

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DE ISLAS DE CALOR URBANO EN LA CIUDAD DE
TACNA, MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bach. Ruddy Astrid Shery Lima Aróstegui

TACNA – PERÚ

2021

Página de jurados
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

“DETERMINACIÓN DE ISLAS DE CALOR URBANO EN LA CIUDAD DE TACNA,
MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES”

**Tesis sustentada y aprobada el 15 de enero de 2021; estando el jurado calificador
integrado por:**

PRESIDENTE:

Dr. Oscar Segundo Angulo Salas

SECRETARIO:

Ing. Anabel Del Rosario Crisosto Fuster

VOCAL:

Mtro. Milagros Herrera Rejas

ASESOR:

Ing. Carmen Rosa Román Arce

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Ruddy Astrid Shery Lima Aróstegui, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 73009691

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:

“DETERMINACIÓN DE ISLAS DE CALOR URBANO EN LA CIUDAD DE TACNA, MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES”

la misma que presento para optar el:

Título Profesional de Ingeniero Ambiental

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 15 de enero de 2021.

Ruddy Astrid Shery Lima Aróstegui
73009691

DEDICATORIA

En primera instancia se la dedico a Dios, porque me da la sabiduría para enfrentar cada reto que se me presentaba y agradezco a mis padres y hermanas por su apoyo, comprensión, confianza y amor en los momentos difíciles para motivarme en lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento de mi tesis es a mi familia que me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante. A la Universidad que me ha dado una formación profesional de alto nivel y a mi asesora la Ing. Carmen Róman Arce por su asesoría y apoyo en la elaboración de mi tesis.

CONTENIDO

PÁGINA DE JURADOS	2
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
INTRODUCCION	20
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2.1. <i>Problema General</i>	21
1.2.2. <i>Problemas específicos</i>	21
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.4. OBJETIVOS	22
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	22
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	22
1.5. HIPÓTESIS	22
1.5.1. <i>Hipótesis General</i>	22
1.5.2. <i>Hipótesis Específicos</i>	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.2.1. <i>Islas de calor urbana</i>	25
a. Tipos en las islas de calor	26

2.2.2. <i>Ecosistema urbano</i>	27
a. Requisitos biológicos	28
b. Requisitos culturales	28
c. Características del ecosistema urbano	28
2.2.3. <i>Impactos de la Urbanización</i>	28
2.2.4. <i>Crecimiento urbano en el Mundo y América</i>	29
2.2.5. <i>Clima urbano</i>	29
2.2.1. <i>Componentes de la Atmósfera urbana y atmósfera rural</i>	30
2.2.2. <i>Cobertura de vegetación</i>	31
2.2.7. <i>Área verde</i>	31
2.2.8. <i>Satélite de imágenes Landsat 5-7</i>	32
2.2.9. <i>Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)</i>	33
2.2.10. <i>Método para la estimación TST del Landsat 5 - 7</i>	33
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	34
2.3.7. <i>Islas de calor</i>	34
2.3.8. <i>Temperatura superficial terrestre (TST)</i>	34
2.3.9. <i>Temperatura del aire</i>	35
2.3.10. <i>Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)</i>	35
2.3.11. <i>Imágenes satelitales</i>	35
2.3.12. <i>Temperatura urbana</i>	35
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	36
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1.1. <i>Descriptivo y correlacional</i>	36
3.1.2. <i>Diseño documental</i>	36

3.2. ACCIONES Y ACTIVIDADES	36
3.3. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	37
3.4. OPERACIÓN DE VARIABLES	37
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	37
3.5.1. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO	37
3.5.2. <i>Análisis de datos</i>	37
3.6. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	38
3.6.1. <i>Accesibilidad a la zona</i>	39
3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	40
3.7.1. <i>Recolección de información</i>	40
a. Imágenes satelitales.	40
b. Información de metodológica.	40
c. Información de población.	41
d. Información de estructuras urbanas	42
e. Información de las características térmicas de los materiales de construcción	45
3.7.2. <i>Procesamiento de imágenes satelitales</i>	46
a. Corrección Radiométrica	46
b. Composición de bandas Landsat 5- 7	49
c. Mosaico de las cuadrículas	50
3.7.3. <i>Procesamiento de NDVI</i>	56
a. Clasificación del NDVI	57
3.7.4. <i>Procesamiento de temperatura</i>	60
a. Convertir de ND a Radiancia	60

b. Convertir Radiancia a Temperatura en grados Kelvin	61
c. Convertir Temperatura de grados Kelvin a grados Celsius	61
3.7.5. <i>Correlación de temperatura y NDVI</i>	63
a. Crear grillas en base la zona urbana	63
b. Registrar valores en la tabla de atributos	63
c. Cortar en la zona de estudio	63
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	68
4.1. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES	68
4.1.1. <i>Periodo húmedo</i>	68
4.1.2. <i>Periodo Seco</i>	69
4.2. PROCESAMIENTO DE NDVI	70
4.2.1. <i>Periodo Húmedo</i>	70
4.2.2. <i>Periodo Seco</i>	72
4.3. PROCESAMIENTO DE TEMPERATURA	74
4.3.1. <i>Temperatura atmosférica y superficial</i>	74
4.3.2. <i>Periodo Húmedo</i>	75
4.3.3. <i>Periodo Seco</i>	79
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN LA CORRELACIÓN LINEAL	83
4.4.1. <i>Correlación en Periodo Húmedo</i>	84
4.4.2. <i>Correlación en Periodo Seco</i>	88
4.5. DETERMINACIÓN DE ISLAS DE CALOR URBANO	92
4.5.1. <i>Estimación de superficie en la ICU</i>	92
a. Periodo Húmedo	93
b. Periodo Seco	93

4.5.2. <i>Vegetación y temperatura superficial en la ICU</i>	93
a. Periodo Húmedo	94
b. Periodo Seco	95
4.5.3. <i>Islas de Calor Urbano</i>	95
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	104
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	112
MATRIZ DE CONSISTENCIA	139

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de los componentes principales de la atmósfera	26
Figura 2. Ciudad como ecosistema	28
Figura 3. Factores del clima Urbano	30
Figura 4. Áreas verdes en espacios públicos en Perú.....	32
Figura 5. Mapa de ubicación de la zona urbana de Tacna.....	38
Figura 6. Cuadrículas que comprenden el Área de Estudio	39
Figura 7. Imagen con Gaps e imagen corregida.....	46
Figura 8. Diagrama del Corrector de Escaneo Lineal (SLC)	47
Figura 9. Diagrama de la corrección del bandeo	48
Figura 10. Diagrama de Composición de Bandas.	50
Figura 11. Diagrama de corte de Imágenes Satelitales.....	51
Figura 12. Modelamiento de corte de imagen satelital (ArcGis).....	51

Figura 13.Diagrama de Unión de las Imágenes Satelitales.....	53
Figura 14.Modelamiento de unión de imagen satelital.(ArcGis)	54
Figura 15. Diagrama de Corte de Zona de Trabajo	55
Figura 16.Modelamiento de corte en la zona de estudio(ArcGis).....	56
Figura 17. Diagrama de NDVI	57
Figura 18.Diagrama de clasificación del NDVI.....	59
Figura 19.Modelamiento del NDVI (ArcGis).....	60
Figura 20.Diagrama de Temperatura Superficial Terrestre(TST).....	62
Figura 21.Modelamiento del TST (ArcGis).....	62
Figura 22.Modelamiento de la correlación NDVI y TST (ArcGis)	64
Figura 23. Diagrama de Correlación entre NDVI y TST	65
Figura 24.Diagrama para el procesamiento de la información.	66
Figura 25.Diagrama de cálculo del NDVI y TST con Imágenes Landsat 5 – 7	67

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Características Básicas de las islas de calor urbano superficial y atmosférico.....	27
Tabla 2 Composición del aire de la atmosfera rural y urbana	31
Tabla 3 Características del Sensor; Landsat 5 - 7	32
Tabla 4 Acciones y actividades realizadas.....	36
Tabla 5 Operación de variables.....	37
Tabla 6 Coordenadas Path y Row de la Ciudad de Tacna.....	40
Tabla 7 Datos de las imágenes adquiridas desde la USGS.....	40
Tabla 8 Meses Húmedos y Secos de la Ciudad de Tacna.....	41
Tabla 9 Tacna: Población censada entre el año 2007 y 2017.....	42

