población en las áreas urbanas, generado un crecimiento sustancial de la mancha urbana de muchas ciudades, conllevando a una sobreutilización de los recursos naturales que en la mayoría de casos se han visto afectados, además, de la variación climática que se ha presentado como el incremento de las temperaturas.

Montería hace parte del grupo de ciudades que se ha visto involucrada en el acelerado crecimiento urbano, ya que en los últimos 17 años la ciudad ha tenido un crecimiento notorio en su área urbana, esto evidenciado en el área que este tenía para el año 2003 que era de 2015 Ha, con relación a los datos del año 2019 que fue 3216 Ha (figura 2), teniendo en cuenta los cálculos hechos durante el procesamiento de los datos, el área urbana en la ciudad ha tenido un incremento del 37%, lo que equivale a 1204 Ha correspondientes para el año 2019, posee un número de habitantes de 460.080, de los cuales el 78% es urbana (357.623) y el resto equivale a la población rural (POT, 2019)

Teniendo en cuenta esta información, se tiene que Montería ha crecido de forma exponencial, esto debido principalmente al crecimiento poblacional que se ha tenido en los últimos años, además de la migración rural-urbano que se ha generado, reflejado en el desplazamiento forzoso de los habitantes del área rural principalmente por la violencia de grupos al margen de la ley, lo que ha conllevado a la creación de diferentes barrios en la mayoría de los casos con fines de interés social y principalmente a la falta de vegetación urbana.

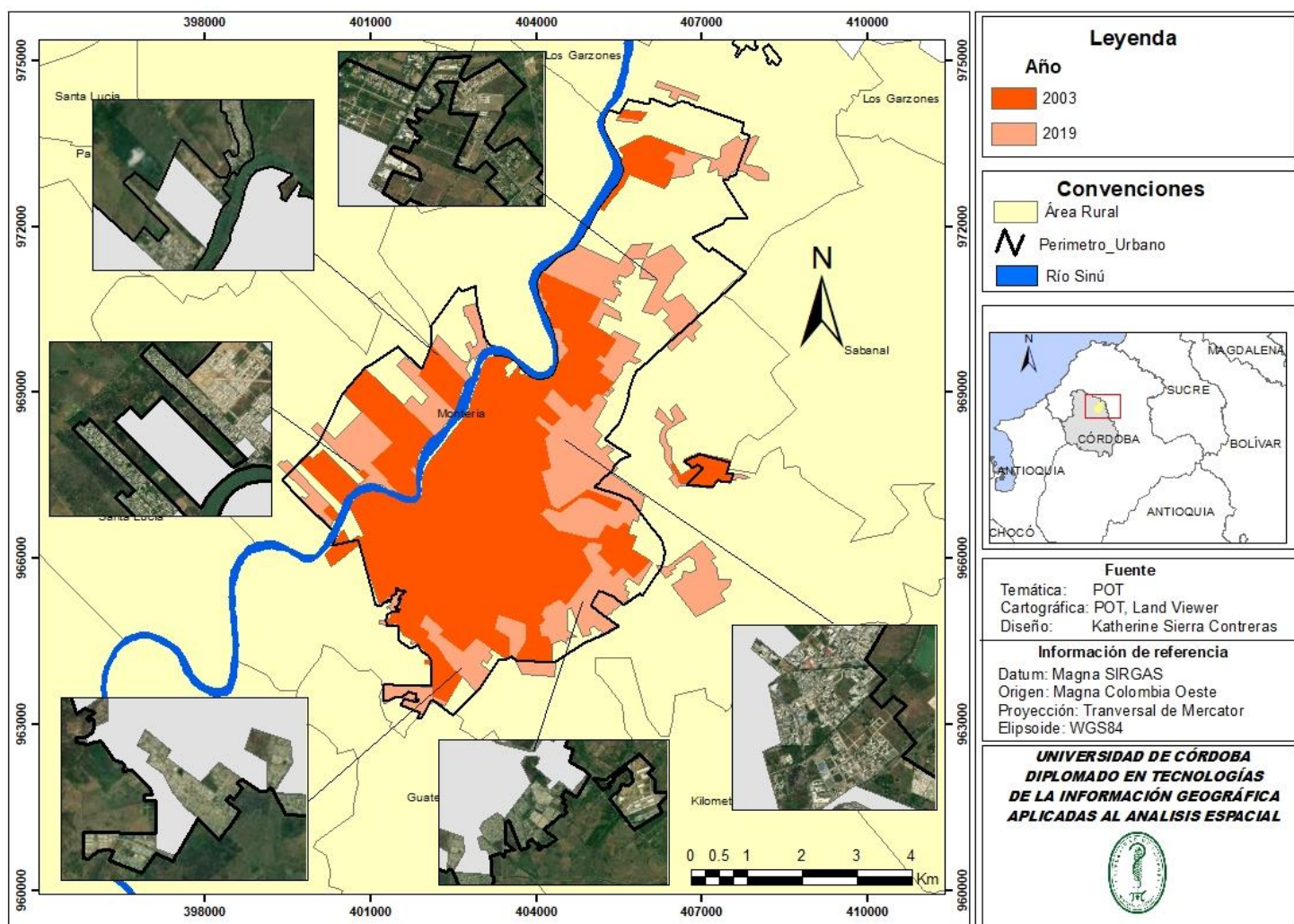


Figura 2: Crecimiento del perímetro urbano para los años 2003 y 2020
Fuente: Elaboración propia

Se logra evidenciar en la figura anterior que las áreas donde ha ocurrido el proceso de expansión urbana, tienen un proceso de distribución periférica en la ciudad. En la margen izquierda del río Sinú se pueden observar 2 áreas con crecimiento urbano (comuna 1 y 2 respectivamente), mientras que en la margen derecha se evidencian 4 áreas donde también se presenta este fenómeno. Dos en el norte en la comuna 8, una hacia el este en la Comuna 6, y una en el sur en la Comuna 4.

