



La Universidad que Siembra



**VICERRECTORADO
DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS INDUSTRIALES
ESTADO COJEDES**

**Jefatura de Estudios
Avanzados**

**APROXIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL
FENÓMENO ISLA DE CALOR URBANA EN
CIUDADES DEL ESTADO COJEDES EMPLEANDO
SENSORES REMOTO**

Autor: MSc. Pedro José Flores Manzanero

Tutor: Dr. Franklin J. Paredes Trejo

SAN CARLOS, OCTUBRE DE 2022

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
“EZEQUIEL ZAMORA”**



La Universidad que siembra

**Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales
Programa de Estudios Avanzados
Subprograma Ciencias del Agro y del Mar
Doctorado en Ambiente y Desarrollo**

Título del Trabajo

**APROXIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL FENÓMENO ISLA
DE CALOR URBANA EN CIUDADES DEL ESTADO COJEDES
EMPLEANDO SENSORES REMOTOS**

Requisito parcial para optar al grado de
Doctor en Ambiente y Desarrollo

Autor: MSc. Pedro José Flores Manzanero

C.I.: V-12.367.401

Tutor: Dr. Franklin J. Paredes Trejo

San Carlos, octubre 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Franklin J. Paredes T., cédula de identidad N° V-12.200.786, en mi carácter de Tutor de la Tesis Doctoral, titulada Aproximación Espacio-Temporal del Fenómeno Isla de Calor Urbana en ciudades del estado Cojedes empleando sensores remotos, presentado por el ciudadano: Pedro José Flores Manzanero, para optar al título de Doctor en Ambiente y Desarrollo, por medio de la presente certifico que he leído el Trabajo y considero que reúne las condiciones necesarias para ser defendido y evaluado por el jurado examinador que se designe.

En la ciudad de San Carlos a los 13 días del mes de octubre del año 2022.

Nombre y Apellido: FRANKLIN JAVIER PAREDES TREJO

A handwritten signature in black ink that reads "Franklin Javier". The signature is written in a cursive style with a long, sweeping horizontal stroke at the top.

Firma de Aprobación del tutor

San Carlos, octubre 2022

ACTA DE DEFENSA DE TESIS DOCTORAL



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"EZEQUIEL ZAMORA"
UNELLEZ VIPI COJEDES



PRESAV
PROGRAMA DE
ESTUDIOS AVANZADOS
COJEDES-UNELLEZ

ACTA DE PRESENTACIÓN / DEFENSA TRABAJO ESPECIAL DE GRADO, TRABAJO DE GRADO, TESIS DOCTORAL

Nosotros, miembros del jurado de:

Trabajo Especial de Grado	Trabajo de Grado	X	Tesis Doctoral
---------------------------	------------------	----------	----------------

Titulado(a):

APROXIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL FENÓMENO ISLA DE CALOR URBANA EN CIUDADES DEL ESTADO COJEDES EMPLEANDO SENSORES REMOTOS

Elaborado por el (la) participante:

Nombres, Apellidos y Cédula de Identidad

PEDRO JOSÉ FLORES MANZANERO C.I. V-12.367.401

Como requisito parcial para optar al grado académico de: Doctora, el cual es ofrecido en el programa de: Doctorado en Ambiente y Desarrollo, del Programa de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la UNELLEZ – San Carlos, hacemos constar que hoy, **viernes 16 de diciembre de 2022** a las 9:00 Am, se realizó la presentación / defensa del mismo, acordando:

- APROBAR LA PRESENTACIÓN / DEFENSA DEL TRABAJO / TESIS.
- APROBAR LA PRESENTACIÓN / DEFENSA DEL TRABAJO / TESIS, OTORGANDO MENCIÓN PUBLICACIÓN.
- APROBAR LA PRESENTACIÓN / DEFENSA DEL TRABAJO / TESIS, OTORGANDO MENCIÓN HONORÍFICA.
- APROBAR LA PRESENTACIÓN / DEFENSA DEL TRABAJO / TESIS, OTORGANDO MENCIÓN PUBLICACIÓN Y HONORÍFICA.

Dando fe de ello levantamos la presente acta, la cual finalizó a las

9:40 Am

1.- Jurado Coordinador (a)

Dr. Franklin Javier Paredes Trejo
C.I. V- 12.200.786 (UNELLEZ)

2.- Jurado Principal

Dra. Nahir Carballo
C.I. V- 11.961.711 (UNELLEZ)

4.- Jurado Suplente

Dr. Freddy La Cruz
C.I. V- 11.961.668 (UNELLEZ)

3.- Jurado Principal

Dr. Julio Camejo
C.I: 7.561.584 (UNESR)

5.- Jurado Suplente

Dr. Rafael Reyes
C.I: 6.898.573 (UNESR).

Nota: Esta acta es válida con tres (03) firmas y un sello

DEDICATORIA

A Dios, ser supremo en quien confío.

A mi padre y madre, (Q.E.P.D.). Quienes en vida me enseñaron valores, ética y amor.

A mi esposa Yarith, por su gran apoyo en mi vida diaria. TE AMO.

A mis hijos, Fernando y Victoria Montserrat, porque ellos son mi fuente de inspiración.

El autor.

AGRADECIMIENTO

A mi esposa, por dedicar sus conocimientos y parte de su tiempo en las revisiones y orientaciones de ésta Tesis.

A la UNELLEZ y sus profesores del Programa Estudios Avanzados, por ser la casa de estudio que formó y forma parte de mi experiencia académica y laboral.

Al Dr. Franklin Javier Paredes Trejo, por dedicar parte de su tiempo y conocimientos para la orientación y desarrollo de esta Tesis Doctoral. Gracias Tutor.

A todos mis compañeros de estudio de la tercera cohorte, y muy en especial a: Yadira, Yuleimi, Inirida, Geila, Antonio y Roy.

A todas aquellas personas que de una u otra forma han participado en el desarrollo de ésta Tesis Doctoral.

El autor.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Aprobación del Tutor	iii
Acta de Defensa de Tesis Doctoral	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice General	vii
Índice de Figuras y Tablas	x
Resumen	xiv
Abstract	xv
Introducción	1
Capítulo I. (El Problema)	
1.1. Formulación del Problema	3
1.2 Importancia de la Investigación	6
1.3. Formulación de Objetivos	8
1.3.1. Objetivo general	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
1.4. Alcances y Limitaciones	9
1.4.1. Alcances	9
1.4.2. Limitaciones	9
Capítulo II. (Marco Teórico)	
2.1. Antecedentes de la Investigación	10
2.2. Bases conceptuales o teóricas preliminares	17
2.2.1. Crecimiento urbano y sus efectos	17
2.2.2. Efectos del crecimiento urbano	18
2.2.3. Ambiente urbano	19
2.2.4. Clima urbano	20
2.2.5. Fenómeno de isla de calor urbana o isla térmica urbana	21
2.2.6. Generación de la isla de calor urbana	22
2.2.7. Causas del efecto isla de calor urbana	23
2.2.7.1. Reducción de la vegetación	24
2.2.7.2. Materiales de construcción	24

2.2.7.3. Geometría urbana	25
2.2.7.4. Ubicación geográfica	25
2.2.7.5. Fuentes antropogénicas	26
2.2.7.6. Tiempo atmosférico	26
2.2.8. Tipos de isla de calor	26
2.2.8.1. Isla de calor de la capa de dosel (ICCD)	26
2.2.8.2. Isla de calor de la capa límite o de perímetro (ICCL o ICCP)	27
2.2.8.3. Isla de calor superficial	27
2.2.9. Efectos de la isla de calor	29
2.2.9.1. Calidad del aire y gases de efecto invernadero (GEI)	30
2.2.9.2. Incremento en el consumo energético	30
2.2.9.3. Salud y confort	30
2.2.9.4. Calidad del agua	31
2.2.10. Teledetección	31
2.2.11. Satélites	32
2.2.12. Satélite TERRA	33
2.2.13. Sensor MODIS	35
Capítulo III. (Marco Metodológico)	
3.1. Paradigma, diseño, tipo y nivel de la investigación	37
3.2. Unidad de estudio	38
3.3. Fases de la Investigación	39
3.3.1. Fase 1: Valoración espacio-temporal de la diferencia térmica	39
3.3.2. Fase 2: Evaluación espacio-temporal de la temperatura estandarizada	39
3.3.3. Fase 3: Caracterización de los patrones espacio-temporal subyacente en la temperatura de emisión de superficie.	40
3.3.4. Fase 4: Estrategias de prevención para evitar la extensión del fenómeno isla de calor urbana hacia las áreas menos afectadas.	40
3.3.5. Fase 5: Estrategias de mitigación en los sectores que presentan el	41

fenómeno isla de calos urbana

Capítulo IV. (Análisis e interpretación de los resultados)

4.1. Fase 1: Valoración espacio-temporal de la diferencia térmica	42
4.1.1. Procesamiento de imágenes satelitales con el sistema de información geográfico Qgis.	46
4.1.2. Estimación de valores de temperatura en las zonas urbana y rural para el día y la noche de la unidad de estudio.	48
4.2. Fase 2: Evaluación espacio-temporal de la temperatura estandarizada	51
4.2.1. Determinación del diferencial térmico.	56
4.2.2. Análisis estadístico de los diferenciales térmicos (Δ).	66
4.3. Fase 3: Caracterización de los patrones espacio-temporal subyacente en la temperatura de emisión de superficie	68
4.4. Fase 4: Estrategias de prevención para evitar la extensión del fenómeno isla de calor urbana hacia las áreas menos afectadas	71
4.5. Fase 5: Estrategias de mitigación en los sectores que presentan el fenómeno isla de calos urbana	72
Capítulo V. (Conclusiones y Recomendaciones)	
5.1. Conclusiones	74
5.2. Recomendaciones	75
5.3. Aportes de la tesis doctoral	76
Referencias bibliográficas	78

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS	Pág.
Figura 1. Causas de la formación de la isla de calor urbana	21
Figura 2. Desarrollo del fenómeno isla de calor urbana	22
Figura 3. Generación de la isla de calor urbana	23
Figura 4. Superficies duras vs. Superficies blandas	24
Figura 5. Energía solar que alcanza la superficie terrestre (Longitud de onda vs Intensidad solar normalizada)	25
Figura 6. Capas atmosféricas urbanas	27
Figura 7. Las temperaturas superficiales y atmosféricas varían en las diferentes áreas de uso de la tierra. Las temperaturas de superficie varían más que las temperaturas del aire durante el día, pero ambas son bastante similares por la noche.	29
Figura 8. Imagen de Terra y sus principales instrumentos. NOAA	35
Figura 9. Imagen satelital de la ciudad de San Carlos con la ubicación de los puntos para determinar la temperatura superficial	43
Figura 10. Imagen satelital de la ciudad de Tinaco con la ubicación de los puntos para determinar la temperatura superficial	44
Figura 11. Imagen satelital de la ciudad de Tinaquillo con la ubicación de los puntos para determinar la temperatura superficial	46
Figura 12. Imágenes del estado Cojedes diurnas	47
Figura 13. Imágenes del estado Cojedes nocturnas	47
Figura 14. Valores de temperatura superficial en las imágenes diurnas San Carlos edo. Cojedes	48
Figura 15. Valores de temperatura superficial en las imágenes nocturnas en San Carlos edo. Cojedes	49
Figura 16. Valores de temperatura superficial en las imágenes diurnas en Tinaco edo. Cojedes	49

Figura 17. Valores de temperatura superficial en las imágenes nocturnas en Tinaco edo. Cojedes	50
Figura 18. Valores de temperatura superficial en las imágenes diurnas en Tinaquillo edo. Cojedes	50
Figura 19. Valores de temperatura superficial en las imágenes nocturnas en Tinaquillo edo. Cojedes	51
Figura 20. Valores de temperatura superficial promedio (imágenes diurnas) por mes y años de la ciudad de San Carlos edo. Cojedes	52
Figura 21. Valores de temperatura superficial promedio (imágenes nocturnas) por mes y años de la ciudad de San Carlos edo. Cojedes	52
Figura 22. Valores de temperatura superficial promedio (imágenes diurnas) por mes y años de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes	53
Figura 23. Valores de temperatura superficial promedio (imágenes nocturnas) por mes y años de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes	53
Figura 24. Valores de temperatura superficial promedio (imágenes diurnas) por mes y años de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes	54
Figura 25. Valores de temperatura superficial promedio (imágenes nocturnas) por mes y años de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes	54
Figura 26. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes	57
Figura 27. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes	57
Figura 28. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes	58
Figura 29. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes	58
Figura 30. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes	60
Figura 31. Gráfica de la tendencia térmica (LT	60

ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes	
Figura 32. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes	61
Figura 33. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes	61
Figura 34. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes	63
Figura 35. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes	63
Figura 36. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes	64
Figura 37. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes	64
Figura 38. Temperatura media anual sobre el estado Cojedes durante el año 2017.	69

TABLAS

Pág.

Tabla 1. Características básicas entre las islas de calor superficiales y las islas de calor atmosféricas	28
Tabla 2. Información general del satélite TERRA	34
Tabla 3. Ubicación de puntos para la determinación de temperatura superficial en la ciudad de San Carlos edo. Cojedes	42
Tabla 4. Ubicación de puntos para la determinación de temperatura superficial de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes	44
Tabla 5. Ubicación de puntos para la determinación de temperatura superficial de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes	45
Tabla 6. Ubicación de puntos en la zona urbana seleccionados para las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo edo. Cojedes	55

Tabla 7. Ubicación de puntos en la zona rural seleccionados para las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo edo. Cojedes	56
Tabla 8. Análisis estadístico de los diferenciales térmicos (Δ) de temperaturas diurnas, el estimador de pendiente Sen y la prueba de significancia de Mann Kendall	66
Tabla 9. Análisis estadístico de los diferenciales térmicos (Δ) de temperaturas nocturnas, el estimador de pendiente Sen y la prueba de significancia de Mann Kendall	67
Tabla 10. Promedio de los diferenciales térmicos (Δ) para la ciudad de Tinaquillo de día	68



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**APROXIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL FENÓMENO ISLA DE CALOR
URBANA EN CIUDADES DEL ESTADO COJEDES EMPLEANDO SENSORES
REMOTOS**

AUTOR: Pedro J. Flores M.

TUTOR: Franklin J. Paredes T.

AÑO: 2022

RESUMEN

El fenómeno Isla de Calor Urbana (ICU), es inducido por el crecimiento desmedido de las ciudades. Este impacto ambiental es producto de las áreas urbanizadas sobre el clima, consiste en el aumento de la temperatura del aire en las localidades con respecto a la periferia. El término "Isla de Calor" fue propuesto por el climatólogo Gordon Manley en 1958 y con el pasar del tiempo esta terminología se ha modificado conociéndose actualmente como: Islas Térmicas Urbanas (ITU) o Islas de Calor Urbanas (ICU). Producto de lo planteado esta tesis doctoral plantea como objetivo general: generar una aproximación espacio-temporal del fenómeno isla de calor urbana en ciudades del estado Cojedes empleando sensores remotos, tomando como unidad de estudio las tres ciudades principales del estado que son: San Carlos, Tinaco y Tinaquillo. Como marco metodológico del trabajo se tiene que se circunscribe en el paradigma positivista con un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, tipo de investigación de campo con un nivel descriptivo y longitudinal. Entre las conclusiones más significativas que el trabajo arrojó se tiene, que en las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo, se confirmó el desarrollo del fenómeno ICU con una tendencia en aumento a través de los años, y que incrementa su radio de acción a la par del crecimiento urbanístico de la población, afectando directamente a los seres humanos y al ambiente.

Palabras claves: fenómeno, isla de calor urbana, sensor remoto, aproximación espacio-temporal.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**SPATIO-TEMPORAL APPROACH OF THE URBAN HEAT ISLAND
PHENOMENON IN CITIES OF COJEDES STATE USING REMOTE SENSORS**

AUTOR: Pedro J. Flores M.

TUTOR: Franklin J. Paredes T.

AÑO: 2022

ABSTRACT

The Urban Heat Island (ICU) phenomenon is induced by the excessive growth of cities. This environmental impact is a product of the urbanized areas on the climate, it consists of the increase in the air temperature in the localities with respect to the periphery. The term "Island of Heat" was proposed by the climatologist Gordon Manley in 1958 and over time this terminology has been modified and is currently known as: Urban Thermal Islands (ITU) or Urban Heat Islands (ICU). As a result of what has been stated, this doctoral thesis proposes as a general objective: to generate a spatio-temporal approximation of the urban heat island phenomenon in cities of the Cojedes state using remote sensors, taking as a unit of study the three main cities of the state that are: San Carlos, Tinaco and Tinaquillo. As a methodological framework of the work, it must be circumscribed in the positivist paradigm with a quantitative approach, with a non-experimental design, type of field research with a descriptive and longitudinal level. Among the most significant conclusions that the work yielded is that in the cities of San Carlos, Tinaco and Tinaquillo, the development of the ICU phenomenon was confirmed with an increasing trend over the years, and that its radius of action increases coupled with the urban growth of the population, directly affecting human beings and the environment.

Keywords: phenomenon, urban heat island, remote sensing, space-time approach.

INTRODUCCIÓN

En los inicios de la humanidad el hombre disfrutó de las riquezas de la naturaleza sin afectarla en un grado considerable. En etapas posteriores del desarrollo la sociedad fue creciendo y modificando de forma sostenida su ambiente. A mediados del siglo XIX, se inicia la explotación de combustibles fósiles, como la madera, carbón y el petróleo. Y para la década de 1930, con la apertura de la industrialización en Latinoamérica, muchas sociedades agrarias se transformaron en urbanas, produciéndose migraciones del campo a la ciudad, alterándose significativamente el paisaje natural, trayendo como consecuencia variaciones en las condiciones climáticas, incremento de la contaminación sónica, mayor consumo de energía, generación de basura, contaminación del aire, del agua, del suelo, entre otros.

Para Paulino, dos Santos, do Nascimento, da Silva y do Santos (2017):

La planificación precaria de las áreas urbanas con la reducción de las áreas verdes, junto con las características climáticas locales, son los principales factores responsables de eventos extremos, como inundaciones y la formación de islas de calor urbanas (p. 345 a la 356).

Posteriormente, a inicios de la segunda mitad del siglo XX, se comienzan a percibir problemas ambientales tales como: destrucción de la capa de ozono, cambio climático, lluvia ácida, pérdida de biodiversidad y la disposición final de los residuos sólidos, tóxicos y nucleares, los cuales al no enmarcarse a cada país, se convierten en un marco de afectación global que perturba la propia supervivencia de la especie humana sobre la tierra.

Aunado a los problemas ambientales antes mencionados, hay que agregar un fenómeno denominado isla de calor urbana (ICU) o isla térmica urbana (ITU), que según Rizwan y Dennis (2008), “se considera uno de los principales problemas del siglo XXI...”. El cual es una consecuencia del crecimiento que ha experimentado la humanidad al concentrarse en centros poblados llamados ciudades.

Las ICU se ven reflejada por la diferencia de temperatura entre el área urbana y la suburbana, que se manifiesta debido a la modificación en la cobertura del suelo por el proceso de urbanización, durante el cual se cubren las superficies naturales en su mayoría con materiales impermeables como el concreto y el asfalto. Cabe destacar, “que las

actividades antrópicas desarrolladas en las ciudades, como por ejemplo el transporte y la industria, también contribuyen con el desarrollo del calentamiento urbano” (Oke, 2009).

Es importante resaltar, que ésta temática ha venido adquiriendo importancia a nivel mundial, debido al cambio climático y al incremento de la temperatura en las áreas urbanas. Cada vez son más frecuentes las olas de calor que se desarrollan a nivel mundial y se hacen acompañar de una intensificación en la magnitud y extensión de las ICU, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2004, 2011), la ola de calor amplificada por el efecto de la ICU en Francia durante el verano del 2003 y la ola de calor de Moscú en el verano del 2010, también intensificada por el efecto de la isla térmica, registraron la muerte directa o indirecta de al menos 56.000 rusos, además de patologías por calor y cuadros respiratorios.

Por estas razones, este impacto ambiental incide directamente en la calidad de la salud pública, el confort térmico, la gestión energética, el aire y la planeación urbana, convirtiéndose en uno de los principales desafíos de la planificación urbanística, por lo que en la actualidad se busca el desarrollo de ciudades sustentables, concienciando a la humanidad acerca de lo importante que es garantizar la calidad ambiental.

La investigación doctoral se estructura de la siguiente forma: el Capítulo I, conformado por el planteamiento del problema, importancia de la investigación, formulación de objetivos, alcances y limitaciones; el Capítulo II, estructurado por los antecedentes de la investigación, bases conceptuales o teóricas preliminares; el Capítulo III, detalla el marco metodológico, unidad de estudio, y fases de la investigación; el Capítulo IV, contempla los resultados y discusiones y por último el Capítulo V, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Formulación del Problema

El ser humano a través del tiempo ha utilizado la naturaleza para satisfacer sus necesidades, desarrollando lugares para resguardarse de la intemperie, sentirse más seguro y cómodo, creando espacios para vivir, a los que en la actualidad, se les denomina ciudades, poblados, comunidades, entre otros. Al respecto Pérez (2006) advierte que:

El incremento acelerado de estos centros poblados sin planificación, en función de las demandas habitacionales, ha modificado el equilibrio entre el ambiente y las ciudades, generándose de esta manera áreas vulnerables caracterizadas por pobreza extrema, mal nutrición, enfermedades, aumento de la delincuencia, contaminación y la degradación de los ecosistemas (p. 26).

Hoy día las ciudades son organismos que consumen recursos naturales, generan desechos sólidos, ofrecen mayores superficies impermeabilizadas y disminuyen la cobertura vegetal, constituyendo de esta manera una amenaza ambiental importante. Al respecto, Hernández y Vázquez (2010), afirman: que el desarrollo excesivo de estructuras que consumen suelos, territorios, materiales, energía y apoyan prácticas inmobiliarias que estimulan la construcción de edificaciones frente a su rehabilitación y conservación, incrementan el despilfarro de recursos.

En consecuencia y producto del crecimiento de los espacios urbanos y la saturación poblacional, se produce un fenómeno denominado ICU, el cual consiste en un diferencial de temperatura que tiende a ser más elevado durante la noche, específicamente en el centro de las ciudades donde se suele construir edificaciones masivas con respecto a las áreas de sus alrededores (Moreno y Serra, 2016).

El climatólogo inglés Gordon Manley fue quien propuso la terminología "Isla de Calor" en el año 1958 (Moreno, 1992), cuya finalidad fue identificar el área urbana con temperaturas nocturnas elevadas respecto a su entorno. De esta manera, en el transcurrir del tiempo esta terminología se ha venido modificando y en la actualidad se le conoce por: ICU, producto del sobrecalentamiento extendido en las ciudades, pues el acumulamiento de calor en las masas de concreto y asfalto producido en el día no es liberado en su totalidad

durante la noche. Estas afectaciones al ambiente han generado una serie de impactos que se mencionan a continuación:

a) Las zonas edificadas ofrecen mayores áreas para la captación de calor, que luego es dispersado lentamente durante la noche. b) El embaulamiento de los cauces superficiales, reduce la infiltración de agua para que las plantas y los árboles realicen el proceso de fotosíntesis y reduzcan la evaporación del agua. c) Los sistemas de refrigeración en las ciudades (acondicionadores de aire), generan calor extra y su uso incrementa la temperatura. d) Falta de grandes zonas de parques o plazas, que trabajen como pulmón vegetal. e) Los materiales de construcción utilizados comúnmente en las estructuras, específicamente el concreto, retienen gran cantidad de calor que es desprendido en la noche. f) Las vías realizadas con pavimento flexible (asfalto) alcanzan temperaturas mucho mayor que las construidas con pavimento rígido (concreto). g) Emisión de gases de fábricas y vehículos, son expulsados al aire sin controles previos produciendo capsulas de calor que generan un efecto de invernadero local (Escolano y Ortiz, 2011).

En este mismo orden de ideas, el fenómeno ICU, causa una serie de variaciones ambientales que a su vez producen consecuencias, tales como:

a) Disminución del período de los meses fríos y extensión del período de los meses calurosos. b) Aumento de la temperatura en la zona urbana afectando directamente el índice de confort térmico humano, experimentando la población más estrés producto del calor. c) Aumento en la demanda del uso de acondicionadores de aire en el período seco, lo que incrementa la demanda energética. d) A nivel ambiental, el aumento en la temperatura favorece las reacciones de los gases de combustión presentes en la atmósfera. e) Las temperaturas mínimas en las ciudades son más elevadas que en el entorno y las máximas son ligeramente más bajas, lo que aumenta el grado de humedad. (Escolano y Ortiz, *op. cit.*).

Ahora bien, desde los años 60 los avances en la navegación espacial y la electrónica han permitido el estudio y reconocimiento de la superficie terrestre, con modernas técnicas de sensores remotos (FAO, 2009). En la actualidad, los productos satelitales derivados de esta tecnología han adquirido mucho interés por ser una herramienta valiosa para la obtención

de información en muchas áreas de la ciencia y en especial en el área ambiental, debido a que a través de ellos se pueden estudiar grandes zonas modificadas en su cobertura vegetal producto de construcciones de ciudades, zonas destinadas a la agricultura y ganadería, áreas afectadas por la minería, entre muchas otras aplicaciones en las que las imágenes derivadas de satélites son aprovechadas.

Las técnicas de teledetección y percepción remota han ampliado la oportunidad en los estudios de climatología urbana (Voogt y Oke, 2003), porque existe una gran variedad de sensores remotos empleados en el estudio de la climatología urbana, entre los más utilizados de tiene: Thematic Mapper (TM); Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+); National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA); Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR); Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) y Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Para Córdova (2012):

La elección de un satélite y el sensor remoto para la elaboración de un proyecto de investigación van a depender de las necesidades del mismo, las variables de análisis, el nivel de resolución, la cobertura del sensor, las bandas del espectro en que se colecta la información, la frecuencia con que se genera, la accesibilidad y el costo de la data (p. 76).

Por lo tanto para el desarrollo de esta investigación doctoral, el sensor remoto seleccionado es el MODIS, el cual viaja a bordo del satélite Terra y es administrado por la NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio). Es importante resaltar que los sensores Terra son los más avanzados con respecto a los demás, porque han suministrado las librerías de emisividad de las diferentes cubiertas terrestre. Además, existen subproductos específicos corregidos para el estudio de temperatura de la superficie y su frecuencia de registro es diaria (Sarricolea y Martín, 2014).

Por lo antes planteado, la mayoría de los estudios referidos al fenómeno ICU, se han venido desarrollando en países de latitudes subtropicales como Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, España, Francia, Portugal, entre otros. Es para la primera década del año 2000, cuando surgen trabajos de este tipo en países de latitudes tropicales en el ámbito latinoamericano como México, Brasil y Venezuela, y a nivel mundial en China, Vietnam e India (Córdova, *op. cit.*).

En Venezuela para el siglo XX aún no existían antecedentes de estudios sobre el fenómeno ICU. Es para el año 2011 cuando la doctora Córdova comienza a publicar avances referente a esta temática, producto del desarrollo de su tesis doctoral denominada: geotecnología espacial aplicada al estudio del fenómeno de islas térmicas urbanas en la ciudad de Caracas, desarrollando una línea de investigación orientada hacia la arquitectura y el urbanismo bioclimático, con el abordaje de estrategias de mitigación del fenómeno sobre el confort térmico, la eficiencia energética y la arquitectura bioclimática.

El estado Cojedes en la actualidad solo cuenta con una investigación desarrollada en esta área de estudio por el Doctor Ernesto Hernández en el año 2016, la cual lleva por título estimación de la temperatura superficial en San Carlos-Cojedes empleando sensores remotos, el objeto del estudio fue determinar la temperatura superficial de la ciudad de San Carlos, municipio Ezequiel Zamora del estado Cojedes, para el mes de febrero de los años 2004 y 2016, mediante la metodología SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm For Land) de evapotranspiración. El análisis se realizó a partir archivos Landsat 7 ETM+.

Todo esto conlleva a plantear las siguientes premisas básicas de investigación: 1) ¿Cómo ha sido la diferencia térmica en las principales ciudades del estado Cojedes? 2) ¿Cuáles son las áreas con mayor valor térmico en las principales ciudades del estado Cojedes? 3) ¿Cómo son los patrones subyacente en la temperatura de emisión de superficie en las principales ciudades del estado Cojedes? 4) ¿Cuáles serían las estrategias que coadyuvarían a la prevención y mitigación de los sectores afectados por el desarrollo de la ICU, en las principales ciudades del estado Cojedes?

1.2. Importancia de la investigación

El desarrollo de las ciudades afecta la diversidad biológica, porque se modifican ríos, bosques, flora, sabanas, tierras cultivables y se desplaza la fauna, requiriendo para su funcionamiento transportar grandes cantidades de agua y alimentos, lo que genera un impacto ambiental que trasciende la escala local (Flores y Paredes, 2018). Esta temática cada día es más importante por el crecimiento disperso de las localidades y el desarrollo de nuevas urbanizaciones, donde el fenómeno ICU, es el resultado de la modificación en la cobertura del suelo por materiales impermeables como el concreto y el asfalto, además de

las actividades propias del desarrollo diario en las ciudades como son el parque automotriz y las emisiones térmicas producto de la industrialización, las cuales contribuyen con el calentamiento urbano.

En este mismo orden de ideas, para Tumini (2010), el fenómeno ICU ha sido estudiado con diversas metodologías y en distintas zonas geográficas, demostrándose su efecto en el aumento de la temperatura del sistema urbano, su relación es directamente proporcional con el tamaño de la mancha urbana, lo que incide en el incremento del consumo de energía y en la emisión de gases de efecto invernadero, lo que repercute en problemas de salud y confort térmico.

Por lo planteado, el desarrollo de esta investigación se justifica científicamente porque busca una aproximación a la cuantificación del fenómeno ICU en San Carlos, Tinaco y Tinaquillo del estado Cojedes, a través del análisis de imágenes satelitales captadas con el sensor MODIS a bordo del satélite Terra y procesadas con el sistema de información geográfico QGIS, de tal manera que sirva como una herramienta para la planificación urbana y el desarrollo de estrategias de mitigación de las zonas con mayor respuesta térmica.

Otra importancia científica que se busca con el desarrollo de este trabajo es la generación de información referente a esta problemática ambiental presente en las ciudades, la cual es una temática desconocida por la población y los entes gubernamentales en el estado Cojedes y el país, sirviendo de esta manera como referente bibliográfico para otros trabajos a nivel regional o nacional.

En este mismo sentido, con esta investigación se puede dar a conocer a la sociedad que las ICU, promueven el incremento de enfermedades cardíacas, pulmonares, problemas renales, diabetes y asma. Aunque técnicamente no se cataloga el aumento de la temperatura con el incremento de estas enfermedades, las personas terminan yendo a los centros hospitalarios porque el calor afecta su salud así lo afirma David Eisenman, profesor de medicina y salud pública de UCLA (Peterson, 2017).

Con respecto a lo ambiental, se pretende destacar el rescate y la conservación de la cobertura arbórea en espacios verdes urbanos y periurbanos como parques, jardines, plazas,

zonas de esparcimiento, primordiales para disminuir los impactos negativos que se desarrollan por la variación térmica generada por las ICU. Esta acción se puede lograr a través de la reforestación de especies autóctonas en los espacios descritos lo que trae como consecuencia que los mismos adquieran un mayor valor económico.

Siguiendo este mismo orden de ideas en lo que respecta al ambiente, este trabajo pretende contribuir con lo establecido en la Agenda 2030 de la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible de 2015, en la que se aprobaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, siendo el objetivo número 13 el que establece tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático que es una realidad y está produciendo efectos negativos en las personas, en la economía y en la naturaleza (Boletín Agenda 2030 (SF)).

Por último, esta investigación se enmarca en el área de investigación del Programa Estudios Avanzados de la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales (UNELLEZ-VIPI): Ciencias del Agro y Ambientales y se corresponde con la línea de investigación: Clima y Cambio Climático.

1.3. Formulación de objetivos

1.3.1. Objetivo general

Generar una aproximación espacio-temporal del fenómeno isla de calor urbana en ciudades del estado Cojedes empleando sensores remotos.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Valorar la dinámica espacio-temporal de la diferencia térmica en las principales ciudades del estado Cojedes.
2. Evaluar la dinámica espacio-temporal de la temperatura estandarizada en las principales ciudades del estado Cojedes.
3. Caracterizar los patrones espacio-temporal subyacente en la temperatura de emisión de superficie en las principales ciudades del estado Cojedes.
4. Proponer estrategias de prevención para evitar la extensión del fenómeno ICU hacia las áreas menos afectadas en las principales ciudades del estado Cojedes.
5. Formular estrategias de mitigación en los sectores que presentan el fenómeno ICU,

en las principales ciudades del estado Cojedes.

1.4. Alcance y limitaciones de la investigación

1.4.1. Alcances

La investigación pretende determinar una aproximación del desarrollo del fenómeno denominado Isla de Calor Urbana en las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo del estado Cojedes, de tal manera que se puedan identificar las zonas con mayor temperatura superficial y poder establecer estrategias de prevención o mitigación. El desarrollo de este trabajo en el cual se estudian varias ciudades del estado como unidad de estudio, es el primero en su tipo, por lo que va a servir como referente teórico para otras investigaciones que desarrollen en esta área de investigación, además del aporte que representa para la planificación urbanística del estado Cojedes.

1.4.2. Limitaciones

Las limitaciones se refieren a los obstáculos encontrados en el desarrollo de una investigación, para este caso en específico en la actualidad en el estado Cojedes, las estaciones climatológicas se encuentran fuera de servicio, siendo la única con datos de temperatura actualizados hasta el año 1996, la estación San Carlos-UNELLEZ, lo que hace que sea imposible la realización de este estudio para determinar el desarrollo del fenómeno ICU con información tradicional.

Otra limitación presente en el desarrollo del estudio, se relaciona con la disponibilidad de imágenes satelitales con poca o baja cobertura de nubes, grandes columnas de humo o nubes estratiformes (imágenes de buena calidad), debido a que estas condiciones afectan las lecturas del sensor en el rango térmico del espectro, arrojando lecturas en algunos meses con poca o nula información de las temperaturas superficiales registradas en las ciudades objeto de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Las acciones antrópicas realizadas por los seres humanos en su afán de transformar los espacios naturales sobre el que se establecen las ciudades, afecta directamente la climatología urbana, los suelos y áreas naturales producto de las superficies construidas en los procesos de urbanización, cuyos materiales se destacan por la baja reflectividad, con disminución en la capacidad de absorción de agua y un comportamiento térmico favorable para el almacenamiento y la emisión de calor. Estos elementos contribuyen al aumento de la temperatura atmosférica de la ciudad con respecto al entorno menos urbanizado, generándose de esta manera el fenómeno ambiental conocido como islas de calor urbana, produciendo un impacto en la calidad de vida de los seres vivos.