Tabla 10 Material de construcción predominante en las paredes exteriores de las viviendas, según Provincia y Distritos	43
Tabla 11 Material de construcción predominante en los techos de las viviendas, según provincia y distrito de Tacna	44
Tabla 12 Lista de materiales y sus propiedades térmicas a temperatura ambiente.	46
Tabla 13 Datos extraídos de la Metadata de Landsat 5-7 para su calibración	49
Tabla 14 Coordenadas para corte de Imagen Satelital.	55
Tabla 15 Rangos de NDVI.....	58
Tabla 16 Metadata de los sensores Landsat 5-7 para la conversión de ND a radiancia.....	60
Tabla 17 Constantes de calibración K1 y K2	61
Tabla 18 Información en Landsat 5 (Periodo Húmedo)	68
Tabla 19 Información en Landsat 7 (Periodo Húmedo).....	68
Tabla 20 Información en Landsat 5 (Periodo Seco).....	69
Tabla 21 Información en Landsat 7 (Periodo Seco).....	69
Tabla 22 Estimación de superficie y porcentaje en la vegetación sana (Periodo Húmedo)	70
Tabla 23 Estimación de superficie y porcentaje en la vegetación sana (Periodo Seco).....	72
Tabla 24 Diferencia de temperatura ambiental y superficial (Periodo Húmedo)....	74
Tabla 25 Diferencia de temperatura ambiental y superficial (Periodo Seco)	74
Tabla 26 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1985 (Periodo Húmedo)	75
Tabla 27 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1995 (Periodo Húmedo)	75

Tabla 28 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2005 (Periodo Húmedo)	76
Tabla 29 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2010 (Periodo Húmedo)	76
Tabla 30 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2015 (Periodo Húmedo)	77
Tabla 31 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2019 (Periodo Húmedo)	77
Tabla 32 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1986 (Periodo Seco).....	79
Tabla 33 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1995 (Periodo Seco).....	79
Tabla 34 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2005 (Periodo Seco).....	80
Tabla 35 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2010 (Periodo Seco).....	80
Tabla 36 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2015 (Periodo Seco).....	81
Tabla 37 Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2019 (Periodo Seco).....	81
Tabla 38 Aplicación de prueba de normalidad para correlación (Periodo Húmedo)	83
Tabla 39 Aplicación de prueba de normalidad para correlación (Periodo Seco)	83
Tabla 40 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1985 (Periodo Húmedo)	84
Tabla 41 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1995(Periodo Húmedo)	85

Tabla 42 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2005 (Periodo Húmedo)	86
Tabla 43 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2010 (Periodo Húmedo)	86
Tabla 44 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2015 (Periodo Húmedo)	87
Tabla 45 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2019 (Periodo Húmedo)	88
Tabla 46 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1986 (Periodo Seco)	88
Tabla 47 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1995 (Periodo Seco)	89
Tabla 48 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2005 (Periodo Seco)	90
Tabla 49 Correlación de Spearman entre NDVI y Temperatura en el año 2010 (Periodo Seco)	90
Tabla 50 Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2015(Periodo Seco)	91
Tabla 51 Correlación de Spearman entre NDVI y Temperatura en el año 2019(Periodo Seco)	92
Tabla 52 Estimación de las superficies de las ICU en los distritos (Periodo Húmedo)	93
Tabla 53 Estimación de las superficies de las ICU en los distritos (Periodo Húmedo)	93
Tabla 54 Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (Periodo Húmedo)	94
Tabla 55 Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (Periodo Seco)	95
Tabla 56 Observación de los ICU,2019 (Periodo Húmedo)	96
Tabla 57 Muestra fotográfica de las islas de calor urbano,2019 (Periodo Húmedo)	97

Tabla 58 Observación de los ICU,2019 (Periodo Seco)	101
Tabla 59 Muestra fotográfica de las islas de calor urbano,2019 (Periodo Seco)..	101
Tabla 60 Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Humedad Relativa	134
Tabla 61 Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Precipitación Total Mensual.....	135
Tabla 62 Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Temperatura Máxima.....	136
Tabla 63 Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Temperatura Media.....	137
Tabla 64 Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Temperatura Mínima.....	138

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1.Estimación de superficie en la vegetación sana (Periodo Húmedo)	70
Gráfico 2. Estimación de superficie en la vegetación sana (Periodo Seco).....	72
Gráfico 3. Dispersión lineal del año 1985 (Periodo Húmedo).....	85
Gráfico 4. Dispersión lineal del año 1995 (Periodo Húmedo).....	85
Gráfico 5.Dispersión lineal del año 2005 (Periodo Húmedo).....	86
Gráfico 6. Dispersión lineal del año 2010 (Periodo Húmedo).....	87
Gráfico 7.Dispersión lineal del año 2015 (Periodo Húmedo).....	87
Gráfico 8.Dispersión lineal del año 2019 (Periodo Húmedo).....	88
Gráfico 9. Dispersión lineal del año 1986 (Periodo Seco)	89
Gráfico 10. Dispersión lineal del año 1995 (Periodo Seco)	89
Gráfico 11. Dispersión lineal del año 1995 (Periodo Seco)	90
Gráfico 12. Dispersión lineal del año 2010 (Periodo Seco)	91

Gráfico 13.Dispersión lineal del año 2015 (Periodo Seco)	91
Gráfico 14.Dispersión lineal del año 2019 (Periodo Seco)	92
Gráfico 17.Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (Periodo Húmedo)	94
Gráfico 18. Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (periodo seco).....	95

CONTENIDO DE MAPAS

Mapa 1 NDVI entre el año 1985 y 2019 (Periodo Húmedo)	71
Mapa 2 NDVI entre el año 1986 y 2019(Periodo Seco).....	73
Mapa 3 TST entre el año 1985 y 2019 {Periodo Húmedo).....	78
Mapa 4 TST entre el año 1986 y 2019(Periodo Seco).....	82
Mapa 5 Zonas de Islas de Calor Urbano (ICU), 2019 (Periodo Húmedo).....	96
Mapa 6 Zonas de Islas de Calor Urbano (ICU), 2019 (Periodo Seco)	100
Mapa 7 Estimación de ICU, 1985 (Periodo Húmedo).....	112
Mapa 8 Estimación de ICU, 1995 (Periodo Húmedo).....	113
Mapa 9 Estimación de ICU, 2005 (Periodo Húmedo).....	114
Mapa 10 Estimación de ICU, 2010(Periodo Húmedo).....	115
Mapa 11 Estimación de ICU, 2015 (Periodo Húmedo).....	116
Mapa 12 Estimación de ICU, 1986 (Periodo Seco)	117
Mapa 13 Estimación de ICU, 1995 (Periodo Seco)	118
Mapa 14 Estimación de ICU, 2005 (Periodo Seco)	119
Mapa 15 Estimación de ICU, 2010 (Periodo Seco)	120
Mapa 16 Estimación de ICU, 2015 (Periodo Seco)	121
Mapa 17 Estimación de ICU, 2010 (Periodo Seco)	122

Mapa 18 Índice de vegetación de diferencia normalizada, (Periodo Húmedo).....	123
Mapa 19 Índice de vegetación de diferencia normalizada, (Periodo Seco)	124
Mapa 20 Temperatura superficial terrestre, (Periodo Húmedo)	125
Mapa 21 Temperatura superficial terrestre, (Periodos Seco).....	126
Mapa 22 Correlación entre NDVI y TST, (Periodo Húmedo).....	127
Mapa 23 Correlación entre NDVI y TST, (Periodo Seco)	128

RESUMEN

La ciudad de Tacna, está apreciando el deterioro de la cobertura de vegetación, debido al uso excesivo del uso del suelo para el desarrollo urbano. Donde en sus impactos ambientales; incremento de la temperatura ambiental, formando así las Islas de Calor Urbano (ICU). Las imágenes se adquirieron en base los satélites LANDSAT 5TM y LANDSAT 7 ETM. La metodología se realizó con la técnica métrica para obtener la radiancia para determinar la temperatura superficial terrestre (TST) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) a través de la reflectancia. Las imágenes procesadas fueron entre periodo húmedo y seco entre (1985 - 2019) con menos a 10% de nubosidad. Las zonas con mayor ocurrencia de las ICU según el periodo húmedo y seco es el distrito de Tacna y coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, en el análisis estadístico su utiliza la CORRELACION DE SPEARMAN (Rho de Spearman) la cual es significativa ya que es menor a 0,05.