Este crecimiento exponencial ha involucrado todo tipo de cambios en la ciudad, uno de los principales es el desgaste de los recursos naturales que se tienen en el área urbana, esto debido al uso de elementos contaminantes como el combustible de los vehículos, la falta de cobertura vegetal, la construcción de edificios, casa, entre otros, ocasionando que Montería sea a nivel nacional una de las ciudades que presentan un Índice de Calidad Ambiental Urbano (ICAU) bajo con un 11,6 (Miniambiente, 2016) lo que ha puesto en duda las políticas ambientales que se están implementando actualmente en la ciudad, por esta razón se hizo el estudio del índice de vegetación normalizada para conocer qué tanta cobertura vegetal posee la ciudad y si ésta es suficiente teniendo en cuenta la población y el área construida.

Es así como, se decidió hacer un análisis de la cobertura vegetal y la temperatura superficial que presenta la ciudad para actualidad y así mismo compararlas con las condiciones que estas tenían para el año 2003.

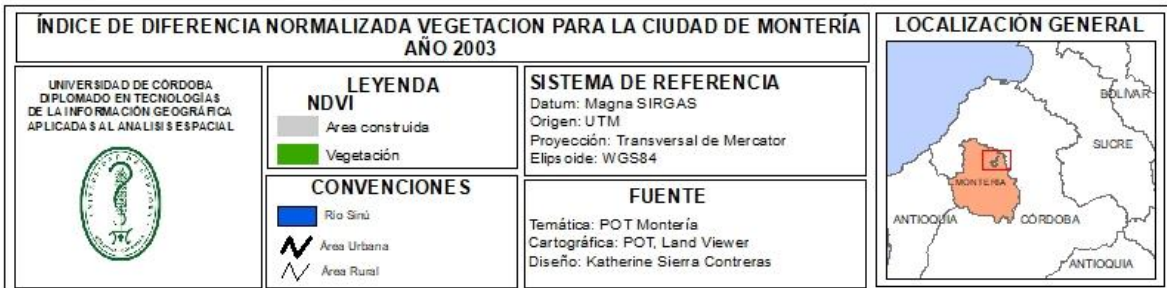
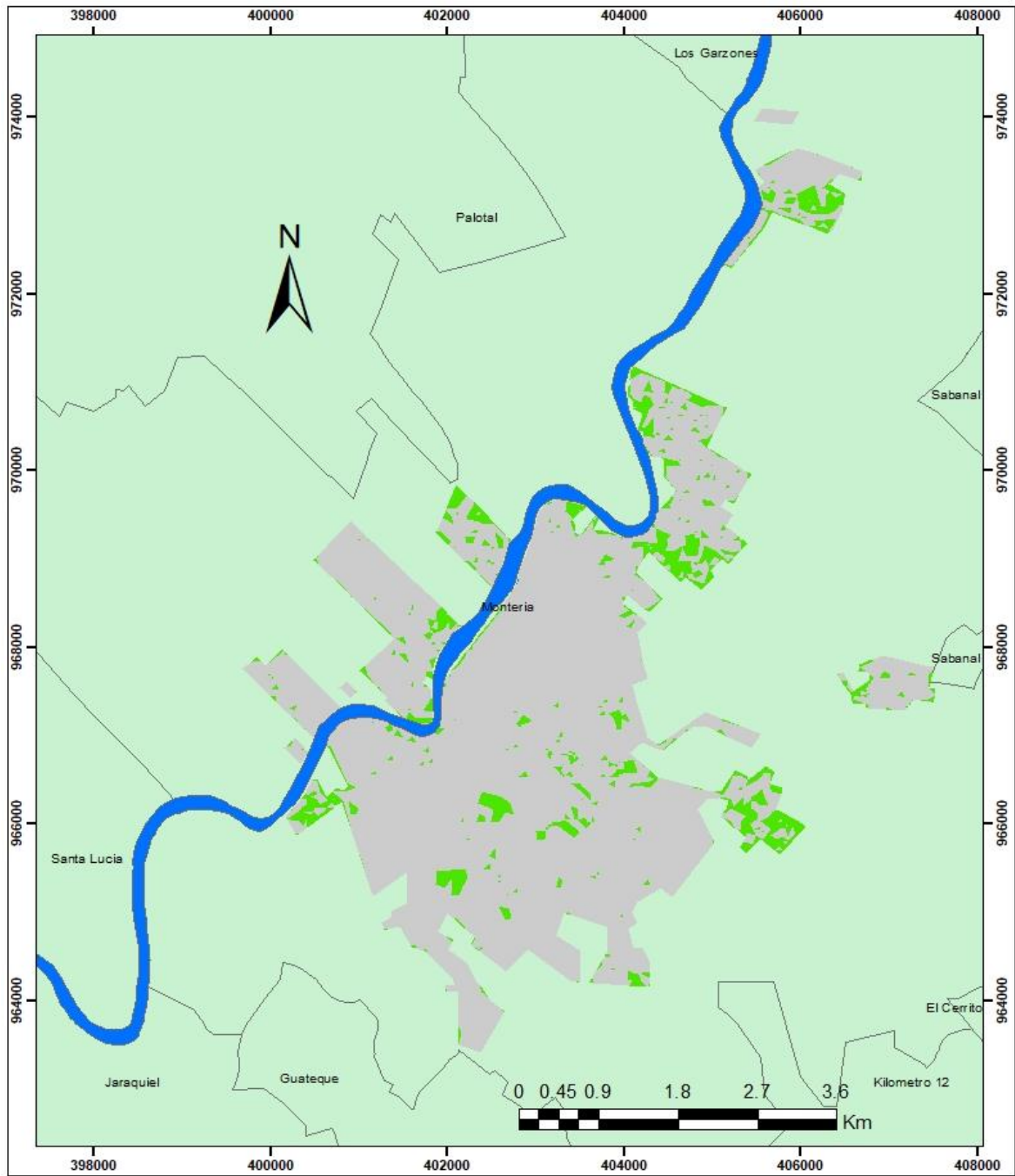


