

INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO URBANÍSTICO EN EL CAMBIO CLIMÁTICO: CASO DE ESTUDIO ISLA DE CALOR URBANA EN LA CIUDAD DE LIBERIA, GUANACASTE, COSTA RICA

Ericka BERMÚDEZ MÉNDEZ¹, Steve SÁNCHEZ MOREIRA²

¹Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional de Costa Rica

²Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional de Costa Rica

erikab99@hotmail.com, stevesm07@hotmail.com

RESUMEN

La Isla de Calor Urbana, fenómeno en que se centra el objeto de estudio de la investigación para la ciudad de Liberia en Guanacaste, Costa Rica. A partir de ello, se plantea el desarrollo de una isla de calor urbana (ICU) debido al aumento de temperatura superficial, a raíz de la expansión urbana generada exponencialmente durante las últimas dos décadas.

Con datos de estaciones automáticas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), se obtuvo promedios mensuales de la temperatura para los años 2000 (abril), 2011 (junio) y 2019 (enero); y por medio de imágenes Landsat 5 y 8, procesadas con el método de reflectancia, se obtuvo las temperaturas superficiales del área de estudio, representado mediante gráficos el cambio de temperaturas. El trabajo también contempla algunas metodologías empleadas por autores como Romero, D; Morales, C y Némiga, X que analizaron la ICU en Toluca, México; Barrantes, O para determinar una ICU en Heredia, Costa Rica; y Peña, M y Romero, H en el estudio de ICU en Santiago de Chile.

A partir de la lectura de las temperaturas, se comprueba que los registros más elevados se encuentran en la ciudad de Liberia, pues para los años 2000, 2011 y 2019, en las periferias se obtuvo promedios mensuales de 29,13°C, 23,62°C y 24,12°C respectivamente, mientras que en el área de estudio se registra valores promedios mensuales de 30,27°C, 31,0°C y 30,1°C. El trabajo propone tres estrategias de mitigación como la reforestación urbana, las azoteas frescas y las azoteas verdes.

Palabras clave: Expansión urbanística, islas de calor, mitigación, temperatura promedio.

ABSTRACT

The Urban Heat Islands (UHI), phenomenon in which the object of the research is centered, for Liberia city in Guanacaste, Costa Rica. From it, the development of an urban heat island is proposed due to the increase in surface temperature, following the urban expansion generated exponentially during the last two decades.

With data from automatic stations of the Instituto Meteorológico Nacional (IMN), monthly temperature average were obtained for the years 2000 (April), 2011 (June) and 2019 (January); and through the Landsat 5 and 8 images, processed with the reflectance method, the surface temperatures of the study area, were obtained, represented by graphs, the change in temperature. Also, the document includes some methodologies used by the authors Romero, D; Morales, C y Némiga, X who analyzed the UHI in Toluca, México; Barrantes, O to determinate an UHI the city of Heredia, Costa Rica; and y Peña, M y Romero, H in the study on UHI in Santiago de Chile. From the temperatures reading, it is verified that the highest records are found in the city of Liberia, because for the years 2000, 2011 y 2019, monthly averages of 29,13°C, 23,62°C y 24,12°C respectively, were obtained in the periphery, through monthly averages values of 30,27°C, 31,0°C y 30,1°C, were obtained in the study area. The study proposes three mitigation strategies, as the urban reforestation, fresh roofs and green roofs.

Keywords: Urban expansion, heat island, mitigation, average temperature.

1.INTRODUCCIÓN

A raíz de un crecimiento acelerado es que las distintas ciudades experimentan una gran variedad de problemáticas tanto ambientales como sociales, entre ellos, sobresale el fenómeno de islas de calor urbana (ICU), cuyo concepto está definido como la diferencia de temperaturas entre el grado de un área urbana y el grado de sus entornos más cercanos o periferias (Villanueva, Ranfla y Quintanilla, 2012).