Palabras Claves: Isla de Calor Urbana, Imágenes LANDSAT 5 TM, Imágenes LANDSAT 7 ETM, Método Métrico, NDVI y Temperatura Máximo Térmico (TST)

ABSTRACT

The city of Tacna, is appreciating the deterioration of the vegetation cover, due to the excessive use of land use for urban development. Where in its environmental impacts; increase in environmental temperature, thus forming the Urban Heat Islands (ICU). The images were acquired based on the LANDSAT 5TM and LANDSAT 7 ETM satellites. The methodology was carried out with the metric technique to obtain the radiance to determine the terrestrial surface temperature (TST) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) through reflectance. The images processed were between the wet and dry periods between (1985 - 2019) with less than 10% cloudiness. The areas with the highest occurrence of ICUs according to the wet and dry period is the district of Tacna and of Colonel Gregorio Albarracín Lanchipa, the statistical analysis uses the SPEARMAN CORRELATION (Spearman's Rho) which is significant since it is lower to 0.05.

Keywords: Urban Heat Island, LANDSAT 5 TM Images, LANDSAT 7 ETM Images, Metric Method, NDVI and Maximum Thermal Temperature (TST)

INTRODUCCION

La población según el censo 2017, en los distritos urbanos de la ciudad de Tacna, Ciudad Nueva, Tacna, Alto de la Alianza, Pocollay, coronel Gregorio Albarracín Lanchipa y Calana cuenta con 290 922 habitantes. Cuenta con necesidades básicas como viviendas, servicios, vías de transporte y espacio verdes que están descendiendo gradualmente. Los vehículos e industrias emiten dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y otros contaminantes a la atmósfera. Estos gases forman ozono (O_3) a través de una reacción química entre los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs) bajo la luz solar. El aumento de las temperaturas urbanas, junto con una gran cantidad de fuentes de emisiones de NO_x y COVs, conducirá a una elevada contaminación del ozono dañando la salud humana por enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas. Además, con el calentamiento global y el cambio climático, tiene relación entre la Islas de Calor Urbano (ICU) y la formación de ozono se expandirá, lo que presenta un riesgo para el bienestar humano.

Por el debido uso del suelo urbano en actividades comerciales e industriales y la implantación de redes viales que satisfacen las necesidades de la población, los espacios verdes han ido disminuyendo gradualmente y como resultado, el microclima que se origina alrededor de la ciudad cambia provocando el fenómeno islas de calor urbano.

El presente proyecto de investigación, tiene por objetivo realizar un análisis comparativo de las imágenes satelitales entre los periodos de 1985 al 2019, para determinar Islas de Calor Urbano en los diferentes distritos de la ciudad de Tacna. La metodología que se desarrolló con el uso de imágenes satelitales obtenidas por el sensor del Landsat 5 y Landsat 7 de acuerdo al periodo húmedo y seco, se aplicó el método métrico y algoritmo que establece la radiancia termal de la Banda 6 del Landsat 5 y la banda 6_ VCID_2 del Landsat 7, estos métodos permiten hallar temperaturas superficiales. Así mismo se determinó al NDVI como el índice de porcentajes de vegetación de aquellas áreas verdes.

Las teorías e hipótesis, objetivos, metodología, resultados y conclusiones relacionados con este tema se informarán. Finalmente se explica la prueba de la hipótesis para verificar si es aceptada o rechazada.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

A la hora de crecer la zona urbana, crece la población y eliminando los entornos naturales (ríos, árboles, bosques, etc.) dando paso a la urbanización por la construcción de distintas edificaciones donde los materiales de construcción (cemento, asfalto, arena, acero y entre otros) absorben el calor durante el día. Algunas estimaciones determinan que las ICU podrían ser responsables del 30% de todo el calentamiento global, aunque otros estudios dicen que su contribución es mínima.

De igual manera, Inzunza (2018) define que las islas de calor se perciben a través del efecto albedo (reflectividad de la radiación solar), es decir; la nieve refleja entre 80 y 90% de esta radiación, es decir que absorbe muy poco calor. Mientras que el cemento refleja entre un 20 y 30%, las calles representan hasta el 25% por usar el asfalto y reflejan apenas un 5% de radiación. Concluimos que los materiales que se usan para construir la ciudad absorben el calor, como consecuencia de ello la disminución de vegetación y las altas temperaturas en la superficie, donde afecta negativamente el bienestar humano.

Así mismo durante el día, las superficies duras de color oscuro absorben y almacenan el calor y lo liberan al medio ambiente, lo que hace que se sienta más caliente durante más tiempo. Por la noche la temperatura del aire comienza a enfriarse, aunque las superficies siguen liberando el calor almacenado, el aumento de temperatura por la noche hace que nos sea más difícil en el instante de un sueño reparador, sin ventiladores y aires acondicionados en funcionamiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo determinar Islas de calor urbano en la Ciudad de Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características térmicas de los materiales de construcción y como están relacionados con la temperatura urbana?
- ¿En qué medida la escasez de vegetación se relaciona con el aumento de Islas de Calor?
- ¿Cómo se relaciona la temperatura superficial, del aire y el NDVI en las Islas de Calor?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

En la década del 40 del siglo XX, el crecimiento de la población Tacneña crece de manera constante, especialmente por ingresos migratorios. Este crecimiento de la población es de 329 332 habitantes (en distritos en Tacna, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva, Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa y Pocollay). Según el INEI Tacna ocupa el puesto 23 entre los distintos sectores del país.

En la presente tesis se aplica; la corrección radiométrica y la composición de bandas de cada imagen satelital, para desarrollar algoritmos y calcular el NDVI y TST, se utiliza programas como el ArcGIS y ENVI, todos son la base para obtener resultados. Del mismo modo, desde una perspectiva económica, el proyecto es razonable, ya que se desarrolla por una Laptop y solo se hará monitoreos para verificar la información procesada en campo. Finalmente, se realiza una prueba estadística; la correlación de Spearman (Rho de Spearman) que se usa para datos que no tiene distribución normal.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Realizar un análisis comparativo de las imágenes satelitales entre los periodos de 1985 al 2019, para determinar Islas de Calor Urbano en los diferentes distritos de la ciudad de Tacna.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características térmicas de los materiales de construcción y establecer su relación con la temperatura urbana.
- Establecer la relación que existe entre la escasez de vegetación con el aumento de islas de calor mediante la generación de algoritmos con el uso de imágenes satelitales.
- Determinar la relación existente entre las islas de calor, la temperatura superficial y el NDVI, en la Ciudad de Tacna.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

- Existen una variación de temperatura entre los años 1985 y 2019, para determinar Islas de Calor Urbano en la Ciudad de Tacna

1.5.2. Hipótesis Específicos

- H1: Las Islas de Calor están relacionadas significativamente con las propiedades de los materiales de construcción.

- H2: Existe una relación significativa entre la escasez de vegetación con el aumento de islas de calor.
- H3: Las islas de calor se relacionan significativamente con la temperatura superficial y el NDVI.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

(Soberón & Obregón, 2016), en el proyecto de investigación “Identificación de las islas de calor en la ciudad de Lima metropolitana utilizando imágenes satelitales LANSADT (5TM)”, como objetivo es identificar las islas de calor urbano superficial de la ciudad de Lima y su relación con la temperatura del aire. El tipo y diseño del proyecto es no experimental, correlacional y descriptivo. La metodología consiste en encontrar radiancias con los datos de las imágenes de satélite LANSADT (5TM) para luego hallar la temperatura de brillo la cual fue corregida por la emisividad. Las imágenes satelitales pertenecieron en los meses de enero (2012), marzo (2011) y abril (2009) el área de estudio se consideró en zona urbana y rural donde se reconoce tres tipos de uso de suelo comercial, industrial y suelo desnudo. Se halla el NDVI con dos bandas para tener una respuesta espectral, así mismo para hallar las temperaturas superficiales terrestres se desarrolló previamente un realce de las imágenes que permiten diferenciar entre los suelos desnudos y con vegetación. Para determinar las islas de calor dependerá de su temperatura mayor teniendo en consideración al promedio hallada en el área urbana. Finalmente se identificó 15 islas de calor en la zona urbana, las cuales se encuentran en los distritos de Villa María del Triunfo, Villa el Salvador, San Juan de Miraflores San Juan de Lurigancho, así mismo la relación entre en NDVI y la temperatura de superficie es negativa, cuya regresión es 0.89 puesto que mientras mayor sea la existencia de cobertura vegetal la temperatura de superficie será menor.

En la investigación científica “Utilización de imágenes satelitales para el estudio de la distribución térmica en distintas coberturas del suelo de la ciudad de Bahía Blanca (Argentina) propuesta de los autores (Ferrelli, Bustos, Huamantínco Cisneros, & Piccolo, 2015) cuyo objetivo es analizar el comportamiento de la Temperatura de Superficie Terrestre (TST) en relación con las distintas áreas urbanas demostró que presentan sectores que incluyen estructuras edilicias, espacios verdes, suelos al descubierto, tránsito vehicular, necesidades calóricas de la ciudad y diferentes coberturas de sombras. Se analizaron con imágenes satelitales en Landsat 5 TM y 7 ETM+ con el método monocanal. Los mayores valores de TST se localizaron en la periferia (45,1°C) y en urbano muy disperso (46°C) y el menor en el centro de la ciudad (2°C). Las distintas coberturas del suelo generaron menores fluctuaciones de TST en invierno (>5°C) y las mayores en verano (entre 15 y 25°C).