Figura 3: Índice de diferencia normalizada vegetación año 2003
Fuente: elaboración propia

Si bien es cierto que para el año 2003 el área construida era menor, la cobertura vegetal era escasa, ya que para esa época no existían políticas que regularan esta problemática y las que estaban eran precarias, ya que no constituían ni regulaban las áreas verdes y los espacios públicos, para esa época no había control en el comercio las personas o vendedores informales quienes se ubican en los lugares que desde su punto de vista eran más rentables para sus negocios, es así como, se resalta el área céntrica en una tonalidad totalmente gris ya que allí era donde se ubicaba casi el 95% de los vendedores informales sumados a los locales ya consolidados según la norma, por otra parte, los espacios públicos que existían y las áreas verdes se encontraban en estado de abandono por parte de los entes gubernamentales, para ese entonces se priorizaba el crecimiento comercial y económico, la construcción de vías de comunicación y edificaciones que ayudaban a darle estatus a la ciudad.

Sin embargo, para el año 2019 el área que incluye vegetación urbana y zonas de espacio público se ha incrementado de forma notoria pasando de 197.32Ha a 520.19 (figura 4) esto gracias a las políticas de conservación de estos espacios como las políticas de Montería amable que se han implementado con el transcurso del tiempo, agregando la consolidación del plan de ordenamiento de la ciudad (POT) quién desde 2010 ha logrado incrementar la oferta de espacio público total y efectivo donde el espacio público total muestra la relación de m² de espacio público por habitante y está compuesto por el Espacio Público Efectivo y el espacio público no efectivo, a mayor cantidad de espacio público y menor población, el valor del indicador crece, a menor cantidad de espacio público y mayor población el valor del indicador se reduce (COMPES, 2012), el espacio público efectivo corresponde al espacio público de carácter permanente, conformado por zonas verdes, parques, plazas y plazoletas, y el espacio público no efectivo corresponde a alamedas, vías peatonales, ciclorrutas, áreas protegidas, aunque Montería aún se encuentra lejos de la meta de la Política Nacional de

espacio público en la que se plantea la estrategia de construir “Ciudades Amables” que garanticen una mejor calidad de vida en sus habitantes, adecuamiento de los espacios donde habitan y se relacionan sus habitantes, construir ciudades más amables, ordenadas bajo un modelo de desarrollo urbano planificado, con espacio público adecuado, y con inclusión hacia la población discapacitada, promover el desarrollo de sistemas integrados de transporte masivo, buscando en el mediano plazo impulsar un desarrollo urbano integral mejorando el espacio público (COMPES, 2012), entre otras estrategias, todo esto realiza con el fin de mitigar el impacto de las ciudades en el medio ambiente en el que se desarrollan.

Estas políticas han hecho posible que en la actualidad se pueda tener una mejor calidad de espacios públicos, además de la recuperación de espacios verdes que ayuden a la mitigación de la contaminación causada por la emisión de gases producidos por la quema de combustibles, la construcción de edificios, la sobrepoblación, entre otros aspectos.

Sin embargo, aunque se estén implementando todas estas políticas y demás normas que ayudan a la conservación y mantenimiento de estas áreas de gran interés para el crecimiento de la ciudad, Montería sigue siendo una ciudad en condiciones precarias en cuanto al IDCU el cual es de 11,6 haciendo referencia a una muy baja calidad ambiental (Miniambiente, 2016), sumado a esto Montería se encuentra en uno de los últimos lugares respecto a las demás ciudades del Caribe; cabe resaltar que este índice no solo mide las áreas verdes y espacios públicos, sino que también tiene en cuenta 14 indicadores más, sin embargo, se resaltan estos dos ya que son los de mayor interés al momento de analizar los resultados.