De igual modo, este fenómeno se presenta como el resultado de las distintas actividades humanas y su efecto negativo reside principalmente en la troposfera baja, debido a las actividades urbanísticas, en donde se sustituyen los diferentes usos del suelo y cubiertas naturales por superficies construidas con materiales que se caracterizan por poseer un bajo albedo, baja permeabilidad y emisión de gases que producen calor, elevando la temperatura de una ciudad (Peña y Romero, 2005). Por lo tanto, es posible afirmar que, en cuanto mayor sea el grado de desarrollo urbanístico o actividades humanas, y menor vegetación, mayor será el tamaño e intensidad de la isla de calor urbana.

Entre los principales impactos ocasionados por las islas de calor, se obtiene que debido a las elevadas temperaturas, la poca humedad en el aire y la gran incidencia de incendios en zonas de vegetación, contribuyen al aumento de partículas en suspensión, que junto a otros contaminantes producidos por la actividad humana, afectan fundamentalmente las vías respiratorias, en donde se incrementan los casos de enfermedades como asma y bronquitis, asimismo, las personas que habitan en zonas urbanas, son más propensas a presentar diferentes afectaciones en salud, tales como quemaduras de piel, calambres, agotamientos, insolación, golpe de calor, entre otros (Córdova, 2010).

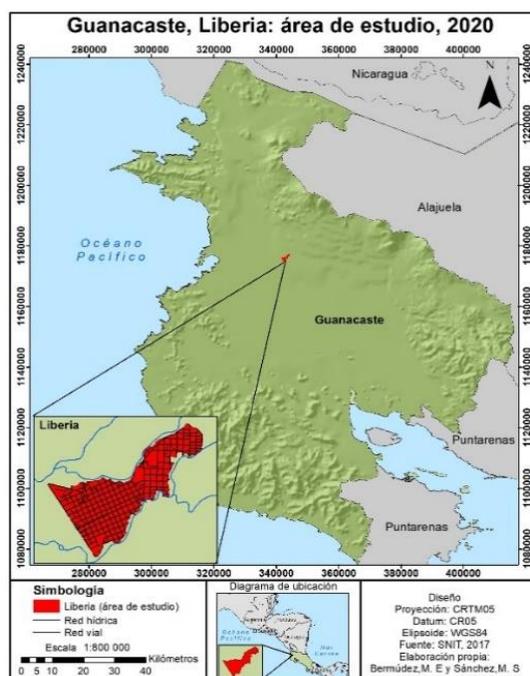
Liberia y la provincia de Guanacaste en general, ha recibido una transformación en su espacio y el estilo de vida urbana, producto de los distintos cambios sufridos dentro de las actividades económicas tradicionales, a nuevas actividades con mayor incursión del mercado global, es a partir del 2012 que Liberia experimenta, un repunte en

actividades como el turismo y el sector inmobiliario, el cual generó nuevas zonas residenciales, de comercio, entre otros (Arrieta, 2016). Asimismo, la apertura de nueva red vial, el aeropuerto Daniel Oduber, servicios como hospitales, escuelas y demás, son factores importantes para el crecimiento urbano. A partir de esta situación es que se desea comprobar la existencia de una isla de calor urbana en la ciudad de Liberia en Guanacaste, Costa Rica.

2. MÉTODOS

2.1 Área de estudio

En la gran planicie guanacasteca, se encuentra situada la ciudad de Liberia, cabecera y cantón número uno de la provincia de Guanacaste, Costa Rica; esta limita al norte con La Cruz, al noreste con Upala, al este con Bagaces, al sur con Carrillo y al oeste con el Océano Pacífico (Municipalidad Liberia, 2017). Esta ciudad está demarcada por la carretera Interamericana, dividiéndola en dos sectores, este y oeste, el sector este con mayor topografía debido a su cercanía a la Cordillera Volcánica de Guanacaste (Instituto de Desarrollo Rural, 2014).