La tesis “Disminución de las áreas verdes, en la aparición de islas de calor en la ciudad de Iquitos entre los años 2004 – 2014. Región Loreto de (Francis, 2015) tiene como

objetivo evaluar la influencia de la disminución de áreas verdes en la aparición de islas de calor en la ciudad de Iquitos durante la última década. La metodología presentada del cálculo de NDVI y método de estimación de temperatura superficial (TST) como resultado se determinó una pérdida de cobertura vegetal del 15% del área total de la ciudad de Iquitos en el periodo del 2005 al 2014, con una tasa de pérdida del 2.22% anual. Donde con las pocas áreas verdes disminuyen las temperaturas de la ciudad de Iquitos, en especial, los sectores del Fuerte Militar Vargas Guerra y San Roque (Aeropuerto).

Así mismo, (Soto, Garzon, & Jimenez, 2019) realizaron del mismo tema de las islas de calor urbano (UHI) mediante el uso de imágenes Landsat en la cual se va caracterizar y detectar la relación con la pérdida de vegetación, donde se usará las técnicas de discriminación de coberturas y un algoritmo mono-canal donde usa para la corrección la temperatura de brillo y finalmente se aplicará la técnica de regresión para obtener la correlación entre temperatura y vegetación. Como resultado se demostró la correlación entre la temperatura superficial del suelo (LST) y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) asociada una fuerte aparición UHI en la zona sureste de la ciudad, las LST de menor intensidad se hallaron en áreas con alto NDVI, esta correlación negativa entre LST y NDVI indicó que a medida que una aumenta la otra reduce. La cobertura del suelo tiene relación directa con la LST, lo cual puede ayudar a la planificación de su uso. De igual manera el gobierno local de la ciudad propuso en la incrementación de zonas verdes en los lugares que concentren de mayor población Para reducir los efectos de UHI el gobierno local debe incrementar la cantidad de áreas verdes en las zonas de mayor concentración poblacional.

Cabe mencionar que, a nivel local, no se ha registrado documentos que validen la presente investigación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Islas de calor urbana

Según el periódico Universal de Querétaro por el ex rector Garrido, (2015) lo define “El término isla en calor urbano se utiliza para describir el calor característico de la atmósfera y la ciudad o la superficie de la ciudad en comparación con los entornos no urbanizados.”

a. Tipos en las islas de calor

De acuerdo con (Voogt, s.f.) se observa en la siguiente imagen la representación esquemática de los componentes principales de la atmósfera urbanas, en las cuales son simbolizadas de la siguiente manera:

- **La capa de dosel (CDU):** Es la capa de aire en las ciudades que está más cercana a la superficie, la cual se extiende a una altura media de las edificaciones.
- **La capa perimetral (ICCP):** Es la capa urbana la cual puede ser de 1 kilómetro (km) o más de espesor durante el día, y se encoge en metros durante la noche.
- **La capa superficial (ICS):** Es la capa donde se forma a una cúpula de aire donde tiene una temperatura caliente que se extiende en dirección del viento en la ciudad.



Figura 1. Representación esquemática de los componentes principales de la atmósfera

Fuente: Elaboración propia en base de (Voogt, s.f.)

De acuerdo con el libro Reducción de las islas de calor urbano: Capítulo 1. Conceptos básicos de la isla de calor urbano publicadas por la Agencia de Protección Ambiental, 2008 se centraliza que las islas de calor urbanas superficiales y atmosféricas se difieren en la forma en que se constituyen en la identificación, medición y sus impactos. En la siguiente tabla se resume detalladamente las características básicas de cada tipo de isla de calor.

Tabla 1

Características Básicas de las islas de calor urbano superficial y atmosférico

Características	Superficie	Atmosférico
Desarrollo Temporal	<ul style="list-style-type: none"> ● Se presenta durante el día y noche. ● La intensidad dura en los meses y días. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Puede ser corto, ya que no puede durar en el día ● Mayor intensidad se da en la noche o por la mañana en invierno.
Intensidad Máxima de temperatura	Mas variación temporal <ul style="list-style-type: none"> ● Día: 18 a 27 °F (-1 a 2°C) ● Noche: 9 a 18 °F (5 a 10°C) 	Variación Mínima <ul style="list-style-type: none"> ● Día: -1,8 a 5,4 °F (-1 a 2°C) ● Noche: 12,6 a 21,6 °F (7 a 12 °C)
Método de identificación	<ul style="list-style-type: none"> ● Medición indirecta ● Sensor Remoto 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estaciones meteorológicas fijas ● Transeptos (puntos medidos en una determinada distancia) Móviles.
Características Descripción	Superficie UHI Imagen Termal	Atmosférica UHI <ul style="list-style-type: none"> ● Mapa de Isothermas ● Gráficos de Temperatura

Fuente: (Agencia de Protección Ambiental, 2008)

2.2.2. Ecosistema urbano

Barrios (2012) Un ecosistema urbano es un entorno creado por el hombre. Ciudades que utiliza la luz eléctrica, hormigón, ladrillo, metal, alquitrán y plásticos.

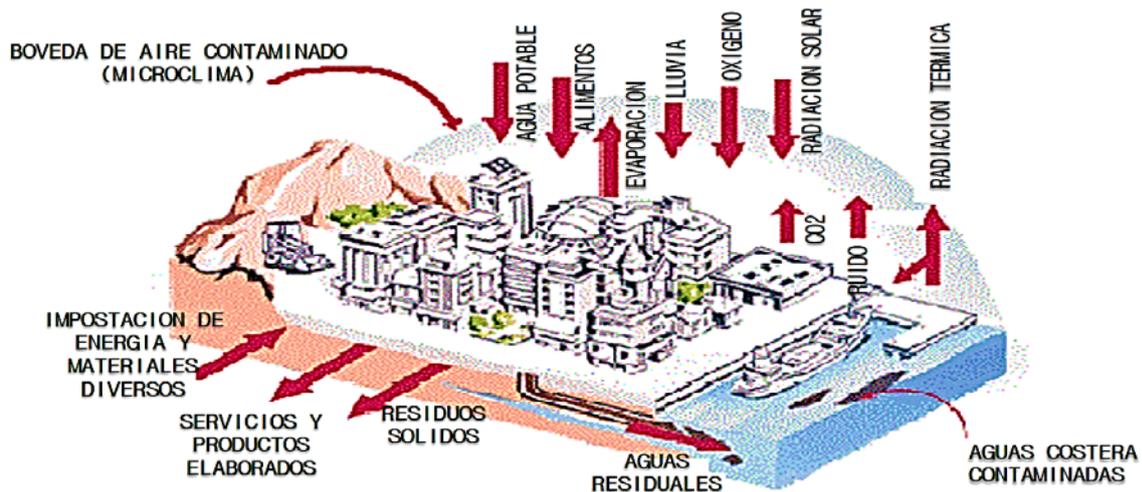


Figura 2. Ciudad como ecosistema

Fuente: (Julen, 2011)

Mervasm (2018) define que, al analizar los ecosistemas urbanos, se deben considerar; requisitos y características:

a. Requisitos biológicos

Las personas tienen la necesidad del uso de los ecosistemas. Por ejemplo, necesitan aire, agua, espacio, energía (alimentos y calor), refugios y áreas para eliminar los desechos.

b. Requisitos culturales

La cultura es un estilo de vida de la humanidad y la prolonga a todas las generaciones. La presencia de los ecosistemas urbanos puede ayudar a las personas a cumplir con sus requisitos culturales. Por lo tanto, cuanto más complejo sea su avance cultural, ya sea por tecnología, transporte o comunicación, la humanidad tendrá que construir una ciudad más grande.

c. Características del ecosistema urbano

- Los procesos y comportamientos humanos (estilos de vida, sistemas de producción y transporte, formas urbanas) donde se relaciona en el desarrollo de los recursos naturales e impactos directos e indirectos sobre el medio ambiente.
- El nivel de productores es cero, porque los alimentos provienen de fuentes externas.
- Entre los consumidores, los humanos y animales viven en la ciudad.