NDVI Montería año 2003	
Categoría	Área total Ha
Área construida	1817.72
Cobertura vegetal	197.39

Tabla 1: *NDVI Montería año 2003*

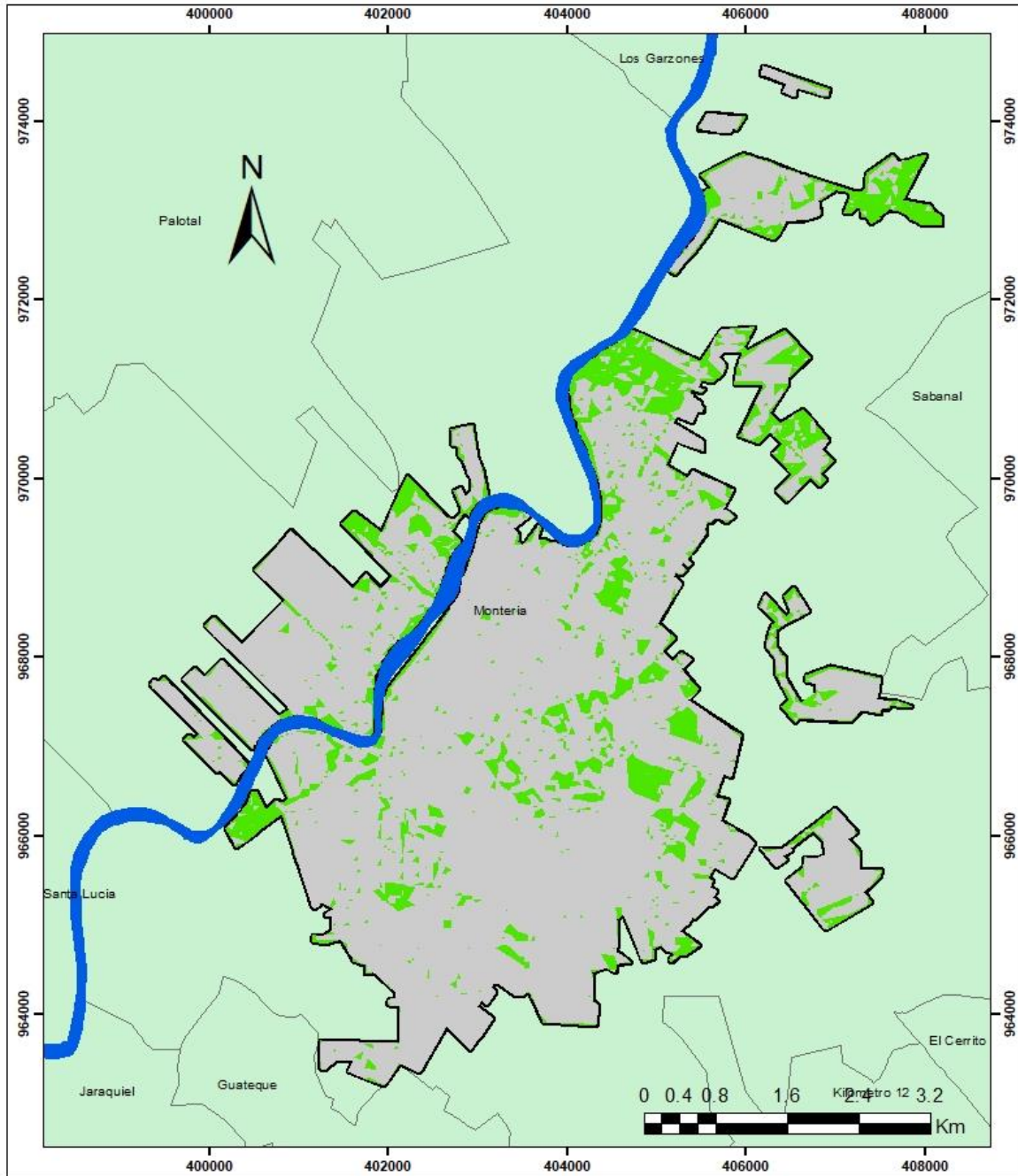
Fuente: *Elaboración propia*

NDVI Montería año 2019	
Categoría	Área total Ha
Área construida	2696.13
Cobertura vegetal	520.19

Tabla 2: *NDVI Montería año 2019*

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 1 y tabla 2 se puede denotar que el área construida es 4 veces mayor respecto a la de la cobertura vegetal, y que a pesar de que esta ha creció 322.8ha entre el año 2003 y 2019, no suplen la necesidad que tiene la ciudad y la población en cuanto a cobertura vegetal esto teniendo en cuenta que la Organización Mundial de Salud (OMS) establece que el área verde por habitantes debe estar entre los 10-15m² (COMPES, 2012), para que estas ayuden a regular las temperaturas y contaminación generada por las actividades económicas, sociales, edilicias, entre otras.



ÍNDICE DE DIFERENCIA NORMALIZADA VEGETACIÓN PARA LA CIUDAD DE MONTERÍA AÑO 2019		LOCALIZACIÓN GENERAL	
 <p>UNIVERSIDAD DE CORDOBA DIPLOMADO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADA S AL ANÁLISIS ESPACIAL</p>	<p>LEYENDA</p> <p>NDVI</p> <p>■ Área construida</p> <p>■ Vegetación</p>	<p>SISTEMA DE REFERENCIA</p> <p>Datum: Magna SIRGAS Origen: UTM Proyección: Transversal de Mercator Elipsoide: WGS84</p>	
	<p>CONVENCIONES</p> <p>■ Río Sinú</p> <p>~ Área Rural</p> <p>~ Área Urbana</p>	<p>FUENTE</p> <p>Temática: POT Montería Cartográfica: POT, Land Viewer Diseño: Katherine Sierra Contreras</p>	