Por lo expuesto, en el siguiente capítulo se contemplan los fundamentos teóricos que permiten orientar y establecer la presente tesis, así como también las experiencias investigativas elaboradas con antelación relacionadas con la temática de esta investigación, considerados como antecedentes, abordando puntos coincidentes al mismo y de los cuales se puede obtener aportes que la enriquezcan.

2.1. Antecedentes de la investigación

A continuación, se presentan algunos estudios realizados que guardan relación con la presente investigación, estableciendo un marco de referencia para la propuesta que se plantea.

La investigación realizada por Dimas (2016), la cual lleva por título: estudio de islas de calor en el municipio de Maceió, utilizando datos orbitales Landsat 5. El autor planteó como objetivo general identificar las variaciones de temperatura en la superficie terrestre en la ciudad de Maceió, destacando las áreas con temperaturas más altas, identificando el efecto de islas de calor en el área urbana de esta ciudad. Para la obtención de las temperaturas de la zona en estudio fueron utilizadas tres imágenes obtenidas por el satélite Landsat 5-TM, adquiridas en el Catálogo de Imágenes-DGI-INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), correspondientes al paso del satélite órbita/punto 214-67 de fechas 03/09/2003, 26/08/2006 y 17/03/2011.

Los datos horarios de temperatura del aire fueron obtenidos del sitio web BDMEP/INMET (<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>), de la estación ubicada en la Universidad Federal de Alagoas. Las siete bandas de cada una de las imágenes fueron apiladas y luego cortadas con el software ERDAS Imagine 9.2 y QGIS 2.12, lo que resultó en un corte irregular que hace referencia a la ciudad de Maceió. El desarrollo del trabajo mostró como conclusión, que existe una variación de temperatura al comparar la zona urbana con el área rural, caracterizando así el fenómeno de las islas de calor. Se observó un aumento de las temperaturas superficiales en relación con el desarrollo del tejido urbano y la variación temporal, con énfasis en el año 2011, donde se notaron valores superiores a los 35°C, en el cual la ciudad presenta una mayor densidad de construcción.

En este orden de ideas, la investigación determinó el desarrollo del fenómeno ICU en la ciudad de Maceió en Brasil, la metodología empleada por el investigador se fundamentó en la comparación de las temperaturas superficiales de la zona urbana con respecto a la zona rural, obtenidas de imágenes satelitales específicamente del Landsat 5-TM. Esta información sirve de referente para esta tesis porque a pesar de que se trabajó con productos del satélite TERRA, la metodología se orienta a la determinación de las temperaturas superficiales de la unidad de estudio, al igual que la elaboración de estrategias para minimizar el malestar térmico de las zonas donde se presentan el impacto ambiental.

Así mismo, se tomó la investigación desarrollada por Cifuentes (2017), titulada: análisis entre la temperatura superficial y temperatura atmosférica en la formación de islas de calor urbano y efectos de las coberturas naturales en la ciudad de Concepción, el autor estableció como objetivo general, analizar la temperatura superficial y atmosférica de las comunas de Talcahuano, Hualpén y Concepción de modo de establecer una relación entre el tipo de cobertura superficial y la temperatura atmosférica, para así determinar la relevancia que posee el reemplazo de coberturas naturales en la generación de las islas de calor urbano y al mismo tiempo cuantificar la magnitud de dicho fenómeno. Este estudio se realizó geográficamente en el área metropolitana de Concepción (AMC) o también llamado Gran Concepción, localizado al noroeste de la octava región, es una de las tres áreas metropolitanas de Chile.

La metodología empleada consistió en determinar mediante el uso de imágenes satelitales Landsat de los años 2000, 2014 y 2017, una clasificación de coberturas del área de estudio, con

la cual se elaboró un análisis de coberturas en términos de dimensiones espaciales y temperaturas superficiales. Es importante resaltar que las imágenes fueron corregidas radiométricamente con el objetivo de realizar un análisis de coberturas sobre ellas. Posteriormente, el autor trabajó con datos de temperatura por hora provenientes de una red de estaciones meteorológicas, localizadas en las comunas de Concepción, Talcahuano y Hualpén. Estos datos datan desde el 1 de septiembre de 2010 al 30 de septiembre de 2011, se escogió un día dentro de este conjunto de datos para realizar el estudio. La elección del día se realizó con base a evidencias de estudios pasados y la fecha de adquisición de las imágenes satelitales.

Entre los principales resultados del estudio, se denota que un decremento de la vegetación, genera un aumento de la temperatura superficial, contribuyendo a la formación de islas de calor superficiales, las cuales ayudan a mantener por mayor tiempo las intensidades máximas de la isla de calor atmosférica presente en el área de estudio. Por lo tanto, la vegetación juega un rol fundamental en la atenuación temporal de este fenómeno, lo que debería ser considerado en las planificaciones de las futuras construcciones urbanas, para así contribuir tanto a la protección del medio ambiente como a la calidad de vida de los habitantes.

La investigación descrita, guarda relación con ésta tesis doctoral porque el objetivo planteado en la investigación es determinar el desarrollo de la isla de calor urbana en ciudades del estado Cojedes empleando sensores remotos, el procedimiento empleado fue la obtención de temperaturas superficiales desde la lectura de productos satelitales, estableciendo de esta manera como han variado las temperaturas en un período de 17 años, comenzando en el año 2000 hasta el 2017.

Otra investigación considerada, es la de Sosa (2018), denominada: estrategias de mitigación de la isla de calor sustentabilidad ambiental y eficiencia energética de perfiles urbanos de baja densidad en zonas áridas, desarrolló en la investigación el objetivo general: evaluar en profundidad y categorizar de acuerdo a su sustentabilidad térmica, energética y ambiental, distintos esquemas de urbanización y diseño de entornos residenciales de baja densidad que integren de modo eficiente estrategias de mitigación de la isla de calor urbana para ciudades de zonas áridas. La unidad de estudio queda ubicada en el área Metropolitana de Mendoza (AMM), Argentina; ciudad con clima de tipo árido (clasificación BSk - Köppen).

La investigación se condujo a través de seis ejes temáticos abordados en los capítulos de metodología y resultados que tuvieron como fin comprobar la hipótesis planteada, siendo los mismos: 1) comportamiento térmico exterior, 2) confort térmico exterior, 3) modelos estadísticos predictivos, 4) simulaciones dinámicas, 5) forma urbana y estimación del consumo de energía y 6) recomendaciones y estrategias de mejora térmica.

Entre una de las conclusiones establecidas por el autor con relación al desarrollo de la isla de calor en el área de estudio, al analizar y comparar el comportamiento de los sectores residenciales monitoreados en relación a 4 puntos periféricos o de borde y el centro de la ciudad —tomados como puntos de referencia—, se detectó que durante el periodo de enfriamiento la periferia de la ciudad se mantiene más fresca debido al mayor intercambio de energía de forma convectiva y radiativa (mayor $\Delta T^{\circ} 2.1^{\circ}\text{C}$).

Y durante el periodo de calentamiento, el centro de la ciudad y los canales viales del barrio de trama multiazimutal se mantuvieron más frescos por el efecto combinado de sombra generado por la edificación y la forestación (mayor $\Delta T^{\circ} 5.1^{\circ}\text{C}$). Estos diferenciales de temperatura muestran que el conjunto de edificaciones y superficies selladas colaboran a aumentar las temperaturas urbanas cuando se compara con el desempeño térmico del entorno natural, o sin intervención de una ciudad.

Por lo expuesto en el trabajo, se evidencia que en la zona Metropolitana de Mendoza el desarrollo del fenómeno ICU, se detecta durante el periodo de enfriamiento de la ciudad, porque la periferia se mantiene más fresca, comprobándose a su vez que el conjunto de edificaciones y superficies selladas colaboran a aumentar las temperaturas urbanas. Estas demostraciones contribuyen en el desarrollo de este trabajo porque los puntos seleccionados en las ciudades seleccionadas como unidad de estudio para determinar las temperaturas diurnas y nocturnas están distribuidos tanto en las centro como en la periferia, lo que permite corroborar que el criterio asumido para la ubicación de los mismos es bastante correcto.

Continuando en este orden, se tomó la investigación desarrollado por Wu y colaboradores (2019), identificada como: investigación de islas de calor urbanas superficiales en América del Sur con base en datos MODIS de 2003 a 2016, en el estudio

se utilizaron datos de temperatura de la superficie terrestre (LST) del espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) para averiguar las variaciones diurnas, estacionales e interanuales en la intensidad del SUHI (el LST urbano menos el LST rural) en 44 ciudades de América del Sur, en diferentes zonas climáticas y tipos de suelo rural. El estudio fijó como objetivos: (1) revelar las variaciones diurnas y estacionales en el SUHII en 44 ciudades de América del Sur en diferentes zonas climáticas y tipos de suelo rural, desde 2003 hasta 2016; (2) estudiar las tendencias temporales en el SUHII en estas 44 ciudades; y (3) examinar la relación entre el SUHII y sus factores de influencia asociados, incluida la vegetación, el área urbana, la población, la altitud y las emisiones de calor antropogénicas.

La metodología empleada en el estudio consistió en realizar una investigación exhaustiva de las tendencias diurnas, estacionales y temporales, y los posibles factores que influyen en el SUHII en América del Sur, que es una referencia importante para comprender las variaciones espaciotemporales en el efecto SUHI y las interacciones entre las actividades humanas y la superficie terrestre. Para determinar las zonas de estudio, primero se generó una zona de amortiguamiento de 20–25 km alrededor del área urbana y se excluía de esta área de amortiguamiento las zonas con las siguientes condiciones: (a) estaba clasificada como un cuerpo de agua o un área urbana; (b) la elevación estaba fuera del rango de la elevación urbana promedio ± 50 m, (c) estaba ubicada dentro de la zona de influencia de 25 km de otra ciudad.

Después de determinar las áreas urbanas y rurales, los datos LST y EVI se re proyectaron y crearon mosaicos utilizando la herramienta de reproyección MODIS. Tanto el SUHII diurno (13:30) como el nocturno (1:30), se calcularon para cada ciudad. Luego, se calcularon los SUHII diurnos y nocturnos estacionales y anuales para los años 2003–2016.

Entre los resultados arrojados por el estudio se tiene que los valores de SUHII diurno fueron mayores que los de SUHII nocturno, excepto en la zona de clima árido. Se observaron variaciones estacionales en las zonas de clima templado cálido y árido. Los investigadores también encontraron una tendencia temporal insignificante en la mayoría de

las ciudades para el período 2003-2016. El SUHII y Δ EVI se correlacionaron significativa y negativamente durante el día, pero no se correlacionaron significativamente durante la noche.

Por lo mostrado en la investigación, se puede decir que la misma guarda una estrecha relación con el trabajo desarrollado, porque emplearon productos satelitales del sensor MODIS, el mismo que se utilizó para este estudio corroborándose de esta manera que las imágenes generadas por el sensor pueden emplearse para este tipo de estudio. Además, los investigadores emplearon un período de evaluación que va desde 2003 hasta 2016 siendo 13 años de estudio, enmarcándose en un nivel longitudinal al igual que éste trabajo, en el cual el periodo estudiado data desde el año 2000 hasta el 2017 para los puntos proyectados en las ciudades objeto de estudio.

En este orden de ideas, es importante resaltar que en Venezuela poco se ha desarrollado el estudio del fenómeno ICU, el primer trabajo realizado es la tesis doctoral de Córdova (2012), la cual lleva por título: geotecnología espacial aplicada al estudio del fenómeno de islas térmicas urbanas. Una contribución al estudio de la dinámica socio-ambiental de las islas de calor urbano en la ciudad de Caracas. El Objetivo general del trabajo, es investigar la dinámica e intensidad del fenómeno de isla de calor urbana (*ICU*) o isla térmica urbana, el impacto sobre el ambiente urbano de estos fenómenos y las alternativas de prevención y mitigación adaptables en ciudades de clima tropical, como el caso del área urbana de Caracas.

La investigadora empleó para el desarrollo del estudio imágenes de la banda térmica (6-2) del sensor LANDSAT 7 ETM +, en la que observó variaciones en los patrones de la temperatura superficial determinando la variabilidad, intensidad y extensión del fenómeno de isla térmica en la ciudad. La metodología empleada muestra una ventaja con respecto a los métodos convencionales (estaciones analógicas, muestreo puntual o por transectas), debido a que se pueden cubrir grandes superficies de estudio y adicionalmente, se integran datos digitales y vectoriales en un sistema de información geográfica. A los efectos del trabajo se seleccionaron un set de imágenes comprendidas en el periodo de Marzo 2001 a

Enero 2011, tanto para la temporada de sequía como la de lluvia, para analizar los efectos de la estacionalidad sobre el fenómeno de isla térmica, en la ciudad de Caracas.

Entre las conclusiones a las que llegó la investigadora se tiene, que en el caso de la isla térmica superficial urbana en la ciudad de Caracas se pudo constatar que ésta se desarrolla con mayor intensidad durante los meses de sequía en el trópico, debido a la mayor incidencia de la radiación solar que aumenta el calentamiento superficial. También fue posible constatar su formación en los días de cielos despejados del periodo lluvioso, aunque esta se presenta espacialmente menos extendida y restringida al área urbana más densamente construida.

Otra conclusión se refiere a la utilidad de las técnicas combinadas de sensores remotos integrados en un sistema de información geográfica-*SIG* y datos analógicos de estaciones climáticas, para analizar y caracterizar fenómenos como las islas térmicas urbanas. Ello permite la visualización de la totalidad del mosaico urbano con sus diversos elementos (características y sectores urbanos), interactuando para determinar la dinámica de la isla térmica superficial en la ciudad.

Después de ver la metodología empleada y las conclusiones arrojadas en el estudio donde se confirma la presencia de un gradiente térmico, que caracteriza la formación de la isla térmica superficial, entre las áreas peri-urbanas de baja densidad constructiva y los espacios más densamente construidos localizados en el valle de Caracas, se puede decir que en Venezuela no se escapa al desarrollo del fenómeno ICU, por lo tanto esta investigación guarda estrecha relación con el trabajo en desarrollo porque es lo que se busca demostrar, el desarrollo de islas de calor en otras ciudades de Venezuela, específicamente en el estado Cojedes. Empleando imágenes satelitales en las cuales se pueden estudiar grandes extensiones de terreno comparando zonas urbanas y rurales al mismo tiempo en períodos prolongados de tiempo.

Por último, se tiene el trabajo realizado por Hernández (2016), en el estado Cojedes donde se desarrolla la presente investigación, la cual se denomina: estimación de la temperatura superficial en San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela empleando sensores remotos. El estudio tiene como objeto determinar la temperatura superficial de la ciudad de

San Carlos, municipio Ezequiel Zamora del estado Cojedes, Venezuela para el mes de febrero de los años 2004 y 2016, mediante el uso de la metodología de SEBAL. El análisis se realizó a partir archivos Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus).

Las imágenes estudiadas presentaron diferencias en temperatura del casco urbano y sus adyacencias, con una temperatura predominante en la ciudad entre 27,0 – 30,0°C y de 30,0 – 33,0°C en la periferia urbana para el año 2004, mientras que para el año 2016, estos rangos se incrementaron en 3,0°C y 6,0°C, respectivamente. Las diferencias máximas son 12,0°C para el 2004 y 18,0°C para el año 2016. Los resultados evidenciaron, para las dos escenas estudiadas, que en las mañanas (10:40 a 10:55 hora local) en el casco urbano se tienen temperaturas más bajas que su entorno no arbolado.

El trabajo citado sirve como referente teórico, porque guarda una relación con este trabajo debido a que el mismo tomo como unidad de estudio a una de las ciudades objeto de estudio de esta tesis. Así como también empleó imágenes satelitales para la determinación de la temperatura superficial del suelo. Es importante resaltar que el autor determinó un gradiente de temperatura entre el casco de la ciudad y las zonas aledañas no arboladas, dato referente para ser comparado con los resultados que arrojará el estudio en cuestión, debido a que en el estado Cojedes, la única estación climatológica con datos de temperatura es la estación San Carlos-UNELLEZ, resultando de esta manera imposible realizar la evaluación del fenómeno ICU con información tradicional.

2.2. Bases conceptuales o teóricas preliminares

A continuación se presentan algunas bases teóricas en el que se fundamenta las definiciones y procedimientos, que conducen el marco teórico de la investigación.

2.2.1. Crecimiento urbano y sus efectos

Las zonas urbanas son espacios en oposición a las zonas rurales, de gran concentración poblacional, en los que se llevan a cabo construcciones e infraestructuras, formando un vínculo entre las sociedades y los procesos sociales, políticos, económicos y ambientales. El desarrollo y expansión de las ciudades a lo largo del tiempo, ha sido influenciada por distintos factores, en los que el crecimiento de la población, la migración rural-urbana y el crecimiento económico han sido los principales motores que han impulsado su crecimiento

acelerado (Moscoso, 2007). En las ciudades finalmente se concentran los mayores capitales financieros, la manufactura de bienes de consumo y producción y los principales comercios y servicios (Hernández, 2013).

Las ciudades en su proceso de expansión espacial no tienen límites físicos y claros que afecta a las metrópolis, ciudades grandes, intermedias y pequeñas en todo el país. Dicha expansión responde a factores que son parte de componentes naturales y del espacio cultural (Vargas, 2012). Las ciudades crecen incesantemente alrededor de todo su perímetro y esa expansión no es perceptible a simple vista, sino que con el transcurso de los años los terrenos se van densificando y gradualmente van formando parte de la mancha urbana de la ciudad.

La expansión espacial de las ciudades, causa daños irreversibles al ambiente. Las áreas urbanizadas involucran pérdidas importantes de suelos agrícolas y áreas naturales que prestan valiosos servicios ambientales. Para Moscoso 2007, el paisaje se cubre con concreto, cambiando completamente los flujos de energía y materia. Por lo tanto, el crecimiento de las ciudades es un hecho que no puede ser dejado al azar porque se acentúan los impactos negativos que este proceso sufre, afectando la calidad de vida de las personas (Hernández, op. cit.).

2.2.2. Efectos del crecimiento urbano

Promesas de trabajo, prosperidad, mejor calidad de vida, entre otros factores, incide en la migración de las personas a las ciudades. La mitad de la población mundial ya vive en las ciudades y se espera que antes de 2050 dos tercios vivan en zonas urbanas. Pero esta sobrepoblación en las ciudades combina dos de los problemas más acuciantes del mundo actual: la pobreza y la degradación ambiental (National Geographic, 2010).

La altísima concentración de habitantes y actividades económicas, ha manifestado la necesidad cada vez mayor de contar con áreas para localizar actividades residenciales, comerciales, industriales y de infraestructura. Generando la ocupación de sectores naturales, semi-naturales, forestales o agrícolas, los cuales desempeñan valiosos servicios ambientales (Vásquez, Riveros y Romero, 2005).

El desarrollo de las ciudades implica la impermeabilización de los suelos, lo que provoca anomalías en los sistemas naturales, afectando al hombre y a la naturaleza. Esto se debe esencialmente a las “conexiones mecanicistas entre lo humano y lo natural”, ya que la riqueza existente en la diversidad de las interrelaciones entre los componentes naturales y antrópicos le dan una complejidad importante al ecosistema, lo que finalmente se traduce en una degradación de éste (PICKETT et al., 1997).

Los efectos ambientales producido por el crecimiento de las ciudades son complejos y presentan variados procesos de crecimiento, además de importantes concentraciones de contaminantes en el aire, agua, suelos, islas, archipiélagos y un relevante proceso de degradación de la ecología de sus paisajes como consecuencia de la ilimitada expansión de las áreas construidas sobre parches y corredores vegetales. (Vásquez et al., op. cit)

En este mismo orden de ideas, los autores (Pauleit et al., 2005 y Romero, 2005, citados por Vásquez et al., 2005), establecen que los cambios ambientales pueden ser monitoreados y evaluados de diversas formas, y una de ellas es a través del uso de la teledetección proponiendo el uso de imágenes satelitales como un método para obtener información ambiental de grandes superficies y con una buena resolución temporal. Entre los efectos ambientales negativos generados por las ciudades, se tiene la generación de isla de calor, pérdida de islas frías, homogeneización de las cubiertas, pérdida de humedad en los suelos, menoscabo de los paisajes, desaparición de superficies cubiertas con altas concentraciones de biomasa y productividad biológica (Vásquez et al, 2005).

2.2.3. Ambiente urbano

El ambiente urbano para Moscoso (op. cit), es el lugar donde se llevan a cabo las relaciones entre el medio físico (agua, aire, suelo), el medio construido (edificaciones, plazas, parques), los elementos biológicos y la sociedad (población). Por lo tanto, el ambiente urbano corresponde al lugar donde se desarrollan los flujos entre la naturaleza y el hombre. Según Hernández (op. cit.), son las áreas en las cuales la población vive en altas densidades o donde la infraestructura y estructura construida logra cubrir grandes extensiones de la superficie natural.

2.2.4. Clima urbano

Para comprender que el clima urbano es exclusivo de la ciudad y es una consecuencia de las interacciones que se desarrollan entre la atmósfera urbana y la superficie construida, donde se producen cambios fuertes en los patrones atmosféricos, se debe entender que el clima se define como descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes de una región en cierto periodo de tiempo (Organización Meteorológica Mundial (OMM) citado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2018).

El clima de la tierra está controlado fundamentalmente por un equilibrio a largo plazo entre la energía de la tierra y su atmósfera. Es principalmente el resultado de tres factores: la energía solar, el efecto invernadero y las circulaciones atmosférica y oceánica. La distribución geográfica y estacional de la energía solar depende de la redondez de la Tierra, de la inclinación de su eje y de su órbita alrededor del Sol. De este intercambio fundamental de energía regulado por la atmósfera terrestre dependen los procesos climáticos (Gómez, 2002).

Existen elementos modificadores del clima que pueden inducir cambios en los patrones climáticos a nivel local y regional, estos elementos son: la altitud, la latitud, la orientación del relieve, la continentalidad y la proximidad a cuerpos o masas de agua. (Ritter, 2009). Por lo tanto, el estudio del clima requiere de extensos registro de las variables climáticas (humedad, evaporación, evapotranspiración, temperatura, viento, radiación, insolación, nubosidad, entre otros) que permitan observar la variación a corto, mediano y largo plazo, las variaciones del clima, sus ciclos, estacionalidad, eventos extremos y tendencias.

El clima sobre las áreas urbanas es fundamentalmente un fenómeno local, que resulta de la interacción de las capas bajas atmosférica con la superficie urbana recubierta por cobertura artificial o impermeable (concreto, asfalto, vidrio, materiales metálicos, piedra, cerámicas, entre otros), asociada a los elementos típicos de la infraestructura urbana y que sustituyen a la vegetación y al paisaje natural (Landsberg, 1981).

A mayor superficie construida, mayor es entonces la alteración de los parámetros climáticos que contribuyen a regular el clima local, ya que disminuyen los aportes de humedad por evapotranspiración vegetal y la sombra de la vegetación, aumentando el

impacto de la radiación solar incidente y en consecuencia, el calentamiento superficial diurno, así como la emisividad de calor durante las primeras horas nocturnas (Oke, 1982; Environment Protection Agency (EPA), 2003).

Las superficies impermeables características de los espacios urbanos (carpetas asfálticas, superficies recubiertas en concreto y otros materiales urbanos de construcción) no solo modifican las temperaturas superficiales incrementando las temperaturas diurnas (calentamiento) y nocturnas (emisividad) (Oke, 1982), sino que aumentan también el volumen y la velocidad del escurrimiento superficial, alterando patrones de infiltración profunda y modificando el balance hídrico superficial en las áreas urbanas (Gholami; Mohseni y Ahmadi, 2012). Ver figura 1.



Figura 1. Causas de la formación de la isla de calor urbana
Fuente: Samir Awad Núñez (2015).

Estas condiciones anteriormente descritas, determinan diferencias de temperatura entre las áreas urbanas densamente construidas y su entorno rural, a esta diferencia o gradiente térmico entre las áreas, se denomina islas térmicas urbanas (ITU) o islas de calor urbanas (ICU) (EPA, 2003).

2.2.5. Fenómeno de isla de calor urbana o isla térmica urbana

La isla de calor urbana (ICU) o isla térmica urbana (ITU), es la formación de una cúpula o domo de calor sobre los espacios urbanos, como consecuencia de la alteración del balance radiativo superficial, derivado de la intervención y modificación de las coberturas naturales por infraestructura, edificaciones y otros elementos típicos de las áreas urbanas, así como

de las emisiones de calor antropogénico, fundamentalmente derivadas de la combustión automotor (Villanueva, Ranfla y Quintanilla, 2012).

El balance radiativo superficial urbano, se refiere al intercambio de energía y calor, entre la atmósfera y la superficie urbana y depende de la radiación solar incidente en forma de energía lumínica o radiación de onda corta, de la estructura y dinámica de la atmósfera en las áreas urbanas y de las características físicas de los cuerpos u objetos que se encuentran en la superficie (Oke, 1988).

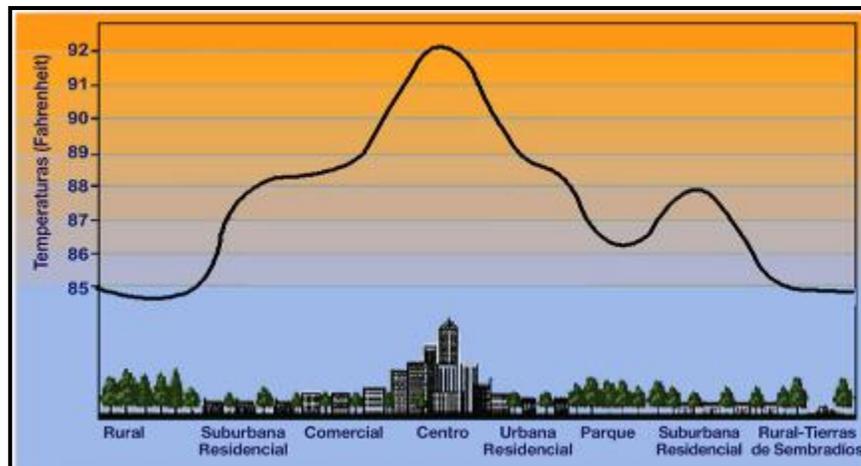


Figura 2. Desarrollo del fenómeno isla de calor urbana
Fuente: Víctor L. Barradas (SF).

El mayor calentamiento superficial se presentara en el centro de las ciudades, donde las construcciones se encuentran más densamente, observándose como disminuye la temperatura hacia la zona rural donde hay menos intervención poblacional. Según García (2018), las islas de calor no se presentan todo el día, ni durante todo el año. Hay condiciones meteorológicas que permiten su aparición como el cielo despejado, el viento en calma o muy suave y cuando la radiación solar mantiene caliente el aire de la ciudad.

2.2.6. Generación de la isla de calor urbana

La ICU es la respuesta mutua de muchas causas que pueden clasificarse como factores controlables o incontrolables y a su vez estos factores pueden clasificarse como: variables de efecto temporal tales como la velocidad del viento y la cobertura de las nubes; variables constantes en el tiempo como las áreas verdes, el material de construcción y el factor de visión del cielo; y como variables cíclicas las radiaciones solares y las fuentes de calor

antropogénico, (Vargas, 2016). El calor generado y contenido en un área inicia con el Sol transformándolo como radiación solar, automóviles, aire acondicionado y otras fuentes como el calor antropogénico que entra en contacto al ambiente de forma directa e instantánea. Por otro lado, se encuentra que la emisión de calor por radiación solar es absorbida por estructuras urbanas y por otra parte es reflejada al ambiente (Sangines, 2013).

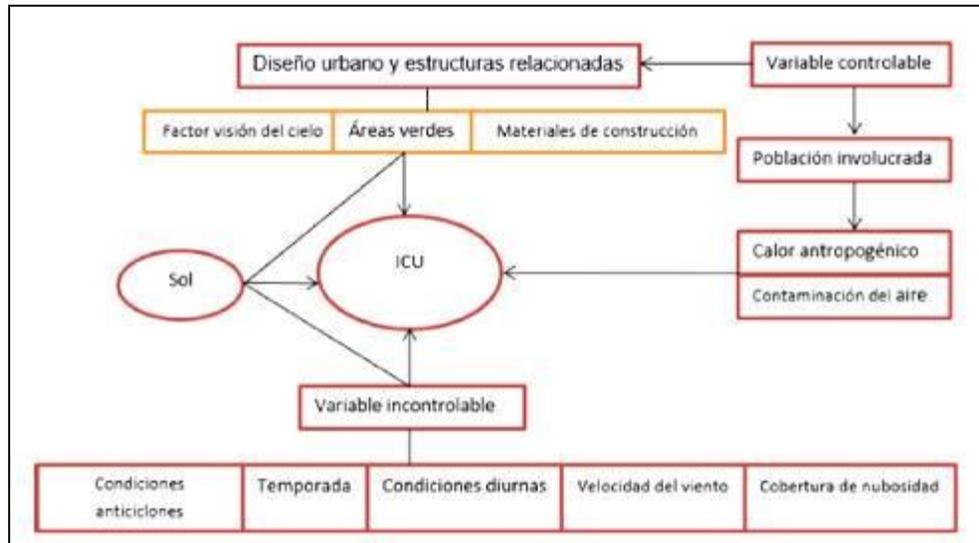


Figura 3. Generación de la isla de calor urbana
Fuente: Sangines (2013).

2.2.7. Causas del efecto isla de calor urbana

Las islas de calor urbanas son una consecuencia del desarrollo de las ciudades donde se generan cambios en las propiedades térmicas e irradiancias de sus estructuras. Por ejemplo, los edificios altos disminuyen la velocidad del viento a la cual las ciudades se enfrían en las noches. A diferencia del calentamiento global, las islas de calor son cambios climáticos locales y no globales ya que sus efectos se limitan a una escala mucho menor, pero los efectos de ambos fenómenos son similares ya que pueden inducir a un mayor consumo energético, afectar la salud y perjudicar los elementos ambientales de una zona (EPA, 2011).

Existen factores que contribuyen en la ocurrencia e intensidad de las islas de calor urbana:

2.2.7.1. Reducción de la vegetación: la cobertura arbórea y vegetal proveen sombra al suelo ayudando a mantener baja la temperatura superficial, la evapotranspiración es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación junto con la pérdida de agua por transpiración de las plantas y árboles regulando la temperatura del aire (Trujillo, 2012). Ambos procesos naturales son afectados por la deforestación como producto de la sustitución de superficies naturales por superficies impermeables como edificaciones, techos, vialidades, acueductos, sistemas de alcantarillados, originándose un crecimiento en las temperaturas tanto superficiales como atmosféricas en las zonas afectadas.

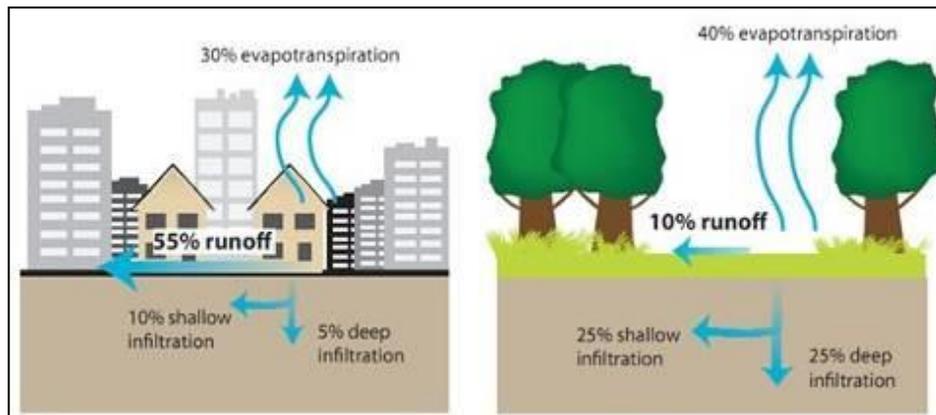


Figura 4. Superficies duras vs. Superficies blandas
Fuente: EPA (2011).

2.2.7.2. Materiales de construcción: en la construcción de obras civiles se emplean materiales con propiedades como la reflectividad solar (albedo), emisividad térmica y capacidad calórica, que influyen directamente en el desarrollo de las islas de calor, porque definen la forma en que la energía solar es reflejada, emitida o absorbida por las estructuras. La energía solar que llega a la tierra tiene una longitud de onda que varía entre los 250 y 2500 nm, se compone de rayos ultra violeta (5%), luz visible (43%) y rayos infrarrojos (52%), siendo estos últimos los que se perciben en forma de calor (EPA, 2011).

Las superficies urbanas tienen un albedo menor que las superficies en las zonas rurales por lo que tienden a absorber mayor cantidad de calor. Además de la radiación reflejada también está la emitida por las superficies (emisividad térmica), que es la capacidad que éstas tienen de eliminar calor o de emitir radiación infrarroja de onda larga. Mientras

mayor sea la emisividad térmica, la temperatura superficial será menor. Por último, está la capacidad calórica de un material, que se refiere a la cantidad de calor que es capaz de almacenar. Materiales como el metal o la roca tienen una capacidad calórica alta en comparación con materiales como la arena y la tierra, alcanzando a almacenar hasta dos veces más calor que los materiales de las zonas rurales (EPA, op. cit.).

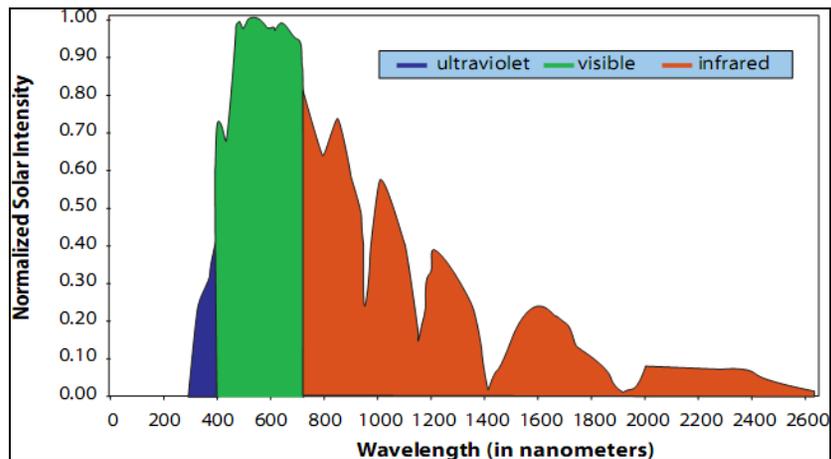


Figura 5. Energía solar que alcanza la superficie terrestre (Longitud de onda vs Intensidad solar normalizada)
Fuente: EPA (2011).

2.2.7.3. Geometría urbana: comprende las propiedades, características y distribución de los espacios y dimensiones de las edificaciones de la superficie de la ciudad, influyendo de esta manera en el flujo del viento, en la absorción de la energía y en la capacidad de emisividad térmica, debido a que los edificios altos actúan como barrera que evitan que el flujo de aire circule libremente convirtiendo estas zonas en islas de calor. La geometría urbana tiene mayor influencia en las noches ya que un elemento conocido como “cañón urbano” (corredores viales entre altos edificios) previene que el calor liberado por las estructuras durante la noche alcance una altura donde su efecto no se sienta, sino que lo atrapa calentando el aire en el proceso. Durante el día el cañón urbano tiende a actuar de manera positiva ya que provee sombra en esa zona (Trujillo, op. cit.).