2.2.3. Impactos de la Urbanización

De acuerdo con Satterthwaite (1993) al momento del desarrollo urbano destruye los ecosistemas y el medio ambiente:

- Destruye el ecosistema y sus funciones.
- Destruye los factores biológicos en el ecosistema urbano.
- Contaminación del suelo, aire, agua y etc.
- Implantación de plantas y animales no nativos en áreas naturales.
- Incremento a la exposición humana a enfermedades.
- Posibles riesgos de inundaciones y erosión del suelo debido al uso de la tierra.
- Reducción de las aguas subterráneas producto al uso del suelo en las superficies de carreteras, donde evita que el agua se filtre bajo tierra.

2.2.4. Crecimiento urbano en el Mundo y América

Actualmente, la población mundial alcanzará los 9.035 millones de habitantes., para el 2050. De acuerdo con (INEI;UNFPA, 2020) A nivel mundial, el país más grande es Rusia, seguido de Canadá, Estados Unidos y China. El Perú ocupa el puesto 19 entre los países con mayor superficie, obtiene el séptimo país más poblado de América con 32 626 habitantes. El primero de la región es Estados Unidos con más de 331 millones, seguido por el gigante de América del Sur, Brasil con 213 millones y México con 129 millones de habitantes.

2.2.5. Clima urbano

Según el autor Wypych (2004) define el clima urbano con los siguientes factores naturales; se manifiesta a gran escala (por ejemplo; latitud) o de mediana escala (por ejemplo; terreno, cuerpo de agua). Con el desarrollo de las ciudades, donde aparece algunos factores nuevos que han cambiado el clima local de la ciudad y han ayudado a formar diferentes climas urbanos.



Figura 3. Factores del clima Urbano

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1. Componentes de la Atmósfera urbana y atmósfera rural

Según el autor Guerrero, (2018) la atmósfera urbana tiene una diferencia con la rural; donde practica modificaciones en el paisaje, lo que provoca cambios en la atmósfera. En la siguiente tabla se visualiza las diferencias de composición del aire en el aspecto rural y urbano.

Tabla 2
Composición del aire de la atmosfera rural y urbana

Atmosfera Rural	Atmosfera Urbana
Mezcla de gases: N ₂ , O ₂ , Ar, CO ₂ y otros	
Partículas sólidas y líquidas en suspensión (polvo, humos, cenizas, sales, etc.)	
	SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, etc.
	Compuestos orgánicos
	Productos fotoquímicos (O ₂)
	Aerosoles (Al, As, C, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, V, etc)

Fuente: (Agencia de Protección Ambiental, 2008)

2.2.2. Cobertura de vegetación

En base de la Agencia de Protección Ambiental (2008) la cobertura de vegetación es considerada en las zonas rurales, vegetación y la tierra donde suelen ser las partes principales del paisaje, porque los árboles y la vegetación puede favorecer sombras, donde reduce la temperatura de la superficie. También ayuda a bajar la temperatura del aire a través de un proceso llamado evapotranspiración, disipando así el calor circundante. En contraste, las áreas urbanas se caracterizan por superficies estructuralmente secas e impermeables, como techos tradicionales, aceras, caminos y estacionamientos.

2.2.7. Área verde

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, (2018) las áreas verdes es un espacio público compuesto de vegetación (césped, árboles y arbustos). El espacio verde es esencial para el desarrollo urbano sostenible (por ejemplo; los parques, las plazas y los árboles urbanos) no solo definen en gran medida las características y el atractivo de la ciudad. Estos espacios abiertos también ayudan a mejorar la calidad de vida de los residentes.

En la sección de la estadística Municipal, (2016) obtenidos de acuerdo al año 2015, en la provincia de Lima ocupa el primer puesto con 29 729 352 m² de áreas verdes y a Tacna ocupa el puesto dieciséis con 928 215 m². Estos datos se cambiaron a números generales a porcentajes, donde se estima que Tacna representa el 3 % contra la Provincia

de Lima que es el 97 % en áreas verdes en espacios públicos (Parques, Bermas, Plazas, Jardines, óvalos, alamedas, parques zonales y zoológicos).



Figura 4. Áreas verdes en espacios públicos en Perú

Fuente: (Estadística Municipal, 2016)

2.2.8. Satélite de imágenes Landsat 5-7

Landsat 7 (sensor ETM+) posee ocho bandas multiespectrales y Landsat 5 (sensor TM) tiene siete bandas multiespectrales que van desde el visible hasta el infrarrojo medio, con una resolución de 30 metros, en la mayoría de ellas. La diferencia entre ellas está en que las Landsat 7 poseen una banda pancromática de 15 metros y en el caso de la banda termal, aumenta la resolución de 120 a 60 metros. Cada escena cubre 180*175 Km².

Tabla 3

Características del Sensor; Landsat 5 - 7

	LANDSAT 5		LANDSAT 7	
Modo espectral	Multiespectral y Termal		Multiespectral y Pancromática	
Espacial (metros)	30 - 120		30- 15	
Radiométrica	8 bits		8 bits	
Temporal	16 días		16 días	
Espectral (micras)	Banda 1 azul	0.45 – 0.52	Banda 1 azul	0.45 – 0.52
	Banda 2 verde	0.52 – 0.60	Banda 2 verde	0.53 – 0.60
	Banda 3 roja	0.63 – 0.69	Banda 3 roja	0.63 – 0.69
	Banda 4 infrarrojo cercano 1	0.76 – 0.90	Banda 4 infrarrojo cercano 1	0.77 – 0.90
	Banda 5 Infrarrojo cercano 2	1.55 – 1.75	Banda 5 Infrarrojo cercano 2	1.55 – 1.75

Banda 6 Infrarrojo término	10.4 – 12.5	Banda 6 Infrarrojo término	10.4 – 12.5
Banda 7 Infrarrojo medio	2.08 – 2.35	Banda 7 Infrarrojo medio	2.09 – 2.35
		Banda 8: Pancromática	520 – 900

Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente

2.2.9. Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)

(Eugene, 2020) afirma que el NDVI se utiliza para cuantificar el verdor de la vegetación, comprender la densidad de la vegetación y evaluar los cambios en la salud de las plantas. Se afirma que al momento de obtener el NDVI debe tener una escala de -1 a $+1$ donde los valores menores de cero representan ausencia de vegetación.

Se calcula con la siguiente ecuación para hallar el NDVI:

Ecuación 1. NDVI

$$NDVI: \frac{NIR(Banda\ 4) - R(Banda\ 3)}{NIR(Banda\ 4) + R(Banda\ 3)}$$

Donde:

NIR: Reflectancia del Infrarrojo Cercano

R: Reflectancia del Rojo visible

2.2.10. Método para la estimación TST del Landsat 5 - 7

Para determinar la temperatura superficial, se realiza utilizando los Landsat 5 – 7 en la cual se realiza los siguientes pasos para obtener las TST (Fernandes & de Sousa, 2013)

Paso 1: Selección de imágenes satelitales mediante cuadrantes por la longitud y latitud que son posiciones geográficas.

Paso 2: Conversión ND a Radiancia

Ecuación 2. ND a Radiancia

$$L_{\lambda} = \frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX - QCALMIN} * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

Donde:

L_{λ} : Radiancia espectral

QCAL: Cuantificar calibrar valor de píxel en Número Digitales (DN)
 LMAX λ : Escala de radiancia espectral a QCALMAX en (Watts/(m²*sr* μ m))
 LMIN λ : Escala de radiancia espectral a QCALMIN en (Watts/(m²*sr* μ m))
 QCALMIN: Mínimo cuantificar calibrar valor de píxel (correspondiente a LMIN λ) en DN
 QCALMAX: Máximo cuantificar calibrar valor de píxel (correspondiente a LMAX λ) en DN

Paso 3: Conversión Radiancia a Temperatura en grados Kelvin

Ecuación 3. Temperatura en grados Kelvin (K)

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

Donde:

T: Temperatura Efectiva en el satélite en Kelvin

K2: Calibración constante 2

K1: Calibración constante 1

L λ : Radiancia Espectral en (Watts/(m²*sr* μ m))

Paso 4: Conversión de Temperatura de grados Kelvin a grados Celsius

Ecuación 4. Conversión a Celsius (°C)

$$C = K - 273.15$$

Donde:

°C: Temperatura en grados Celsius

°K: Temperatura en grados Kelvin

2.3. Definición de términos

2.3.7. Islas de calor

Son zonas al azar que contiene temperaturas altas ya sea del aire y la superficial terrestre donde puede traer consecuencias graves por salud a los habitantes de la ciudad. (Garrido, 2015)

2.3.8. Temperatura superficial terrestre (TST)

Es una medida del calentamiento directo de la superficie terrestre, donde los rayos del sol son absorbidos y re emitidos. (Greenurbandata, 2019)

2.3.9. Temperatura del aire

La temperatura atmosférica o aire son elementos constitutivos del clima que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos climáticos. (Greenurbandata, 2019)

2.3.10. Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)

Se utiliza para la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. (Alonso, 2015)

2.3.11. Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales permiten en la elaboración general de mapas, en la adquisición y visualización de datos en los sistemas de información geográfica. (BASTERRA, 2011)

2.3.12. Temperatura urbana

Es la alteración de los factores naturales, a medida que la ciudad crece y se desarrolla la contaminación atmosférica; la sobrepoblación y las emisiones de calor producidos por el hombre, la ciudad está construido principalmente por hormigón, asfalto, ladrillos y piedras) hacen que la temperatura de la ciudad sea mayor que una zona rural nuevos factores (contaminación atmosférica, efecto invernadero, calentamiento global) (Givoni, 1998)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Descriptivo y correlacional

En el aspecto demostrativo implica en la observación y descripción de eventos relacionados con el problema general, Así mismo en el aspecto correlacional, consiste en medir el grado de asociación entre variables dependientes. Ninguna de estas variables es fijada o manipulada por el investigador en la cual requiere de hipótesis y aplicación de prueba estadística.