Figura: Índice de diferencia normaliza vegetación para el año 2019

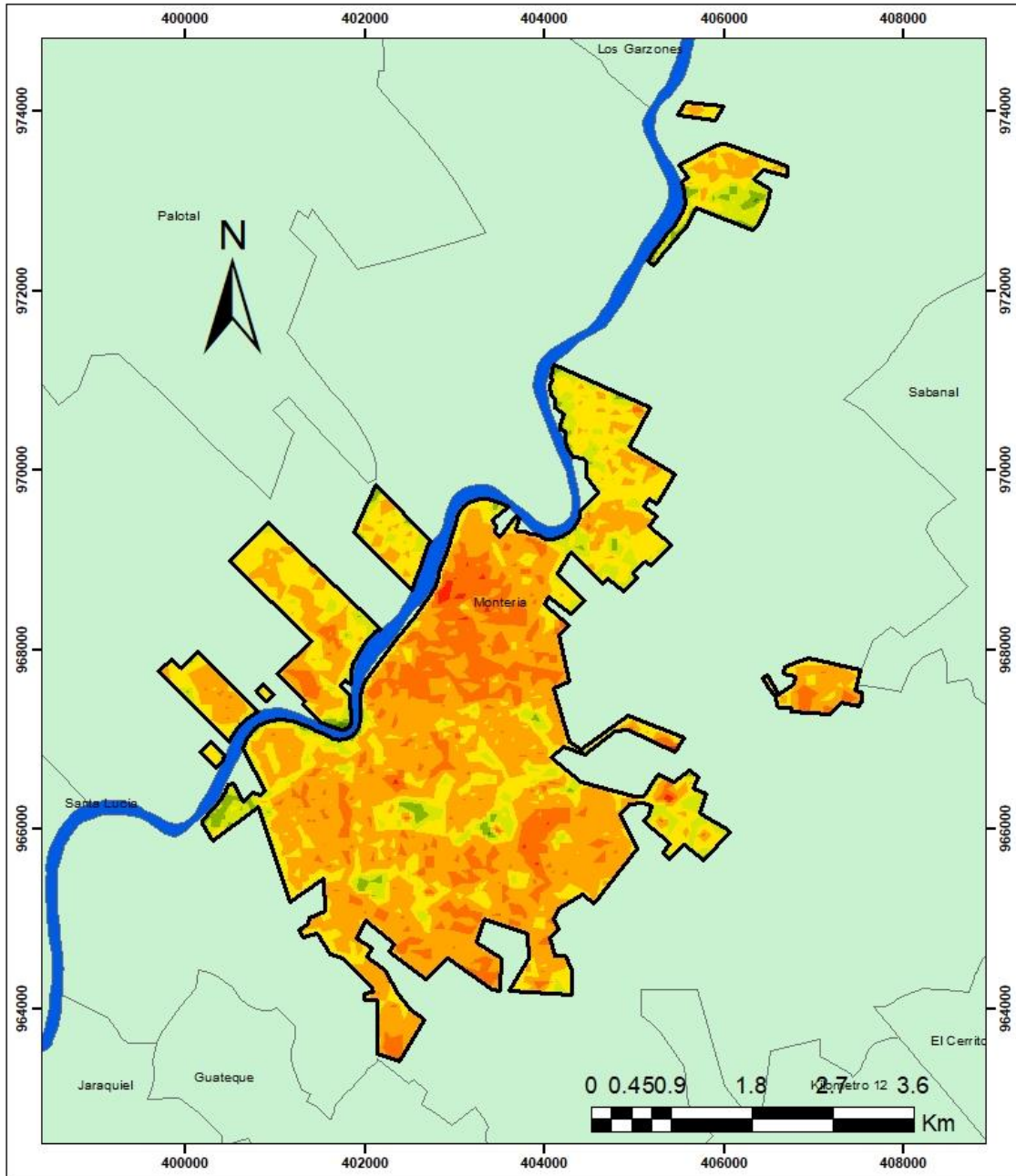
Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los mapas de las dos temporalidades se puede observar un crecimiento de la cobertura vegetal en la zona céntrica de la ciudad, cobertura que para el año 2003 no existía, así mismo, se evidencia un crecimiento de esta en la zona noreste de la ciudad, por otra parte, en el norte de la ciudad para el año 2003 se logró apreciar una cobertura vegetal existe pero algo escasa, la cual para el año 2019 creció de forma considerable siendo el área donde hay más presencia de cobertura, sin embargo, si se enfoca en el oeste de la ciudad en barrios o áreas que ya existían en el año 2003 y que presentaban poca o nula cobertura vegetal para el presente año siguen siendo iguales, lo que lleva a concluir que aunque la cobertura vegetal haya incrementado hay zonas de la ciudad que siguen presentado escasez en la cobertura, por otro lado, se resaltan las nuevas áreas o barrios que se han creado en la ciudad los cuales cumplen la condición de generar áreas de esparcimiento, e incitan a los demás sectores a generar dichas áreas con el fin de lograr tener unos índices de contaminación más bajos y una buena calidad ambiental urbana.

De esta manera se pudo evidenciar la diferencia que existe entre los años 2003 y 2019, y como la implementación de normas y el cumplimiento de estas como las Políticas de Humedales del Municipio, Políticas para el Manejo de suelo de Protección en Montería, Políticas para Gestión de la Conservación de la Biodiversidad, entre otras, pueden ayudar a la organización y mejoramiento de las ciudades, que el avance en la reglamentación estipuladas por los gobernantes ayuda a tener una mejor calidad ambiental aunque aún nos encontremos muy lejos de la meta, hay que seguir luchando por recuperar todas esas áreas óptimas para la conservación de áreas verdes, así como seguir recuperando el espacio público ocupado por los comerciantes y demás vendedores informales, para poder lograr tener una ciudad libre de contaminación, y adecuar los que ya están para que sean aptos para la recreación y ocio de toda la población urbana.