2.2.7.4. Ubicación geográfica: la topografía y localización geográfica de una zona definen gran parte del clima, debido a que montañas aledañas bloquean el viento o pueden

dirigirlo hacia otras áreas. La geografía del lugar también es un factor que incide en el desarrollo de las ICU, porque este determina el tiempo en que ese lugar se encuentra expuesto a la radiación solar, que en algunos lugares podría variar durante el año (zonas de latitudes altas), mientras que en otros es constante (cerca al ecuador) (Voogt, 2004).

2.2.7.5. Fuentes antropogénicas: hace referencia a todo lo que emite calor que fue producido por el hombre afectando principalmente a las islas de calor atmosféricas. Entre este tipo de fuente se tiene, los medios de transporte, los procesos industriales, la calefacción y la ventilación (EPA 2008, citado por Trujillo 2012).

2.2.7.6. Tiempo atmosférico: el viento y la nubosidad afectan el desarrollo de la islas de calor ya que estas se potencializan cuando el viento es débil y el cielo está despejado, puesto que por efecto de la convección los vientos fuertes y la nubosidad evitan que gran parte de la radiación solar alcance la superficie (Voogt, op. cit.).

2.2.8. Tipos de isla de calor

Las ICU se forman según Voogt (2008), debido a las diferencias en las tasas de temperatura (calentamiento y enfriamiento) de las ciudades con relación a sus entornos. Dentro de la amplia gama de estudios realizados, se distinguen tres tipos de Islas de Calor Urbana:

- ✓ Isla de calor de la capa de dosel (ICCD)
- ✓ Isla de calor de la capa límite o de perímetro (ICCL o ICCP)
- ✓ Isla de calor de superficie (ICS)

2.2.8.1. Isla de calor de la capa de dosel (ICCD): la capa de dosel urbana (CDU) es la capa de aire de las ciudades que está más cercana a la superficie, la cual se extiende hacia arriba aproximadamente hasta la altura media de las edificaciones. Por encima de la capa de dosel urbano se encuentra la capa de perímetro o límite urbana la cual puede ser de 1 km o más de espesor durante el día, y puede encogerse a cientos de metros o menos durante la noche (Voogt, op. cit.).

Así, la ICCD, es el fenómeno de islas de calor que se produce en el espacio comprendido entre el suelo y los tejados de los edificios. El viento y las temperaturas experimentan cambios notables en espacios muy reducidos y se forma un complejo entramado de

microclimas diferentes debido al trazado y anchura de la red vial, los usos del suelo, los materiales como el asfalto y el concreto, así como por las diferentes alturas y orientaciones (Gómez, 2014).

2.2.8.2. Isla de calor de la capa límite o de perímetro (ICCL o ICCP): este tipo de isla de calor alude a lo que ocurre en la capa límite urbana (Urban Boundary Layer). Este tipo de isla de calor es la capa turbulenta, generada por la rugosidad de la superficie y los movimientos convectivos asociados al caldeoamiento del aire en contacto con el suelo (Gómez, 2014). En otras palabras, es tipo de IC se genera producto de la ICS y ICCD.

2.2.8.3. Isla de calor superficial (ICS): la ICS alude a las altas temperaturas de emisión que alcanzan las diferentes estructuras y cuerpos urbanos y que son captadas directamente por sensores infrarrojos, tales como los que disponen los satélites de observación terrestre (Trujillo, 2012).

En este orden de ideas, los dos primeros tipos de isla de calor se refieren al calentamiento de la atmósfera urbana la cual se divide en dos capas, la de dosel urbana y la de límite urbana. La primera hace referencia a la zona más cercana a la superficie consistiendo en el aire atrapado entre las superficies de los edificios y la capa límite urbana que alcanza una altura de 1,5 km sobre la superficie (ver figura 6).

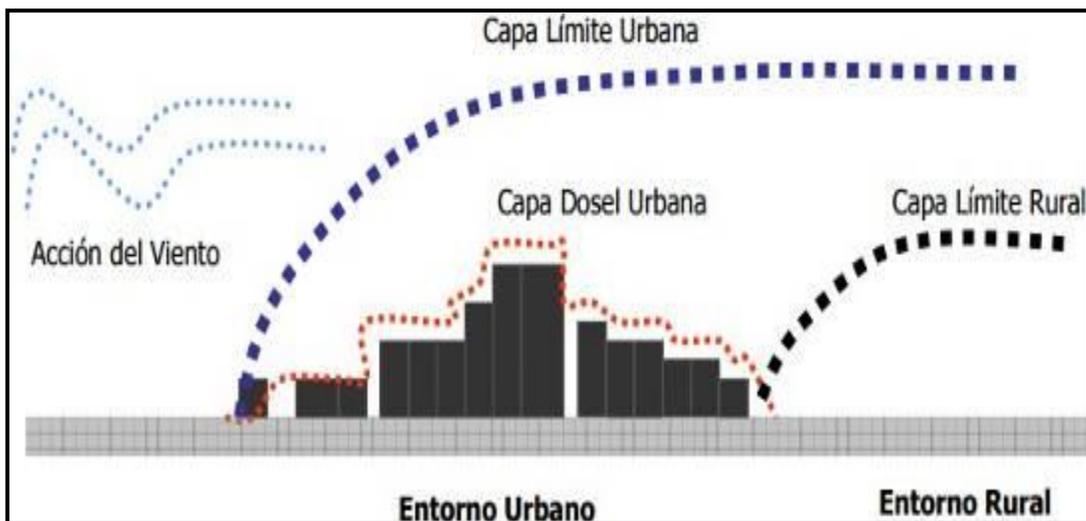


Figura 6. Capas atmosféricas urbanas
Fuente: Eixo Atlántico (2008).

Para medir la temperatura de las capas atmosféricas ICCD y ICCL, se utilizan estaciones climáticas (termómetros), mientras que para medir la temperatura superficial ICS se utilizan imágenes obtenidas con sensores remotos de satélites o aviones que permiten generar lo que se conoce como temperatura de emisión superficial (Smith, 2011). A continuación se presentan las diferencias que existen entre los tipos de islas de calor:

Tabla 1. Características básicas entre las islas de calor superficiales y las islas de calor atmosféricas

Parámetro	Isla de Calor Superficial	Isla de Calor Atmosférica
Desarrollo temporal	- Presente en todo el día y la noche. - Es más intenso durante el día y el verano.	- Puede ser insignificante o no existe durante el día. - Intenso durante la noche, el atardecer y el invierno.
UHI Pico (Condiciones de UHI más intensas)	Mayor variación espacio temporal - Día: 10 a 15°C - Noche: 5 a 10°C	Menor variación: - Día -1 a 3°C - Noche-7 a 12°C
Método de identificación más utilizado	Medición Indirecta: - Percepción remota	Medición directa: - Estaciones climáticas fijas - Atravesadores móviles
Representación	- Imagen térmica	- Mapas de isotermas - Gráfica de temperatura

Fuente: EPA (2008).

Es importante resaltar, que la isla de calor superficial es más intensa cuando la nubosidad es baja y el viento débil, por lo que es la condición ideal para medirla, además de que un día claro permite que la imagen satelital tenga información más confiable (EPA, 2011). Por otro lado, se conoce que la isla de calor atmosférica tiene una mayor intensidad desde el atardecer hasta temprano en la mañana, debido a la liberación de calor de las estructuras urbana (EPA, 2008). La liberación de calor de las superficies duras ocasiona un incremento en la temperatura del aire. En la figura 6, se puede apreciar como la isla de calor superficial y atmosférica se presentan en el día y en la noche, dependiendo del tipo de superficie.

Las temperaturas que aparecen en la imagen no representan ningún valor ni están relacionadas con una medición de algún lugar en específico, son sólo un modelo

representativo de la variación de la temperatura del aire y la superficie entre el día y la noche (EPA, op. cit.). Las líneas de color naranja representan la temperatura durante el día, mientras que las de color azul representan la noche. Por su parte, las líneas discontinuas representan la temperatura del aire mientras las continuas las de la superficie.

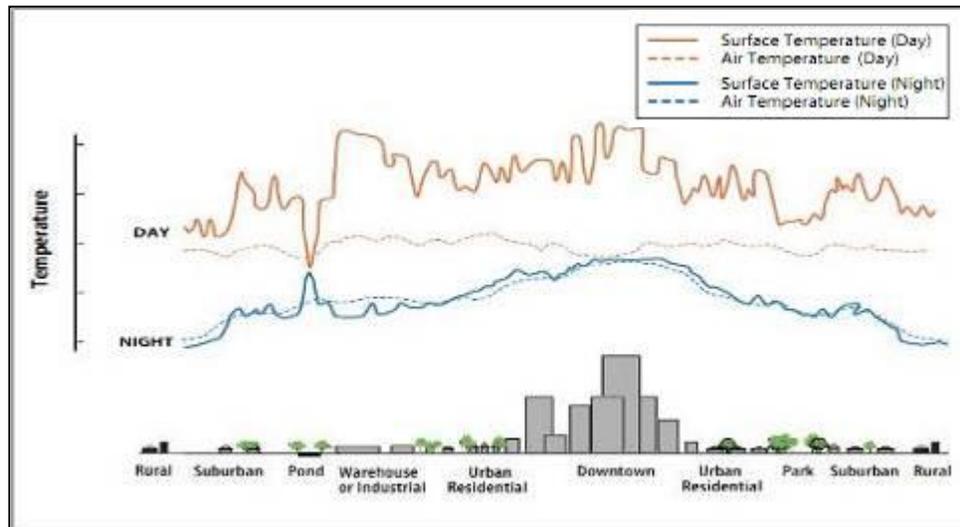


Figura 7. Las temperaturas superficiales y atmosféricas varían en las diferentes áreas de uso de la tierra. Las temperaturas de superficie varían más que las temperaturas del aire durante el día, pero ambas son bastante similares por la noche.

Fuente: EPA (2008).

Para cuantificar el efecto isla de calor se comparan la temperatura promedio de la zona urbana y la temperatura promedio de las áreas rurales no urbanizadas circundantes (Memon, Leung, & Liu, 2009). La diferencia entre estas temperaturas (también conocido como índice de isla de calor o UHII) cuantifica el fenómeno. Cuando el índice es positivo nos indica que la temperatura de la zona urbana es mayor a la de la zona rural.

2.2.9. Efectos de la isla de calor

Las islas de calor afectan el entorno en el que se habita directamente de varias formas. Algunos de estos impactos son positivos, especialmente en países con estaciones climáticas en donde la temporada de crecimiento de algunas plantas se alarga, pero la mayoría son negativos (EPA, 2011). A continuación se describen los principales impactos que tienen las islas de calor sobre el ambiente:

2.2.9.1. Calidad del aire y gases de efecto invernadero (GEI): al producirse mayor consumo energético, se incrementa la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación atmosférica por la emisión de compuestos como: dióxido de azufre (SO₂), óxidos nitrosos (NO_x), material particulado (PM), dióxido de carbono (CO₂) entre otros (Trujillo, 2012). Contribuyendo de esta manera con el calentamiento global y con la producción lluvias ácidas, afectando así la salud de las personas, plantas y animales de manera directa.

Aunado a lo anterior, el incremento en las temperaturas aumenta la formación de ozono al nivel del suelo, el cual se genera cuando los NO_x y los compuestos orgánicos volátiles (COV's) reaccionan con la presencia de luz solar, causando problemas de malos olores, irritación respiratoria, enfermedades respiratorias como la bronquitis, asma y afecta negativamente a las plantas y los cultivos. (Rosenfeld, et al., 1998).

2.2.9.2. Incremento en el consumo energético: en los meses del período seco (verano) aumenta la temperatura, generando un incremento en el consumo energético considerablemente, debido a que en áreas como industrias, oficinas y hogares se emplea un uso prolongado de equipos acondicionadores de aire (EPA, 2011).

2.2.9.3. Salud y confort: el incremento en las temperaturas, tanto de día como de noche, puede afectar la salud humana al ocasionar situaciones de estrés, dificultades respiratorias, calambres, cansancio, deshidratación, ataques de calor y hasta muertes (EPA, 2011). En el verano de 2003 una anomalía meteorológica proporcionó las condiciones necesarias para experimentar las temperaturas más altas y el ambiente más seco que se haya visto desde 1540 en Europa. Este evento fue tan intenso que ocasionó la muerte de por lo menos 70.000 personas y una gran cantidad de impactos como la pérdida de sembradíos ocasionados por incendios forestales y el derretimiento de gran parte de los glaciares en los Alpes (Robine, *et al.* 2008). Lo contrario ocurre en invierno en donde el confort humano se ve beneficiado debido a que las ICU generan una temperatura atmosférica más cálida, contribuyendo así a la disminución en la utilización de energía para calefacción y generando temperaturas más agradables.

2.2.9.4. Calidad del agua: las islas de calor contribuyen a la contaminación térmica del agua, lo que afecta todos los aspectos de la vida acuática, afectando especialmente el metabolismo y la reproducción de las especies acuáticas, en caso de que esta agua llegue a un río, un lago, un humedal o el mar (EPA, 2011).

2.2.10. Teledetección

La detección remota o teledetección es la adquisición de información a pequeña o gran escala de un objeto o fenómeno. Para Sabins (2000), es una técnica que emplea la energía electromagnética, tal como la luz, el calor y las ondas de radio como medio para la detección y medición de las características de un objeto en la superficie, sin que haya contacto físico con el sensor.

El procedimiento consiste en que el sol ilumina la superficie terrestre que refleja energía dependiendo del tipo de cobertura presente sobre ella, la energía reflejada es captada por el sensor codificándola a través de pulsos eléctricos para luego ser almacenada y transmitida a las estaciones receptoras. De esta forma se obtienen imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas satelitales o aéreas.

Es importante resaltar que los sistemas de teledetección poseen tres elementos fundamentales: el sensor, el objeto observado y un flujo energético que relaciona a ambos (Chuvienco, 1996). El sensor es un instrumento que capta información de un objeto a distancia, a través de la energía procedente de la cubierta, la decodifica y la guarda o la envía al sistema de recepción. El objeto observado son los cuerpos (planetas, seres vivos, objetos inanimados, fenómenos naturales, entre otros) que emiten radiación electromagnética. Por último, el flujo energético es el flujo de energía suministrado por el objeto y puede ser debido a la reflexión de la luz solar, algún tipo de energía emitida por el propio objeto o incluso por el sensor.

Un sistema de teledetección está compuesto por:

- ✓ Fuente de energía, que es el origen de la radiación electromagnética, que puede ser una fuente externa (teledetección pasiva) o una fuente interna que emite su propio haz de luz energético (teledetección activa).

- ✓ Cubierta terrestre, como masas de vegetación, suelos, agua, infraestructura humana, que reciben radiación energética, reflejándola o emitiéndola de acuerdo a sus características físicas.
- ✓ Sensor y plataforma soporte, el sensor capta la energía procedente de las cubiertas, la decodifica y la guarda o la envía al sistema de recepción.
- ✓ Sistema de recepción y distribución, es el camino que siguen los datos enviados por el satélite de teledetección.
- ✓ Experto encargado de agregar valor a la información, una vez captado los datos, estos son enviados a una estación receptora en la Tierra, sometidos a procesos de corrección y georreferenciación (generación de mapas temáticos).

2.2.11. Satélites

En astronomía, un satélite es un objeto que orbita alrededor de otro objeto de mayor tamaño. Existen dos tipos de satélites, los naturales y los artificiales (González, 2020). En este sentido, en el contexto de los vuelos espaciales un satélite artificial es un objeto que ha sido puesto en órbita intencionadamente (NASA, S/F). La finalidad de estas máquinas espaciales es la obtención de información fundamental para el desarrollo de la especie humana y de la vida en sociedad.

Los que orbitan la Tierra se utilizan en el ámbito de la investigación y el desarrollo científico, porque permiten estudiar fenómenos como la deforestación, el relieve, el nivel de los mares, la contaminación y explorar regiones inhóspitas, en las telecomunicaciones se emplean para mejorar el funcionamiento de teléfonos celulares, internet, la radio y la televisión digital, y en la meteorología generan información del clima y datos de la superficie terrestre. También son los encargados del desarrollo de la tecnología de tipo GPS que permite conocer la posición casi exacta de cualquier objeto sobre el planeta.

Según Uriarte (2021), los satélites se pueden clasificar de acuerdo a dos criterios principales:

Según su finalidad:

- ✓ Satélites de comunicación: son satélites que ayudan a transmitir las señales necesarias para las telecomunicaciones. Suelen emitir señales de televisión y radio desde un punto hacia otro.
- ✓ Satélites meteorológicos: son satélites empleados para evaluar, medir y predecir condiciones climáticas de la Tierra.
- ✓ Satélites de navegación: son satélites que se usan para conocer la posición precisa y exacta de algo o de alguien en la Tierra. Son, por ejemplo, los utilizados por el sistema GPS, Galileo y GLONASS.
- ✓ Satélites de reconocimiento: son más conocidos como satélites espías y se utilizan en el ámbito militar o en servicios de inteligencia.
- ✓ Satélites astronómicos: son satélites que se fabrican para observar galaxias, planetas, asteroides u otros objetos astronómicos.
- ✓ Satélites de energía solar: son satélites que sirven como fuente de alimentación. Reciben energía del sol y la redireccionan hasta las antenas de los hogares en la Tierra.

Según el tipo de órbita:

- ✓ Órbita baja terrestre: son satélites que se ubican a corta distancia de la superficie terrestre, entre 700 y 1400 km, y su período orbital es de entre 80 y 150 minutos.
- ✓ Órbita media terrestre u órbita circular intermedia: son satélites que se ubican entre los 9.000 y los 20.000 km y su período orbital puede ser entre 10 y 14 horas.
- ✓ Órbita geostacionaria: Son satélites que se encuentran a 35.786 km de distancia sobre el ecuador. Estos satélites permanecen siempre sobre el mismo lugar de la Tierra, es decir, no giran.

2.2.12. Satélite TERRA

La plataforma orbital TERRA fué lanzada el 18 de diciembre de 1999 a bordo del vehículo lanzador AtlasIIAS, como parte del programa de la NASA llamado Earth Observing System (EOS). (NASA, S/F). El satélite está programado para pasar de norte a sur cruzando el ecuador a las 10:30 a.m. en su órbita descendente (François, 2011).

El objetivo primordial de la misión es generar información para investigaciones sobre la dinámica atmosférica global, Terra explora las conexiones entre la atmósfera de la Tierra, la

tierra, la nieve, el hielo, el océano, el equilibrio energético para comprender el clima y el cambio climático del planeta, también es empleado para mapear el impacto de la actividad humana y los desastres naturales en las comunidades y los ecosistemas. La plataforma TERRA aporta datos sobre:

- a) Atmosfera: flujo de energía radioactiva, composición de la troposfera, aerosoles, temperatura y la humedad, nebulosidad.
- b) Superficie terrestre: cambios en la cobertura y en el uso de las tierras, dinámica de las vegetaciones, dinámica de la agricultura, temperatura de la superficie, ocurrencia de las quemadas y eventos volcánicos.
- c) Océanos: temperatura de la superficie, el fitoplancton y de materia orgánica disuelta. En las regiones polares el satélite obtiene informaciones sobre cambios en la cobertura de hielo de la Tierra, el hielo del mar y la cobertura de nieve.

Según NASA (S/F), los datos del satélite comenzaron a ser recolectados en febrero de 2000 y lleva una carga útil de cinco sensores remotos:

- ✓ **ASTER** (espectral avanzado de emisiones térmicas y reflexión Radiométrica).
- ✓ **CERES** (nubes y la Tierra, energía radiante del sistema).
- ✓ **MISR** (multiángulo de imágenes espectroradiométricas).
- ✓ **MODIS** (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer).
- ✓ **MOPITT** (mediciones de la contaminación en la tropósfera).

Tabla 2. Información general del satélite TERRA.

Satélite TERRA	
Operadora	National Aeronautics and Space Administration (NASA)
País	Estados Unidos (USA)
Lanzamiento	18/12/1999
Altitud	705 km
Inclinación	98,2°
Órbita	Polar y Heliosíncrona
Tiempo de Duración de la Órbita	98,1 min
Horario de Pasaje	09h / 11h / 22h / 23h
Período de Revisita	16 días
Resolución Espacial	MODIS: 250 m, 500 m, 1.000 m

Sensores	ASTER, MODIS, MISR, CERES, MOPITT
----------	-----------------------------------

Fuente: NASA (S/F)

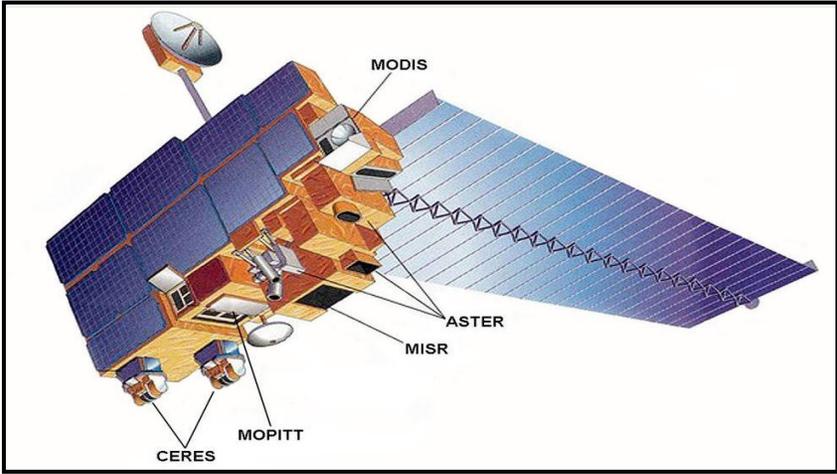


Figura 8. Imagen de Terra y sus principales instrumentos. NOAA
Fuente: Martín (2019)

2.2.13. Sensor MODIS

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) es un sensor híperespectral que se encuentra viajando a bordo del satélite Terra, cuenta con una alta sensibilidad radiométrica (12 bit) en 36 bandas espectrales, en un rango de longitud de onda que va desde los 0,4 μm a los 14,4 μm . Las primeras 19 bandas están posicionadas en la región del espectro electromagnético, las bandas de la 1 a la 7 son útiles para aplicaciones terrestres, desde la 8 a la 16 se emplean para observaciones oceánicas y las bandas 17, 18 y 19 se emplean para mediciones atmosféricas. Las bandas 20 a la 36 cubren la porción del infrarrojo térmico del espectro (François, op. cit.). El tamaño del píxel es de 250 m para los canales del visible, 500 m para el infrarrojo cercano y 1000 m para el infrarrojo térmico, repite la visita sobre la misma franja terrestre (el camino) cada 16 días y se encuentran a aproximadamente 705 km de altitud sobre la superficie terrestre (Calvo, 2019).

El sensor tiene un ancho de barrido de 2.330 Km y provee imágenes de alta resolución radiométrica de la radiación reflejada diurna y de la emisión térmica diurna y nocturna. Durante el día toma datos de todas las bandas, mientras que por la noche sólo las correspondientes al térmico, funciona durante el día y la noche continuamente (Calvo,

op.cit.). Cuenta con 44 productos que permiten mejorar la comprensión de los procesos que transcurren en la tierra, los océanos y la atmósfera, jugando un papel muy importante en el desarrollo de modelos de predicción del cambio climático global, monitoreo de la deforestación, incendios forestales, sequías e inundaciones entre otros (Reymondin, 2011).

Entre las funciones que realiza MODIS está la de determinar la cantidad de vapor de agua en una columna de la atmósfera y la distribución vertical de la temperatura y el vapor de agua, medidas cruciales para comprender el sistema climático de la Tierra (NASA, S/F). Este equipo de medición es ideal para monitorear los cambios a gran escala en la biosfera sobre el funcionamiento del ciclo global del carbono. El sensor mide la actividad fotosintética de las plantas terrestres y marinas (fitoplancton) para obtener mejores estimaciones de la cantidad de gases de efecto invernadero que se absorbe y utiliza en la productividad de las plantas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Paradigma, diseño, tipo y nivel de la investigación

El presente estudio se enmarca dentro del paradigma positivista con un enfoque cuantitativo, en este sentido Palella y Martins (2012), señalan que:

El paradigma con enfoque cuantitativo se fundamenta en el positivismo el cual percibe la uniformidad de los fenómenos, aplica la concepción hipotética-deductiva como una forma de acotación que la materialización del dato es el resultado de procesos derivados de las experiencias. (p.40).

Esta investigación se circunscribe en un diseño no experimental, que según Palella y Martins (*ob cit.*), es donde “el investigador realiza la investigación sin manipular ninguna variable. Se observan los hechos tal cual y como se presentan en su contexto real, en un tiempo determinado o no para luego analizarlos” (p. 87). Las variables independientes ya han ocurrido lo que impide su manipulación. Por lo tanto, en este caso de estudio, el fenómeno de ICU se viene desarrollando en el estado Cojedes con el transcurrir del tiempo, donde la variabilidad de la temperatura no puede ser manipulada estudiando así la información que se obtenga directamente de la realidad.

En este orden de ideas, el tipo de investigación en el que se realizó este estudio es el de campo, el cual para Arias (2006), “consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, el investigador no altera las condiciones existentes (p. 31). Por lo descrito, este trabajo se circunda en este diseño porque los datos primarios se obtendrán de imágenes satelitales captadas por el sensor remoto MODIS.

Con respecto al nivel de la investigación, Arias (*ob cit.*) lo plantea como “el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p.23). En este sentido, este trabajo se ajusta a dos niveles que son el descriptivo y el longitudinal, el primero Palella y Martins (*op cit.*), lo describen como:

El propósito de este nivel es el de interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El nivel descriptivo hace énfasis sobre conclusiones

dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente (p. 92).

Con respecto al segundo nivel, los mismos autores establecen que “este se ocupa de estudiar las variaciones en el tiempo de la(s) variable(s), realizando la correlación de datos en un determinado período, con la finalidad de realizar inferencias en los cambios, factores que lo determinan y sus consecuencias” (p. 94). Tal es este caso de estudio, debido a que se busca una aproximación del desarrollo del fenómeno ICU en ciudades del estado Cojedes en un período de tiempo.

3.2. Unidad de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el estado Cojedes, que es uno de los veintitrés estados que conforma la República Bolivariana de Venezuela. Está ubicado en el centro-noroeste del país, en la región central del país. Limita al norte con Yaracuy y Carabobo, al este con Guárico, al sur con Barinas, al oeste con Portuguesa y Lara. Se encuentra comprendido dentro de los 9°25' de la latitud norte y 68°30' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 14.800 Km² y una población de 318.277 habitantes para el 2010, según el Instituto Nacional de Estadística (INE) (Ministerio del Poder Popular para la Planificación (MPPP) 2020). Posee 9 municipios autónomos: Ezequiel Zamora, Tinaquillo, Tinaco, Girardot, El Pao de San Juan Bautista, Anzoátegui, Ricaurte, Rómulo Gallegos y Lima Blanco.

Para el desarrollo de esta investigación, se tomó específicamente como unidad de estudio las tres principales ciudades del estado Cojedes: San Carlos, Tinaquillo y Tinaco; correspondiente a los municipios Ezequiel Zamora, Tinaquillo y Tinaco, respectivamente. Para delimitar la zona de interés se tomó en cuenta los siguientes criterios:

1. Que las tres ciudades: San Carlos, Tinaquillo y Tinaco, son las capitales de los municipios más poblados del estado Cojedes, por consiguiente poseen una mayor influencia climática.
2. Que las tres ciudades son las que poseen el mayor volumen de edificaciones estructurales con un número mayor a dos niveles, además poseen un número

considerable de urbanismos, calles y avenidas pavimentadas, zona industrial activa y gran volumen de vehículos pertenecientes al parque automotor.

Con estas consideraciones se generan tres (3) área de estudio, en las cuales se ubicarán puntos distribuidos entre la zona urbana y la rural en cada sector, en los cuales se determinará las diferentes temperaturas detectadas por el satélite. Es importante resaltar que los puntos de interés serán distribuidos de forma tal que proporcionen muestras caracterizadas por contener: zonas densamente pobladas como el centro de las ciudades; urbanismos con poca vegetación; áreas impermeabilizadas por concreto y asfalto; zonas de parques; zona con empresas y áreas ubicadas en el perímetro de la ciudad (zona rural).

Se procesarán 1616 imágenes del producto MOD11A2.006 LST a 8 días con un kilómetro cuadrado de resolución espacial derivado de Terra MODIS, conformados a su vez por 808 imágenes diurnas y 808 imágenes nocturnas, adquiridas vía la plataforma on line Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples (AppEEARS, disponible en <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears/>). El periodo cubierto por las imágenes va desde el 18/02/2000 hasta 22/09/2017.

3.3. Fases de la investigación

Fase 1: Valoración espacio-temporal de la diferencia térmica.

Se determinará en las 1616 imágenes satelitales los valores de temperatura superficial urbana y rural para el día y la noche, en los puntos seleccionados en las tres ciudades que conforman la unidad de estudio. Como el estado Cojedes no cuenta con registros referenciales termométricos confiables y actualizados, se establecerán patrones de comparación de los valores de temperatura obtenidos de las imágenes satelitales con las que se cuenta, partiendo del valor más bajo obtenido se determinará el diferencial térmico entre los puntos establecidos para así obtener la ICU en la zona rural al igual que para la zona urbana.

Fase 2: Evaluación espacio-temporal de la temperatura estandarizada.

Los temperaturas estandarizadas fueron obtenidas a partir de los promedios para cada grupo de imágenes (día – noche), además de conseguir uno anual. A través de

ellos se espera determinar los focos donde la ICU tiende a localizarse por medio de los diferenciales térmicos, así como también los núcleos cálidos presente en las ciudades seleccionadas como unidad de estudio en el estado Cojedes.

Las tendencias a largo plazo del diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio para el período de estudio (2000 - 2017), fueron analizadas estadísticamente mediante la aplicación de las pruebas T de Sen y Mann-Kendall, con la finalidad de determinar un intervalo de confianza del 95% para la estimación de la muestra.

Fase 3: Caracterización de los patrones espacio-temporal subyacente en la temperatura de emisión de superficie.

En esta etapa de la investigación, se busca conocer los patrones típicos que adquiere la ICU. Una vez determinado los mapas de temperatura estandarizada, se realizará un análisis de componentes principales. Esta técnica permitirá resumir las 1616 imágenes en nuevos factores complejos que explican gran parte de la varianza, y posibilita interpretar los patrones espaciales asociados a ellos.

Primero, se generará una matriz de correlación de imágenes para detectar los días con baja, moderada, acusada y muy acusada correlación. Luego de obtener las correlaciones entre las imágenes se estimará la comunalidad (h^2) por el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple entre X y las demás variable. Comprobadas las comunalidades se establece el número de componentes principales.

Fase 4: Estrategias de prevención para evitar la extensión del fenómeno isla de calor urbana hacia las áreas menos afectadas.

Después de tener identificadas las zonas con un desarrollo en escala menor del fenómeno ICU, se establecerán estrategias de carácter preventivo que no permitan la extensión del mismo, garantizando de esta manera la conservación de los espacios naturales. Las tácticas que se establecerán en esta fase serán sencillas de implementar, porque lo que se busca con este tipo de medida es la promoción de eficiencia y ahorro energético.

Fase 5: Estrategias de mitigación en los sectores que presentan el fenómeno isla de calos urbana.

En esta fase lo que se busca es generar recomendaciones que permitan disminuir o atenuar el impacto generado por el fenómeno ICU, específicamente en aquellas áreas de las ciudades con mayor temperatura debido a que el consumo de energía en estas áreas es mayor, producto de que se busca establecer mejores condiciones de confort térmico. Las estrategias a establecer serán de carácter mitigante, ya que la radiación solar incide en la superficie urbana siendo esta absorbida y transformada en calor que luego es emitido al ambiente en forma de onda larga y con un desfase en el tiempo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Fase 1: Valoración espacio-temporal de la diferencia térmica

Para el desarrollo de esta primera fase se ubicaron puntos para la lectura de las temperaturas de la superficie, distribuidos en la zona rural y urbana de las áreas de estudio con la finalidad de determinar la diferencia térmica entre la ciudad y su periferia, los mismos se identificaron por sus coordenadas geográficas sobre las 808 imágenes satelitales diurnas y las 808 imágenes satelitales nocturnas.

Tabla 3. Ubicación de puntos para la determinación de temperatura superficial en la ciudad de San Carlos edo. Cojedes

ID	COORDENAS		CATEGORIA	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN
	OESTE	NORTE			
1	68°35'38,40"	9°39'32,40"	Pto. Urbano	San Carlos	Calle Pichincha entre calle Salias y calle Páez
5	68°33'57,60"	9°39'32,40"	Pto. Urbano	San Carlos	Barrio Ezequiel Zamora
6	68°35'42,00"	9°39'00"	Pto. Urbano	San Carlos	Sector Limoncito
7	68°35'9,60"	9°38'24"	Pto. Urbano	San Carlos	Sector el Retazo
9	68°35'2,40"	9°39'57,60"	Pto. Urbano	San Carlos	Calle Alegría entra calle Virgen del Valle y Av. Caracas
10	68°34'30,00"	9°39'50,40"	Pto. Urbano	San Carlos	Urbanización Las Tejitas
11	68°34'55,20"	9°40'30"	Pto. Urbano	San Carlos	Urbanización Villa Universitaria
12	68°35'27,60"	9°40'48"	Pto. Urbano	San Carlos	Urbanización San Ramón
13	68°34'8,40"	9°39'7,20"	Pto. Urbano	San Carlos	Urbanización La Herrereña
14	68°35'52,80"	9°40'8,40"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
15	68°36'7,20"	9°39'18"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
16	68°36'7,20"	9°38'31,20"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
17	68°35'38,40"	9°37'44,40"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
18	68°33'3,60"	9°39'18"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
19	68°33'21,60"	9°40'40,80"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
20	68°34'51,60"	9°41'20,40"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural

Fuente: Propia (2021)



Figura 9. Imagen satelital de la ciudad de San Carlos con la ubicación de los puntos para determinar la temperatura superficial

Fuente: Google Earth (2020)

En la figura N° 9, se puede distinguir como quedó la distribución de los puntos para la lectura de las temperaturas en la ciudad de San Carlos, se establecieron 20 puntos en total ubicados internamente en la ciudad así como también en la zona rural en las afueras de la misma. Al aplicar este criterio lo que se estableció fue cubrir el mayor espacio de la unidad de estudio y poder comparar las temperaturas entre sí. Otro criterio establecido para la ubicación de los puntos en la ciudad, es que considero que la zona estuviera densamente construida y con poca vegetación urbana.