3.1.2. Diseño documental

La información que serán para la redacción y comparación de resultados en la hipótesis y justificación serán obtenida a través de documentos preseleccionados de distintos autores de investigación.

3.2. Acciones y actividades

Las acciones y actividades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4

Acciones y actividades realizadas

Acción	Actividad
Determinar variación de temperatura entre los años 1985 – 2019.	Descargar imágenes satelitales Landsat. Determinar la temperatura superficial.
Analizar NDVI de los años 1985 – 2019.	Descargar imágenes satelitales Landsat. Determinar NDVI.
Realizar la correlación de datos de temperatura y NDVI.	Procesamiento estadístico de la información.
Determinar las Islas de Calor Urbano.	Realizar y procesar la información para determinar las Islas de Calor Urbano.
Salida de campo.	Verificar la información procesada en campo.
Análisis estadístico de la información elaborada.	Realizar un análisis estadístico de toda la información procesada para calibrar el modelo
Elaborar el informe final.	Culminar la redacción del informe hasta las conclusiones.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población y/o muestra de estudio

El presente trabajo de investigación abarca como zona de estudio al departamento de Tacna, que tiene un área de 16033.77 Km², esto representa la población y la muestra tiene un área de 73.32 Km², que corresponde a la zona urbana de la ciudad de Tacna, no se tomó una muestra.

Los distritos seleccionados son: Distrito de Tacna, Distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Distrito Alto de la Alianza, Distrito de Ciudad Nueva, Distrito de Pocollay y el Distrito de Calana.

3.4. Operación de variables

La siguiente tabla nos muestra la operación de variables

Tabla 5

Operación de variables

Variables	Concepto	Indicadores	Técnicas e instrumentos
VI. Temperatura y Índice de calor Normalizado	Los cambios de temperatura y la vegetación están asociados a las Islas de calor urbano	- Temperatura. - Vegetación	- Información de Senamhi - Uso de software para la elaboración de mapas temáticos - Imágenes satelitales
VD. Islas de calor urbano		- Temperatura. - Vegetación	- Uso de software para la elaboración de mapas temáticos - Imágenes satelitales

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Técnicas de procesamiento

Las técnicas en el procesamiento de la investigación fueron las siguientes:

- Procesamiento de la información de Senamhi, INEI y Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la Región de Tacna.
- Delimitación de zona de estudio.
- Elaboración de mapas temáticos.
- Elaboración de mapas temáticos para la evaluación de temperatura y NDVI

3.5.2. Análisis de datos

Primero se recolecto la información bibliográfica y la base legal para poder tener una mejor perspectiva del trabajo a realizar, se realizó la búsqueda de conceptos relacionados con el tema, así como la metodología empleada por otros autores, luego se crearon cuadros para el análisis de susceptibilidad, peligros y finalmente vulnerabilidad y riesgo. También se realizó el análisis estadístico de los indicadores, de igual manera de los mapas temáticos realizados en la zona de estudio.

3.6. Ubicación de la zona de estudio

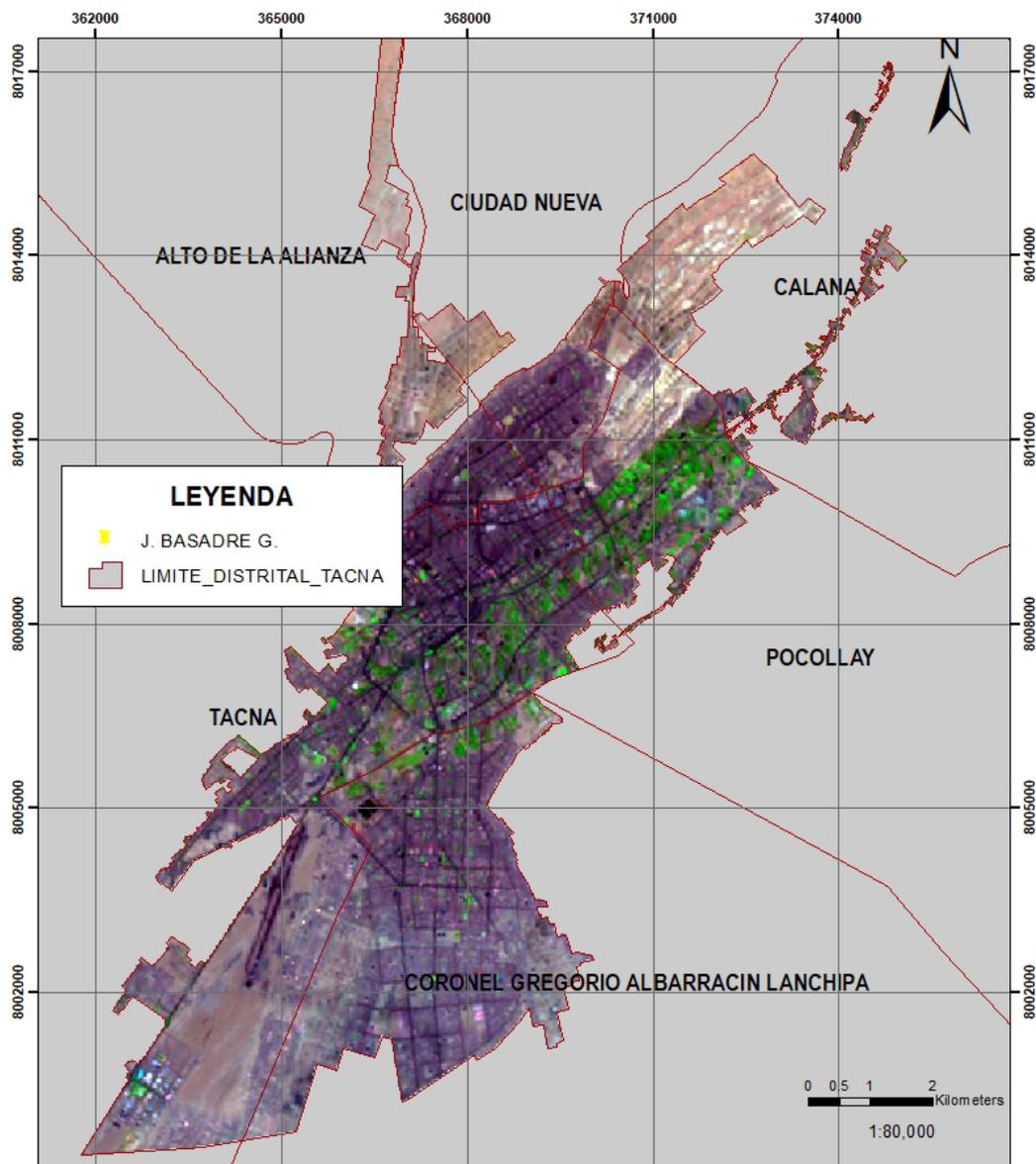


Figura 5. Mapa de ubicación de la zona urbana de Tacna.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1. Accesibilidad a la zona

Para obtener la accesibilidad de la zona de estudio será mediante el uso de imágenes satelitales, que fueron adquiridas por “Earth Explorer”, del servicio geológico de los Estados Unidos (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), donde se descargaron por un periodo comprendido entre el año 1985 y 2019, se utiliza las imágenes correspondientes a los meses de su periodo climatológico; Húmedo (Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Diciembre) y Seco (Julio, Agosto, Septiembre, Agosto). Para lograr abarcar la totalidad del área en estudio, se requirió la descarga de 2 cuadrículas, como se muestra en la Figura 6.