Por otra parte, se tiene otra problemática que afecta las condiciones ambientales de la ciudad, esas son las islas de calor que son un efecto resultante del desarrollo de las zonas urbanas donde calles, edificios y otro tipo de infraestructuras reemplazan zonas con vegetación o espacios abiertos. Este fenómeno es atribuido a un gran número de factores como "el uso de material de baja reflectividad solar (asfalto y concreto), baja permeabilidad de las superficies, las cuales se secan con mayor facilidad que las superficies verdes, reducción en la transferencia de calor y fuentes antropogénicas de calor como los vehículos y la industria" (Stathopoulou, Cartalis, 2006), cabe resaltar, que las islas de calor son cambios climáticos locales y no globales ya que sus efectos se limitan a una escala mucho menor.

En consecuencia, el crecimiento urbano ha generado un incremento en la temperatura superficial, ocasionado por las tipologías edilicias, dando paso al surgimiento de estas islas en diferentes puntos de la ciudad, lo que ha producido un mayor desgaste de recursos naturales como el agua, desgaste del suelo fértil, pérdida de humedales debido a la evaporación, pérdida de cobertura vegetal debido a la construcción, además, de la aparición de enfermedades como el cáncer de piel y focos de incendio. Por esta razón, es necesario identificar cuáles son las áreas de la ciudad más afectadas, para que se pueda tomar medidas preventivas y correctivas que ayuden a mitigar el incremento de la temperatura superficial y a mejorar las zonas donde estas ya están presentes.





TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LA CIUDAD DE MONTERÍA PARA EL AÑO 2003		LOCALIZACIÓN GENERAL									
<p>UNIVERSIDAD DE CORDOBA DIPLOMADO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADAS AL ANÁLISIS ESPACIAL</p> 	<p>LEYENDA</p> <p>Temperatura Superficial Grados Centígrados</p> <table border="1"> <tr> <td>24</td> <td>25</td> <td>26</td> <td>27</td> <td>28</td> <td>29</td> <td>30</td> <td>31</td> </tr> </table>	24	25	26	27	28	29	30	31	<p>SISTEMA DE REFERENCIA</p> <p>Datum: Magna SIRGAS Origen: UTM Proyección: Transversal de Mercator Elipsoide: WGS84</p>	
	24	25	26	27	28	29	30	31			
<p>CONVENCIONES</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Río Sinú</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Área Urbana</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Área Rural</td> </tr> </table>		Río Sinú		Área Urbana		Área Rural	<p>FUENTE</p> <p>Temática: POT Montería Cartográfica: POT, Land Viewer Diseño: Katherine Sierra Contreras</p>				
	Río Sinú										
	Área Urbana										
	Área Rural										

Figura 5: *Temperatura Superficial de la ciudad de Montería para el año 2020*
Fuente: *elaboración propia*

En este primer año, se pudo observar que a pesar de que la cobertura vegetal urbana era escasa aún no existían islas de calor demarcadas y que el área que presentaba la mayor acumulación de temperatura superficial era al noreste de la ciudad, esto teniendo en cuenta que para la época la contaminación era menor, el área construida no era tan grande y no habían tantos edificios de gran tamaño, lo que facilitaba que la humedad regulara la temperatura de la ciudad ayudando a que el calor no se concentrara en lugares específicos sino que se distribuyeran de forma casi uniforme por toda la superficie.

Para el año 2019 se encontró que el área que presentaba mayor temperatura superficial en el año 2003 es una de las que presenta menor temperatura en la actualidad, esto debido a que en esta zona se identificó un recubrimiento de cobertura vegetal mayor al que se tenía, ayudando a que este logre regular la temperatura de esa área, según Trujillo (2012)

Los árboles y la vegetación por medio de un proceso llamado evapotranspiración, donde las plantas liberan vapor de agua al ambiente, regulan la temperatura del aire. Como consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal y su sustitución por superficies impermeables como andenes, techos y vías el agua se dirige directamente a acueductos y alcantarillados evitando que esta se evapore para mantener la humedad en el ambiente originando un crecimiento en las temperaturas tanto superficiales como atmosféricas.

(p.12)