Tabla 4. Ubicación de puntos para la determinación de temperatura superficial de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes

ID	COORDENAS		CATEGORIA	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN
	OESTE	NORTE			
21	68°26'24"	9°41'42"	Pto. Urbano	Tinaco	Sector Corozal
23	68°26'20,40"	9°42'3,60"	Pto. Urbano	Tinaco	Intersección Av. Rómulo Arias, Av. 5 de Julio, Av. Bolívar y Av. Ricaurte
25	68°25'37,20"	9°41'56,40"	Pto. Urbano	Tinaco	Av. Urdaneta cruce con calle Mariño
26	68°25'40,80"	9°42'28,80"	Pto. Urbano	Tinaco	Av. Monagas salida hacia Valencia
27	68°26'38,40"	9°42'39,60"	Pto. Urbano	Tinaco	Sector Pueblo Nuevo
28	68°27'0"	9°42'21,60"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
29	68°28'37,20"	9°41'27,60"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
30	68°25'30"	9°41'16,80"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
31	68°25'19,20"	9°42'21,60"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
32	68°26'9,60"	9°42'57,60"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural

Fuente: Propia (2021)

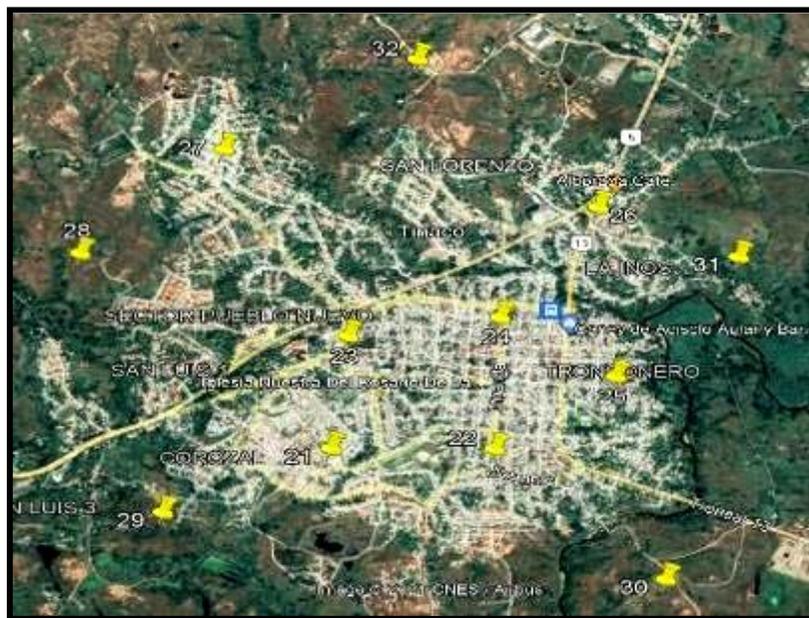


Figura 10. Imagen satelital de la ciudad de Tinaco con la ubicación de los puntos para determinar la temperatura superficial

Fuente: Google Earth (2020)

En la figura N° 10, se puede observar la ciudad de Tinaco, para establecer la ubicación de los puntos en esta unidad de estudio se aplicó el mismo criterio establecido en la ciudad de San Carlos, para de esta manera determinar las temperaturas superficiales en ambas zonas la urbana y la rural, y de esta manera comparar los datos obtenidos entre los 12 puntos establecidos.

Tabla 5. Ubicación de puntos para la determinación de temperatura superficial de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes

ID	COORDENAS		CATEGORIA	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN
	OESTE	NORTE			
33	68°19'15,60"	9°53'45,60"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Troncal T-005 entrando a Tinaquillo o cerca del Matadero de Tinaquillo
34	68°18'50,40"	9°53'49,20"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Calle 5 de Julio sector Las Granjitas
35	68°18'46,80"	9°54'10,80"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Urbanización Apamates II
37	68°19'1,20"	9°54'25,20"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Punto cerca del cementerio municipal nuevo
38	68°18'28,80"	9°54'46,80"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Avenida Miranda cruce con calle El Socorro
39	68°19'1,20"	9°55'19,20"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Calle Tinaquillo Las Mercedes frente a la Urb. Parque Resid. Buenos Aires
40	68°18'32,40"	9°55'19,20"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Avenida Taguanes Urb. Tamanaco
41	68°19'30"	9°54'54"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Avenida 4 Anzoátegui. La Candelaria.
42	68°17'31,20"	9°55'8,40"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Troncal T-005 frente a Aceros Laminados
43	68°18'0"	9°55'30"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Prolongación Avenida Ricaurte, cerca de mat. y ferretería Tinaquillo
44	68°15'36"	9°55'33,60"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Calle Falcón. Sector detrás de la estación de servicio CEDICO
45	68°17'34,80"	9°55'55,20"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Prolongación Avenida Ricaurte sector Juan Ignacio Méndez
47	68°20'6"	9°54'39,60"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
48	68°19'40,80"	9°53'45,60"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
49	68°18'10,80"	9°54'14,40"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
50	68°18'26,40"	9°54'50,40"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
51	68°17'16,80"	9°56'34,80"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
52	68°18'36"	9°56'9,60"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural

Fuente: Propia (2021)



Figura 11. Imagen satelital de la ciudad de Tiquillo con la ubicación de los puntos para determinar la temperatura superficial

Fuente: Google Earth (2020)

Por último, se tiene la figura N° 11 correspondiente a la ciudad de Tiquillo, que también forma parte de la unidad de estudio para esta investigación doctoral. En esta zona se establecieron 20 puntos con el mismo criterio aplicado a las ciudades anteriores y determina de esta manera las temperaturas superficiales, los mismos se encuentran distribuidos por toda la ciudad y la zona rural de sus alrededores cubriendo la mayor zona posible.

4.1.1. Procesamiento de imágenes satelitales con el sistema de información geográfico Qgis.

Fueron procesadas 1616 imágenes del producto MOD11A2.006 LST a 8 días con un kilómetro cuadrado (1 Km²) de resolución espacial derivado de Terra MODIS, conformados a su vez por 808 imágenes de día y 808 imágenes nocturnas, adquiridas vía la plataforma on line Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples (AppEEARS, disponible en <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears/>). El

periodo cubierto por las imágenes va desde el 18/02/2000 hasta 22/09/2017. Es importante destacar que las imágenes vienen corregidas, por lo tanto, el producto está listo para su uso en aplicaciones científicas y publicaciones.

A continuación se presentan algunas de las imágenes:

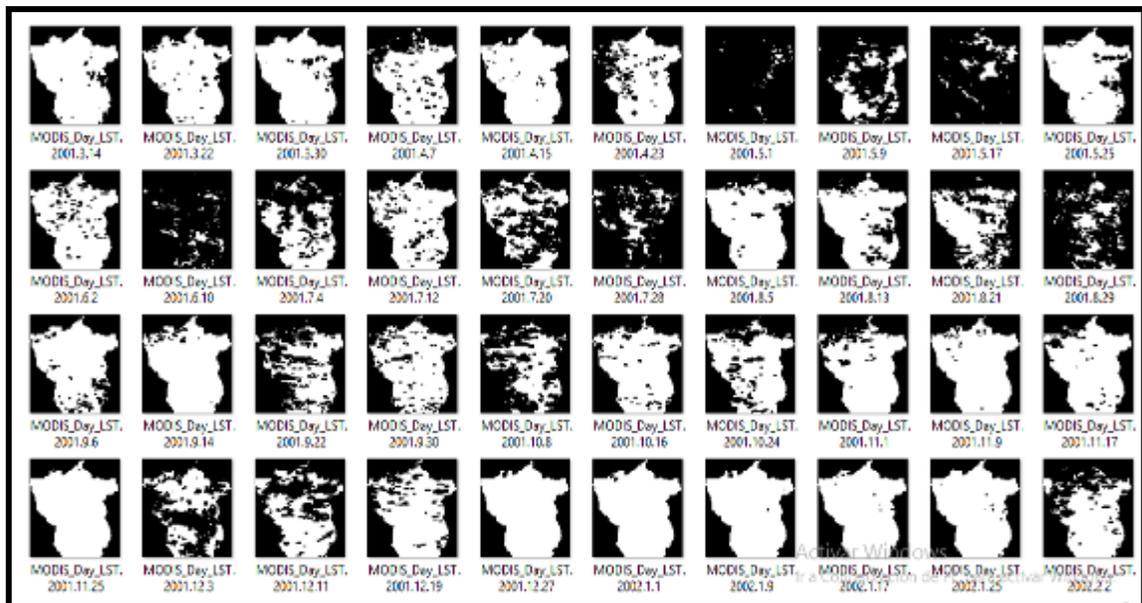


Figura 12. Imágenes diurnas del estado Cojedes

Fuente: <https://lpdaacsv.cr.usgs.gov/appears/> (2019)

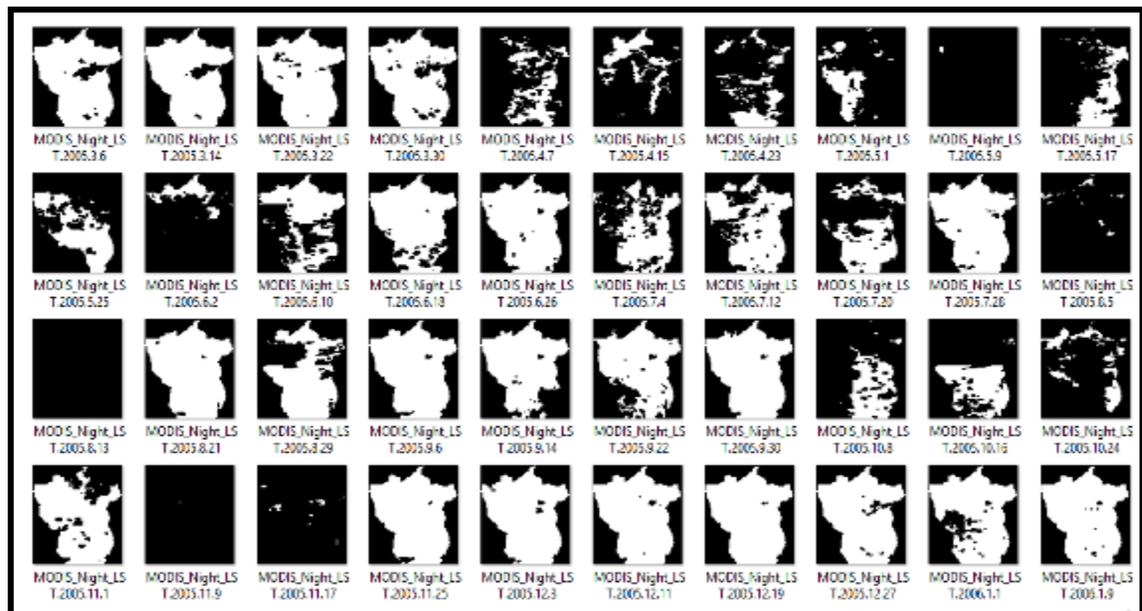


Figura 13. Imágenes nocturnas del estado Cojedes

Fuente: <https://lpdaacsv.cr.usgs.gov/appears/> (2019)

4.1.2. Estimación de valores de temperatura en las zonas urbana y rural para el día y la noche de la unidad de estudio.

Para el desarrollo de esta actividad se vaciaron los valores de temperaturas de las imágenes del producto MOD11A2.006 LST en una hoja de cálculo de Excel de Microsoft, los cuales fueron sometidos a un procesos de ordenamiento, depuración y promedio de los valores obtenidos, tanto para las imágenes diurnas como las imágenes nocturnas, en las tres ciudades seleccionadas como unidad de estudio del estado Cojedes, que son: San Carlos, Tinaco y Tinaquillo. Además, los valores promedios obtenidos fueron comparados con los resultados arrojados por el software R el cual es un lenguaje de programación con un enfoque estadístico. En las figuras abajo mostradas se puede apreciar los promedios obtenidos para las temperaturas superficiales (ver franjas de colores), los datos van desde febrero del año 2000 hasta septiembre de 2017. El mes de febrero del año 2000 no fue considerado para este estudio porque hay mucho vacío en la lectura de los datos.

Source	Year	Month	Day	ID1	ID5	ID6	ID7	ID9	ID10	ID11	ID12	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	ID18	ID19	ID20
MODIS_Day_LST 2000	2	18																	
MODIS_Day_LST 2000	2	26		38,2		37,03	38,17	37,43				37,25	39,89	36,65	36,17	36,01	40,03		
MODIS_Day_LST 2000	3	5		40,6	39,33	40,09	40,31	39,17	39,07	41,11	40,79	40,75	40,73	40,63	40,73	37,85	42,45	39,81	41,97
MODIS_Day_LST 2000	3	13		40,4	40,09	40,47	39,65	40,05	39,75	40,89	39,45	40,89	39,91	40,89	40,15	40,11	42,01	40,91	41,49
MODIS_Day_LST 2000	3	21					37,27		38,29			36,71			36,87	37,19			
MODIS_Day_LST 2000	3	29		41,5	40,27	40,91	41,13	40,33	40,19	40,13	39,77	40,93	41,17	41,45	40,73	40,11	42,05	40,57	38,85
				40,81	39,90	40,49	39,59	39,85	39,33	40,71	40,00	39,82	40,60	40,99	39,62	38,82	42,17	40,43	40,77
MODIS_Day_LST 2000	4	6		41,5	38,45	40,41	38,71	38,93	38,61	39,11	39,95	39,83	22,05	42,49	42,59	39,61	41,95	39,11	
MODIS_Day_LST 2000	4	14		44,9	42,91	44,81	43,97	43,29	42,97	43,89	42,79	44,01	44,25	45,35	45,45	43,31	45,93	44,39	44,25
MODIS_Day_LST 2000	4	22																	
MODIS_Day_LST 2000	4	30		43,5	39,17	41,79	42,39	41,17	39,97	41,27	41,31	40,05	42,71	40,21	42,73	40,13	40,73	40,23	41,07
				43,30	40,18	42,34	41,69	41,13	40,52	41,42	41,35	41,30	36,34	42,68	43,59	41,02	42,87	41,24	42,66
MODIS_Day_LST 2000	5	8																	
MODIS_Day_LST 2000	5	16					33,11			40,43	30,89			32,89	32,87	30,67			33,13
MODIS_Day_LST 2000	5	24		32,5	33,23	31,83		33,35	33,67	31,05	30,61		32,63	31,59	31,45				31,13
				32,53	33,23	31,83	33,11	33,35	33,67	35,74	30,75	0,00	32,63	32,24	32,16	30,67	0,00	31,13	33,13
MODIS_Day_LST 2000	6	1		34,9	33,79	34,23	28,21	34,35	32,43	30,21	32,75	30,79	34,07	32,53	30,27	28,85	30,09	29,39	31,83
MODIS_Day_LST 2000	6	9		31,7	33,79	32,01	31,03	33,31	34,25	31,51	29,41	33,39	30,65	31,33	30,73	30,23	32,23	31,43	29,99
MODIS_Day_LST 2000	6	17					27,29								28,65	27,31		29,43	31,59
MODIS_Day_LST 2000	6	25		25,5	26,81			26,33	26,79	25,45	25,39		25,61	25,29	25,27		27,49	26,87	25,37
				30,68	31,46	22,08	28,84	31,33	31,16	29,06	29,18	32,09	30,11	29,72	28,73	28,80	29,94	29,28	29,70
MODIS_Day_LST 2000	7	3					29,83							30,05	31,31				
MODIS_Day_LST 2000	7	11					27,85				36,41		28,49	29,03		28,29			
MODIS_Day_LST 2000	7	19		28,7	29,71	27,87	25,71	29,45	28,97	28,75	28,13	28,63	28,65	27,55	27,09	26,77	27,99	27,65	27,79
MODIS_Day_LST 2000	7	27											33,11			31,17	33,75	32,77	33,25

Figura 14. Valores de temperatura superficial en las imágenes diurnas San Carlos estado Cojedes
Fuente: Propia (2020)

Source	Year	Month	Day	ID1	ID5	ID6	ID7	ID9	ID10	ID11	ID12	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	ID18	ID19	ID20	
MODIS_Night_LST	2000	2	18																	
MODIS_Night_LST	2000	2	26																	
MODIS_Night_LST	2000	3	5	23,35	23,39	23,03	22,59	23,39	23,53	23,71	22,85	23,51	23,39	22,71	22,45	21,87	22,91	23,15	23,03	
MODIS_Night_LST	2000	3	13	23,61	24,31	22,95	22,89	23,99	24,27	24,29	23,17	23,97	23,77	21,81	21,47	21,69	23,29	23,65	22,87	
MODIS_Night_LST	2000	3	21	23,69	23,99	23,59	21,91	23,77	23,91	23,43	22,71	23,89	23,65	22,83	22,35	21,69	22,77	23,11	23,05	
MODIS_Night_LST	2000	3	29	24,95	24,99	24,39	23,35	24,85	24,81	24,35	24,39	25,17	24,99	23,63	23,45	22,69	24,49	23,85	23,63	
				23,9	24,17	23,49	22,69	24	24,13	23,95	23,28	24,14	23,95	22,75	22,43	21,99	23,37	23,44	23,15	
MODIS_Night_LST	2000	4	6	20,67	21,13	21,21	22,95	21,47	21,27	20,41	24,33	23,81	21,07	21,01	22,81	22,37	23,03	21,35	24,53	
MODIS_Night_LST	2000	4	14	23,19	24,65			25,21	25,37	18,41	16,11	25,53	17,87				17,49	25,79	10,71	
MODIS_Night_LST	2000	4	22							17,23									17,25	
MODIS_Night_LST	2000	4	30																	
				21,93	22,89	21,21	22,95	23,34	23,32	18,68	20,22	24,67	19,47	21,01	22,81	22,37	20,26	23,57	17,5	
MODIS_Night_LST	2000	5	8																	
MODIS_Night_LST	2000	5	16	23,93	23,81	22,73	22,61	23,97	24,07			22,83	24,01	22,41	22,31	23,33	22,77	23,57		
MODIS_Night_LST	2000	5	24	23,85	20,83	23,47	22,51	23,35	22,09	22,89	23,13		23,57	23,65	23,47	22,63		21,67	23,03	
				23,89	22,32	23,1	22,56	23,66	23,08	22,89	23,13	22,83	23,79	23,03	22,89	22,98	22,77	22,62	23,03	
MODIS_Night_LST	2000	6	1	24,07	24,21	23,83	23,29	23,87	24,27	24,25	24,31	24,31	24,15	23,53	23,73	21,89	23,79	24,17	24,03	
MODIS_Night_LST	2000	6	9							22,35	21,47				18,23	20,65		21,83	22,57	
MODIS_Night_LST	2000	6	17																	
MODIS_Night_LST	2000	6	25	22,75	22,89	22,49	22,09	22,91	22,99	22,69	22,57	22,75	22,83	22,19	22,25	21,79	22,19	22,49	22,39	

Figura 15. Valores de temperatura superficial en las imágenes nocturnas en San Carlos estado Cojedes
Fuente: Propia (2020)

Source	Year	Month	Day	ID21	ID23	ID25	ID26	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	ID32
MODIS_Day_LST	2000	2	18										
MODIS_Day_LST	2000	2	26	38,9	37,89	38,69	37,9	38,93		37,41	38,99	39,4	39,4
				38,9	37,89	38,69	37,9	38,93	0	37,41	38,99	39,4	39,4
MODIS_Day_LST	2000	3	5	41,6	40,49	40,65	40,6	41,23	41,49	42,61	40,97	40,6	40,2
MODIS_Day_LST	2000	3	13	40,9	40,51	40,45	39,9	41,43	40,83	41,29	41,47	40,8	41,8
MODIS_Day_LST	2000	3	21										
MODIS_Day_LST	2000	3	29	39,5	39,17	39,17	38,9	40,67	39,59	39,97	40,13	39	40,7
				40,7	40,06	40,09	39,8	41,11	40,64	41,29	40,86	40,1	40,9
MODIS_Day_LST	2000	4	6						40,27				
MODIS_Day_LST	2000	4	14	43,1	42,77	42,61	42,4	43,79	42,83	44,23	43,57	42,9	44
MODIS_Day_LST	2000	4	22										
MODIS_Day_LST	2000	4	30	40,2	40,03	39,33	40,5	39,43	40,55	38,21	39,35	39,6	39,3
				41,7	41,4	40,97	41,5	41,61	41,22	41,22	41,46	41,2	41,6
MODIS_Day_LST	2000	5	8										
MODIS_Day_LST	2000	5	16	33,7	33,57	33,97	32,8		33,73	34,73	34,25	32,1	
MODIS_Day_LST	2000	5	24					37,11				32,2	33,7
				33,7	33,57	33,97	32,8	37,11	33,73	34,73	34,25	32,1	33,7
MODIS_Day_LST	2000	6	1	29,5	30,47	28,97	32,4		29,33		26,67	33	36,8
MODIS_Day_LST	2000	6	9	31,9	32,13	32,11	32,1	32,49	31,75	32,27	31,49	31,6	32,3
MODIS_Day_LST	2000	6	17	32		31,33				32,61	31,09		
MODIS_Day_LST	2000	6	25								24,63		
				31,2	31,3	30,8	32,3	32,49	30,54	32,44	28,47	32,3	34,6
MODIS_Day_LST	2000	7	3	31,7	31,37	32,01	31,7	32,43	31,21	28,67	23,37	31,8	30,6
MODIS_Day_LST	2000	7	11	27	26,83	26,81	26,6	27,59	27,41	26,55	26,49	26,6	26,7
MODIS_Day_LST	2000	7	19	27,1		26,87		27,23		27,17	26,23		27,2
MODIS_Day_LST	2000	7	27										

Figura 16. Valores de temperatura superficial en las imágenes diurnas en Tinaco edo. Cojedes.
Fuente: Propia (2020)

Source	Year	Month	Day	ID21	ID23	ID25	ID26	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	ID32
MODIS_Night_LST	2000	2	18										
MODIS_Night_LST	2000	2	26		22,27		21,77		21,57			21,47	
				0,00	22,27	0,00	21,77	0,00	21,57	0,00	0,00	21,47	0,00
MODIS_Night_LST	2000	3	5	23,9	24,13	23,59	23,47	24,43	23,89	24,01	23,9	23,15	24,1
MODIS_Night_LST	2000	3	13	23,2	23,83	22,87	23,59	23,83	23,45	23,11	23	22,99	23,9
MODIS_Night_LST	2000	3	21					24,75	24,11		23,8		24,9
MODIS_Night_LST	2000	3	29	22,3	22,51	22,23	22,39	22,03	21,85	22,59	22,9	22,31	22,4
				23,1	23,49	22,9	23,15	23,76	23,33	23,24	23,4	22,82	23,8
MODIS_Night_LST	2000	4	6	24,9	25,37	24,45	24,83	25,61	23,59	24,53	24,5	24,33	25,4
MODIS_Night_LST	2000	4	14	23,5		23,55	23,17			24,27	23,5	23,05	
MODIS_Night_LST	2000	4	22		18,79		15,99	23,29	22,51	13,77			20,9
MODIS_Night_LST	2000	4	30										
				24,2	22,08	24,00	21,33	24,45	23,05	20,86	24	23,69	23,1
MODIS_Night_LST	2000	5	8										
MODIS_Night_LST	2000	5	16	23,8	24,07	23,57	23,97	24,17	23,67	22,33	22,4	23,71	24,2
MODIS_Night_LST	2000	5	24										
				23,8	24,07	23,57	23,97	24,17	23,67	22,33	22,4	23,71	24,2
MODIS_Night_LST	2000	6	1					23,79	21,49	22,37			
MODIS_Night_LST	2000	6	9	21,7	21,63	21,51	21,39	22,11	21,83	22,47	22	21,27	22,1
MODIS_Night_LST	2000	6	17										
MODIS_Night_LST	2000	6	25	20,9	21,91	20,25	21,13	22,63	22,59	21,29	20,3	20,69	22,3
				21,3	21,77	20,88	21,26	22,84	21,97	22,04	21,1	20,98	22,2
MODIS_Night_LST	2000	7	3	23,1	23,47	22,81	22,99	23,63	23,53	23,19	22,9	22,65	23,5
MODIS_Night_LST	2000	7	11	22,8	22,67	22,51	22,33	22,05	21,65	22,55	22,3	21,51	22,4
MODIS_Night_LST	2000	7	19										
MODIS_Night_LST	2000	7	27										

Figura 17. Valores de temperatura superficial en las imágenes nocturnas en Tinaco estado. Cojedes.

Fuente: Propia (2020)

Source	Year	Month	Day	ID33	ID34	ID35	ID37	ID38	ID39	ID40	ID41	ID42	ID43	ID44	ID45	ID47	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52
MODIS_Day_LST	2000	2	18																		
MODIS_Day_LST	2000	2	26	38,17	37,33	38,6	40,1	38,5		40,8		38,5	39	39,3	38,7		39,6	38,1	39,1	38,3	39,6
				38,17	37,33	38,6	40,1	38,5	0	40,8	0	38,5	39	39,3	38,7	0	39,6	38,1	39,1	38,3	39,6
MODIS_Day_LST	2000	3	5	40,25	38,79	39,9	41,7	39,4	43	38,1	42,8	35,9	38,6	36	36,6	41,7	37,7	38	35,3	38,7	44,2
MODIS_Day_LST	2000	3	13	39,23	38,49	38,2	39,9	38,1	40,4	39,2	40,5	37,9	40,2	39	39,3	40,9	40	38	37,4	40,6	40,9
MODIS_Day_LST	2000	3	21																		39,5
MODIS_Day_LST	2000	3	29	37,59	37,67	37,6	37,9	38,1	38,7	39,8	38,9	36,4	41	38,1	37,9	39,5	38,5	37,5	37,1	37,7	40,4
				39,02	38,32	38,6	39,8	38,5	40,7	39	40,7	36,7	39,9	37,7	37,9	40,7	38,7	37,8	36,6	39,00	41,2
MODIS_Day_LST	2000	4	6	36,89	33,27	34,7	37	35	35,4	37,1	38,6	35,8	39,9		36,1	39,7	38,6	34,1	34,7		
MODIS_Day_LST	2000	4	14	36,79	37,09	35	36,7	36,6	39,8	38,3	38,1	38,4		36,8		38,8	39	35,9	37	38,8	33,8
MODIS_Day_LST	2000	4	22																		
MODIS_Day_LST	2000	4	30			32,5	39,1		36,7	37,9		38,4	38,4	37,6	37,6			33,8	35,1	37,9	38
				36,84	35,18	34	37,6	35,8	37,3	37,8	38,3	37,5	39,1	37,2	36,8	39,3	38,8	34,6	35,6	38,3	35,9
MODIS_Day_LST	2000	5	8																		
MODIS_Day_LST	2000	5	16					33,5	34,5		35	34,8	33,8	34,7	33,2				34,5	33,5	34,6
MODIS_Day_LST	2000	5	24	31,71	30,99	30,7	32,5	30,1	33,7	32,1	34		32,9		34,7	31,6	37,6	29,9			
				31,71	30,99	30,7	32,5	30,1	33,6	33,3	34	35	33,8	33,8	34,7	33,9	31,6	37,6	32,2	33,5	34,6
MODIS_Day_LST	2000	6	1	26,29	27,03	34,4						37,2		25,7			30,7		25,9	32,4	
MODIS_Day_LST	2000	6	9	31,41	31,25	31,6	31,9	32,7	32,1	33,3	32,8	33,3	32,7	32,4	32,9	32,1	31,7	32	31,3	31,1	31,1
MODIS_Day_LST	2000	6	17						30,4	30,8		32,6	28,6	32,1	28,5					27,1	28,1
MODIS_Day_LST	2000	6	25	27,63	28,79	27,3	29,4	28,4	29,7	29,2	29,6	31,7	31,3	29,7	31,9	29,7	28,8	27,7	29,6	31,7	30,4
				28,44	29,02	31,1	30,7	30,5	30,7	31,1	31,2	33,7	30,9	30	31,1	30,9	30,4	29,8	28,9	30,6	29,9
MODIS_Day_LST	2000	7	3	30,61	30,89	32,4	32,7	33,1	32,6	33,6	32,7	33,1	28,9	32,7	28,1	32,2	31	32,2	31,4	29,7	28,1

Figura 18. Valores de temperatura superficial en las imágenes diurnas en Tinaquillo estado. Cojedes.

Fuente: Propia (2020)

Source	Year	Month	Day	ID33	ID34	ID35	ID37	ID38	ID39	ID40	ID41	ID42	ID43	ID44	ID45	ID47	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52
MODIS_Night_LST	2000	2	18																		
MODIS_Night_LST	2000	2	26	19,4	19	19,3	19,8	19,8	20,6	20,3	20	18,8	19,8	18,8	19,5	19,7	19,8	18,99	18,6	18,6	19,9
				19,4	19	19,3	19,8	19,8	20,6	20,3	20	18,8	19,8	18,8	19,5	19,7	19,8	18,99	18,6	18,6	19,9
MODIS_Night_LST	2000	3	5	21,1	20,9	21	21,3	21,4	21,3	21,2	21,5	20,6	21,4	20,3	21	21,2	21,3	20,49	19,4	20,5	21,3
MODIS_Night_LST	2000	3	13	19,4	19,1	19,2	19,6	19,5	20,1	20	19,8	19,4	19,7	18,9	19,5	19,8	19,8	18,89	18,7	19,6	19,8
MODIS_Night_LST	2000	3	21	18	17,9		18,6		19,7		19,3		21,1	18,7	18,6	19,2			16,1	19,3	20,8
MODIS_Night_LST	2000	3	29	17,4	17,4	18,8	18,5	17	17,5	17	17,3	15,5	15,7	17,9	15,2	17,5	17,2	17,91	16,2	17	18,1
				19	18,8	19,7	19,5	19,3	19,7	19,4	19,5	18,5	19,5	18,9	18,6	19,4	19,4	19,1	17,5	19,1	20
MODIS_Night_LST	2000	4	6	19,8	20,3	21	21,8	21,6	22,9	22	21,8	21,1	22,6	19,7	22,2	21	19,9	20,01	19,4	19,7	21,1
MODIS_Night_LST	2000	4	14	17,5	17,7	18,1	17,1				13,6					13,6	17,5	21,27	18,5	13,8	13,7
MODIS_Night_LST	2000	4	22					22,7	22,5	22,7	21,2	22,8	24,5	21,4	22,8	20,8	23,4			21,2	
MODIS_Night_LST	2000	4	30																		
				18,7	19	19,6	19,5	22,2	21,7	22,4	18,9	22	23,6	20,5	22,5	18,5	20,3	20,64	19,7	16,8	17,4
MODIS_Night_LST	2000	5	8	19,2	19,2	19,1	18,9				18,9					19,2	19,6	19,59	19,3	18,8	21,6
MODIS_Night_LST	2000	5	16	17	16,9	17,3	19,7	18,5	18,6	20,8	18,7	20,9	19	20,8	18,7	18,3	17,2	20,05	20,4	18,5	18,1
MODIS_Night_LST	2000	5	24																20		20,2
				18,1	18,1	27,9	29	20,3	20,6	21,6	18,8	21,4	21,3	20,7	20,6	18,7	19	30,14	26,4	27	38,6
MODIS_Night_LST	2000	6	1	21,1	21,2	22	21,9	22,3	22,6	22,3	22,4	20,3	20,7	19,9	20,5	21	21,7	21,75	19,4	19,8	20,6
MODIS_Night_LST	2000	6	9	20,3	20,1	20,3	20,4	20,4	20,7	20,6	20,7	20,2	20,7	20,1	20,8	20,2	20,5	20,09	19,1	20	21
MODIS_Night_LST	2000	6	17																		
MODIS_Night_LST	2000	6	25	20,4	20,3	20,5	20,7	20,9	21	21,2	20,8	20,5	20,9	20,2	20,7	20,7	20,6	20,31	19,9	19,1	20,7
				20,6	20,5	20,9	21	21,2	21,4	21,4	21,3	20,4	20,8	20,1	20,6	20,6	20,9	20,72	19,4	19,6	20,8
MODIS_Night_LST	2000	7	3	21,2	20,9	21,2	21,4	21,5	21,7	21,5	21,6	21,1	21,6	21	21,5	21,3	21,5	20,95	20,4	20,4	21,5

Figura 19. Valores de temperatura superficial en las imágenes nocturnas en Tinaquillo estado. Cojedes.

Fuente: Propia (2020)

4.2. Fase 2: Evaluación espacio-temporal de la temperatura estandarizada

Determinada las temperaturas superficiales estandarizadas promedio para cada mes entre enero y diciembre de los años en estudio 2000 – 2017, en cada uno de los puntos ubicados en las ciudades de interés para las imágenes diurnas y las nocturnas, se condensaron en una matriz y se identificaron con distintos colores los puntos ubicados en la zona urbana con respecto a los puntos de la zona rural, con la finalidad de establecer comparaciones térmicas entre ambas zonas, así como también observar la tendencia o patrones térmicos de las temperaturas en las unidades de estudio.