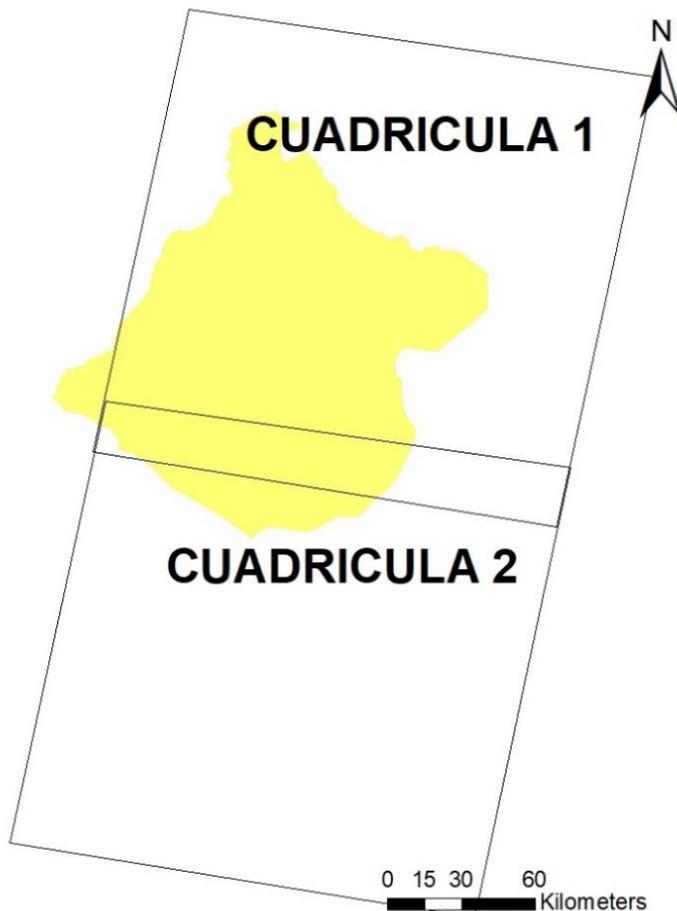


Figura 6. Cuadrículas que comprenden el área de Estudio

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra los datos de las cuadrículas que fueron ubicadas por el “Path” y “Row” (órbita y punto) donde fue utilizado para la ubicación de la Ciudad de Tacna.

Tabla 6
Coordenadas Path y Row de la Ciudad de Tacna

LANDSAT	Path	Row
		072
Ciudad de Tacna	002	073

Fuente: Elaboración Propia.

3.7. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se trabajó en la forma que detallamos a continuación.

3.7.1. Recolección de información

a. Imágenes satelitales.

Se trabajo con las imágenes del satélite Landsat, como se muestra a continuación:

Tabla 7
Datos de las imágenes adquiridas desde la USGS

Periodo húmedo				Periodo seco			
Fecha	Landsat	Sensor	Hora	Fecha	Landsat	Sensor	Hora
28/03/1985	L5	TM	14:12	21/07/1986	L5	TM	14:04
24/03/1995	L5	TM	13:51	2/10/1995	L5	TM	13:42
19/03/2005	L5	TM	14:28	26/08/2005	L5	TM	14:29
13/02/2010	L5	TM	14:32	7/07/2010	L5	TM	14:32
8/04/2015	L7	ETM	14:40	15/09/2015	L7	ETM	14:30
31/12/2019	L7	ETM	14:22	12/10/2019	L7	ETM	14:26

Fuente: Elaboración propia.

b. Información de metodológica.

La ciudad de Tacna es dominado clima ecuatorial. Es decir, es muy caluroso, húmedo y lluvioso durante todo el año. La temperatura media anual en Tacna es 23° (grados) y la precipitación media anual es 16 mm (milímetro). No llueve durante 334 días por año, la humedad media es del 77% y el Índice UV es 6. En la tabla 8 con la información de SENAMHI define los meses dominados secos y húmedos.

Tabla 8
Meses Húmedos y Secos de la Ciudad de Tacna

Zona	Mes	
	Húmedo	Seco
Ciudad de Tacna	Enero, febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre.	Junio, julio, agosto, septiembre, octubre.

Fuente: Elaboración Propia.

c. Información de población.

De acuerdo el Censo (2007 – 2017) se procede en extraer la información de los datos de población para así evaluar el incremento poblacional.

Censo 2007:

En la provincia Tacna del censo 2007 (Ver tabla 10) tiene un total de 262 731 de población y los distritos de la ciudad de Tacna con mayor población censada son: Distrito de Tacna con 94 428 habitantes (35.9%), coronel Gregorio Albarracín Lanchipa con 68 989 habitantes (26.3%), Distrito Alto de la Alianza con 35 439 habitantes (13.5%), Distrito Ciudad Nueva con 34 231 habitantes (10.4%), Distrito Pocollay con 17 113 habitantes (6.5%). El distrito de menor población es el Distrito Calana con 2 625 habitantes (1.0%)

Censo 2017:

En la provincia Tacna del censo 2017 (Ver tabla 10) tiene un total de 306 363 de población y los distritos de la ciudad de Tacna con mayor población censada: Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa con 110 417 habitantes (36.04%), Distrito de Tacna con 92 972 habitantes (30.35%), Distrito Alto de la Alianza con 34 061 habitantes (11.12%), Distrito Ciudad Nueva con 31 866 habitantes (10.4%), Distrito Pocollay con 18 627 habitantes (6.08%). El distrito de menor población es el Distrito Calana con 2 979 habitantes (0.97%).

Tabla 9

Tacna: Población censada entre el año 2007 y 2017

Provincia y distrito	2007		2017	
	Población	%	Población	%
Distrito Tacna	94428	35.94	92972	30.35
Distrito Alto De La Alianza	35439	13.49	34061	11.12
Distrito Ciudad Nueva	34231	13.03	31866	10.40
Distrito Pocollay	17113	6.51	18627	6.08
Distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa	68989	26.26	110417	36.04
Distrito Calana	2625	1.00	2979	0.97

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

d. Información de estructuras urbanas

La ciudad de Tacna en sus estructuras urbanas utiliza los materiales de construcción; ladrillo, cemento, adobe, madera y tejas para la urbanización.

Tabla 10

Material de construcción predominante en las paredes exteriores de las viviendas,
según Provincia y Distritos

Provincia y Distritos	Material de construcción								
	Ladrillo o bloque de cemento	Piedra o sillar con cal o cemento	Adobe	Tapia	Quincha (caña con barro)	Piedra con barro	Madera (pona, tornillo, etc.)	Triplay / calamina / estera	Otro material 1/
Distrito Tacna	105 375	625	4 936	23	297	92	1 019	1 330	0
Distrito Alto De La Alianza	33 648	202	326	0	37	28	1 229	2 464	0
Distrito Calana	2 514	31	741	13	21	9	195	194	0
Distrito Ciudad Nueva	36 877	126	152	5	31	6	1 161	1 964	0
Distrito Pocollay	19 197	70	866	0	46	36	415	1 671	0
Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa	133 254	621	1 236	25	142	42	1 669	6 521	0

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Tabla 11

Material de construcción predominante en los techos de las viviendas, según provincia y distrito de Tacna

Provincia y Distritos	Material de construcción									
	Concreto armado	Madera	Tejas	Planchas calamina, de cemento o similares	de fibra o	Caña o estera con torta de barro o cemento	Triplay estera carrizo	/ /	Paja, hoja de palmera y similares	Otro material
Distrito Tacna	87256	1258	787	21013		2196	1114		70	3
Distrito Alto De La Alianza	27766	246	192	8556		358	811		5	0
Distrito Calana	990	100	35	1912		572	106		3	0
Distrito Ciudad Nueva	30660	303	177	8015		455	699		13	0
Distrito Pocollay	14242	205	96	6588		586	551		33	0
Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa	71494	871	531	65735		2219	2590		70	0

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

e. Información de las características térmicas de los materiales de construcción

- Conductividad térmica (λ): Capacidad del material para transmitir el calor de su masa.
- Densidad (ρ): Relación entre la masa y el volumen de cualquier cuerpo material.
- Calor específico (C_p): Cantidad de calor del material para aumentar o disminuir su temperatura a $^{\circ}\text{C}$
- Calor específico volumétrico (ρC_p): Capacidad de almacenamiento de calor de un determinado material o su capacidad volumétrica.
- Difusividad térmica (a): Capacidad de un material para transmitir la temperatura.
- Efusividad térmica (b): Capacidad de un material para absorber o restituir un flujo de calor o potencia térmica.