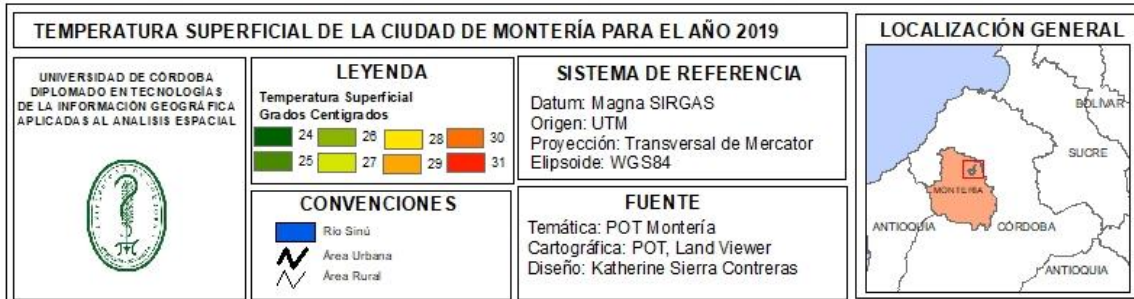
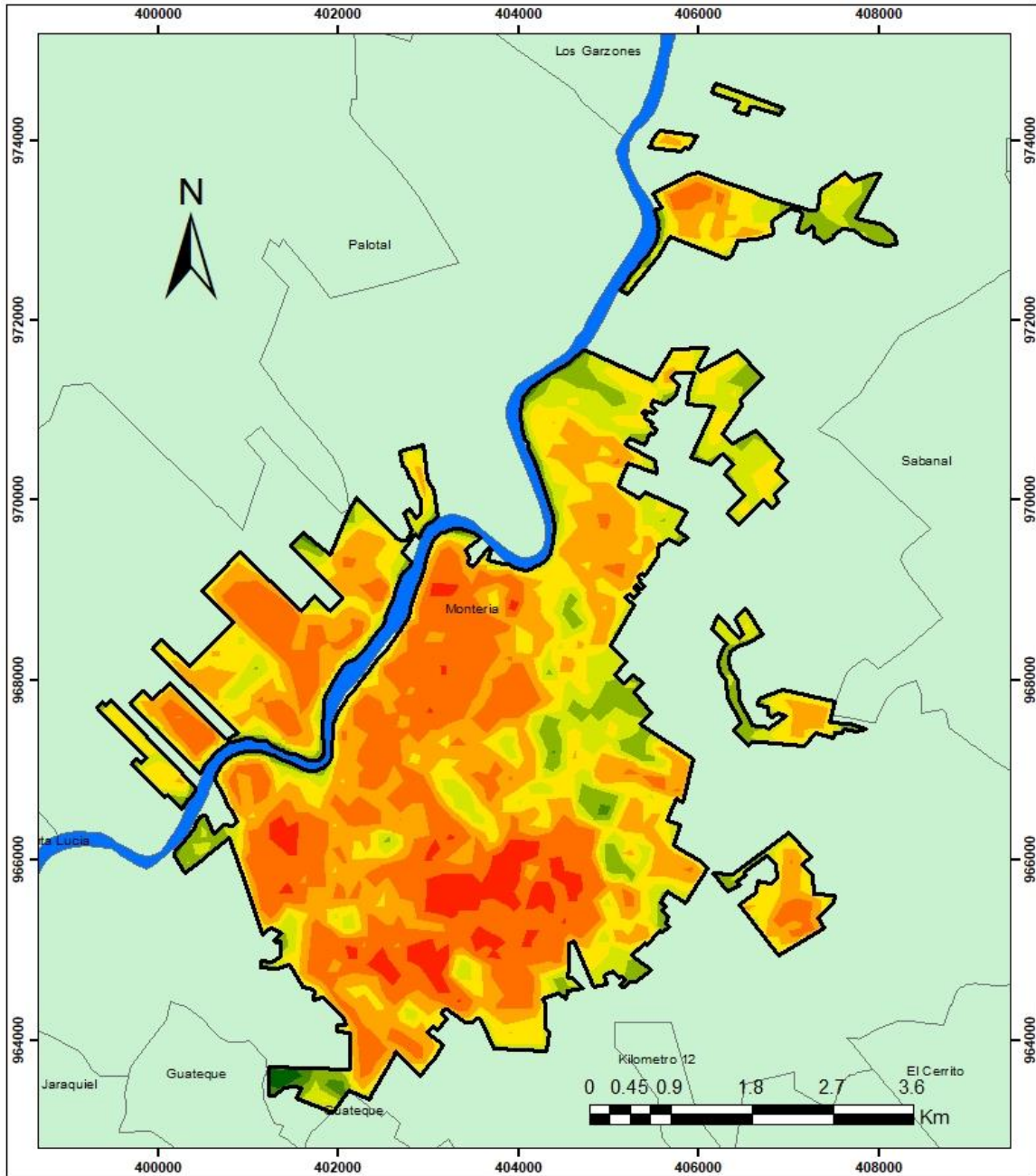


Figura 6: *Temperatura Superficial de la ciudad de Montería para el año 2019*
Fuente: *elaboración propia*

La distribución espacial de la temperatura superficial para la ciudad de Montería en el año 2019 manifiesta un incremento que se hace notable con relación a la disposición de infraestructura construida, lo cual es importante tener en cuenta en el proceso de crecimiento que ha experimentado en los últimos 17 años, producto de su desarrollo como capital departamental, teniendo en cuenta que la ciudad registra temperaturas altas durante la mayor parte del día, las cuales, influyen en la sensación térmica y las dinámicas habitacionales de la población, la figura anterior demuestra una tendencia a la concentración de altas temperaturas en la parte suroriental, con valores entre los 28 y 31 grados centígrados, los cuales están asociados a la morfología urbana, es decir, la disposición de las viviendas y los materiales de construcción, los cuales poseen una mayor capacidad de reflexión de la energía solar, por otra parte, mediante el índice de diferenciación normalizada de vegetación, se aprecia que la disponibilidad de cobertura vegetal es escasa en estos sectores de la ciudad, de modo que las condiciones de sensación térmica empeoran, pues la vegetación tiene la capacidad de mitigar estos impactos en la sensación.