Mapa 1. Ubicación Liberia, Guanacaste. Fuente: elaboración propia

La ciudad de Liberia presenta un clima cálido, el cual posee una época seca, extendida entre los meses de diciembre y abril; así como cuenta con una época lluviosa desde el mes de mayo a noviembre, con una considerada reducción en la precipitación en julio y agosto (Günther, 1992). Liberia presenta una temperatura promedio anual de 27°C y recibe anualmente 2000 mm de lluvia en promedio (Ramírez, 1985); los meses con mayor precipitación corresponden a septiembre y octubre, debido a la influencia monzónica.

2.2 Datos y procedimiento

Con el fin de la obtención de datos, se seleccionó las estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) en la periferia del área de estudio, estas se encuentran localizadas en Llano Grande y Mangarica, con lo cual se obtuvo promedios mensuales de la temperatura ambiente para los años 2000 (abril), 2011 (junio) y 2019 (enero), respectivamente; esto para verificar una tendencia de aumento en las temperaturas a través de este período.

A partir de imágenes Landsat 5 y 8, obtenidas del servicio Earth Explorer (USGS) y procesadas con el método de reflectancia mediante el programa ENVI, se obtuvo las temperaturas superficiales del área de estudio, para el mismo período, en los meses de abril, marzo y diciembre, respectivamente.

Una vez determinada el área de estudio, se procedió a delimitarla con la herramienta ArcMap; con la cual también se diseñaron una serie de gráficos que representan el cambio de temperatura, tanto de las periferias como del área de estudio, lo cual permite demostrar el comportamiento de la isla de calor como producto del incremento de la temperatura en el área urbana.

Mediante la comparación de los gráficos, es posible identificar la variabilidad de la temperatura específicamente para el área de estudio y en el transcurso del período definido anteriormente, para determinar la isla de calor.

El trabajo también contempla algunas metodologías empleadas por autores como Romero, D; Morales, C y Némiga, X que analizaron la ICU en Toluca, México, en donde se integra la recolección de datos, como la temperatura ambiente a partir de estaciones meteorológicas; Peña, M y Romero, H en el estudio de ICU en Santiago de Chile, en cual se contempla la utilización de imágenes Landsat para la obtención de la temperatura superficial y Barrantes, O para determinar una ICU en Heredia, Costa Rica, con el fin de integrar la variable de crecimiento urbanístico asociado a las islas de calor.

3. RESULTADOS

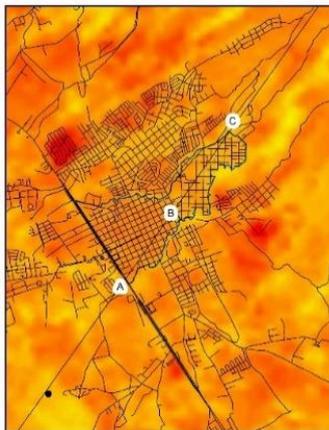


Figura 1. Temperatura superficial, 2000. Fuente: elaboración propia con datos de imagen landsat

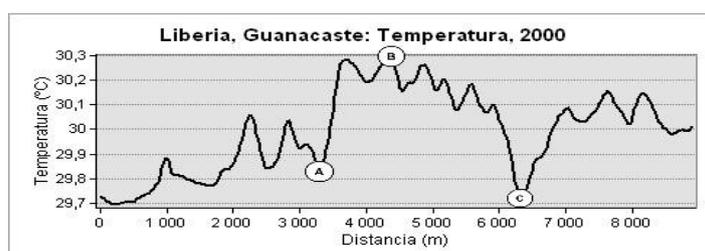


Figura 2. Gráfico de tendencia de temperatura superficial, 2000. Fuente: elaboración propia con datos de imagen landsat

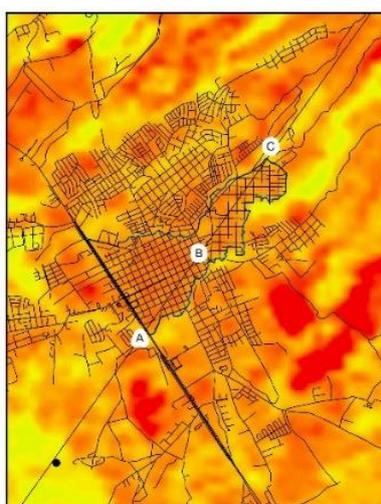


Figura 3. Temperatura superficial, 2011. Fuente: elaboración propia con datos de imagen landsat