Mes	Año	ID1	ID5	ID6	ID7	ID9	ID10	ID11	ID12	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	ID18	ID19	ID20
ENERO	2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2001	33,60	34,98	33,19	33,82	34,16	34,84	34,71	31,19	35,27	34,22	33,73	33,52	33,20	35,90	35,57	33,63
	2002	32,73	33,95	32,26	32,04	33,60	34,04	33,17	32,00	34,74	32,39	32,03	31,63	31,86	33,90	33,49	33,06
	2003	34,84	35,20	34,46	34,54	34,62	35,12	35,06	33,46	35,75	34,21	33,95	34,17	33,82	35,44	35,08	34,69
	2004	35,55	35,54	34,89	34,95	35,17	35,51	34,87	34,19	37,26	35,22	34,86	34,50	33,70	36,26	35,83	35,15
	2005	32,98	34,48	32,69	32,80	33,40	34,45	33,63	32,42	34,60	32,81	32,80	33,16	31,93	33,75	34,31	33,13
	2006	34,26	34,56	33,88	33,10	34,52	35,17	34,63	32,94	35,26	33,34	33,51	33,52	32,34	34,86	35,31	34,77
	2007	32,31	33,66	31,76	32,38	32,87	33,34	32,74	31,36	34,51	31,73	31,44	31,41	32,07	33,32	32,91	32,66
	2008	34,91	35,66	34,00	34,10	35,09	35,90	35,34	33,48	36,04	34,13	33,73	33,30	34,23	35,86	35,97	35,72
	2009	34,14	34,86	33,54	33,54	34,33	34,61	34,43	32,93	35,64	33,54	33,49	33,36	33,13	35,50	34,18	34,12
	2010	36,00	36,33	35,93	35,98	36,16	36,38	36,35	34,97	37,36	35,43	36,08	35,63	35,30	36,50	36,38	36,16
	2011	32,22	32,82	31,53	31,67	33,59	34,27	33,94	31,19	34,53	32,40	31,76	31,80	30,67	32,76	33,00	32,63
	2012	33,23	34,14	32,88	32,83	33,84	35,02	35,12	32,15	35,93	32,22	33,14	32,88	31,98	35,44	35,47	35,06
	2013	34,45	34,92	33,46	34,02	34,85	34,53	34,18	32,72	34,95	34,17	34,09	33,69	33,82	35,27	32,95	32,93
	2014	34,73	35,84	33,98	35,00	35,35	35,95	35,64	33,63	36,72	34,97	34,59	35,04	34,18	35,92	36,43	35,67
	2015	35,72	36,08	35,00	35,00	35,95	36,26	36,29	35,62	36,72	35,00	35,00	35,00	35,00	35,99	35,99	35,67
	2016	31,10	33,71	29,90	30,33	31,81	32,57	32,00	29,83	33,26	30,04	29,18	29,03	29,24	33,04	31,20	30,88
	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEBRERO	2000	39,18	39,05	38,89	39,14	38,60	39,20	39,48	38,79	39,36	39,27	39,63	39,07	37,58	40,35	40,30	40,44
	2001	38,32	37,05	37,91	37,26	38,14	37,62	37,37	35,43	38,88	36,29	37,71	36,60	35,70	39,60	37,99	38,10
	2002	38,09	37,65	37,77	38,42	37,85	38,07	38,61	38,23	38,48	38,42	37,89	37,64	37,42	39,17	38,94	39,06
	2003	38,01	37,62	37,85	38,03	37,68	37,73	37,94	37,41	38,46	38,21	38,48	37,72	36,97	38,36	39,00	38,38
	2004	35,38	35,85	34,98	35,93	35,48	35,96	35,22	34,62	36,26	35,18	34,91	34,64	35,47	36,39	35,85	35,14
	2005	36,89	36,62	36,26	35,86	36,51	36,91	36,64	36,11	36,96	36,77	36,26	36,07	35,47	36,54	38,35	37,21
	2006	37,15	37,32	36,83	37,47	37,10	37,26	37,28	35,77	38,13	36,93	37,00	36,66	37,06	38,55	38,11	37,35
	2007	37,58	37,47	37,26	37,79	37,21	37,50	38,13	37,98	38,09	37,91	37,72	37,84	37,77	38,12	38,97	38,58
	2008	37,03	36,65	36,29	36,43	36,87	36,98	37,79	35,79	37,29	36,45	36,55	36,38	35,71	36,68	38,01	38,00
	2009	39,64	38,99	39,23	39,51	39,01	38,92	38,91	38,81	39,95	39,17	39,53	39,07	39,13	40,56	40,21	38,84
	2010	36,39	36,82	36,47	36,39	36,18	36,72	36,30	35,15	37,98	36,06	36,61	36,39	35,70	37,24	37,28	36,44
	2011	37,25	36,84	36,63	36,46	36,85	36,92	37,11	36,34	37,60	37,05	37,39	36,99	36,15	38,15	36,97	37,50
	2012	36,53	36,66	35,80	37,25	36,53	36,75	37,51	35,98	37,77	36,45	35,71	35,88	36,31	37,51	37,59	37,96
	2013	37,83	37,12	37,45	37,95	37,02	37,19	36,98	37,04	36,55	37,96	38,48	38,40	38,03	38,07	37,91	37,36
	2014	36,42	37,12	37,24	37,95	37,95	38,26	38,88	37,04	36,55	37,96	38,48	38,40	38,03	38,07	37,91	37,36
	2015	37,83	37,12	37,45	37,95	37,02	37,19	36,98	37,04	36,55	37,96	38,48	38,40	38,03	38,07	37,91	37,36
	2016	35,57	36,35	35,12	35,63	36,20	35,98	36,52	34,54	37,29	35,22	35,03	35,08	35,03	37,05	36,21	36,05
	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 20. Valores de temperatura superficial estandarizada promedio (imágenes diurnas) por mes y años de la ciudad de San Carlos estado. Cojedes
Fuente: Propia (2020)

Mes	Año	ID1	ID5	ID6	ID7	ID9	ID10	ID11	ID12	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	ID18	ID19	ID20
ENERO	2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2001	21,78	22,45	21,48	20,82	22,36	22,74	21,98	21,70	22,41	22,10	21,06	20,92	19,96	21,04	21,58	21,39
	2002	22,42	22,45	22,09	21,17	22,48	22,68	21,80	21,61	22,41	22,30	21,97	21,40	20,99	21,53	22,37	21,52
	2003	22,81	22,95	22,38	21,44	22,73	22,88	22,67	21,98	23,23	22,67	22,20	21,55	21,31	21,57	22,06	22,08
	2004	21,96	22,84	21,62	20,98	22,98	23,11	22,53	21,26	22,76	21,92	21,24	20,87	20,38	21,07	21,28	21,70
	2005	22,48	22,71	22,85	22,45	22,68	22,82	22,68	22,58	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
	2006	22,62	22,84	22,35	21,94	22,37	23,38	21,70	20,58	22,18	22,18	22,42	21,98	21,59	20,56	22,02	22,54
	2007	21,74	22,99	22,20	21,58	22,48	22,81	21,19	20,22	23,06	20,41	21,74	21,10	20,97	22,29	21,82	20,79
	2008	23,13	22,79	22,75	21,86	23,41	22,94	23,50	22,85	21,76	23,10	21,86	21,50	21,65	21,14	22,98	22,74
	2009	23,28	23,59	22,94	22,07	23,56	23,78	23,20	22,57	23,46	23,21	22,44	21,97	21,38	22,61	22,38	22,32
	2010	22,64	22,78	21,88	20,62	22,66	23,34	23,23	22,42	22,64	22,82	21,62	21,24	21,15	21,14	21,65	21,79
	2011	20,57	21,54	20,81	20,94	21,80	21,86	21,19	20,85	21,98	20,72	19,90	20,68	20,16	21,13	22,46	21,34
	2012	22,90	22,68	22,32	21,93	23,66	23,77	23,42	22,30	23,47	23,48	20,99	20,72	20,84	22,45	22,79	22,80
	2013	23,93	23,58	22,95	22,95	23,97	24,15	23,11	22,28	23,53	23,48	23,08	22,91	22,43	22,58	22,99	22,50
	2014	23,23	22,85	22,78	22,68	23,26	23,14	22,48	22,46	23,06	22,98	22,98	22,14	21,61	22,90	22,93	23,19
	2015	23,34	23,99	23,03	22,02	23,85	24,16	23,84	23,28	23,92	23,64	22,64	22,22	21,88	22,90	22,93	23,19
	2016	21,71	20,51	20,67	20,13	21,05	20,77	21,12	21,05	20,40	21,89	19,78	20,45	19,85	20,82	21,09	20,96
	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEBRERO	2000	23,13	23,15	22,18	21,06	22,88	23,20	22,83	22,20	22,84	22,33	21,42	21,06	20,34	22,23	22,64	22,30
	2001	23,40	23,68	22,80	22,14	23,69	23,93	23,49	22,79	24,16	23,45	22,28	21,78	21,38	23,46	23,17	22,92
	2002	24,23	24,86	23,81	23,20	24,45	25,07	24,49	23,43	24,97	23,80	23,20	22,70	22,22	23,58	23,90	23,65
	2003	23,65	23,87	22,98	22,45	23,83	24,57	23,77	23,07	23,99	23,45	22,57	22,10	21,26	23,68	23,27	22,48
	2004	23,55	23,60	22,67	21,23	23,69	23,50	23,50	22,31	23,02	23,39	22,43	21,63	21,24	22,18	23,18	22,93
	2005	23,43	23,51	22,86	22,38	23,59	23,86	23,01	22,45	23,50	22,93	22,36	22,02	21,73	22,35	22,92	22,18
	2006	22,76	22,87	22,23	21,72	22,65	23,09	21,62	23,25	23,04	22,71	22,63	21,01	21,38	22,03	22,50	20,80
	2007	21,50	22,37	21,37	20,77	21,58	22,48	22,72	21,39	22,02	21,94	22,22	21,81	20,45	20,41	21,98	23,26
	2008	24,78	25,70	24,62	24,65	24,86	25,60	24,92	24,42	25,95	24,88	24,49	23,98	23,44	25,04	24,76	24,00
	2009	23,14	22,68	22,89	21,14	23,60	22,92	22,18	21,98	22,30	22,00	21,60	20,64	20,22	19,86	21,43	21,84
	2010	23,62	24,31	23,45	23,26	23,70	24,16	24,10	23,48	24,24	23,71	22,94	22,81	22,06	23,84	23,63	23,14
	2011	23,47	23,71	22,77	21,96	24,01	24,34	23,48	22,52	23,38	22,84	22,23	21,76	21,57	22,89	23,11	21,78
	2012	24,32	24,63	23,75	23,36	24,57	24,90	24,55	23,45	24,56	24,08	23,18	23,17	22,85	23,78	24,08	23,99
	2013	25,04	25,62	24,80	24,18	25,30	25,60	25,20	24,33	25,52	24,88	24,36	23,84	23,34	24,78	24,66	24,51
	2014	23,75	23,55	23,33	22,33	23,87	23,93	23,75	22,89	23,47	23,13						

Mes	Año	ID21	ID23	ID25	ID26	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	ID32
AGOSTO	2000	31.22	34.77	31.22	35.33	34.03	31.73	30.63	30.49	31.23	34.77
	2001	30.77	32.51	30.51	32.33	32.70	30.40	30.66	29.39	31.70	32.80
	2002	29.45	32.90	32.67	32.99	31.50	30.60	29.73	30.47	31.53	31.54
	2003	29.69	32.26	30.44	31.02	31.12	29.28	28.12	28.17	29.54	32.10
	2004	28.88	30.29	31.45	31.92	32.73	27.43	31.36	29.70	31.79	32.69
	2005	31.41	31.39	31.45	31.29	31.47	29.75	28.83	27.91	30.62	31.49
	2006	30.05	31.55	30.56	31.45	30.44	30.18	60.59	43.58	15.35	30.19
	2007	0.00	0.00	0.00	0.00	30.91	30.88	29.72	28.49	0.00	31.52
	2008	32.19	33.81	33.19	32.63	33.85	46.11	29.80	28.97	30.67	33.11
	2009	31.39	32.81	32.86	32.63	33.60	31.11	30.60	30.71	31.76	32.65
	2010	31.39	32.81	32.86	32.63	33.60	31.11	30.60	30.71	31.76	32.65
	2011	0.00	0.00	0.00	0.00	31.21	30.01	29.44	30.91	0.00	31.25
	2012	31.99	32.36	32.03	32.07	31.50	30.72	30.46	30.29	30.68	31.40
	2013	0.00	33.47	0.00	32.99	34.70	30.94	30.10	30.80	32.04	33.19
	2014	0.00	0.00	0.00	0.00	31.29	29.79	30.12	30.57	0.00	31.44
	2015	30.64	33.84	31.82	33.61	31.66	29.74	29.23	29.68	32.21	33.20
	2016	33.59	33.87	33.37	33.09	32.49	30.91	30.67	30.73	32.13	33.19
	2017	29.02	30.17	28.58	30.24	29.86	27.82	28.43	29.04	29.11	30.68
SEPTIEMBRE	2000	31.22	34.77	31.22	35.33	34.03	31.73	30.63	30.49	31.23	34.77
	2001	30.77	32.51	30.51	32.33	32.70	30.40	30.66	29.39	31.70	32.80
	2002	29.45	32.90	32.67	32.99	31.50	30.60	29.73	30.47	31.53	31.54
	2003	29.69	32.26	30.44	31.02	31.12	29.28	28.12	28.17	29.54	32.10
	2004	28.88	30.29	31.45	31.92	32.73	27.43	31.36	29.70	31.79	32.69
	2005	31.41	31.39	31.45	31.29	31.47	29.75	28.83	27.91	30.62	31.49
	2006	30.05	31.55	30.56	31.45	30.44	30.18	60.59	43.58	15.35	30.19
	2007	0.00	0.00	0.00	0.00	30.91	30.88	29.72	28.49	0.00	31.52
	2008	32.19	33.81	33.19	32.63	33.85	46.11	29.80	28.97	30.67	33.11
	2009	31.39	32.81	32.86	32.63	33.60	31.11	30.60	30.71	31.76	32.65
	2010	31.39	32.81	32.86	32.63	33.60	31.11	30.60	30.71	31.76	32.65
	2011	0.00	0.00	0.00	0.00	31.21	30.01	29.44	30.91	0.00	31.25
	2012	31.99	32.36	32.03	32.07	31.50	30.72	30.46	30.29	30.68	31.40
	2013	0.00	33.47	0.00	32.99	34.70	30.94	30.10	30.80	32.04	33.19
	2014	0.00	0.00	0.00	0.00	31.29	29.79	30.12	30.57	0.00	31.44
	2015	30.64	33.84	31.82	33.61	31.66	29.74	29.23	29.68	32.21	33.20
	2016	33.59	33.87	33.37	33.09	32.49	30.91	30.67	30.73	32.13	33.19
	2017	29.02	30.17	28.58	30.24	29.86	27.82	28.43	29.04	29.11	30.68

Figura 22. Valores de temperatura superficial estandarizada promedio (imágenes diurnas) por mes y años de la ciudad de Tinaco estado. Cojedes
Fuente: Propia (2020)

Mes	Año	ID21	ID23	ID25	ID26	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	ID32
AGOSTO	2000	23.69	23.85	23.44	23.53	23.79	23.43	23.37	23.41	23.21	23.83
	2001	22.61	21.15	21.43	22.05	22.43	21.81	22.70	22.55	22.21	22.75
	2002	22.61	22.88	22.52	22.99	22.16	22.22	22.66	22.53	22.28	22.18
	2003	22.18	22.26	22.13	22.00	22.55	22.22	22.39	22.14	22.19	22.47
	2004	22.15	22.26	22.18	22.00	22.30	22.22	22.10	22.36	22.82	22.55
	2005	22.17	22.17	22.02	22.00	22.81	22.22	22.11	22.05	20.91	21.50
	2006	22.91	22.21	22.91	22.15	22.21	22.03	22.87	22.71	22.83	23.31
	2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2008	22.09	22.13	22.93	22.69	22.69	22.22	22.47	22.47	21.83	22.43
	2009	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2010	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2011	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2012	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2013	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2014	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2015	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2016	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
	2017	22.40	22.79	22.11	22.88	22.88	22.22	22.30	22.30	22.94	22.72
SEPTIEMBRE	2000	21.84	21.36	21.66	21.94	22.80	22.30	21.68	21.79	21.71	22.73
	2001	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2002	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2003	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2004	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2005	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2006	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2008	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2009	20.92	20.36	20.66	20.94	21.80	21.30	20.68	20.79	20.71	21.73
	2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2011	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 23. Valores de temperatura superficial estandarizada promedio (imágenes nocturnas) por mes y años de la ciudad de Tinaco estado. Cojedes
Fuente: Propia (2020)

Mes	Año	ID33	ID34	ID35	ID37	ID38	ID39	ID40	ID41	ID42	ID43	ID44	ID45	ID47	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52	
ABRIL	2000	36,84	35,18	34,03	37,56	35,78	37,30	37,76	38,33	37,53	39,12	37,16	36,84	39,25	38,79	34,58	35,60	38,33	35,85	
	2001	44,04	42,72	41,42	44,74	42,84	44,36	44,82	45,39	44,57	46,16	44,20	43,88	46,99	46,53	42,32	43,34	44,36	43,00	45,15
	2002	36,86	36,26	35,45	35,45	35,52	37,19	36,83	37,33	37,3	38,9	36,33	37,6	39,2	36,07	37,5	35,6	36,0	36,0	37,0
	2003	34,51	34,28	34,72	37,11	35,62	37,69	36,08	38,50	36,25	36,83	36,67	36,90	38,61	38,16	35,01	35,02	36,14	37,66	
	2004	36,96	35,92	35,82	36,97	36,15	39,22	37,74	38,07	36,65	37,83	37,31	37,84	40,03	37,79	35,93	37,03	37,42	37,56	
	2005	36,17	35,30	34,81	37,01	34,85	35,89	35,51	38,71	35,11	37,91	36,05	38,42	40,16	37,31	35,41	35,46	37,17	34,21	
	2006	36,97	37,54	37,96	38,72	37,64	37,90	38,18	38,73	37,77	39,79	38,09	38,36	39,36	37,56	37,61	37,47	37,75	38,96	
	2007	32,67	32,57	32,85	33,46	33,53	35,11	34,86	34,60	33,37	35,79	33,37	35,16	35,22	33,59	32,38	32,46	32,88	34,83	
	2008	42,08	41,10	41,16	43,99	38,41	39,23	41,19	42,43	38,31	40,62	37,64	39,65	40,58	43,30	40,45	41,22	37,45	40,75	
	2009	37,22	37,10	38,90	37,51	36,39	40,24	36,53	38,14	35,00	37,71	35,98	36,45	38,44	37,84	36,39	34,98	37,49	37,91	
	2010	32,45	33,05	0,00	0,00	0,00	33,53	33,89	32,87	0,00	0,00	0,00	0,00	32,37	33,05	0,00	0,00	0,00	34,33	
	2011	35,52	35,70	36,09	37,13	35,85	38,53	39,25	41,67	35,94	38,46	37,33	37,23	43,29	36,98	35,49	36,31	37,26	39,05	
	2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2013	37,51	38,87	39,19	40,47	38,61	40,33	39,65	41,47	39,57	42,43	41,63	41,56	42,81	41,13	38,75	38,43	42,21	44,14	
	2014	37,03	35,59	36,67	40,63	38,39	40,41	40,87	41,45	39,41	41,37	40,49	40,17	42,43	36,67	37,13	37,13	0,00	38,97	
	2015	37,03	35,59	36,67	40,63	38,39	40,41	40,87	41,45	39,41	41,37	40,49	40,17	42,43	36,67	37,13	37,13	0,00	38,97	
	2016	37,03	35,59	36,67	40,63	38,39	40,41	40,87	41,45	39,41	41,37	40,49	40,17	42,43	36,67	37,13	37,13	0,00	38,97	
2017	33,16	33,68	34,20	34,79	34,63	36,65	36,62	35,56	34,64	36,42	34,14	35,00	34,62	34,31	33,35	33,23	33,93	35,68		
MAYO	2000	31,71	30,99	30,65	32,49	30,98	33,56	33,32	34,01	34,97	33,83	33,79	34,69	33,93	31,61	33,55	32,17	33,47	34,65	
	2001	29,28	28,64	30,52	29,92	33,11	31,91	36,95	33,15	32,29	31,83	31,99	32,18	33,23	29,94	33,22	33,03	33,66	31,63	
	2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,81	34,19	0,00	34,59	30,89	38,87	27,65	0,00	0,00	0,00	35,75	33,75	33,58	
	2003	33,45	33,15	32,97	33,53	33,41	31,54	30,09	33,70	34,55	33,57	34,05	33,25	33,92	33,08	32,95	32,97	31,72	33,47	
	2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,13	0,00	28,71	
	2005	31,47	31,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2006	32,73	32,99	33,87	34,07	34,31	33,99	33,77	34,13	34,57	33,65	32,39	33,09	33,63	33,57	33,47	31,95	32,81	33,55	
	2007	35,19	34,77	34,55	35,26	35,19	35,95	36,35	34,32	0,00	0,00	33,63	0,00	34,08	34,76	34,80	33,16	0,00	34,65	
	2008	38,01	34,55	33,35	38,11	34,31	35,57	39,89	34,81	36,73	39,73	36,71	38,07	33,71	38,95	31,51	34,09	36,06	39,91	
	2009	34,10	33,07	34,31	34,52	34,74	35,62	35,50	34,43	33,70	35,01	33,23	33,81	34,82	35,48	33,90	34,51	34,39	36,51	
	2010	35,83	35,75	35,83	35,95	36,4	36,65	36,15	36,29	38,05	35,95	36,91	37,43	35,97	35,76	35,76	35,00	35,00	36,99	
	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2012	27,02	27,02	0,00	0,00	0,00	32,13	32,57	0,00	0,00	33,59	33,15	33,96	30,71	27,02	27,02	0,00	0,00	31,07	31,53
	2013	33,03	32,27	31,52	31,76	32,02	33,83	33,81	36,36	37,54	35,01	35,05	37,23	34,71	35,97	37,13	37,13	0,00	38,97	
	2014	33,03	32,27	31,52	31,76	32,02	33,83	33,81	36,36	37,54	35,01	35,05	37,23	34,71	35,97	37,13	37,13	0,00	38,97	
	2015	31,83	32,11	32,63	32,31	34,75	33,90	34,00	34,01	32,82	33,71	31,89	33,17	33,73	31,45	32,53	31,15	35,06	35,03	
	2016	29,34	29,65	28,53	28,49	32,79	32,17	33,09	0,00	33,26	33,77	31,94	32,14	0,00	28,84	29,62	29,79	29,70	29,83	

Figura 24. Valores de temperatura superficial estandarizada promedio (imágenes diurnas) por mes y años de la ciudad de Tinaquillo estado. Cojedes
Fuente: Propia (2020)

Mes	Año	ID33	ID34	ID35	ID37	ID38	ID39	ID40	ID41	ID42	ID43	ID44	ID45	ID47	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52	
ABRIL	2000	18,66	18,99	19,56	19,47	22,18	22,66	22,36	18,86	21,96	23,56	20,51	22,47	18,45	20,27	20,64	19,69	16,75	17,39	
	2001	22,09	21,91	22,04	22,43	22,26	22,45	22,30	22,33	22,14	22,75	21,68	22,52	22,00	22,28	21,68	21,68	21,28	21,73	22,68
	2002	21,02	21,00	21,35	21,49	21,42	21,75	21,73	21,65	21,37	21,80	20,67	21,56	21,54	21,21	21,10	19,99	20,88	21,47	
	2003	22,90	22,63	23,03	23,22	23,94	23,98	24,77	23,56	24,59	25,12	22,44	24,80	22,76	22,99	22,6	21,54	22,39	24,79	
	2004	21,40	21,36	21,51	21,58	21,50	22,24	22,35	22,5	22,73	22,35	21,50	22,6	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	
	2005	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22	22,22
	2006	21,51	21,38	21,59	21,83	22,11	22,38	22,32	22,02	22,95	22,58	22,75	23,49	23,02	21,62	21,5	20,49	21,47	21,8	
	2007	23,14	23,14	23,50	23,80	24,14	24,48	24,45	23,94	23,32	24,38	23,30	23,90	23,24	23,08	23,17	22,22	22,82	24,26	
	2008	22,39	22,15	21,94	22,86	22,22	23,05	23,02	23,54	22,67	22,92	22,98	23,43	22,56	22,58	21,71	21,49	22,26	23,96	
	2009	22,91	22,76	22,65	22,82	23,06	23,39	23,37	23,34	22,73	23,51	23,02	23,20	23,40	23,13	22,72	22,46	23,07	23,36	
	2010	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2011	20,29	20,76	23,31	22,29	24,19	23,91	24,27	22,03	23,5	23,89	21,99	23,91	21,48	20,28	22,9	21,35	21,81	22,00	
	2012	22,67	22,52	22,99	23,21	23,87	23,81	23,77	23,19	23,27	23,27	22,63	23,07	22,87	22,51	22,25	22,45	22,73	23,69	
	2013	22,50	22,24	22,41	22,58	22,67	23,6	23,47	22,85	22,6	23,39	22,62	22,80	22,80	22,80	22,80	22,80	22,80	22,80	
	2014	22,72	22,67	22,43	22,44	22,18	23,28	22,62	22,22	23,21	24,14	23,30	23,91	21,53	21,89	22,64	22,57	23,30	23,69	
	2015	22,16	22,16	22,47	22,42	23,18	23,42	23,51	22,96	22,80	23,49	22,55	23,26	22,64	22,44	22,82	21,66	22,82	22,14	
	MAYO	2000	18,09	18,06	27,94	29,03	20,32	20,61	21,60	18,83	21,44	21,28	20,67	20,57	18,66	19,01	30,14	26,42	27,01	38,63
2001		22,01	21,74	22,00	22,30	22,42	22,04	22,90	22,53	22,37	22,91	22,23	22,71	22,07	22,26	21,97	21,76	21,97	22,95	
2002		21,87	20,91	20,95	21,09	21,49	22,15	21,87	22,05	21,59	21,23	20,79	21,41	22,05	21,47	20,9	20,93	20,84	22,12	
2003		21,47	21,46	21,06	21,06	21,06	21													

Mundial (OMM) citado por la Organización Naciones Unidas (ONU) en el Programa para el Medio Ambiente (2022), los últimos seis años han sido los más cálidos registrados desde 1880, y los años 2016, 2019 y 2020 fueron los tres primeros.

Después de notar la variabilidad de las temperaturas, se procedió a seleccionar tres puntos ubicados en las ciudades para determinar las diferencias térmicas con respecto a la zona rural o periferia. Es importante resaltar que entre los criterios establecidos para la selección de los puntos ubicados en las ciudades, se tiene que estos se encuentran en zonas densamente construidas, con vialidades de pavimento flexible, elementos de concreto, áreas desprovistas de vegetación y árboles, con la finalidad de obtener valores representativos de la temperatura. A continuación se muestra una tabla contentiva con la información de los puntos urbanos seleccionados:

Tabla 6. Ubicación de puntos en la zona urbana seleccionados para las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo edo. Cojedes

ID	COORDENAS		CATEGORIA	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN
	OESTE	NORTE			
San Carlos					
9	68°35'2,40"	9°39'57,60"	Pto. Urbano	San Carlos	Calle Alegría entra calle Virgen del Valle y Av. Caracas
10	68°34'30,00"	9°39'50,40"	Pto. Urbano	San Carlos	Urbanización Las Tejitas
13	68°34'8,40"	9°39'7,20"	Pto. Urbano	San Carlos	Urbanización La Herrereña
Tinaco					
21	68°26'24"	9°41'42"	Pto. Urbano	Tinaco	Sector Corozal
23	68°26'20,40"	9°42'3,60"	Pto. Urbano	Tinaco	Intersección Av. Rómulo Arias, Av. 5 de Julio, Av. Bolívar y Av. Ricaurte
27	68°26'38,40"	9°42'39,60"	Pto. Urbano	Tinaco	Sector Pueblo Nuevo
Tinaquillo					
38	68°18'28,80"	9°54'46,80"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Avenida Miranda cruce con calle El Socorro
40	68°18'32,40"	9°55'19,20"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Avenida Taguanes Urb. Tamanaco
43	68°18'0"	9°55'30"	Pto. Urbano	Tinaquillo	Prolongación Avenida Ricaurte, cerca de mat. y ferretería Tinaquillo

Fuente: Propia (2021)

De igual manera, se establecieron criterios para la selección de puntos ubicados en la zona rural, debido a que se notó que entre los puntos seleccionados en las afuera de las ciudades existía una variabilidad en las temperaturas, producto de zonas deforestadas o

desprovistas de vegetación. Para Sánchez (2022), la presencia de vegetación reduce el albedo, que es el porcentaje de radiación que una superficie refleja respecto a la radiación que incide en ella, áreas desprovistas de vegetación absorben mayor cantidad de radiación solar porque reflejan menos la radiación hacía el exterior. Por todo lo expuesto, se tomó la decisión de seleccionar puntos con un mayor volumen de vegetación para establecer las diferencias térmicas y poder determinar el desarrollo de las ICU en las unidades de estudio.

Tabla 7. Ubicación de puntos en la zona rural seleccionados para las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo edo. Cojedes

ID	COORDENAS		CATEGORIA	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN
	OESTE	NORTE			
San Carlos					
14	68°35'52,80"	9°40'8,40"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
15	68°36'7,20"	9°39'18"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
16	68°36'7,20"	9°38'31,20"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
17	68°35'38,40"	9°37'44,40"	Pto. Rural	San Carlos	Zona Rural
Tinaco					
28	68°27'0"	9°42'21,60"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
29	68°28'37,20"	9°41'27,60"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
30	68°25'30"	9°41'16,80"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
31	68°25'19,20"	9°42'21,60"	Pto. Rural	Tinaco	Zona Rural
Tinaquillo					
48	68°19'40,80"	9°53'45,60"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
49	68°18'10,80"	9°54'14,40"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
50	68°18'26,40"	9°54'50,40"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
51	68°17'16,80"	9°56'34,80"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural
52	68°18'36"	9°56'9,60"	Pto. Rural	Tinaquillo	Zona Rural

Fuente: Propia (2021)

4.2.1. Determinación del diferencial térmico.

La diferencia de temperatura es la distancia que separa a dos lecturas de temperatura en una misma escala, esa discrepancia térmica entre la ciudad y la zona rural es lo que se define como el fenómeno ICU, para obtener esa variación de temperatura entre la zona densamente construida que recibe el nombre de ciudad y su entorno en las áreas seleccionadas como unidad de estudio (San Carlos, Tinaco y Tinaquillo), se procedió a

realizar la sustracción de las lecturas estandarizadas promedio de los puntos ubicados en los cuadrantes urbanos con respecto a los puntos rurales, permitiendo este procedimiento comprender el comportamiento térmico de la zona urbana con respecto a la zona periurbana.

Month	Year	ID9	ID10	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	Month	Year	ID9	ID10	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	
ENERO	2001	34,16	34,84	35,27	34,22	33,73	33,52	33,20	0,49	1,17	1,61	ENERO	2004	35,17	35,51	37,26	35,22	34,86	34,50	33,70	0,60	0,94	2,69	
FEBRERO	2001	38,60	39,20	39,36	39,27	39,63	39,07	37,58	-0,29	0,31	0,47	FEBRERO	2004	37,68	37,73	38,46	38,21	38,48	37,72	36,37	-0,16	-0,12	0,61	
MARZO	2001	39,51	39,47	40,06	40,04	40,94	41,73	39,92	-1,14	-1,18	-0,60	MARZO	2004	39,80	39,77	39,96	40,55	41,48	41,32	38,75	-0,73	-0,76	-0,56	
ABRIL	2001	41,34	41,50	41,44	42,48	42,27	40,70	41,55	-0,41	-0,25	-0,31	ABRIL	2004	39,81	39,96	40,56	40,96	41,32	41,12	38,96	-0,78	-0,63	-0,03	
MAYO	2001	34,01	34,33	35,30	33,07	32,77	33,65	33,97	0,64	0,96	1,94	MAYO	2004	NA	0,00	0,00	0,00							
JUNIO	2001	NA	NA	32,19	NA	30,69	30,37	28,48	0,00	0,00	2,34	JUNIO	2004	32,61	32,72	33,99	31,10	27,27	27,23	29,38	3,87	3,98	5,25	
JULIO	2001	30,41	33,69	33,47	29,06	27,27	28,32	28,88	1,88	5,16	4,94	JULIO	2004	25,69	36,65	33,05	28,90	27,49	28,05	27,92	-2,40	8,56	4,96	
AGOSTO	2001	32,53	33,81	33,51	30,86	30,56	29,60	29,86	2,31	3,59	3,29	AGOSTO	2004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	29,88	29,34	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	2001	34,04	34,95	34,10	31,42	31,51	30,76	30,25	3,05	3,37	3,12	SEPTIEMBRE	2004	35,29	32,48	36,09	29,68	30,45	30,60	30,51	4,98	2,17	5,78	
OCTUBRE	2001	34,12	34,99	36,14	32,77	32,54	32,46	32,56	1,54	2,41	3,56	OCTUBRE	2004	34,96	36,34	35,97	31,69	31,37	30,42	30,07	4,03	5,40	5,03	
NOVIEMBRE	2001	34,47	35,11	34,94	32,24	31,45	30,76	30,76	3,17	3,80	3,64	NOVIEMBRE	2004	31,43	32,38	32,12	29,74	29,72	29,86	30,76	1,41	2,36	2,10	
DICIEMBRE	2001	30,01	31,58	33,61	29,94	27,79	29,54	29,66	0,78	2,35	4,58	DICIEMBRE	2004	32,65	33,09	32,68	31,41	31,32	31,42	31,04	1,36	1,79	1,39	
ENERO	2002	33,60	34,04	34,74	32,39	32,03	31,63	31,86	1,62	2,08	2,76	ENERO	2005	33,40	34,45	34,60	32,61	32,80	33,16	31,93	0,72	1,78	1,92	
FEBRERO	2002	38,14	37,62	38,88	36,29	37,71	36,60	35,70	1,56	1,05	2,30	FEBRERO	2005	35,48	35,96	36,26	35,16	34,91	34,64	35,47	0,43	0,91	1,21	
MARZO	2002	39,41	39,45	40,32	40,59	40,23	39,59	37,39	-0,06	-0,02	1,46	MARZO	2005	39,20	39,04	39,93	39,64	39,67	39,81	39,90	-0,65	-0,81	0,08	
ABRIL	2002	38,04	38,06	38,85	38,03	36,32	37,76	37,95	0,02	0,05	0,84	ABRIL	2005	36,27	36,81	39,26	38,14	39,26	39,40	34,45	-1,54	-1,00	1,45	
MAYO	2002	34,05	35,13	35,51	29,95	29,55	29,97	31,31	3,86	4,94	5,32	MAYO	2005	NA	NA	NA	26,55	NA	NA	30,91	0,00	0,00	0,00	
JUNIO	2002	NA	NA	NA	27,35	28,01	27,91	27,21	0,00	0,00	0,00	JUNIO	2005	NA	NA	NA	31,51	28,03	27,35	28,55	28,90	0,00	0,00	3,30
JULIO	2002	32,18	33,40	32,26	29,99	28,98	28,24	28,04	3,52	4,74	3,60	JULIO	2005	NA	NA	NA	25,09	NA	NA	29,21	0,00	0,00	0,00	
AGOSTO	2002	34,13	34,46	33,60	30,18	29,91	29,65	29,64	4,29	4,62	3,76	AGOSTO	2005	34,21	35,01	34,59	29,59	30,36	30,38	30,81	3,93	4,73	4,31	
SEPTIEMBRE	2002	33,81	34,25	34,71	32,07	30,47	31,27	31,30	2,53	2,97	3,43	SEPTIEMBRE	2005	34,58	35,43	33,86	31,90	32,19	31,15	33,88	2,30	3,15	1,58	
OCTUBRE	2002	32,09	32,64	31,89	30,90	30,17	30,19	30,78	1,58	2,13	1,38	OCTUBRE	2005	32,49	34,15	36,25	30,81	27,77	NA	31,25	2,55	4,21	6,31	
NOVIEMBRE	2002	31,58	33,12	33,58	31,16	30,04	29,62	29,06	1,61	3,15	3,61	NOVIEMBRE	2005	31,59	32,15	34,35	29,35	30,07	30,01	29,43	1,88	2,44	4,64	
DICIEMBRE	2002	32,21	32,75	32,59	31,06	30,63	30,45	30,11	1,43	1,97	1,81	DICIEMBRE	2005	32,74	33,76	34,24	31,26	31,62	31,31	30,31	1,61	2,64	3,12	
ENERO	2003	34,62	35,12	35,75	34,21	33,95	34,17	33,82	0,59	1,08	1,71	ENERO	2006	34,52	35,17	35,26	33,34	33,51	33,52	32,34	1,34	1,99	2,08	
FEBRERO	2003	37,85	38,07	38,48	38,42	37,89	37,64	37,42	0,01	0,22	0,64	FEBRERO	2006	36,51	36,91	36,96	36,77	36,26	36,07	35,47	0,37	0,77	0,82	
MARZO	2003	40,16	40,10	40,83	40,78	40,89	40,81	39,79	-0,41	-0,47	0,27	MARZO	2006	38,10	38,29	38,62	37,94	37,51	38,85	36,69	0,86	1,04	1,37	
ABRIL	2003	36,79	37,59	38,01	37,36	36,10	37,97	36,71	-0,75	0,05	0,47	ABRIL	2006	40,19	40,15	40,05	39,47	39,39	38,42	38,03	1,36	1,32	1,22	
MAYO	2003	34,93	34,99	35,11	34,91	30,23	30,08	29,92	3,64	3,70	3,82	MAYO	2006	33,53	34,63	34,27	32,01	29,09	29,21	29,63	3,55	4,65	4,29	
JUNIO	2003	NA	NA	NA	NA	NA	27,01	27,85	0,00	0,00	0,00	JUNIO	2006	27,45	28,33	NA	27,55	NA	27,23	30,74	-1,06	-0,18	0,00	
JULIO	2003	33,05	33,67	32,57	30,57	29,53	29,69	28,55	3,47	4,09	2,99	JULIO	2006	25,23	24,95	NA	27,27	28,34	26,84	25,32	-1,86	-2,14	0,00	
AGOSTO	2003	NA	NA	NA	NA	NA	27,55	28,95	0,00	0,00	0,00	AGOSTO	2006	33,33	36,03	35,51	34,04	32,81	30,09	30,02	1,59	4,29	3,77	
SEPTIEMBRE	2003	NA	NA	NA	NA	28,38	28,31	29,82	0,00	0,00	0,00	SEPTIEMBRE	2006	34,57	35,25	35,29	31,41	30,27	30,06	29,85	4,17	4,85	4,89	
OCTUBRE	2003	NA	NA	NA	NA	31,91	30,93	29,88	0,00	0,00	0,00	OCTUBRE	2006	NA	NA	NA	NA	NA	30,75	0,00	0,00	0,00		
NOVIEMBRE	2003	NA	NA	NA	31,43	31,42	30,46	29,84	0,00	0,00	0,00	NOVIEMBRE	2006	32,26	34,22	34,53	29,84	31,57	30,37	30,73	1,63	3,59	3,91	
DICIEMBRE	2003	34,21	34,63	34,88	31,10	32,45	31,11	30,13	3,01	3,43	3,68	DICIEMBRE	2006	31,50	32,92	33,48	29,05	30,04	30,64	30,25	1,50	2,93	3,48	