Estas islas de calor se presentan principalmente en la zona céntrica de la ciudad, donde hay mayor concentración de edificaciones debido a la actividad comercial y económica, por otra parte, se destaca la isla de calor con mayor proporción en la zona sureste de la ciudad debido a la concentración de viviendas, ya que aquí es donde se concentra el asentamiento poblacional con mayor número de habitantes debido al desarrollo de urbanización, donde residen las personas de estratos 1 y 2, además, de la falta de cobertura vegetal y espacio aptos para el esparcimiento y la recreación, otra isla de calor que se evidencia es la presente en la zona oeste de la ciudad identificada como la margen izquierda, que al igual que las anteriores presenta un déficit de cobertura vegetal que ayude a mitigar las fuertes olas de calor, además, la construcción de nuevos edificios que agregan un valor al incremento de estas temperaturas.

Es así como se denota que el área de mayor cobertura es donde se presentan las temperaturas más altas, ya que estas son las de mayor concentración de construcciones y menor cobertura vegetal, por lo que están más expuestas a temperaturas elevadas.

Temperatura superficial Montería año 2003	
Temperatura	Área por categoría
24	0.3
25	5.7
26	48.0
27	190.9
28	548.4
29	951.8
30	264.7
31	5.7

Tabla 3: *Temperatura superficial Montería año 2003*
Fuente: *elaboración propia*

Temperatura superficial Montería año 2019	
Temperatura	Área por categoría
24	5.93
25	23.46
26	239.07
27	481.16
28	669.52
29	864.10
30	811.19
31	122.31

Tabla 4: *Temperatura superficial Montería año 2019*
Fuente: *elaboración propia*

Conclusiones

Montería es una ciudad que actualmente presenta muchos problemas de índole ambiental, partiendo principalmente de que en la mayoría de su mancha urbana presenta escasez de cobertura vegetal y un incremento de la temperatura superficial, esto se evidencia en los

resultados obtenidos a partir de la investigación realizada con las tecnologías de la información geográfica, las cuales permitieron determinar las áreas donde se están presentando estas, teniendo como resultados que las más afectadas son el sur, el oeste y la zona céntrica de las ciudad, ya que tienen presencia de islas de calor y escasez de vegetación, esto se justifica principalmente en el crecimiento urbano que ha presentado, el cual en la mayoría de los casos se ha dado de forma arbitraria y poco planificada sin que se haya tenido en cuenta las áreas de humedales, los cuales, fueron utilizados para la construcción de barrios y de más tipologías edilicias.

Se pudo evidenciar, que en la mayor parte del área urbana hay ausencia de vegetación a pesar de que se han implementado políticas que ayudan a regular esta situación, los microclimas generados a partir de las construcciones han generado variabilidad en la temperatura superficial de la ciudad, logrado que se efectúen zonas con mayor temperatura afectando los demás recursos presentes, todas estas variables influyen en la vida de los ciudadanos y en las actividades que estos desarrollan.

Los principales sitios de la ciudad donde se está presentando una relación estrecha entre la escasa vegetación urbana y las altas temperaturas se dan específicamente en las comunas 4, 5, 6, y 7, ya que para el caso de las comunas 4 y 6 se presenta este fenómeno principalmente por el tipo de actividad que se presenta que para este caso es la residencial, debido a que esta presenta la mayor densidad de área construida en viviendas, mientras que las comunas 5 y 7 presentan este fenómeno debido a que allí se realizan la mayor actividad económica de la ciudad lo que genera un incremento considerable en la temperatura superficial.

El presente trabajo puede ser un inicio para buscar medidas de regulación que ayuden a disminuir los efectos secundarios generados por las construcciones o la expansión urbana, por otro lado, ayuda a buscar posibles soluciones que mejoren las condiciones de las zonas

que se encuentran con mayores problemáticas para así lograr tener una ciudad con mejores condiciones ambientales para logara tener una sostenibilidad ambiental.

Bibliografía

Alcaldia de Montería. (2019). *Plan de Ordenamiento Territorial Monteria*. Montería. Colombia.

Oficina de planeacion municipal.

Arboit, M. E. (2017). *Estimación del índice de vegetación en entornos urbanos forestados consolidados de baja densidad del área Metropolitana de Mendoza, Argentina*. CUADERNO URBANO. Espacio, cultura, sociedad, 23(23), 33-60.

Arias, H. A., Zamora, R. M., & Bolaños, C. V. (2014). *Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, RapidEye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo FLAASH del software ENVI*. Revista Geográfica de América Central, 2(53), 39-59.4

CONPES, D., & Bogotá, D. C. (2012). Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia Departamento Nacional de Planeación. Política Nacional de Espacio público, 1-41.

Miniambiente (2016). *Informe nacional de calidad ambiental urbana. Áreas urbanas con población entre 100.000 y 500.000 habitantes*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana. Bogotá, D.C.: Colombia.

Ferrelli, F., Bustos, M. L., Cisneros, H., & Piccolo, M. C. (2015). *Utilización de imágenes satelitales para el estudio de la distribución térmica en distintas coberturas del suelo de la ciudad de Bahía Blanca (Argentina)*.

Lattes, A. E. (1995). *Urbanización, crecimiento urbano y migraciones en América Latina*. Notas de población.

Stathopoulou, M., & Cartalis, C. (2006). *Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece*. *Solar Energy* 81 (2007), 358–368.

Trujillo Uribe, S. (2012). *Estimación de temperatura superficial en el Valle de Aburrá mediante técnicas de percepción remota* (Doctoral dissertation, Universidad EIA).