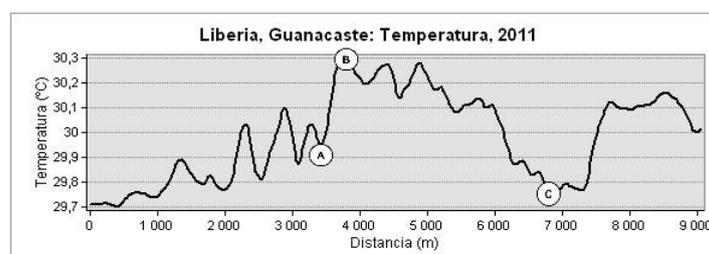


Figura 4. Gráfico de tendencia de temperatura superficial, 2011. Fuente: elaboración propia con datos de imagen landsat

La Figura 3 representa el incremento de temperatura superficial en el área de estudio, en donde las tonalidades tienden a ser medias-altas, refiriéndose a temperaturas de mayor intensidad, por otra parte; la Figura 4 muestra un patrón similar a la Figura 2, en donde es posible observar un aumento significativo en las temperaturas, cuando se está dentro de los límites del área de estudio.

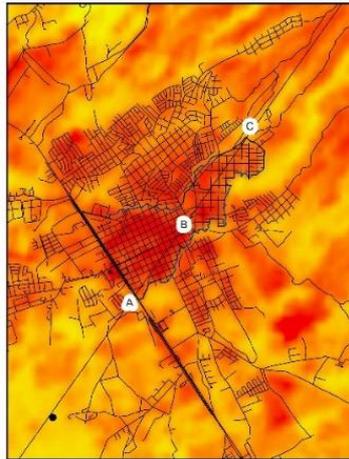


Figura 5. Temperatura superficial, 2019. Fuente: elaboración propia con datos de imagen landsat

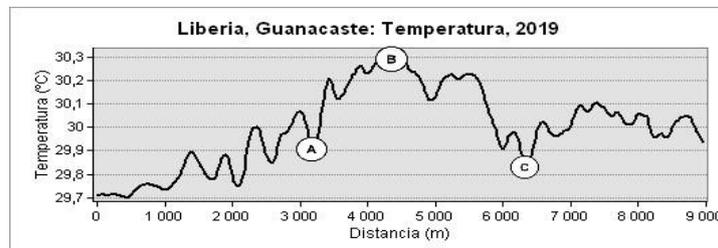


Figura 6. Gráfico de tendencia de temperatura superficial, 2019. Fuente: elaboración propia con datos de imagen landsat

En la Figura 5 se evidencia un incremento en la temperatura del área de estudio, cuya tonalidad es más intensa, lo que refiere a temperaturas más altas; de la misma manera en el gráfico de la Figura 6 este representa un crecimiento de la temperatura hacia el interior del área de estudio, situación constante en cada año muestreado.

Promedios de temperatura (°C)							
Días	Abril 2000	Junio 2011	Enero 2019	Días	Abril 2000	Junio 2011	Enero 2019
1	30,24	-	24,49	16	28,97	22,38	23,49
2	30,07	22,93	24,27	17	29,48	22,45	24,17
3	28,66	24,25	24,11	18	30,22	20,85	24,25
4	28,46	23,33	24,70	19	28,68	22,47	24,27
5	29,10	21,28	24,80	20	29,00	23,28	24,27
6	29,26	-	24,43	21	29,64	22,41	23,67
7	29,03	21,13	24,29	22	29,55	23,04	23,98
8	28,83	23,28	23,64	23	28,77	22,89	24,00
9	28,73	23,92	23,91	24	29,21	-	24,43
10	29,33	24,16	23,29	25	28,64	20,82	24,83
11	30,10	26,93	23,77	26	29,26	21,45	24,89
12	29,50	26,34	22,95	27	30,31	25,10	25,58
13	28,45	27,73	23,62	28	29,57	24,11	24,70
14	26,81	27,86	22,81	29	29,57	26,29	23,95
15	27,36	23,70	23,55	30	28,98	23,40	24,51
				Promedio	29,13	23,62	24,12

Tabla 1. Registro de temperaturas mensuales, 2000, 2011 y 2019. Fuente: elaboración propia con datos del IMN.