Figura 26. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes
Fuente: Propia (2021)

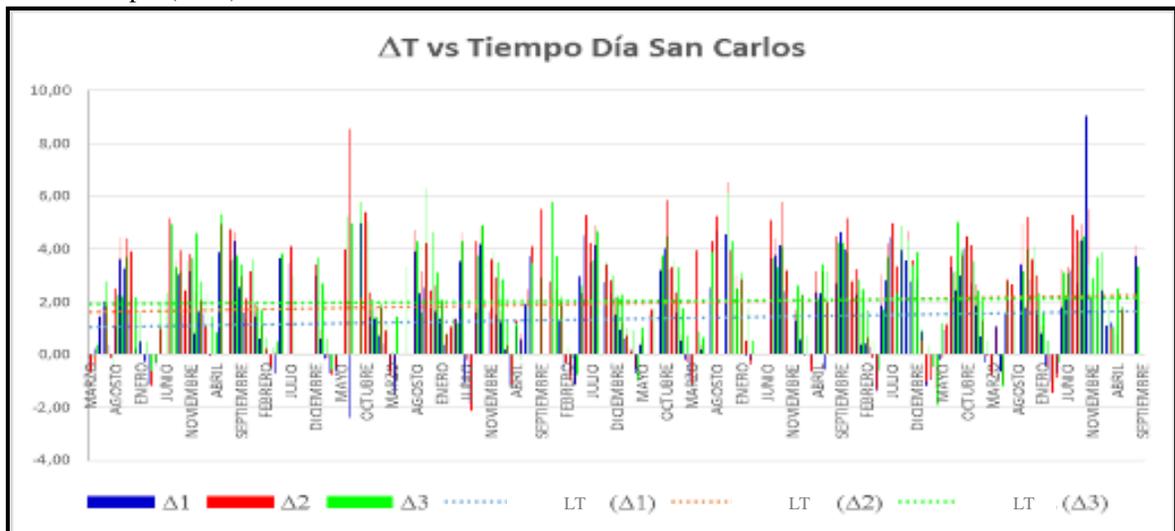


Figura 27. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes
Fuente: Propia (2021)

Month	Year	ID9	ID10	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	Month	Year	ID9	ID10	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
ENERO	2001	22,36	22,74	22,41	22,10	21,06	20,92	19,96	1,35	1,73	1,40	ENERO	2004	22,98	23,11	22,78	21,92	21,24	20,87	20,38	1,88	2,00	1,65
FEBRERO	2001	22,88	23,20	22,84	22,33	21,42	21,06	20,34	1,60	1,91	1,56	FEBRERO	2004	24,83	25,37	25,15	24,20	23,45	23,33	23,16	1,90	1,83	1,62
MARZO	2001	25,19	25,27	24,97	24,62	23,70	23,33	22,37	1,69	1,77	1,47	MARZO	2004	25,48	25,62	24,73	25,11	24,12	23,85	22,70	1,58	1,73	0,84
ABRIL	2001	25,51	26,23	26,20	25,54	24,31	24,10	23,61	1,12	1,84	1,81	ABRIL	2004	25,39	25,40	24,95	25,40	24,81	24,16	25,05	0,29	0,30	-0,15
MAYO	2001	23,31	24,18	24,89	23,69	24,10	24,27	23,75	-0,09	0,18	0,89	MAYO	2004	21,69	21,79	22,23	22,31	NA	NA	22,17	-0,55	-0,45	-0,01
JUNIO	2001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,00	0,00	0,00	0,00	JUNIO	2004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,00	0,00	0,00	
JULIO	2001	22,13	22,44	20,80	22,49	21,94	21,80	21,93	0,09	0,40	-1,24	JULIO	2004	21,98	21,59	23,03	21,54	21,11	21,08	21,74	0,61	0,22	1,66
AGOSTO	2001	21,97	22,89	23,10	21,69	20,41	20,52	19,74	1,38	2,30	2,51	AGOSTO	2004	22,72	22,88	22,54	22,91	22,40	21,94	22,62	0,20	0,36	0,02
SEPTIEMBRE	2001	23,05	23,13	23,77	23,16	22,62	23,04	22,71	0,17	0,25	0,89	SEPTIEMBRE	2004	25,05	25,21	25,09	24,73	24,27	23,58	24,31	0,83	0,99	0,87
OCTUBRE	2001	NA	NA	NA	NA	21,27	21,11	20,37	0,00	0,00	0,00	OCTUBRE	2004	23,51	23,65	23,51	22,97	22,61	22,77	22,69	0,75	0,89	0,75
NOVIEMBRE	2001	22,82	22,74	22,68	22,62	22,12	22,02	21,93	0,65	0,56	0,50	NOVIEMBRE	2004	19,01	18,97	20,61	20,84	19,93	20,17	22,38	-1,82	-1,86	-0,22
DICIEMBRE	2001	23,08	23,30	23,16	22,62	22,68	21,66	20,68	1,17	1,39	1,25	DICIEMBRE	2004	22,31	22,68	22,35	21,87	21,29	20,96	21,08	1,01	1,38	1,05
ENERO	2002	22,48	22,68	22,41	22,30	21,97	21,40	20,99	0,81	1,01	0,75	ENERO	2005	22,64	22,99	22,77	22,50	21,49	21,39	21,20	1,00	1,34	1,13
FEBRERO	2002	23,63	23,93	24,16	23,45	22,28	21,78	21,38	1,47	1,71	1,94	FEBRERO	2005	23,89	24,57	23,99	23,45	22,57	22,10	22,20	1,31	1,39	1,41
MARZO	2002	24,98	24,89	25,56	24,37	24,17	23,07	23,78	1,13	1,04	1,71	MARZO	2005	25,75	25,96	25,65	25,41	24,77	24,21	23,66	1,24	1,45	1,34
ABRIL	2002	23,07	22,83	22,61	21,07	22,37	21,73	21,23	1,47	1,23	1,01	ABRIL	2005	25,53	25,47	25,37	25,41	24,07	NA	NA	0,02	-0,04	-0,14
MAYO	2002	NA	25,11	24,72	NA	23,31	23,33	23,35	0,00	1,78	1,39	MAYO	2005	22,85	22,67	24,41	24,07	NA	NA	NA	-1,22	-1,40	0,34
JUNIO	2002	20,39	22,95	22,83	21,74	22,79	22,17	22,41	-1,89	0,67	0,55	JUNIO	2005	23,47	23,49	23,70	23,52	23,57	23,47	23,40	-0,02	0,00	0,21
JULIO	2002	22,81	23,21	23,29	23,07	22,49	22,28	22,36	0,26	0,66	0,74	JULIO	2005	21,12	21,36	21,44	20,29	20,52	20,46	22,14	0,26	0,50	0,59
AGOSTO	2002	22,90	23,17	23,81	22,87	22,26	22,57	22,61	0,32	0,59	1,23	AGOSTO	2005	21,33	21,83	21,85	22,45	21,93	21,95	22,53	-0,89	-0,29	-0,36
SEPTIEMBRE	2002	24,34	24,48	24,46	24,31	23,73	23,39	23,54	0,59	0,73	0,71	SEPTIEMBRE	2005	23,80	24,32	24,11	23,83	23,30	23,20	23,61	0,31	0,84	0,63
OCTUBRE	2002	22,84	23,09	22,89	23,06	22,50	22,38	22,26	0,29	0,54	0,34	OCTUBRE	2005	NA	0,00	0,00	0,00						
NOVIEMBRE	2002	22,74	22,83	23,00	23,00	22,30	22,03	21,99	0,41	0,50	0,67	NOVIEMBRE	2005	23,21	23,33	23,30	22,87	22,49	22,21	22,24	0,76	0,88	0,85
DICIEMBRE	2002	20,84	21,12	21,68	21,38	20,84	20,85	19,88	0,10	0,39	0,95	DICIEMBRE	2005	22,24	22,33	21,98	22,40	21,66	21,42	21,35	0,54	0,63	0,28
ENERO	2003	22,73	22,88	23,23	22,67	22,20	21,55	21,31	0,80	0,95	1,30	ENERO	2006	23,31	23,67	22,95	22,54	21,48	20,92	21,24	1,77	2,13	1,41
FEBRERO	2003	24,45	25,07	24,97	23,80	23,20	22,70	22,22	1,47	2,09	1,99	FEBRERO	2006	23,69	23,50	23,02	23,39	22,43	21,63	21,24	1,52	1,33	0,85
MARZO	2003	25,51	25,76	25,52	25,02	24,25	23,79	23,65	1,34	1,59	1,34	MARZO	2006	24,82	25,01	24,90	24,47	23,67	23,41	23,14	1,15	1,34	1,23
ABRIL	2003	24,13	24,23	24,17	23,85	23,43	23,47	23,71	0,51	0,61	0,56	ABRIL	2006	25,53	25,52	25,82	25,32	24,78	24,36	24,45	0,80	0,79	1,09
MAYO	2003	23,82	24,23	24,00	23,80	23,48	23,05	23,17	0,45	0,85	0,82	MAYO	2006	22,94	22,94	23,97	23,35	23,57	23,11	23,28	-0,39	-0,39	0,64
JUNIO	2003	20,09	20,17	20,53	21,49	NA	NA	NA	-1,40	-1,32	-0,96	JUNIO	2006	16,31	17,67	19,94	18,77	18,55	18,77	15,99	0,29	-0,35	1,92
JULIO	2003	21,65	21,75	21,79	21,69	21,35	21,17	21,35	0,21	0,31	0,35	JULIO	2006	20,23	20,51	20,77	20,95	20,59	20,71	21,95	-0,82	-0,54	-0,28
AGOSTO	2003	23,14	23,49	23,50	23,48	23,12	23,14	23,14	-0,08	0,27	0,28	AGOSTO	2006	24,05	24,05	23,75	20,80	21,33	21,02	23,09	2,49	2,50	2,19
SEPTIEMBRE	2003	22,23	22,37	22,51	22,35	22,04	21,59	21,73	0,30	0,44	0,58	SEPTIEMBRE	2006	24,03	24,29	24,15	24,02	23,40	23,33	23,33	0,51	0,77	0,63
OCTUBRE	2003	23,28	23,27	23,28	22,88	22,67	22,53	22,85	0,55	0,54	0,55	OCTUBRE	2006	25,11	23,29	23,37	23,15	20,95	21,09	22,47	3,20	1,38	1,46
NOVIEMBRE	2003	23,23	23,34	23,29	23,24	22,97	22,85	22,93	0,23	0,34	0,29	NOVIEMBRE	2006	24,16	24,21	24,17	24,02	22,49	22,08	21,05	1,75	1,80	1,76
DICIEMBRE	2003	23,05	23,38	23,34	22,16	21,59	21,34	21,02	1,52	1,85	1,81	DICIEMBRE	2006	22,46	21,71	21,52	22,12	21,61	21,53	21,24	0,82	0,07	-0,12

Figura 28. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes
Fuente: Propia (2021)

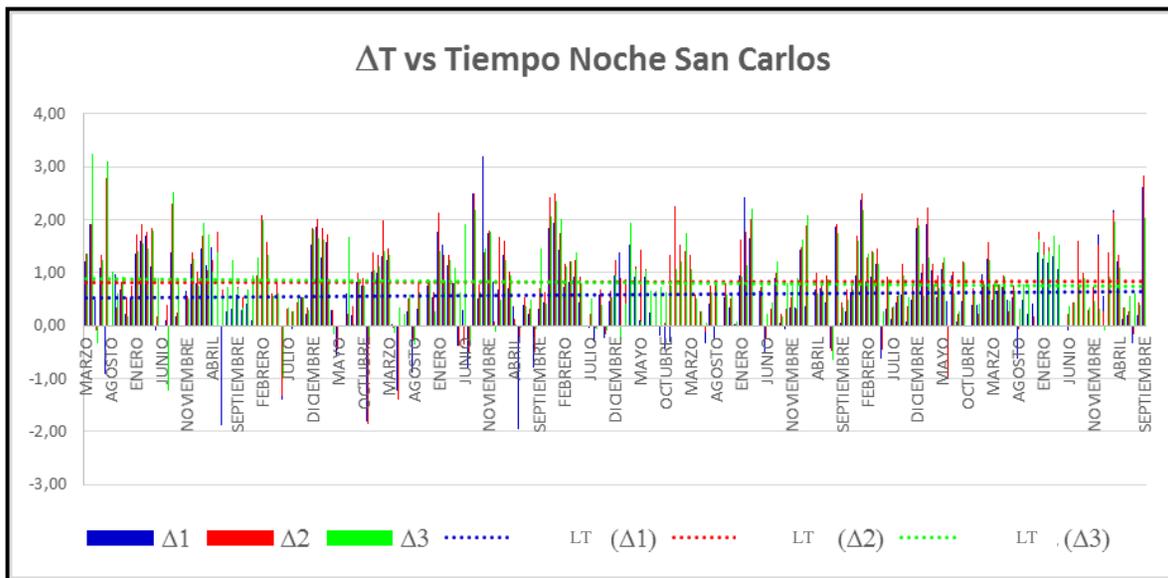


Figura 29. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de San Carlos estado Cojedes
Fuente: Propia (2021)

Al analizar los diferenciales $\Delta 1$, $\Delta 2$ y $\Delta 3$, que corresponden a los patrones térmicos obtenidos de las diferencias de los puntos ID9, ID10 e ID13 (puntos urbanos) con respecto a los puntos ID14, ID15, ID16 e ID17 (puntos rurales) en la ciudad de San Carlos, se observa claramente que existe discrepancia de la temperatura entre las dos áreas, para Chen et al., (2006), los espacios más densamente ocupados y con menor presencia de vegetación tienen mayor temperatura superficial que las zonas peri-urbanas o menos densamente construidas. Además, los cálculos arrojaron que el diferencial térmico desarrollado entre la zona urbana y la periurbana presenta una tendencia en aumento a través del tiempo, como se verifica en las gráficas de las figuras 27 y 29, demostrándose de esta manera la presencia del fenómeno ICU en la ciudad.

Es de resaltar, que este comportamiento presentado en la ciudad tiene la misma tendencia para los diferenciales térmicos determinados en las imágenes de día como en las de la noche, obteniéndose en menor magnitud para las temperaturas nocturnas. Esta disminución de la temperatura nocturna que a su vez incide en un menor diferencia térmico, es producto de la tipología arquitectónica del lugar, porque la ciudad cuenta con edificaciones de poca altura, lo que favorece a la disminución de las temperaturas absorbidas durante el día, pero este enfriamiento no se produce en su totalidad.

Otro hallazgo encontrado en esta unidad de estudio, es que a partir del año 2003 los diferenciales térmicos reportan resultados en ascenso con respecto a los años anteriores, esto hace suponer que en el año mencionado en la ciudad de San Carlos se realizó una cantidad de obras civiles como edificios deportivos, conjunto residenciales, entre otros, producto de los Juegos Deportivos Nacionales Cojedes 2003, lo que trajo como consecuencia un desarrollo urbanístico para la ciudad, pero también ocasionó deforestación de zonas naturales vírgenes, mayores espacios impermeabilizados con concreto, asfalto, distintos materiales de construcción, edificaciones y estructuras que absorben calor durante el día y que luego es liberado en las horas nocturnas.

Estas acciones antrópicas aplicadas al ambiente generan una situación delicada de salud y confort térmico a las personas frente a eventos extremos de sequía u olas de calor. Para Reyes, Ramírez y Miller (2022), las olas de calor extremas ya tienen aproximadamente

cinco veces más probabilidades de ocurrir, según un informe clave del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático de la ONU que se publicó en 2021. Por lo tanto, las áreas verdes periurbanas y urbanas, así como también los parques recreacionales y plazas de las ciudad de San Carlos son espacios que deben ser conservados y reforestados para que contrarresten las altas temperaturas.

Month	Year	ID21	ID23	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	Δ1	Δ2	Δ3	Month	Year	ID21	ID23	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	Δ1	Δ2	Δ3
ENERO	2009	34,45	35,06	36,62	34,25	34,16	34,71	33,81	0,22	0,83	2,38	ENERO	2009	34,45	35,06	36,62	34,25	34,16	34,71	33,81	0,22	0,83	2,38
FEBRERO		37,19	37,74	39,89	37,43	37,58	38,22	37,09	-0,39	0,16	2,31	FEBRERO		37,19	37,74	39,89	37,43	37,58	38,22	37,09	-0,39	0,16	2,31
MARZO		39,29	39,60	41,19	39,44	40,46	39,85	39,09	-0,42	-0,11	1,48	MARZO		39,29	39,60	41,19	39,44	40,46	39,85	39,09	-0,42	-0,11	1,48
ABRIL		42,23	42,28	45,31	43,16	41,34	40,63	42,01	0,44	0,49	3,52	ABRIL		42,23	42,28	45,31	43,16	41,34	40,63	42,01	0,44	0,49	3,52
MAYO		36,96	37,49	39,36	37,53	37,64	36,57	36,48	-0,09	0,44	2,31	MAYO		36,96	37,49	39,36	37,53	37,64	36,57	36,48	-0,09	0,44	2,31
JUNIO		NA	35,03	34,07	34,09	NA	NA	NA	0,00	0,94	-0,02	JUNIO		NA	35,03	34,07	34,09	NA	NA	NA	0,00	0,94	-0,02
JULIO		NA	34,35	35,19	33,07	33,63	37,87	32,39	0,00	0,10	0,94	JULIO		NA	34,35	35,19	33,07	33,63	37,87	32,39	0,00	0,10	0,94
AGOSTO		31,59	32,59	32,60	31,22	30,90	31,88	31,79	0,14	1,14	1,15	AGOSTO		31,59	32,59	32,60	31,22	30,90	31,88	31,79	0,14	1,14	1,15
SEPTIEMBRE		31,49	32,64	31,32	30,32	30,53	30,52	31,93	0,67	1,81	0,50	SEPTIEMBRE		31,49	32,64	31,32	30,32	30,53	30,52	31,93	0,67	1,81	0,50
OCTUBRE		32,52	33,31	33,63	31,72	30,52	30,52	32,64	1,17	2,56	2,28	OCTUBRE		32,52	33,31	33,63	31,72	30,52	30,52	32,64	1,17	2,56	2,28
NOVIEMBRE		31,93	33,11	32,78	31,62	30,50	30,60	31,72	0,82	2,00	1,67	NOVIEMBRE		31,93	33,11	32,78	31,62	30,50	30,60	31,72	0,82	2,00	1,67
DICIEMBRE		32,72	33,68	34,51	32,93	31,66	32,46	32,88	0,23	1,19	2,03	DICIEMBRE		32,72	33,68	34,51	32,93	31,66	32,46	32,88	0,23	1,19	2,03
ENERO	2010	36,90	37,27	38,54	36,63	36,64	37,29	36,59	0,06	0,43	1,71	ENERO	2010	36,90	37,27	38,54	36,63	36,64	37,29	36,59	0,06	0,43	1,71
FEBRERO		39,69	39,85	41,69	39,74	39,99	40,01	40,19	-0,29	-0,13	1,71	FEBRERO		39,69	39,85	41,69	39,74	39,99	40,01	40,19	-0,29	-0,13	1,71
MARZO		38,49	39,41	41,33	40,24	39,81	39,14	38,56	-0,95	-0,03	1,89	MARZO		38,49	39,41	41,33	40,24	39,81	39,14	38,56	-0,95	-0,03	1,89
ABRIL		34,89	NA	NA	NA	34,31	34,57	35,79	0,00	0,00	0,00	ABRIL		34,89	NA	NA	NA	34,31	34,57	35,79	0,00	0,00	0,00
MAYO		35,21	36,99	38,11	36,23	35,63	36,43	36,39	-0,01	0,77	1,89	MAYO		35,21	36,99	38,11	36,23	35,63	36,43	36,39	-0,01	0,77	1,89
JUNIO		NA	NA	NA	NA	31,03	29,83	NA	0,00	0,00	0,00	JUNIO		NA	NA	NA	NA	31,03	29,83	NA	0,00	0,00	0,00
JULIO		29,97	30,34	30,65	28,86	28,64	29,26	29,51	0,90	1,27	1,58	JULIO		29,97	30,34	30,65	28,86	28,64	29,26	29,51	0,90	1,27	1,58
AGOSTO		32,33	32,39	31,49	31,11	30,56	30,71	31,91	1,26	1,32	0,42	AGOSTO		32,33	32,39	31,49	31,11	30,56	30,71	31,91	1,26	1,32	0,42
SEPTIEMBRE		31,11	35,15	34,41	32,77	31,89	31,82	33,01	-1,26	2,78	2,04	SEPTIEMBRE		31,11	35,15	34,41	32,77	31,89	31,82	33,01	-1,26	2,78	2,04
OCTUBRE		33,14	33,76	33,57	32,31	32,21	32,75	31,65	0,91	1,53	1,34	OCTUBRE		33,14	33,76	33,57	32,31	32,21	32,75	31,65	0,91	1,53	1,34
NOVIEMBRE		30,15	32,85	31,64	31,33	30,35	32,73	31,29	-1,28	1,43	0,22	NOVIEMBRE		30,15	32,85	31,64	31,33	30,35	32,73	31,29	-1,28	1,43	0,22
DICIEMBRE		33,82	33,89	33,50	32,39	33,38	33,63	32,86	0,75	0,83	0,44	DICIEMBRE		33,82	33,89	33,50	32,39	33,38	33,63	32,86	0,75	0,83	0,44
ENERO	2011	33,48	34,24	35,52	33,70	33,58	33,84	33,09	-0,08	0,69	1,97	ENERO	2011	33,48	34,24	35,52	33,70	33,58	33,84	33,09	-0,08	0,69	1,97
FEBRERO		37,29	37,44	38,55	36,46	38,11	38,52	36,57	-0,12	0,03	1,14	FEBRERO		37,29	37,44	38,55	36,46	38,11	38,52	36,57	-0,12	0,03	1,14
MARZO		38,94	39,16	39,87	38,92	40,06	39,76	39,48	-0,61	-0,39	0,31	MARZO		38,94	39,16	39,87	38,92	40,06	39,76	39,48	-0,61	-0,39	0,31
ABRIL		NA	NA	44,33	41,15	41,79	42,61	NA	0,00	0,00	2,48	ABRIL		NA	NA	44,33	41,15	41,79	42,61	NA	0,00	0,00	2,48
MAYO		NA	0,00	0,00	0,00	MAYO		NA	0,00	0,00	0,00												
JUNIO		31,68	31,83	28,76	29,33	31,56	30,51	30,99	1,08	1,23	-1,84	JUNIO		31,68	31,83	28,76	29,33	31,56	30,51	30,99	1,08	1,23	-1,84
JULIO		31,58	33,25	31,97	30,38	29,86	30,10	30,73	1,31	2,98	1,70	JULIO		31,58	33,25	31,97	30,38	29,86	30,10	30,73	1,31	2,98	1,70
AGOSTO		31,93	33,43	32,37	31,99	30,04	28,48	31,83	1,35	2,85	1,79	AGOSTO		31,93	33,43	32,37	31,99	30,04	28,48	31,83	1,35	2,85	1,79
SEPTIEMBRE		34,09	35,09	34,85	33,79	32,51	33,51	32,95	0,90	1,90	1,66	SEPTIEMBRE		34,09	35,09	34,85	33,79	32,51	33,51	32,95	0,90	1,90	1,66
OCTUBRE		NA	31,99	32,69	32,31	31,35	31,09	30,79	0,00	0,61	1,31	OCTUBRE		NA	31,99	32,69	32,31	31,35	31,09	30,79	0,00	0,61	1,31
NOVIEMBRE		32,24	32,13	32,80	31,20	31,28	31,47	31,31	0,93	0,82	1,49	NOVIEMBRE		32,24	32,13	32,80	31,20	31,28	31,47	31,31	0,93	0,82	1,49
DICIEMBRE												DICIEMBRE											

Figura 30. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

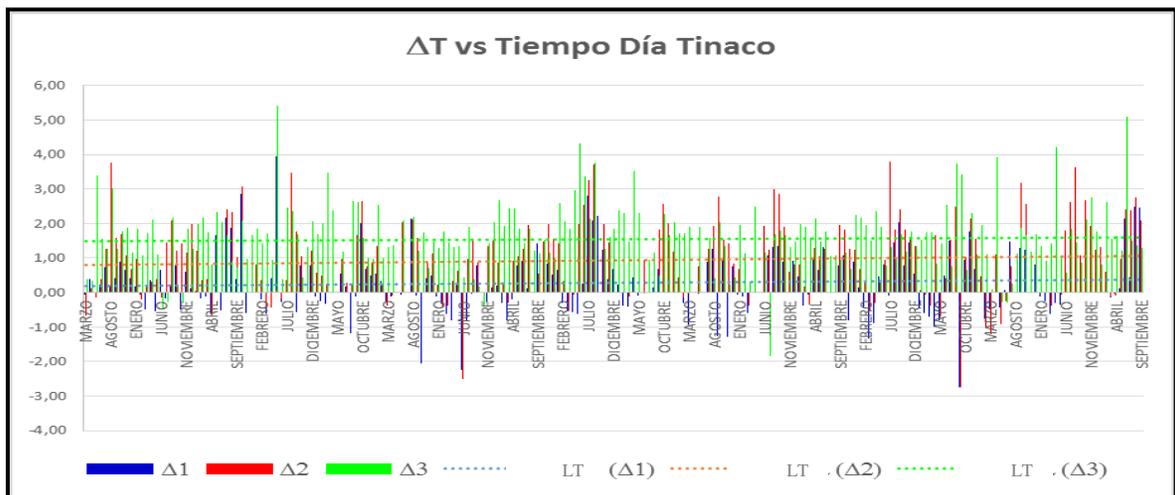


Figura 31. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

Month	Year	ID21	ID23	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	Month	Year	ID21	ID23	ID27	ID28	ID29	ID30	ID31	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
ENERO	2009	22.84	23.87	23.18	23.29	22.35	22.14	23.24	0.09	1.12	0.43	ENERO	2012	22.96	22.68	22.57	21.52	22.52	22.68	21.35	0.94	0.66	0.55
FEBRERO		23.99	24.33	24.53	24.06	23.74	23.88	21.46	0.71	1.05	1.25	FEBRERO		23.63	23.89	23.97	23.69	23.58	23.06	22.91	0.32	0.58	0.66
MARZO		22.53	23.20	24.30	23.00	22.31	21.31	22.29	0.30	0.97	2.08	MARZO		23.09	23.43	23.49	23.07	23.17	22.89	22.93	0.07	0.41	0.47
ABRIL		25.72	25.86	26.20	25.40	25.64	25.62	25.32	0.22	0.37	0.70	ABRIL		24.93	25.01	25.15	24.59	24.73	24.77	24.51	0.28	0.36	0.50
MAYO		24.36	24.38	24.22	24.02	24.39	24.33	23.95	0.19	0.21	0.05	MAYO		23.52	23.67	23.71	23.42	23.38	23.30	23.16	0.21	0.36	0.40
JUNIO		24.52	24.62	NA	24.53	25.33	25.27	24.26	-0.33	-0.23	0.00	JUNIO		23.18	23.26	23.47	23.05	23.27	23.02	22.55	0.20	0.28	0.50
JULIO		23.68	23.66	23.99	23.80	23.54	23.55	23.20	0.16	0.36	0.47	JULIO		NA	24.51	23.45	17.07	24.33	23.97	23.73	0.00	2.24	1.18
AGOSTO		23.03	23.22	23.88	23.50	23.05	22.83	22.94	-0.05	0.14	0.80	AGOSTO		24.41	24.73	24.81	24.59	23.93	23.37	23.75	0.50	0.82	0.90
SEPTIEMBRE		24.00	24.23	24.42	24.10	23.80	23.26	23.14	0.43	0.66	0.84	SEPTIEMBRE		23.59	23.72	23.90	23.48	23.43	23.99	23.21	0.21	0.34	0.52
OCTUBRE		23.79	24.08	24.17	23.75	23.65	23.57	23.36	0.21	0.49	0.59	OCTUBRE		23.99	24.42	NA	23.99	23.66	23.97	23.80	0.13	0.57	0.00
NOVIEMBRE		23.28	23.31	22.91	22.16	22.90	22.53	22.52	0.75	0.78	0.38	NOVIEMBRE		23.23	23.62	23.91	23.04	23.22	23.19	23.31	0.04	0.43	0.72
DICIEMBRE		23.69	23.80	23.57	22.30	22.83	23.24	23.42	0.74	0.85	0.62	DICIEMBRE		23.47	23.77	23.31	21.86	22.76	23.25	23.10	0.73	1.03	0.57
ENERO	2010	23.67	23.91	23.98	22.98	23.04	23.46	23.31	0.47	0.71	0.78	ENERO	2013	23.15	24.05	23.41	21.99	22.50	22.79	22.75	0.64	1.54	0.90
FEBRERO		26.25	26.49	26.29	25.47	25.68	26.06	25.92	0.47	0.70	0.51	FEBRERO		23.89	24.10	23.78	23.88	23.62	23.89	23.73	0.11	0.32	0.00
MARZO		26.56	25.64	25.90	25.58	26.51	26.21	26.40	0.38	-0.53	-0.27	MARZO		25.53	25.70	25.80	25.26	25.35	25.52	25.11	0.22	0.39	0.49
ABRIL		25.49	25.63	25.91	25.63	25.53	25.35	25.07	0.08	0.22	0.50	ABRIL		26.05	26.21	26.21	25.39	25.85	25.93	25.67	0.34	0.50	0.50
MAYO		25.02	25.12	25.21	24.68	24.97	25.01	24.57	0.21	0.31	0.40	MAYO		19.23	23.43	24.01	21.79	19.51	21.55	22.33	-2.07	2.14	2.72
JUNIO		22.82	24.10	24.39	22.83	22.85	23.48	23.72	-0.40	0.88	1.17	JUNIO		24.53	24.19	17.31	NA	23.99	24.41	23.59	0.53	1.99	-6.83
JULIO		22.91	23.31	22.79	22.43	22.91	22.71	22.71	0.37	0.77	0.25	JULIO		23.78	23.69	23.90	23.56	23.81	23.72	23.12	0.22	0.14	0.34
AGOSTO		24.75	23.59	24.09	23.32	22.39	22.43	22.96	2.02	0.82	1.32	AGOSTO		22.99	23.21	23.26	22.89	22.61	22.66	22.72	0.27	0.49	0.54
SEPTIEMBRE		NA	0.00	0.00	0.00	SEPTIEMBRE		22.83	23.41	23.65	22.83	22.81	22.27	22.81	0.15	0.73	0.97						
OCTUBRE		23.89	24.04	23.96	23.54	23.60	23.68	23.40	0.33	0.48	0.40	OCTUBRE		23.41	23.62	24.15	23.64	23.32	23.25	22.90	0.13	0.34	0.87
NOVIEMBRE		22.97	23.29	23.49	22.72	22.90	22.74	22.90	0.16	0.48	0.68	NOVIEMBRE		22.54	22.20	22.75	21.61	22.50	21.66	21.86	0.64	0.29	0.84
DICIEMBRE		22.75	23.00	22.73	22.38	22.53	22.56	22.37	0.29	0.54	0.27	DICIEMBRE		19.85	20.03	19.76	22.67	22.02	22.40	22.24	-2.48	-2.30	-2.57
ENERO	2011	22.11	22.15	22.41	21.44	22.11	23.06	21.56	0.06	0.10	0.36	ENERO	2014	23.80	24.09	24.32	23.73	23.52	23.54	23.38	0.26	0.55	0.78
FEBRERO		22.96	23.63	23.30	22.99	22.19	23.14	22.24	0.32	0.99	0.66	FEBRERO		24.15	24.47	24.58	23.31	24.17	23.99	23.80	0.19	0.50	0.62
MARZO		23.55	23.70	23.91	23.49	23.46	23.51	23.14	0.15	0.30	0.51	MARZO		25.49	25.73	25.80	24.80	25.13	25.15	25.11	0.45	0.69	0.75
ABRIL		NA	0.00	0.00	0.00	ABRIL		23.70	24.22	26.09	23.68	22.36	23.83	23.76	0.29	0.81	2.68						
MAYO		23.11	23.07	23.25	22.93	23.47	23.01	NA	-0.03	-0.07	0.11	MAYO		26.07	26.24	26.14	25.80	26.03	25.99	26.09	0.09	0.27	0.17
JUNIO		24.33	24.29	24.53	24.01	24.13	23.93	24.09	0.29	0.25	0.49	JUNIO		23.33	25.01	24.97	23.91	24.67	23.23	23.23	-0.39	1.29	1.25
JULIO		20.36	20.41	20.30	23.41	23.03	22.63	20.28	-1.98	-1.93	-2.04	JULIO		23.49	23.60	23.70	23.49	NA	NA	22.91	0.29	0.40	0.50
AGOSTO		23.40	23.96	24.18	23.74	23.45	23.29	22.61	0.12	0.69	0.91	AGOSTO		23.29	23.54	23.98	23.44	23.35	23.47	23.22	-0.08	0.17	0.61
SEPTIEMBRE		23.39	23.65	23.63	23.34	23.30	23.23	23.07	0.15	0.41	0.40	SEPTIEMBRE		23.83	24.05	24.41	23.89	23.69	23.67	23.39	0.17	0.39	0.75
OCTUBRE		NA	NA	18.61	18.33	16.89	NA	NA	0.00	0.00	1.00	OCTUBRE		23.25	23.36	23.39	23.15	23.08	23.02	22.94	0.35	0.46	0.49
NOVIEMBRE		20.23	21.89	21.69	21.54	19.89	21.04	21.55	-0.78	0.82	0.88	NOVIEMBRE		23.53	23.52	23.98	23.29	23.57	23.55	23.16	0.13	0.13	0.59
DICIEMBRE		22.22	22.50	22.96	22.27	22.03	22.14	21.82	0.16	0.44	0.89	DICIEMBRE		23.13	23.22	23.45	22.81	23.02	23.09	22.85	0.19	0.28	0.51

Figura 32. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

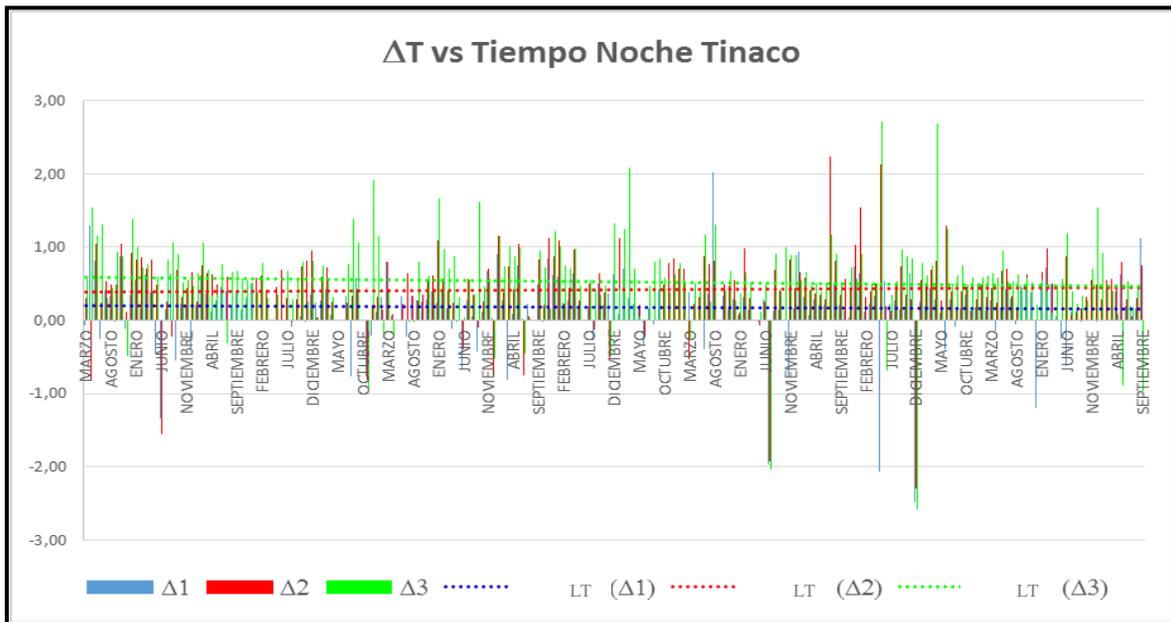


Figura 33. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

En las figuras 30 y 32, pertenecientes a la ciudad de Tinaco los resultados arrojados por los diferenciales $\Delta 1$, $\Delta 2$ y $\Delta 3$, producto de las diferencias de temperatura de los puntos ID21, ID23 e ID27 (puntos urbanos) y los puntos ID28, ID29, ID30 e ID31 (puntos rurales), se evidencia al igual que en la ciudad de San Carlos, que existe una diferencia de temperatura entre la zona urbana y la zona periurbana de la ciudad tinaquera. Esta diferencia es lo que se conoce como el fenómeno ICU y está presente en esta localidad llanera, es importante mencionar que la tendencia que describe este impacto ambiental es de manera creciente a través del tiempo.