Con lo que respecta a la Tabla 1, se obtiene los datos mensuales de temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$) de las estaciones meteorológicas localizadas en la periferia de la ciudad de Liberia, cabe destacar que, para el año del 2000 en el mes de abril, se registra en promedio temperaturas de $29,13^{\circ}\text{C}$; para el año 2011 en el mes de junio $23,62^{\circ}\text{C}$; y con lo que respecta al año 2019 en el mes de enero $24,12^{\circ}\text{C}$. Cabe recalcar que para el mes de abril en el año 2000, se obtuvieron temperaturas muy altas debido a que este mes, por lo general es el más caluroso a nivel nacional.

4.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Durante el día la superficie terrestre y la atmósfera absorben calor tanto directa como indirectamente de la radiación solar, las imágenes landsat capturan directamente la temperatura superficial del área de estudio y el calor en este, debido a las propiedades térmicas de los diferentes materiales del área, así mismo durante la mañana y la tarde la superficie absorbe todo el calor de la zona urbana e irradia la mayor parte de esta energía a las ciudades más que las zonas rurales (Sheng, Tang, You, Gu y Hu; 2017). Por otra parte, el calor antropogénico generado por radiaciones contrarias como fuentes de calor adicionales, es que las áreas urbanas liberan más calor que las áreas rurales, de esta manera la contaminación conduce a una atmósfera incapaz de contrarrestar la radiación que en las zonas rurales, es por esto; que dicha contaminación en cuanto mayor sea, mayor contaminación del aire y aumento de energía térmica generará, lo que provoca directamente un ambiente ideal para la formación de una isla de calor (Sheng, et al; 2017).

A partir de los registros obtenidos de la temperatura superficial en la ciudad de Liberia, se observa una marcada homogeneidad, la cual, en efecto, presenta una mayor frecuencia de temperaturas con valores mayores de 30°C . Romero, Morales y Némiga (2011), afirman que las temperaturas mayores a este valor, es común encontrarlas en aquellas superficies compuestas por materiales de construcción urbanos.

Es evidente que al paso de los años las temperaturas del área de estudio se intensifican, como se muestra en las Figuras 1,3 y 5, en donde es posible observar un cambio entre las tonalidades de forma más leve, como amarillo para el año 2000, a niveles intermedios, como naranja para el año 2011, hasta niveles altos, como el rojo para el año 2019. Este hecho es un dato más para afirmar que el cambio climático se ha convertido como una realidad social, con una aceptación generalizada por muchos, de que la biosfera corre un gran peligro por el aumento de temperaturas (Useros, 2012). Los datos de temperaturas ambiente del IMN, las cuales corresponden a las periferias de la ciudad de Liberia (Tabla 1), manifiestan resultados promedio a los 29° , 23° y 24°C para los años 2000, 2011 y 2019 respectivamente, mientras que como se menciona anteriormente, el centro urbano de Liberia, a partir de los gráficos generados y de las imágenes Landsat, se reflejaron temperaturas relativas a los 30°C para los mismos años. Esto aclara que entre más se aleje de Liberia existe una disminución significativa de la temperatura, oscilando entre ambas zonas aproximadamente un $4,6^{\circ}\text{C}$; dejando así, expuesto el fenómeno de isla de calor.

Según lo anteriormente mencionado, en el periodo del año 2011 al 2019, hubo un aumento de 1°C en la temperatura ambiente, mientras que este panorama se repite en la temperatura superficial durante los años 2000, 2011 y 2019, en donde se tienen

temperaturas de 29.8°; 29.9° y 30° C respectivamente; científicos aseguran que el aumento en las temperaturas de más de 0.09°C por década, refiere a un incremento significativo y alarmante (Blanco, 2017).

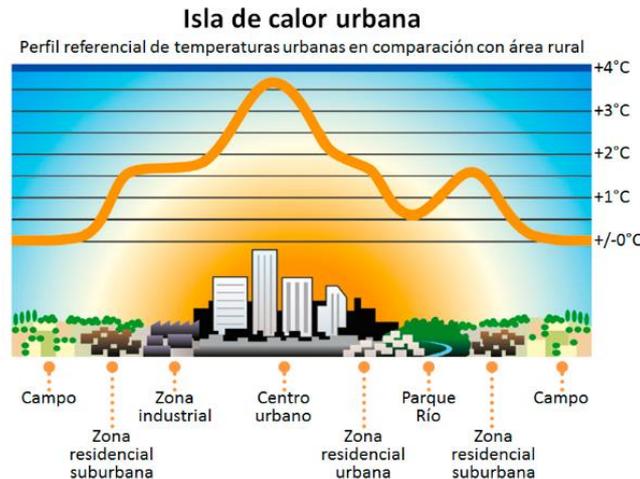


Figura 7. Perfil referencial de temperaturas urbanas en comparación con áreas rurales por la isla de calor. Fuente: Periódico Arquitectura y Energía. (2015).

Con lo que respecta a la Figura 7, es posible realizar una comparación con los gráficos obtenidos a partir de las temperaturas superficiales de la ciudad de Liberia (Figuras 2, 4 y 6), en donde a simple vista se evidencia una tendencia muy similar, ya que en las periferias más cercanas presentan temperaturas medias, mientras que más se acerque al área urbana, dichas temperaturas aumentan y se vuelve a marcar una disminución notable de las mismas, cuando se empieza a retirar del área urbana; esta situación se presenta de forma similar para cada año muestreado, por lo cual se puede afirmar que Liberia presenta una tendencia de contar con el fenómeno de isla de calor urbana, desde hace más de dos décadas, el cual se ha ido intensificando por la apertura urbanística además, por la contaminación que se ha desarrollado en la zona.

De esa forma, cabe destacar que, el gran auge de la actividad urbanística en las ciudades ha provocado distintas alteraciones en la atmósfera, lo cual conlleva a una modificación en las condiciones climáticas y ambientales por causa del fenómeno la isla de calor. Capelli, Piccolo y Campo de Ferreras (2005) señalan, que la presencia de las zonas urbanas ocasiona un mayor grado de calidez, que las zonas de campo y sitio alejados (periferias) de los centros urbanos.

Conforme la urbanización se intensifica, más superficies naturales serán cubiertas por materiales que, en general reflejan menos y absorben más la energía solar, por lo que la generación de una isla de calor está directamente relacionado a la reducción de espacios verdes (Estoque y Murayama, 2017). Con el objetivo de evitar que este fenómeno de isla de calor continúe intensificándose en la ciudad de Liberia, se proponen tres estrategias claves para mitigar esta problemática, las cuales se definen como: reforestación urbana, azoteas frescas y azoteas verdes.

A lo que respecta la reforestación urbana, consiste en modificar las condiciones micro climáticas en espacios abiertos al regular la temperatura y humedad, además de que permite mejorar la calidad del aire al capturar el dióxido de carbono; en el caso de las azoteas frescas son aquellas zonas en donde se logra implementar la utilización de

materiales que poseen características de albedo alto, esta media es vista como la de mayor eficacia para mitigar las ICU; y con respecto de azoteas verdes se refiere al tratamiento en el cual se crea una cobertura natural inducida en la superficie de las distintas edificaciones, disminuyendo la temperatura a través de la evapotranspiración (Villanueva, et al., 2012).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión, del profesor Geógrafo Omar Barrantes Sotela, el profesor Ricardo Orozco Montoya y el profesor Roy Rojas Garro, a quienes nos encantaría expresar nuestro más profundo agradecimiento por guiarnos en diferentes etapas de la realización del estudio y por hacer posible la elaboración de dicha investigación.