Es de resaltar, que el incremento del diferencial térmico se presenta con menor intensidad en comparación con la ciudad de San Carlos, y esto se debe a que el desarrollo urbanístico de la localidad se ha dado lentamente, en otras palabras no se ha producido un crecimiento urbanístico brusco que genera una alta variabilidad en la temperatura, la localidad cuenta con edificaciones de baja altura, conserva muchas viviendas coloniales, vialidad de asfalto flexible y rígido, así como también complejos urbanísticos modernos. Para Serrano (2008), el casco urbano de esta población cuenta con construcciones de la época colonial, conservando su arquitectura original, tal es el caso de la Casa Municipal y la Iglesia Nuestra Señora de la Chiquinquirá del Rosario.

En las gráficas de las figuras 31 y 33, se observa que las líneas de tendencias para los valores obtenidos de las imágenes nocturnas presentan un porcentaje menor de pendiente, interpretándose que el fenómeno disminuye su magnitud en las horas nocturna, una de las razones es la poca altura que presentan las viviendas, así como el material de construcción por ser casas coloniales, para Córdova (2011), la diferencias en los rangos de temperaturas urbanas, guardan relación con la densidad constructiva urbana y con la calidad de los materiales de construcción de las viviendas. Sin embargo, el fenómeno ICU está presente en la localidad.

Month	Year	ID38	ID40	ID43	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	Month	Year	ID38	ID40	ID43	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	
ENERO	2011	33.23	34.94	35.37	32.58	31.96	31.79	33.74	35.54	0.11	1.82	2.25	ENERO	2014	32.88	34.32	35.13	32.48	31.96	32.55	33.41	34.69	-0.14	1.30	2.11	
FEBRERO		36.00	37.86	38.36	36.43	34.86	34.08	36.47	39.44	-0.25	1.60	2.71	FEBRERO		35.53	36.82	36.88	35.07	34.88	34.21	35.19	36.38	0.26	1.55	1.82	
MARZO		37.23	38.31	39.79	37.13	36.20	37.27	39.07	40.45	-0.80	0.29	1.77	MARZO		37.75	39.63	40.91	39.81	37.15	38.06	40.31	41.47	-1.61	0.27	1.55	
ABRIL		35.85	39.25	36.46	36.98	35.49	36.31	37.26	39.05	-1.17	2.23	1.44	ABRIL		37.05	37.69	42.09	38.63	37.44	39.48	39.28	42.15	-2.35	-1.71	2.69	
MAYO		NA	0.00	0.00	0.00	MAYO		36.02	38.33	37.54	38.17	35.85	34.75	36.83	39.24	-0.95	1.36	0.57								
JUNIO		32.83	33.55	31.31	29.21	30.48	29.96	30.31	31.07	2.63	3.35	1.11	JUNIO		32.38	33.67	35.04	31.45	31.26	31.06	32.83	34.78	0.10	1.39	2.76	
JULIO		NA	NA	30.45	27.65	27.91	28.97	27.90	27.13	0.00	0.00	2.54	JULIO		31.84	32.00	32.39	30.47	31.08	31.10	30.45	31.10	1.00	1.16	1.55	
AGOSTO		31.57	32.13	31.98	29.81	30.52	29.83	27.82	30.74	1.83	2.39	2.23	AGOSTO		32.46	33.52	32.86	32.53	32.11	31.83	30.70	32.14	0.60	1.66	1.00	
SEPTIEMBRE		NA	NA	29.77	NA	30.61	NA	30.51	0.00	0.00	-0.79	0.00	0.00		SEPTIEMBRE	NA	0.00	0.00	0.00							
OCTUBRE		34.89	35.39	34.55	32.17	31.67	31.04	31.41	33.51	2.93	3.43	2.59	OCTUBRE		NA	NA	NA	32.39	NA	NA	NA	NA	0.00	0.00	0.00	
NOVIEMBRE		31.60	32.19	31.47	28.98	29.87	30.27	30.12	30.43	1.67	2.26	1.54	NOVIEMBRE		32.10	34.57	31.38	30.26	30.64	30.37	30.52	30.18	1.70	4.18	0.99	
DICIEMBRE		29.05	29.94	30.94	28.54	28.87	27.26	29.14	33.67	-0.44	0.44	1.45	DICIEMBRE		33.06	33.13	33.42	30.64	30.95	31.74	32.10	31.94	1.59	1.65	1.94	
ENERO	2012	32.78	34.10	34.11	31.26	31.30	30.41	31.79	33.84	1.06	2.38	2.39	ENERO	2015	33.66	34.65	35.13	33.55	32.61	33.51	34.06	35.11	-0.11	0.88	1.36	
FEBRERO		34.42	35.26	37.15	34.06	33.74	33.90	35.61	37.27	-0.50	0.35	2.23	FEBRERO		35.34	37.04	37.52	36.23	35.36	35.50	36.36	37.93	-0.93	0.77	1.24	
MARZO		35.23	37.35	38.38	31.75	33.62	35.97	40.00	37.24	-0.48	1.64	2.66	MARZO		37.40	39.23	39.74	38.93	37.76	37.80	38.55	40.15	-1.23	0.60	1.11	
ABRIL		NA	NA	30.03	32.23	NA	NA	NA	31.43	0.00	0.00	-1.80	ABRIL		38.71	39.43	41.17	36.47	39.63	40.43	40.03	39.15	-0.43	0.29	2.03	
MAYO		NA	NA	33.59	27.97	27.75	NA	31.07	31.58	0.00	2.98	4.00	MAYO		38.94	40.13	41.67	41.12	39.47	39.50	38.43	40.53	-0.87	0.32	1.86	
JUNIO		29.02	30.39	31.29	28.83	28.77	28.21	28.71	31.39	-0.16	1.21	2.11	JUNIO		31.33	32.21	NA	NA	30.45	29.77	32.91	31.37	0.20	1.09	0.00	
JULIO		NA	33.05	30.21	29.51	30.23	NA	29.31	30.64	0.00	3.13	0.29	JULIO		32.57	34.70	32.92	29.90	29.88	30.72	32.55	31.48	1.67	3.80	2.02	
AGOSTO		31.65	32.07	32.25	29.72	29.21	29.57	30.01	31.09	1.73	2.15	2.33	AGOSTO		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.00	0.00	0.00	
SEPTIEMBRE		NA	NA	34.99	30.05	32.03	30.01	31.55	31.83	0.00	0.00	3.90	SEPTIEMBRE		31.87	34.13	34.19	31.19	30.35	31.24	31.02	31.08	0.89	3.15	3.21	
OCTUBRE		32.87	34.17	34.31	30.68	32.47	32.55	30.55	32.03	1.21	2.51	2.65	OCTUBRE		33.65	32.63	32.72	30.55	32.10	31.85	30.26	31.57	2.38	1.36	1.45	
NOVIEMBRE		31.30	32.33	34.07	30.56	30.63	31.62	31.06	32.71	-0.02	1.01	2.75	NOVIEMBRE		34.69	34.77	34.07	31.41	31.95	30.53	29.84	32.11	3.52	3.60	2.90	
DICIEMBRE		32.49	33.91	34.16	30.53	31.32	30.16	32.51	33.59	0.86	2.28	2.52	DICIEMBRE		33.37	34.04	34.81	30.53	31.12	30.73	30.17	31.69	2.52	3.20	3.96	
ENERO	2013	33.43	34.51	35.10	32.58	32.49	32.63	33.35	35.12	0.20	1.27	1.87	ENERO	2016	34.08	35.09	35.44	33.74	33.07	32.84	32.88	34.83	0.80	1.61	1.97	
FEBRERO		35.88	37.40	37.50	36.03	34.95	35.67	37.33	38.94	-0.71	0.81	0.91	FEBRERO		36.70	37.58	38.43	36.40	35.82	35.43	36.56	37.86	0.28	1.17	2.02	
MARZO		37.42	38.38	39.24	36.62	36.90	37.76	38.49	40.21	-0.38	-0.04	0.84	MARZO		38.10	39.87	41.00	39.75	37.70	38.55	40.25	41.27	-1.41	0.37	1.43	
ABRIL		38.61	39.65	43.43	41.13	38.75	38.67	42.21	44.11	-2.40	-1.36	2.42	ABRIL		38.39	40.87	41.33	38.67	37.13	37.11	NA	38.97	0.37	2.85	3.31	
MAYO		31.63	34.81	36.01	33.10	31.16	32.73	33.61	35.11	-1.45	1.67	2.87	MAYO		34.75	34.00	33.71	31.45	32.53	31.15	35.06	33.03	2.11	1.36	1.07	
JUNIO		32.21	32.51	32.07	30.59	32.54	30.09	29.83	28.95	1.81	2.11	1.67	JUNIO		31.61	32.27	31.26	29.84	29.85	30.27	28.83	30.11	1.63	2.49	1.48	
JULIO		29.95	NA	31.79	29.32	29.99	28.97	27.88	28.91	0.98	0.00	2.82	JULIO		33.93	35.27	35.43	30.55	31.71	31.57	32.41	34.21	1.84	3.18	3.34	
AGOSTO		32.74	33.73	32.30	30.45	31.40	30.72	30.21	31.05	1.97	2.96	1.53	AGOSTO		34.70	34.93	32.70	31.79	34.62	31.82	30.16	31.80	2.66	2.89	0.66	
SEPTIEMBRE		34.28	34.06	34.36	31.12	33.08	32.74	32.87	33.01	1.72	1.50	1.80	SEPTIEMBRE		32.18	32.67	32.05	30.05	31.07	30.42	29.71	30.79	1.77	2.26	1.64	
OCTUBRE		NA	NA	NA	29.23	30.43	31.46	31.99	0.00	0.00	0.00	0.00	OCTUBRE		33.91	34.54	33.43	30.26	33.62	30.77	31.27	32.64	2.20	2.82	1.72	
NOVIEMBRE		32.02	32.61	31.91	30.85	30.48	30.66	29.86	31.23	1.41	2.00	1.30	NOVIEMBRE		32.92	33.97	32.61	30.51	30.69	30.55	29.89	30.79	2.43	3.48	2.12	
DICIEMBRE		31.57	32.55	32.58	30.69	30.52	30.50	31.20	31.84	0.62	1.60	1.63	DICIEMBRE		31.14	33.77	31.80	28.27	29.28	29.74	29.29	30.90	1.64	4.28	2.31	

Figura 34. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

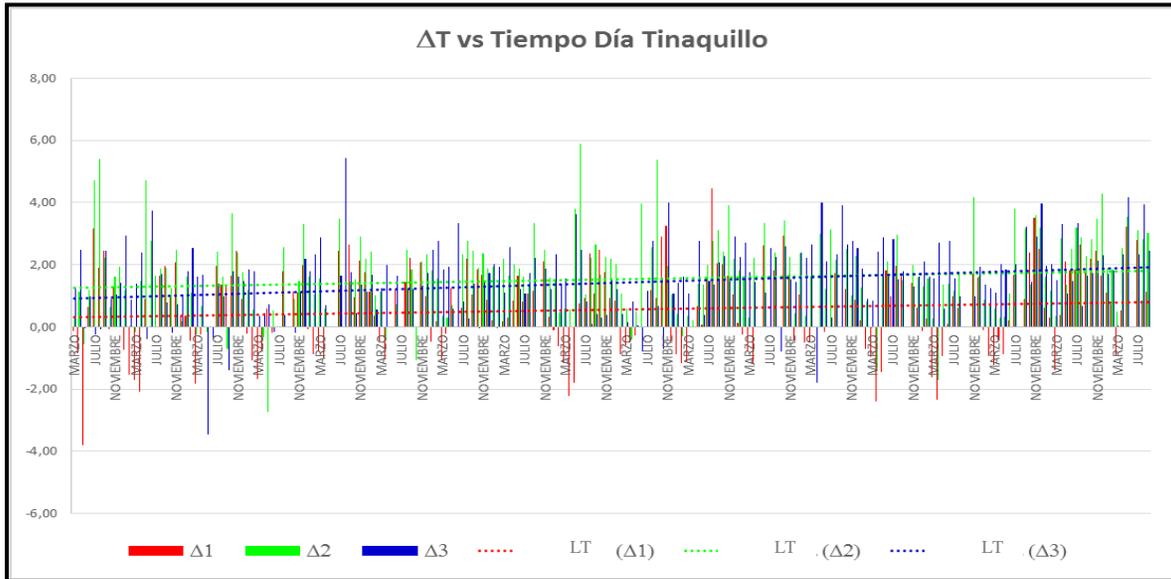


Figura 35. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes diurnas) de la ciudad de Tinaco edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

Month	Year	ID38	ID40	ID43	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52	Δ1	Δ2	Δ3	Month	Year	ID38	ID40	ID43	ID48	ID49	ID50	ID51	ID52	Δ1	Δ2	Δ3
ENERO	2011	21.02	21.32	21.11	20.42	20.18	18.86	19.81	20.89	0.98	1.29	1.07	ENERO	2011	21.57	22.14	21.55	20.83	20.67	19.29	20.62	21.39	1.01	1.58	0.99
FEBRERO		19.90	20.32	20.97	20.95	20.02	18.49	19.45	21.26	-0.13	0.29	0.94	FEBRERO		20.57	21.58	20.89	21.11	20.62	18.85	20.51	20.80	-0.01	1.00	0.31
MARZO		21.78	22.29	22.37	21.70	20.96	19.97	20.88	22.16	0.65	1.15	1.24	MARZO		22.12	22.55	22.53	22.03	21.57	20.40	21.78	22.25	0.51	0.95	0.98
ABRIL		NA	0.00	0.00	0.00	ABRIL		23.97	24.14	23.80	22.41	22.79	20.72	22.99	23.45	1.50	1.67	1.33							
MAYO		20.89	21.47	21.39	20.69	20.23	19.62	20.43	21.13	0.47	1.05	0.97	MAYO		22.39	22.66	23.30	23.38	21.86	21.96	23.00	22.99	-0.25	0.02	0.66
JUNIO		21.72	23.25	23.33	21.55	21.38	22.29	21.26	22.16	-0.01	1.52	1.60	JUNIO		23.08	23.47	23.24	22.59	22.38	21.38	22.13	23.06	0.77	1.16	0.93
JULIO		19.91	20.01	21.65	18.94	21.37	18.85	21.07	21.39	-0.41	-0.31	1.33	JULIO		20.71	21.89	22.35	20.35	20.38	20.55	21.58	21.58	-0.18	1.01	1.47
AGOSTO		22.21	22.67	22.38	21.79	21.59	21.02	21.01	22.05	0.72	1.18	0.89	AGOSTO		21.15	21.43	22.03	21.19	20.68	20.70	21.41	21.85	-0.02	0.28	0.86
SEPTIEMBRE		21.69	22.09	21.93	21.33	21.13	20.62	20.82	21.54	0.60	1.00	0.85	SEPTIEMBRE		22.75	22.88	22.66	22.06	21.47	21.05	21.45	22.15	1.11	1.24	1.02
OCTUBRE		18.94	19.22	19.30	21.03	18.85	19.53	18.18	19.14	-0.42	-0.14	-0.06	OCTUBRE		21.90	22.39	22.11	21.45	21.17	19.68	21.00	21.70	0.90	1.39	1.11
NOVIEMBRE		20.35	20.54	21.29	20.57	20.16	19.09	19.96	20.62	0.27	0.46	1.21	NOVIEMBRE		21.83	22.20	21.93	21.86	21.25	20.37	21.02	22.02	0.52	0.90	0.63
DICIEMBRE		20.44	20.21	20.12	20.40	20.04	19.13	19.54	20.78	0.47	0.24	0.14	DICIEMBRE		21.32	21.33	21.26	20.77	21.11	20.07	20.18	21.12	0.67	0.68	0.61
ENERO	2012	20.37	20.97	20.75	20.24	19.52	18.78	19.87	20.66	0.56	1.15	0.93	ENERO	2012	20.99	21.35	21.40	21.06	20.63	19.46	19.26	21.06	0.70	1.06	1.11
FEBRERO		21.16	21.70	21.62	20.56	20.29	18.76	19.71	21.15	1.07	1.61	1.53	FEBRERO		21.46	21.58	21.87	21.45	21.07	20.22	20.96	21.83	0.36	0.47	0.76
MARZO		22.23	22.29	23.05	21.73	22.47	30.05	22.01	22.17	-1.46	-1.40	-0.64	MARZO		21.78	22.18	22.17	21.67	21.47	20.68	21.27	21.96	0.37	0.77	0.76
ABRIL		24.19	24.27	23.89	20.28	22.93	21.35	21.81	22.00	2.52	2.60	2.22	ABRIL		22.64	23.47	23.39	22.27	22.39	21.99	22.62	23.39	0.11	0.94	0.86
MAYO		21.65	21.80	22.50	21.22	21.08	20.66	20.53	22.12	0.53	0.68	1.38	MAYO		22.49	22.88	22.90	22.18	22.17	22.06	22.37	22.67	0.20	0.59	0.61
JUNIO		21.44	21.98	20.80	21.02	20.96	20.41	18.83	20.34	1.13	1.67	0.49	JUNIO		22.83	23.11	23.33	20.83	22.47	22.05	19.97	18.73	2.02	2.30	2.52
JULIO		22.37	22.85	22.85	22.43	21.99	21.29	21.07	22.43	0.53	1.01	1.01	JULIO		22.00	21.94	22.24	21.62	21.60	19.36	20.60	21.57	1.05	0.99	1.29
AGOSTO		20.76	21.50	21.62	20.84	20.57	19.75	20.39	21.24	0.20	0.94	1.06	AGOSTO		21.86	22.01	22.26	21.81	21.59	21.30	21.53	22.15	0.18	0.33	0.58
SEPTIEMBRE		22.17	22.32	21.96	21.45	21.30	20.96	21.00	21.76	0.88	1.03	0.67	SEPTIEMBRE		22.36	22.78	22.54	21.56	21.78	20.98	21.44	22.05	0.80	1.22	0.98
OCTUBRE		22.53	22.71	22.17	22.49	22.21	21.21	20.69	21.96	0.82	1.00	0.46	OCTUBRE		22.09	22.36	22.17	21.74	21.68	21.21	21.42	22.01	0.48	0.75	0.56
NOVIEMBRE		21.92	22.28	22.17	21.23	21.34	20.38	21.08	21.92	0.73	1.09	0.98	NOVIEMBRE		18.71	19.01	19.25	21.67	18.99	20.57	20.29	19.57	-1.51	-1.21	-0.97
DICIEMBRE		21.32	22.15	21.49	20.56	20.22	18.92	19.79	21.30	1.17	2.00	1.33	DICIEMBRE		19.81	20.26	20.40	19.10	20.54	18.90	20.11	20.50	-0.02	0.43	0.57
ENERO	2013	21.18	21.05	21.25	20.84	20.11	19.41	20.36	20.92	0.85	0.72	0.32	ENERO	2013	21.72	22.06	22.21	20.69	21.10	19.22	21.11	22.05	1.08	1.43	1.57
FEBRERO		22.07	22.33	22.43	21.59	21.42	19.93	21.04	21.69	0.94	1.20	1.30	FEBRERO		22.52	22.65	22.94	21.80	21.94	20.86	21.70	22.39	0.78	0.91	1.20
MARZO		22.84	23.45	23.33	22.43	22.17	21.59	22.43	23.46	0.43	1.04	0.91	MARZO		22.75	22.78	22.12	22.87	22.03	20.66	22.11	22.31	0.75	0.78	1.12
ABRIL		23.87	23.77	23.27	22.51	23.25	22.45	22.73	23.69	0.94	0.84	0.34	ABRIL		22.18	22.62	24.14	21.89	22.64	22.57	23.30	23.69	-0.64	-0.20	1.32
MAYO		20.95	21.67	21.87	20.82	20.68	20.94	20.96	21.92	-0.11	0.61	0.81	MAYO		NA	NA	NA	13.73	NA	NA	NA	NA	0.00	0.00	0.00
JUNIO		22.12	22.67	22.60	22.18	21.68	21.25	21.01	22.00	0.50	1.05	0.97	JUNIO		21.92	21.20	20.91	19.21	21.33	20.86	19.00	20.01	1.84	1.12	0.83
JULIO		21.98	22.46	22.38	21.87	21.49	20.95	21.25	22.22	0.42	0.91	0.83	JULIO		21.57	21.06	20.57	20.74	20.91	20.08	19.95	20.74	1.09	0.57	0.09
AGOSTO		21.22	21.49	21.69	21.60	20.80	21.04	20.51	21.44	0.14	0.41	0.81	AGOSTO		22.10	21.82	21.78	21.54	21.33	19.79	19.98	21.62	1.25	0.97	0.93
SEPTIEMBRE		20.86	22.32	22.34	20.39	20.68	20.62	21.30	21.86	-0.11	1.35	1.37	SEPTIEMBRE		21.10	21.44	21.29	20.93	20.56	19.60	19.98	21.16	0.66	1.00	0.85
OCTUBRE		22.85	22.85	22.83	22.01	22.05	21.33	21.68	22.22	0.79	0.99	0.97	OCTUBRE		22.07	22.34	22.33	21.95	21.59	20.98	21.32	22.07	0.49	0.75	0.75
NOVIEMBRE		20.76	20.98	20.56	20.40	20.09	19.46	19.92	21.11	0.56	0.78	0.36	NOVIEMBRE		21.55	21.91	22.05	21.41	21.01	20.41	20.65	21.53	0.55	0.91	1.05
DICIEMBRE		20.60	19.94	20.79	20.12	20.48	19.34	20.71	20.66	0.34	-0.32	0.53	DICIEMBRE		20.73	21.35	21.51	20.67	20.20	19.75	20.72	21.06	0.25	0.87	1.03

Figura 36. Diferencial térmico de temperatura estandarizada promedio (ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

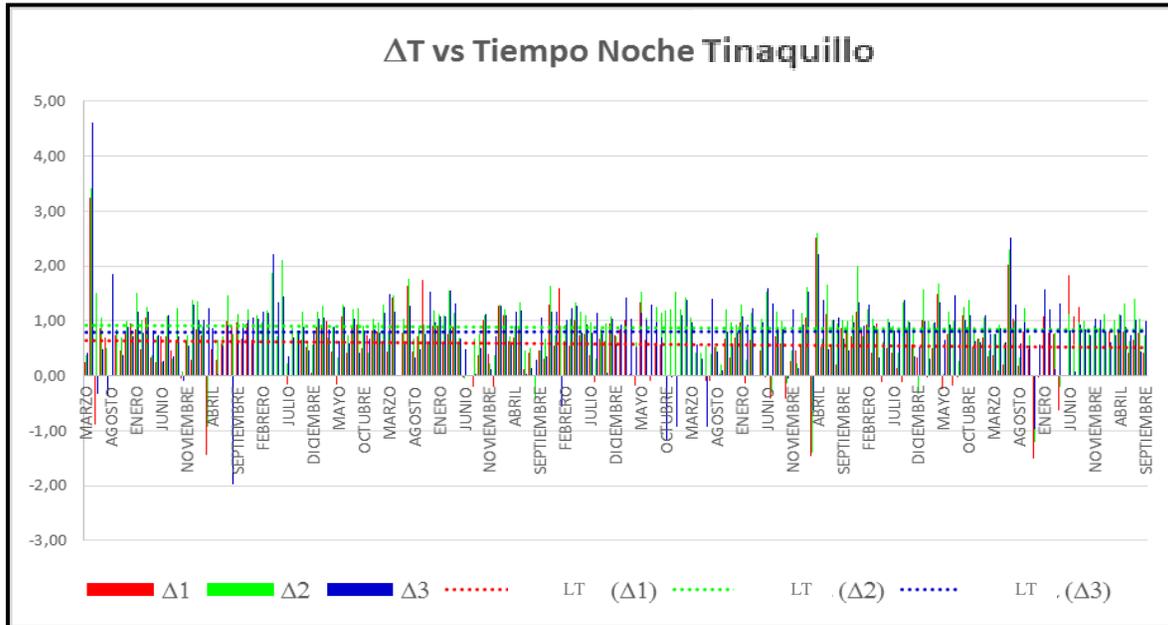


Figura 37. Gráfica de la tendencia térmica (LT ΔT) (imágenes nocturnas) de la ciudad de Tinaquillo edo. Cojedes
Fuente: Propia (2021)

En la ciudad de Tinaquillo, los resultados arrojados por los diferenciales $\Delta 1$, $\Delta 2$ y $\Delta 3$, producto de las diferencias de temperaturas entre los puntos ID38, ID40 e ID43 (puntos urbanos) y los puntos ID48, ID49, ID50, ID51 y ID52 (puntos rurales), muestran un comportamiento similar al presentado en las otras dos unidades de estudio (San Carlos y Tinaco), en la que existe diferencia térmica entre la zona urbana y la periurbana, al igual que un crecimiento en la magnitud de los resultados a través del tiempo.

Por lo descrito, en Tinaquillo el desarrollo del fenómeno isla de calor urbana es una realidad, entre los hallazgos obtenidos se tiene que existe un incremento en la magnitud de la diferencia térmica a partir del año 2003, y es que en esta ciudad al igual que en la ciudad de San Carlos, se realizaron diversas construcciones como edificaciones deportivas, vialidades con pavimento rígido y flexible, urbanismos público y privados, entre otros; para garantizar el desarrollo de los Juegos Deportivos Nacionales Cojedes 2003, organizado por el Ministerio del Poder Popular para la Juventud y Deportes, a través del Instituto Nacional de Deportes de Venezuela (IND).

En las gráficas mostradas en las figuras 35 y 37, se aprecia que las líneas de tendencia presentan una pendiente positiva lo que demuestra el incremento a través del tiempo del desarrollo del fenómeno en la ciudad. Es de resaltar, que en el día es más elevado el desarrollo del fenómeno con respecto a la noche, esa disminución de las temperaturas se debe a que la ciudad presenta un relieve de penillanura intermontañosa completamente cerrada, con zonas planas al este y otra donde se alternan áreas planas y onduladas al oeste con pendientes de alrededor del 30%, con una cercanía al flanco sur de la Serranía del Interior, con un clima cálido seco, según Córdova (op. cit), los efectos del clima vinculados al relieve y a patrones de circulación, influyen la variabilidad de los patrones térmicos.

Aunado a lo anterior, esa variabilidad entre el día y la noche del diferencial térmico se debe a que en la ciudad las construcciones existentes son de poca altura, permitiendo esta característica que las mismas se enfríen con mayor facilidad que edificios de mayor tamaño, porque la absorción de calor es menor.

4.2.2. Análisis estadístico de los diferenciales térmicos (Δ).

Para determinar la confiabilidad y la tendencia lineal de los diferenciales térmicos ($\Delta 1$, $\Delta 2$ y $\Delta 3$) obtenidos en cada ciudad objeto de estudio, se aplicó el estimador de Theil-Sen (pendiente de Sen) y la prueba de tendencia de Mann-Kendall. El estimador de pendiente Sen es un procedimiento no paramétrico que estima cambios por unidad de tiempo en una serie cuando existe en ella tendencia lineal. Si el resultado es positivo, la pendiente es creciente, mientras que si es negativa la pendiente decrece (Dabanlı, 2016). Con respecto al estimador de tendencia de Mann Kendall, es una prueba no paramétrica que se emplea para determinar si la pendiente de Sen sigue una tendencia significativa con un intervalo de confianza del 95% (Sheng y Yuan, 2002).

Tabla 8. Análisis estadístico de los diferenciales térmicos (Δ) de temperaturas diurnas, el estimador de pendiente Sen y la prueba de significancia de Mann Kendall.

Sítio	Pendiente de Sen	Valor de P	Pendiente lineal	Observación
San Carlos Día				
$\Delta 1$	0,002581019	0,3049489	0,003378317	
$\Delta 2$	0,003857759	0,2550602	0,003150801	
$\Delta 3$	0,001539352	0,5545146	0,001015875	
Tinaco Día				
$\Delta 1$	0,001309524	0,2374499	0,00103708	
$\Delta 2$	0,0013125	0,3553263	0,001119882	
$\Delta 3$	-0,000349359	0,7479485	0,00016913	
Tinaquillo Día				
$\Delta 1$	0,002378049	2,96E-01	0,002890718	TENDENCIA ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVA
$\Delta 2$	0,003905229	3,64E-02	0,003496427	TENDENCIA ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVA
$\Delta 3$	0,00568306	8,74E-06	0,006214224	TENDENCIA ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVA

Fuente: Propia (2021)

Tabla 9. Análisis estadístico de los diferenciales térmicos (Δ) de temperaturas nocturnas, el estimador de pendiente Sen y la prueba de significancia de Mann Kendall.

Sitio	Pendiente de Sen	Valor de P	Pendiente lineal	Observación
San Carlos Noche				
$\Delta 1$	-7,46E-05	0,9482167	0,000497424	
$\Delta 2$	-9,80E-05	0,9000216	0,000116314	
$\Delta 3$	-6,89E-04	0,396125	-0,000797226	
Tinaco Noche				
$\Delta 1$	-0,000153846	0,67823402	-0,000463251	
$\Delta 2$	-0,000354167	0,40235298	-0,000120404	
$\Delta 3$	-0,00097	5,07E-02	-0,001527483	TENDENCIA ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA
Tinaquillo Noche				
$\Delta 1$	-5,77E-04	0,2265945	-0,000591133	
$\Delta 2$	-8,42E-05	0,8603591	-0,00038064	
$\Delta 3$	4,74E-04	0,3671488	0,000380507	

Fuente: Propia (2021)

Donde:

Pendiente de Sen = Pendiente en grados Celsius por mes calculado por el método no paramétrico de Sen.

Valor de P = Prueba estadística. Se aplicó Test de tendencia de Mann Kendall.

Pendiente lineal = Pendiente de la línea de regresión ajustada a los datos en grados Celsius por mes.

El análisis realizado a los diferenciales térmicos entre los puntos urbanos y los periurbanos para las ciudades objeto de estudio (Tablas N° 7 y N° 8), considerando las imágenes diurnas y las nocturnas para el período de estudio 2000 - 2017, arrojó evidencia de una tendencia estadísticamente significativa en la ciudad de Tinaquillo durante el día (valor de P menor a 0,05).