A Ivannia Méndez Monge y Jaime Bermúdez Flores (madre y padre de Ericka Bermúdez Méndez) y Vannesa Sánchez Moreira (madre de Steve Sánchez Moreira) por su apoyo en cada proyecto que nos proponemos y siempre impulsarnos a seguir adelante y ser grandes profesionales.

REFERENCIAS

- Arrieta, O. (2016). *Espacio urbano en ciudades intermedias de la periferia en tiempos de globalización capitalista: el caso de Liberia, Guanacaste*. (Tesis de doctorado en Ciencias Sociales). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Barrantes, O. (2018). *Análisis del efecto del cambio de uso de la tierra en el fenómeno de isla de calor urbano (ICU) en la ciudad de Heredia, Costa Rica*. (Tesis de maestría en Desarrollo Sostenible con énfasis en Conservación de los Recursos Biológicos). Universidad de Costa Rica, San Ramón, Costa Rica.
- Blanco, P. (12 de septiembre, 2017). San José se ha calentado en los últimos 50 años. *En periódico de la Universidad de Costa Rica*. Recuperado de: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2017/09/12/san-jose-se-ha-calentado-en-los-ultimos-50-anos.html>
- Blender, M. (14 de abril, 2015). Isla de calor urbana. *En periódico Arquitectura & Energía*. Recuperado de: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/isla-de-calor-urbana/>
- Capelli, A.; Piccolo, M. y Campo de Ferreras, A. (2005). “Clima urbano de Bahía Blanca”. *En Revista Universitaria de Geografía*. 15(2): 168-186
- Córdova, K. (2010). “Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y salud humana. Análisis comparativo: Caracas, octubre 2009, marzo-2010”. *En revista Terra Nueva Etapa*. 27(42): 95-122
- Estoque, R y Murayama, Y. (2017). Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015). *En ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 133: 18–29
- Günther, W. (1992). “Distribución espacial de los periodos de retorno de tres eventos de lluvias extremas en Costa Rica”. *En Revista Geográfica de América Central*. 25 (26): 193-207.

- Instituto de Desarrollo Rural [INDER]. (2014). *Caracterización del Territorio Inder Liberia-La Cruz Costa Rica*. Recuperado de: <https://www.inder.go.cr/liberia-la-cruz/Caracterizacion-Territorio-Liberia-LaCruz.pdf>
- Instituto Meteorológico Nacional [IMN]. (2020). *Registro de datos meteorológicos de la ciudad de Liberia para el periodo 2000,2011 y 2019*. San José, Costa Rica
- Municipalidad de Liberia. (2017). *Historia del cantón de Liberia*. Recuperado de: <https://www.muniliberia.go.cr/muni/std/92/canton-de-liberia>
- Peña, M y Romero, H. (2005, octubre). *Relación espacial y estadística entre las islas de calor de superficie, coberturas vegetales, reflectividad y contenido de humedad del suelo, en la ciudad de Santiago y su entorno rural*. XXVI Congreso Nacional y XVI Congreso Internacional de Geografía. Santiago, Chile.
- Ramírez, P. (1985). *Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica*. Ministerio De Agricultura Y Ganadería [MAG] e Instituto Meteorológico Nacional [IMN]. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Estudio+sobre+veranillos+en+Costa+Rica>
- Romero, S; Morales, C y Némiga, X. (2011). “Identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, México”. En *Revista de Climatología*. 1(11): 1-10
- Sheng, L; Tang, X; You, Heyuan; Gu, Qing y Hao, H. (2017). “Comparison of the urban heat island intensity quantified by using air temperature and Landsat land surface temperature in Hangzhou, China”. En *Ecological Indicators*. 72: 738–746
- Useros, J. (2012). “El Cambio Climático: Sus causas y efectos medioambientales”. En *Real Academia de Medicina y Cirugía*. 50 (13): 71-98
- Villanueva, J., Ranfla, A y Quintanilla, A. (2012). “Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de Mitigación en Ciudades de clima árido extremo”. En *Información Tecnológica*. 24(01): 15-55.