De igual manera, otro valor obtenido que presentó una tendencia estadísticamente significativa es el $\Delta 3$ perteneciente a la ciudad de Tinaco para las imágenes de la noche, su resultado fue de 5,07E-02 (ver tabla 8), siendo este menor a 0,05 indicando una tendencia estadísticamente significativa del 95% de confianza.

3: Caracterización de los patrones espacio-temporal subyacente en la temperatura de emisión de superficie

Para elaborar el mapa de temperaturas superficiales medias anuales de las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo, se determinó el promedio de todos los LST año a año para el período de estudio (2000 - 2017), encontrándose que la mayor magnitud positiva (isla de calor más acentuada) en las ciudades se presentó en el año 2017. Luego, todos los rasters disponibles de temperatura superficial se promediaron durante ese año, resultado la Tabla N° 9, la cual muestra la distribución espacial de la temperatura superficial. Debe darse especial atención a la distribución de la temperatura en Tinaquillo, donde la zona urbanizada es evidentemente más cálida que sus alrededores. Lo anterior confirma la ocurrencia del fenómeno de isla de calor, que previamente, el análisis estadístico de los diferenciales térmicos reveló.

Tabla 10. Promedio de los diferenciales térmicos (Δ) para la ciudad de Tinaquillo diurnas.

Año	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
2000	0,29223333	1,6985667	0,8485667
2001	0,15463889	1,5458796	1,2884596
2002	0,65561111	1,1999495	0,7235648
2003	0,23025	0,7150833	0,8194167
2004	0,70223457	1,7226049	1,8580111
2005	0,74333333	1,1713333	1,2664815
2006	0,76582828	1,7215859	1,5850926
2007	0,67742424	1,8380303	1,5783333
2008	0,40041667	2,0961111	1,2755556
2009	0,49558333	1,714803	0,7671806
2010	0,82085859	1,575787	1,5929798
2011	0,46901235	1,7247531	1,4841919
2012	0,36107639	1,8362278	2,0637454
2013	0,15007576	1,1121389	1,6479545
2014	-0,08147222	1,1793611	1,5763611
2015	0,54720707	1,5875101	1,9675278
2016	1,26540741	2,3012407	1,8311019
2017	1,16238889	2,3867639	2,3242639

Fuente: Propia (2022)

En la tabla 9, se puede apreciar el año 2017 con un resultado de 2,3867639, siendo este el valor mayor del diferencial térmico dentro de los tres (3) puntos seleccionados en el casco urbano de la ciudad, lo que indica que ese año es donde se a desarrollado el fenómeno isla de calor urbana con mayor intensidad dentro del período seleccionado para el estudiado.

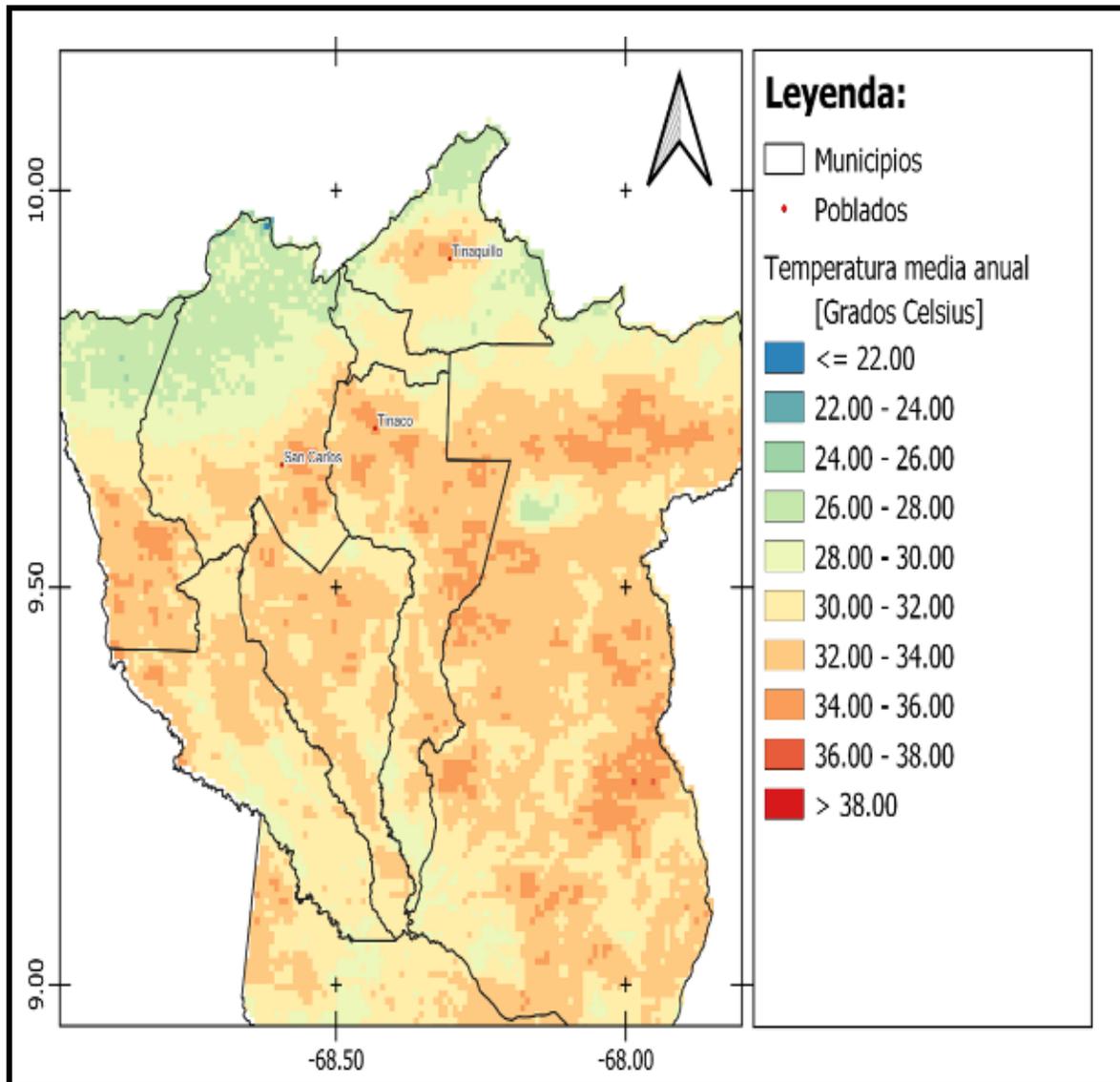


Figura 38. Temperatura media anual sobre el estado Cojedes durante el año 2017
Fuente: Propia (2022)

El mapa de temperaturas superficiales medias anuales (Figura 38), permite apreciar el patrón que sigue la distribución térmica sobre las áreas de estudio. Se observa espacialmente que los valores de temperatura se encuentran agrupados estableciendo unidades territoriales claramente diferenciables. Al enfocar el análisis sobre los puntos rojos que representan las zonas pobladas de las ciudades objeto de estudio (San Carlos, Tinaco y Tinaquillo), se denota la presencia de mayores temperaturas en el casco urbano con respecto a zona de la periferia.

Las tres (3) ciudades muestran una misma tendencia de la distribución térmica espacial, esto se corrobora por los colores asociados a las temperaturas mostradas en la leyenda del mapa. Se aprecia como las mayores temperaturas se concentran en el centro de las zonas urbanas de las ciudades y se van disipando a medida que se amplía el radio hacia las periferias o zonas rurales. Esto demuestra el desarrollo del fenómeno Isla de Calor Urbana en las ciudades estudiadas.

El desarrollo del fenómeno ICU en la ciudad de Tinaquillo se aprecia claramente al observar como los anillos de colores van disminuyendo su intensidad desde el centro urbano de la ciudad hacia la zona periurbana, pasando de temperaturas promedios comprendidas entre los 36 - 38 °C a temperaturas promedios comprendidas entre los 24 - 26 °C, hacia el noroeste donde se ubica la serranía del interior. En la ciudad de Tinaco, también se denota como de los anillos de colores asociados a las temperaturas van disminuyendo su intensidad desde el centro con temperaturas de 36 - 38 °C hasta la periferia con temperaturas de 28 - 30 °C y con un menor valor hacia el norte de la comunidad tinaquera específicamente en la zona de ubicación del cerro Tiramuto.

Y por último, la ciudad de San Carlos no se escapa al desarrollo del fenómeno ICU, al igual que las otras dos ciudades, en la entidad sancarleña se evidencia como en el centro de la urbe el promedio de las temperaturas oscila desde los 36 - 38 °C disipando la intensidad hacia las afuera y en menor grado hacia el norte con temperaturas entre los 24 - 26 °C específicamente hacia las montañas de la población de la Sierra.

Fase 4: Estrategias de prevención para evitar la extensión del fenómeno isla de calor urbana hacia las áreas menos afectadas

Como primera consecuencia producto del desarrollo del fenómeno ICU, es el aumento del consumo energético por el uso prolongado de equipos acondicionadores de aire. Para Tumini (2010), en la estimación del aumento del consumo de energía producto de la ICU hay dos efectos importantes a tener en cuenta: el aumento de la potencia para alcanzar las condiciones de confort y el tiempo de uso de los sistemas de refrigeración.

Para la misma autora, el aumento de la temperatura de las ciudades tiene graves consecuencias para la salud de los seres humanos y del ambiente. Los óxidos de nitrógeno (NOx), producidos en los procesos de combustión a alta temperatura, son un precursor para la formación del ozono troposférico (O₃), un gas tóxico de color azul, principal contaminante de lo que se define como smog fotoquímico. La producción de O₃ se produce bajo la acción de los rayos solares y es mayor en los meses más calurosos y en las horas de mayor exposición al sol.

Por las razones expuestas, es importante aplicar medidas de prevención que minimicen el desarrollo de las ICU, entre las estrategias a aplicar en contra de este impacto se encuentra la planificación urbanística, porque el proyectista tiene las diferentes competencias y herramientas a considerar para los diferentes factores promoviendo de esta manera un desarrollo eco-compatible con el ambiente, que promocióne la eficiencia y el ahorro energético, además de la funcionalidad y la salubridad.

La planificación urbana comprende un conjunto de prácticas proyectivas que establecen modelos de ordenación para un ámbito espacial, relacionando la geografía, la arquitectura, la ingeniería en transporte y la ingeniería civil en la medida que organiza los espacios. Asegura la correcta integración con las infraestructuras, superestructura y sistemas urbanos, aplicando sus conocimientos del medio físico, social y económico (Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, 2013). Y como estrategia principal a implementar por la planificación está la de diseñar los espacios públicos como espacios naturales que proporcionen la restauración de las zonas verdes, además de establecer normativas y

políticas de utilización de materiales alternativos para la construcción de edificaciones que no absorban exceso de calor durante las horas diurnas.

Fase 5: Estrategias de mitigación en los sectores que presentan el fenómeno isla de calor urbana

Antes de desarrollar este punto, es importante conocer que es una estrategia de mitigación, para la Dirección Nacional de Cambio Climático (DNCC) de Paraguay, no es más que la aplicación de políticas dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mejorar los sumideros mediante el análisis de las causas o fuentes de emisiones y el posterior planteamiento de soluciones. Extrapolando este concepto y aplicándolo al fenómeno ICU, se puede decir que esta fase del trabajo plasma las estrategias aplicar para contrarrestar el desarrollo del impacto negativo sobre el ambiente generado por las acciones antrópicas del hombre en las ciudades.

Una de las estrategias que se debe aplicar, es el uso de espacios verdes y la cobertura arbórea es la primera y más efectiva medida que se puede poner en práctica para reducir el desarrollo del fenómeno, pues son muchos los efectos mitigantes que ofrecen los árboles en la disminución de la temperatura local de las áreas urbanizadas. Entre los beneficios que ofrecen los árboles se pueden mencionar: aportes de humedad por evapotranspiración vegetal, sombra para los suelos, la vegetación y la actividad humana, fijación de dióxido de carbono (CO₂), producción de oxígeno, disminución de la erosión de los suelos, filtros de contaminantes urbanos y partículas finas, aumento de la biodiversidad urbana, reducen el riesgo de desastres naturales, regulan el flujo del agua y mejoran su calidad, entre otros.

Otra medida a emplear en la mitigación o disminución del desarrollo del fenómeno ICU es el empleo de la agricultura urbana como actividad agrícola sustentable, pues son muchos los efectos mitigantes que ofrece esta técnica para disminuir la temperatura local de las áreas urbanizadas. Entre los beneficios que ofrece la agricultura urbana se pueden mencionar: reducción de la erosión por la utilización de cubiertas vegetales, disminución del consumo de combustible fósil, conservación y aumento de la diversidad biológica urbana (flora, fauna y microorganismos del suelo), contribuye a la infiltración del agua, menor emisión de óxido nitroso (N₂O) y CO₂, aumento de la cobertura arbórea.

Entre otros aspectos positivos que aporta la agricultura urbana es que se mejora la fertilidad del suelo, debido a la incorporación de insumos internos que se aplican como la utilización de estiércol como abono, aplicación de técnicas de no laboreo, mínimo laboreo o laboreo de conservación, producción de leguminosas y amplias rotaciones de cultivo. Por otro lado, se limita el uso de alimentos para animales externos que en muchas ocasiones son transportados desde largas distancias antes de ser consumidos.

La implantación de techos, azoteas o fachadas verdes como elemento arquitectónico de las edificaciones es otra medida que se debe implementar para mitigar la temperatura local de las áreas urbanizadas, debido a que son muchos los beneficios que esta técnica decorativa o arquitectónica brinda, entre las ventajas que ofrecen las cubiertas ajardinadas se pueden mencionar: regulación térmica, disminución de la temperatura por irradiación solar, retención de humedad y creación de cámaras de aire, disminución de consumo energético, generación de oxígeno y captura de dióxido de carbono (CO₂), fijación de partículas de polvo suspendidas en el aire, filtración del agua de lluvia, protección de la cubierta de la estructura por cambios de temperatura, funcionan como barreras acústicas, aprovechamiento de espacios para la recreación y conservación de la diversidad biológica.

Por las razones expuestas, este tipo de tecnología debe ser aplicada a edificios nuevos como existentes; reponiendo parcialmente de esta manera la vegetación modificada por el crecimiento de las ciudades ayudando así al incremento del paisaje y a la integración de la diversidad biológica. En este orden de ideas, se deben reforzar acciones en la promoción del desarrollo de ciudades sustentables, para generar beneficios cuantificables para el ambiente global y los seres vivos que forman parte del planeta tierra.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ El desarrollo de esta Tesis Doctoral arrojó que la isla de calor urbana (ICU), es un fenómeno climático específico para cada zona, se desarrolla en ciudades grandes o pequeñas y se origina por la sustitución de la cobertura natural por elementos de asfalto, concreto, materiales con superficies de color oscuro que absorben calor y la emisión de gases del parque automotor.
- ✓ La deforestación de la cobertura arbórea en la zona periurbana de las ciudades contribuye con el desarrollo del fenómeno ICU porque los suelos desprovistos de vegetación absorben temperaturas que modifican el clima urbano en la ciudad.
- ✓ La utilidad de plataformas espaciales con sensores remotos y la aplicabilidad de sistemas de información geográfica (SIG), permiten visualizar grandes extensiones de terreno que facilitan el estudio del fenómeno ICU en las ciudades.
- ✓ El diferencial térmico de las temperaturas estandarizadas determinado entre la zona urbana y la zona periurbana de las unidades de estudio (San Carlos, Tinaco y Tinaquillo), describe una tendencia en aumento a través de los años y que incrementa su radio de acción a la par del crecimiento urbanístico, que de no ser atendido las olas de calor serán cada vez mayores afectando la salud y el confort térmico de los cojedeños.
- ✓ Se confirma la presencia del fenómeno Isla de Calor Urbana, en las ciudades seleccionadas como unidad de estudio, como lo son: San Carlos, Tinaco y Tinaquillo.

- ✓ El mapa de temperatura media anual sobre el estado Cojedes elaborado para el año 2017, confirma los patrones espacio-temporal del desarrollo del fenómeno ICU en San Carlos, Tinaco y Tinaquillo.
- ✓ La estrategia de prevención para evitar la extensión del fenómeno ICU, es la implementación de la planificación urbanística como una herramienta de organización de los espacios públicos y la restauración del ambiente urbano, aplicando normativas, diseños y políticas adaptables a las ciudades.
- ✓ Las estrategias de mitigación para contrarrestar el desarrollo del fenómeno ICU en San Carlos, Tinaco y Tinaquillo, es la ejecución de espacios verdes en conjunto con la reforestación para el desarrollo de la cobertura arbórea, el empleo de la agricultura urbana como actividad agrícola sustentable en las ciudades y la implementación de techos, azoteas y fachadas verdes, como táctica efectiva en los sectores de más alta densidad urbana.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Seguir implementando los sistemas de información geográficos (SIG) y productos satelitales, como herramienta tecnológica que permite identificar el desarrollo del fenómeno ICU en otras ciudades del estado y de Venezuela, de tal manera que se apliquen correctivos.
- ✓ Establecer en el marco legal del estado Cojedes en materia de urbanismo y construcción de edificaciones, la implementación de materiales y alternativas verdes, como estrategia de mitigación y prevención del fenómeno ICU.
- ✓ Realizar el mantenimiento y reparación para la operatividad de las estaciones hidroclimática ubicadas en el estado, ya que constituyen un valioso recurso para la obtención de insumos que puedan contrastarse con los obtenidos satelitalmente, para entender los procesos de variabilidad de la temperatura y el cambio climático.

- ✓ Realizar campañas informativas en universidades, localidades, liceos, escuelas y comunidades, para dar a conocer el fenómeno de Isla de Calor Urbana.
- ✓ Se exhorta a dar continuidad a investigaciones dentro de esta temática en ciudades y estados del país, para conocer como es el comportamiento del fenómeno isla calor urbana.

5.3. Aporte teórico

Esta tesis doctoral abordó un impacto ambiental negativo que viene desarrollándose a nivel mundial desde varios años, que afecta la salud y el confort térmico de los seres humanos y al ambiente. En la revisión del estado del arte se detectó que la mayoría de las investigaciones elaboradas en esta temática, se han aplicado a urbes por la densidad urbana que estas albergan y la geometría urbana que presentan. En este sentido, el desarrollo de este estudio se aplicó en tres (3) ciudades del estado Cojedes, las cuales presentan un menor desarrollo urbanístico y densidad poblacional que el de las grandes ciudades, demostrándose que el fenómeno está presente.

Esta investigación determinó el desarrollo del fenómeno ICU, en ciudades del estado Cojedes mediante el uso de geotecnología, específicamente imágenes del producto MOD11A2 versión 6, de las bandas de temperatura y emisividad superficial (LST) de la superficie terrestre diurna y nocturna desde la plataforma Terra. De la data obtenida se pudo observar las variaciones de temperatura y determinar el diferencial térmico presentado entre la zona urbana y la suburbana presente en las ciudades estudiadas (San Carlos, Tinaco y Tinaquillo), esta metodología presenta una ventaja con respecto a métodos convencionales porque permite estudiar grandes extensiones de la superficie terrestre con un período de estudio desde el año 2000 hasta el año 2017, apoyada con la aplicación de sistema de información geográfico. Esta técnica utilizada en este estudio es la primera vez que se aplica en Venezuela, comprobando que reporta información confiable y verificable que puede aplicarse en otras ciudades del país.

Otro aporte que reveló esta tesis doctoral, es la confirmación del fenómeno Isla de Calor Urbana (ICU) en las ciudades San Carlos, Tinaco y Tinaquillo, con una tendencia en

ascenso intensificándose con los años. Agravando de esta manera la calidad de vida de los habitantes y afectando el confort térmico de los seres humanos que conviven en estas comunidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. (2006). *Planificación Urbana*. Disponible en: http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/DOCS_INFRAESTRUCTURA/Planificacion_urbana.pdf . [Consultado en: 20 enero 2022].
- Arbelo, M. (2006). *Introducción a la teledetección*. Disponible en: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/defin_td.htm. [Consultado en: 20 Junio 2021].
- Arias, F. 2006. *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. Caracas – Venezuela. Editorial Episteme.
- Barreadas, V. (SF). Disponible en: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/todos-los-numeros/articulos-anteriores/47-la-isla-de-calor-urbana-y-la-vegetacion-arborea>. [Consultado en: julio, 2020].
- Boletín Agenda 2030. (SF). UNESCO ETXEA. Disponible en: http://www.unescoetxea.org/base/que-unesco.php?id_atala=2&id_azpiatala=13039&hizk=es. [Consultado en: julio, 2020].
- Calvo, G. (2019). *Estimación de la evapotranspiración a escala regional mediante teledetección satelital*. Tesis de Maestría en Geomática. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 126 p.
- Chen, X.L., Zhao, M.Z., Li, P.X., Yin, Z.Y., (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425706001787>. [Consultado en: agosto, 2021].
- Cifuentes V., C. (2017). *Análisis entre la Temperatura Superficial y Temperatura Atmosférica en la Formación de Islas de Calor Urbano y Efectos de las Coberturas Naturales en la Ciudad de Concepción*. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Chile.
- Córdova, K. (2012). *Geotecnología espacial aplicada al estudio del fenómeno de isla térmica urbana. Una contribución al estudio de la dinámica socio-ambiental de las islas de calor urbano en la ciudad de Caracas*.
- Dabanlı, İ., et al. (2016). *Trend assessment by the innovative-Şen method*. *Water resources management* 30.14, pages 5193–5203.
- Dimas de B., S. (2016). *Estudo de Ilhas de Calor no Município de Maceió/AL usando Dados Orbitais do Landsat 5*. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.09, n.03 (2016) 793-803. ISSN:1984-2295. Brasil.
- EPA, Environment Protection Agency. (2003). *Cooling summertime temperatures: Strategies to reduce urban heat islands*. [En línea]. Disponible en: <http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/HIRIbrochure.pdf>. [Consultado en: noviembre, 2019].
- EPA, Environment Protection Agency. (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basic*. Washington D.C. [En línea]. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_1.pdf [Consultado en: junio, 2020].

- EPA, Environmental Protection Agency. (2011). *Environmental Protection Agency* [En línea]. Disponible en: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-impacts>. [Consultado en: julio, 2020].
- Escolano, S. y Ortiz, J. (2011). *Sobre la medición de la forma del espacio urbano: Aplicación a Santiago de Chile y a Zaragoza*. Madrid, España. Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Publisher: Universidad de Zaragoza,-AECID- Universidad de Chile. Isbn: 978-84-92522-31-6. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262151685_Escolano_S_y_Ortiz_J_eds_2011_Sobre_la_medicion_del_espacio_urbano_construido_aplicacion_a_Santiago_Chile_y_Zaragoza_Espana_Univ_de_Zaragoza-AECID-Univ_de_Chile_Zaragoza. [Consultado en: noviembre, 2019].
- FAO. (2009). *Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Sistemas de Información Geográfica, Sensores Remotos y Mapeo para el Desarrollo y la Gestión de la Agricultura Marina*. ISSN: 1014-1138. Roma.
- Flores, P. y Paredes, F. (2018). *La Cobertura Arbórea como Elemento de la Diversidad Biológica y su Efecto Mitigante en las Islas de Calor Urbana*. Memorias del I Congreso de Ingeniería VIPI. Cojedes. Venezuela.
- François, J. (2011). *Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio*. ISBN: 978-607-7908-55-5. México. 13-13 p.
- García, L. (2018). *Isla de calor un fenómeno de las ciudades*. Universidad Autónoma de México (UNAM). Disponible en: <https://ciencia.unam.mx/leer/779/islas-de-calor-un-fenomeno-de-las-ciudades>. [Consultado en: septiembre 2020].
- Gholami, V.; Mohseni S., M. and Ahmadi, H. (2010) *Effects of impervious surfaces and urban development on runoff generation and flood hazard in the Hajighoshan watershed*. Caspian Journal of Environmental Sciences. 8 (1), 1-12.
- Gómez E., L. (2002). *Cambio Climático y Desarrollo*. Oficina del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. San José. Costa Rica. 53 p.
- Gómez, N. (2014). *Climatología urbana de Copiapó como ciudad localizada en un medio ambiente árido*. Tesis para optar al título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Santiago, Chile.
- González B., M. (2020). *Los satélites y su utilidad en nuestro día a día*. Centro Espacial Inta Torrejón. Instituto Espacial de Técnica Aeroespacial. 3 p. Disponible en: <https://www.programainvestiga.org/pdf/guias2020-21/SATELITES.pdf> [Consultado en: octubre 2021].
- Hernández, A. y Vázquez, M. (2010). *Urbanización contra sostenibilidad*. Boletín CF+S, 44, pp. 7-12. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n44/aaher.html> [Consultado en: febrero de 2020].
- Hernández, E. (2016). *Estimación de la temperatura superficial en San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela empleando sensores remotos*. Revista Multiciencias. ISSN: 1317-2255. Vol. 16, núm. 4, 2016, Octubre-Diciembre, pp. 363-368. Universidad del Zulia. Punto Fijo. Estado Falcón. Venezuela.
- Hernández, V. (2013). *Sistema de clasificación del clima urbana a través de zona climática en la conurbación Concepción-Talcahuano-Hualpén*. Tesis para optar al título

- profesional de geógrafo. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (INECC). (2018). Qué es el clima. [Online]. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-clima>. [Consultado en: diciembre, 2019].
- Landsberg H., E. (1981). *The Urban Climate*. New York. Academic Press.
- Martín L., F. (2019). *El satélite TERRA cumple 20 años*. Meteoredtiempo.com. [Online]. Disponible en: <https://www.tiempo.com/ram/el-satelite-terra-cumple-20-anos.html>. [Consultado en: noviembre, 2021].
- Memon, R. A., Leung, D. Y., & Liu, C.-H. (2009). *An investigation of urban heat island intensity (UHII) as an indicator of urban heating*. Atmospheric Research 94, 491– 500.
- Ministerio del Poder Popular para la Planificación (MPPP). (2020). [Online]. Disponible en: http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid=9. [Consultado en: marzo, 2019].
- Moreno, M. (1992). *Bibliografía sobre Climatología urbana: la "isla de calor"*, Volumen I. Barcelona. España. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/46313792_Bibliografia_sobre_Climatologia_urbana_la_isla_de_calor_I. [Consultado en: octubre, 2019].
- Moreno, M. y Serra, J. (2016). *El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: una revisión bibliográfica*. Revista bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales: Biblio 3W. Vol. XXI. Barcelona – España. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/312981419_El_estudio_de_la_isla_de_calor_urbana_en_el_ambito_mediterraneo_una_revision_bibliografica. [Consultado en: noviembre, 2019].
- Moscoso, C. (2007). *Cambios en los usos y coberturas de suelo y sus efectos sobre la escorrentía urbana*. Tesis para optar al título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Valparaíso y Viña del Mar. Santiago, Chile.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (S/F). *Space Technology 5*. Disponible en: <https://www.jpl.nasa.gov/nmp/st5/espanol.html>. [Consultado en: noviembre, 2021].
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (S/F). *TERRA. El buque insignia de EOS*. Disponible en: https://terra-nasa-ov.translate.google/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sc. [Consultado en: noviembre, 2021].
- National Geographic. (2010). *Amenazas de la urbanización*. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/amenazas-de-la-urbanizacion>. [Consultado en: diciembre, 2021].
- Núñez, S. (2015). Disponible en: <http://urbanismoytransporte.com/la-isla-de-calor-2a-parte-de-la-serie-cubiertas-vegetales>. [Consultado en: julio, 2020].
- Oke, T. R. (1976). *The distinction between canopy and boundary layer urban heat islands*. Atmosphere. 14, 268–277.

- Oke, T. R. (1982). *The energetic basis of the urban heat island*. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 108, 1–24.
- Oke, T.R. (1988). *The urban energy balance*, *Progress in Physical Geography*. 12, 471-508.
- Oke, T. R. (2009). *Boundary layer climates: Second edition*. 2. New York, NY: Routledge.
- ONU Programa para el Medio Ambiente. (2022). El aumento de las temperaturas mundiales es alarmante. Reportaje. Disponible en: <https://www.unep.org/noticias-y-reportajes/reportajes>. [Consultado en: junio, 2022].
- Organización Mundial de Meteorología (OMM). (2004). *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2003*. Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de Meteorología (OMM). (2011). *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2010*. Ginebra, Suiza.
- Paella, S. y Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas – Venezuela. Edición. FEDUPEL.
- Paulino, A.; dos Santos, E.; do Nascimento, J.; da Silva, K. y dos Santos, J. (2017). *Analysis of the urban heat island in representative points of the city of Bayeux/PB*. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* N.7, N.6. [Online] Disponible en: <https://www.periodicos.ufpe.br/revistas/jhrs>. [Consultado en Enero 2020].
- Pérez, M. (2006). *Factibilidad de aplicación en zonas de Vulnerabilidad Ambiental*. Jornadas de Investigación 2006. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. P. 26.
- Peterson, M. (2017). *Cómo el fenómeno de las 'Islas de Calor' está afectando a los hispanos en California y Arizona*. Univisión Noticias. Artículo en línea. <https://www.univision.com/noticias/citylab-medio-ambiente/como-el-fenomeno-de-las-islas-de-calor-esta-afectando-a-los-hispanos-en-california-y-arizona>. [Consultado en Noviembre 2019].
- Pickett, S.; Burch, W.; Foresman, T.; Morgan, J. y Rowntree, R. (1997). *A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas*. *Urban Ecosystems*, 1 (4), 185-199.
- Reyes, A.; Ramírez, R. y Miller, B. (2022). *¿Por qué el mundo se enfrenta a olas de calor históricas?* Documento en línea. <https://cnnespanol.cnn.com/2022/07/20/por-que-mundo-olas-calor-historicas-orix/> [Consultado en Julio 2022].
- Reymondin, L. (2011). *Los beneficios de MODIS*. Documento en línea. <http://www.terra-i.org/es/news/news/The-benefits-of-MODIS.html>. [Consultado en Noviembre 2021].
- Rizwan, A. y Dennis, Y. (2008). *A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island*. *Journal of environmental sciences* 20(1).
- Ritter, M. (2009). *The Physical Environmental: an Introduction to Physical Geography*. [Online] Disponible en: <http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/titlepage.html>. [Consultado en Noviembre 2019].
- Robine, J.-M., Siu Lan K, C., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., y otros. (2008). *Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003*. *Comptes Rendus Biologies* 331, 171–178.

- Rosenfeld, A., Akbari, H., Romm, J., & Pomerantz, M. (1998). *Cool communities strategies for heat island mitigation and smog reduction*. Energy and Buildings. Volume 28, 51–62.
- Sabins, F. (2000). *Remote Sensing Principles and Interpretation*. 3 editions. United States of America. FREEMAN. [Online] Disponible en: https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11539/2009_Edrosa-Rodrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Consultado en junio, 2021].
- Sánchez, J. (2022). *Cómo influye la vegetación en el clima*. [Online] Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com>. [Consultado en mayo, 2022].
- Sangines C., D. E. (2013). *Metodología de evaluación de la isla de calor urbana y su utilización para identificar problemáticas energéticas y de planificación urbana*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Sarricolea, P. y Martín-Vide, F. (2014). *El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales*. Artículo publicado en la Revista de Geografía Norte Grande, 57: 123-141.
- Sarricolea, P. y Martín-Vide, F. (2014). *Variabilidad y Tendencias Climáticas en Chile Central en el período 1950-2010 Mediante la Determinación de los Tipos Sinópticos de Jenkinson y Collison*. Boletín de la A.G.E., N° 64, p. 227-247.
- Serrano, M. (2008). *Catálogo del patrimonio cultural venezolano 2004-2008. Municipio Tinaco*. Impresión Total Print, ISBN 978-980-397-096-3. Impreso en Venezuela Caracas. p. 18.
- Sheng, Y. and Yuan, C. (2002) *Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test*. Water resources research 38(6). 4-1.
- Sosa, M. B. (2018). *Eestrategias de mitigación de la isla de calor sustentabilidad ambiental y eficiencia energética de perfiles urbanos de baja densidad en zonas áridas*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Salta. Mendoza, Argentina.
- Trujillo Uribe, S. (2012). *Estimación de temperatura superficial en el Valle de Aburrá mediante técnicas de percepción remota*. Trabajo de Grado. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado, Antioquia, Colombia.
- Tumini, I. (2010). *Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid*. Madrid - España. [Online] Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32393786/la_isla_de_calor_PONENCIA.pdf?1385331707=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_isla_de_calor_PONENCIA.pdf&Expires=1599687845&Signature=C9vH1CwgRZ45f0qWo2ZbT9WhsDIyiIMONoAY5FEPLyuzwJCaZwSNA34SSTfz-Ny6~vgCEap61n3rWv1dr34WGI5C2T6NzAs8pIxGVUmGbYpAqV667P3~v2FxNjB5-SMl8gWkbQ1ckEUc9gJr~JbmuJ6QLybFj500d-1eeOetIHJxuZ7YMjgJKfbBRXGdRVM13QcPjX9t3vdzZXRfUXIFMLtVkj2FychDAGmzbxftE50Ob93IPb6kMwHQhL0N6AiHQGQ68JjqBc4fK~i~ZjTyx~SvSYUfX7oUPvv

- [HpZN87-f8Oh5w8h1kOCaSIzR0BYEYHi5goKOh~OOGj8a9CJvzfA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://www.caracteristicas.co/satelites-artificiales/). [Consultado en Julio, 2019].
- Uriarte, J. (2021). *Características*. Última edición: 27 de agosto de 2021. [Online] Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/satelites-artificiales/>. [Consultado en junio de 2022].
- Vásquez, A., Riveros, S. y Romero, H. (2005). *Sustentabilidad del desarrollo urbano del Gran Concepción: Efectos ambientales del crecimiento urbano 1975-2001*. Ponencia presentada en el XXVI congreso nacional y XVI congreso internacional de Geografía, sociedad chilena de ciencias geográficas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Octubre de 2005.
- Vargas R., A. M. (2016). *Fenómeno de Islas de Calor Urbana para la ciudad de Bogotá D.C*, Secretaría Distrital de Ambiente , Bogotá, Colombia.
- Vargas U., G. (2012). *Espacio y territorio en el análisis geográfico*. Artículo Revista Reflexiones. [Online] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4796021.pdf>. [Consultado en octubre, 2020].
- Vargas R., A. (2016). *Fenómeno de Islas de Calor Urbana para la ciudad de Bogotá D.C*. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, Colombia.
- 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*. [Online] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n1/art03.pdf>. [Consultado en Noviembre 2019].
- Voogt, J. (2004). *Isla de calor urbano: Ciudades más cálidas*. [Online] Disponible en: <https://www.actionbiosciencie.org/environment/voogt.html> [Consultado en Noviembre 2020].
- Voogt, J. y Oke, T. (2003). *Thermal Remote Sensing of Urban Climates. Remote Sensing of Environment*. N° 86, p. 370-384.
- World Meteorological Organization. (2010). *Prevention*. [Online] Disponible en: <http://www.preventionweb.net/english/professional/news/v.php?id=14970> [Consultado en octubre, 2020].