Para determinar la capacidad de almacenamiento de calor y su capacidad de transmisión de temperatura, se realiza las siguientes formulas:

- Difusividad térmica (a)

$$a = \lambda / \rho C_p$$

Donde

a : Difusividad térmica

λ : Conductividad térmica

ρC_p : Calor específico volumétrico

- Efusividad térmica (b)

$$b = (\lambda \rho C_p)^{1/2}$$

Donde

b : Efusividad térmica

λ : Conductividad térmica

ρC_p : Calor específico volumétrico

Tabla 12

Lista de materiales y sus propiedades térmicas a temperatura ambiente.

MATERIAL	λ	ρ	C_p	a	b
	<i>W/Mk</i>	<i>kg/m³</i>	<i>J/kgK</i>	<i>m²/s</i>	<i>J/m²Ks^{1/2}</i>
Madera de construcción	0.130	630	1360	1.52E-07	3.34E+02
Tierra con paja	0.300	400	900	8.33E-07	3.29E+02
Agua	0.582	1000	4187	1.39E-07	1.56E+03
Ladrillos de arcilla	0.814	1800	921	4.91E-07	1.16E+03
Vidrio plano	1.160	2490	830	5.61E-07	1.55E+03
Concreto pesado	1.750	2300	920	8.27E-07	1.92E+03

Fuente: (Gonzales , 2014)

3.7.2. Procesamiento de imágenes satelitales

Antes de procesar las imágenes satelitales, se deben corregir radiométricamente para minimizar los errores en su procesamiento y análisis.

a. Corrección Radiométrica

Implica la restauración de líneas o píxeles perdidos y la corrección del bandeo de la imagen.

- Corrector de Escaneo Lineal (SLC) en Landsat 7 ETM+.

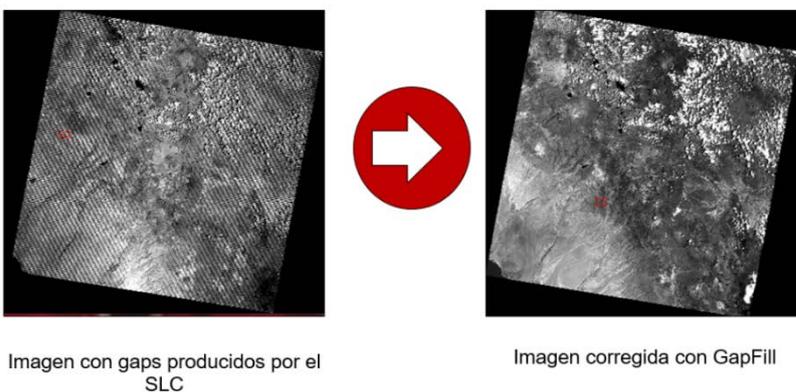


Figura 7. Imagen con Gaps e imagen corregida.

Fuente: Elaboración propia.

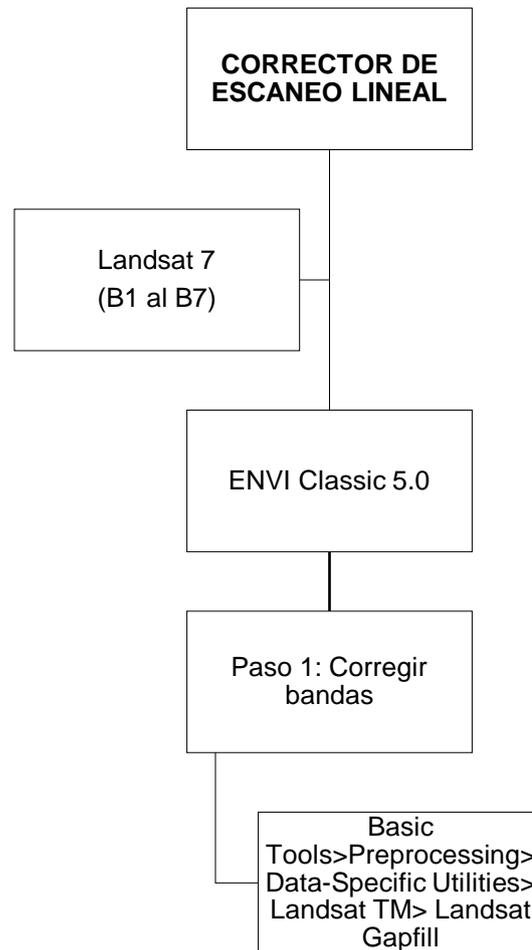


Figura 8. Diagrama del Corrector de Escaneo Lineal (SLC)

Fuente: *Elaboración propia.*

- Corrección del bandeo

Se realiza la corrección debido a las interferencias que fueron causados por las condiciones atmosféricas y de iluminación al instante que los sensores adquieren las imágenes. Por ello con el uso del Software ENVI Classic y la Herramienta de “Calibración Landsat”, va permitir minimizar las interferencias atmosféricas donde introduce los siguientes datos: Tipo de satélite Landsat, fecha, elevación solar, altura promedio del área, tipo de banda adquirida y tipos de calibración (de Radiancia a Reflectancia)

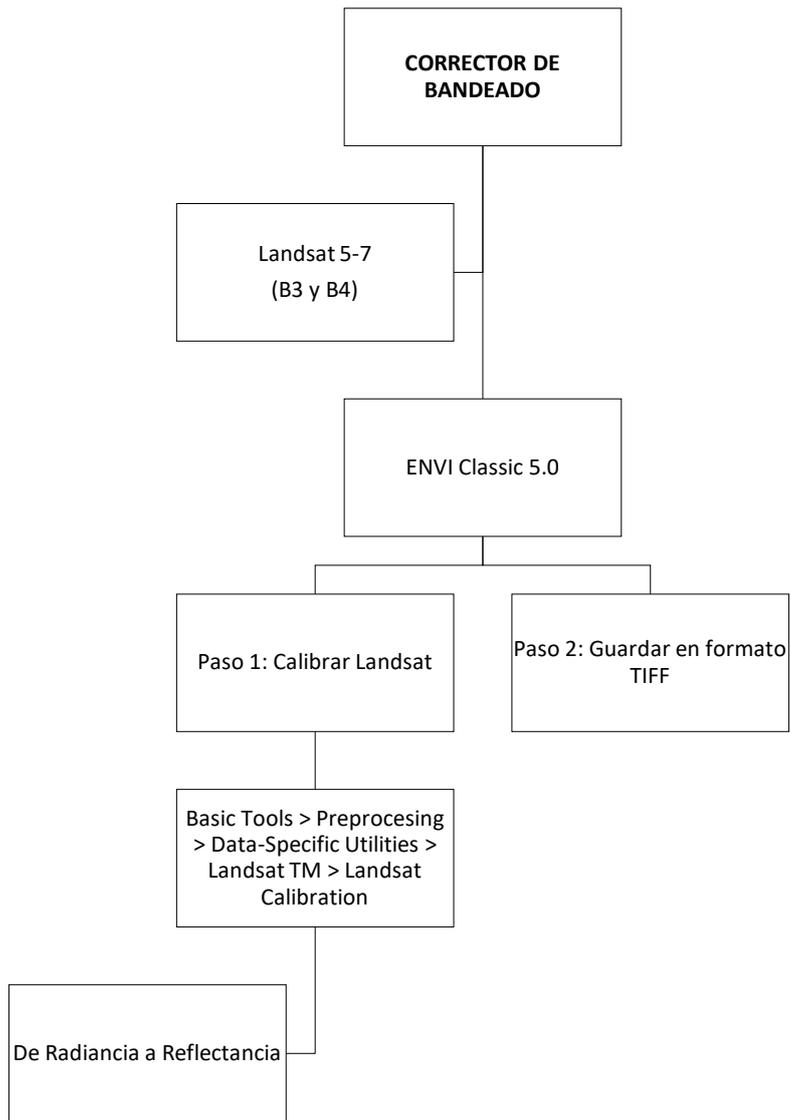


Figura 9. Diagrama de la corrección del bandeado

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Datos extraídos de la Metadata de Landsat 5-7 para su calibración

Periodo húmedo				
Fecha	Landsat	Sensor	SUN_ELEVATION	
			002-072	002-073
28/03/1985		TM	47.16604768	46.3525168
24/03/1995	5	TM	43.16005137	42.47805001
19/03/2005		TM	51.86883637	51.09629720
13/02/2010		TM	55.73742584	55.44905413
8/04/2015	7	ETM	51.37254681	50.31743065
31/12/2019		ETM	56.80505924	43.46605358
Periodo seco				
21/07/1986		TM	35.18575054	34.05990081
2/10/1995	5	TM	46.95985321	46.39430347
26/08/2005		TM	47.32324949	46.26306933
7/07/2010		TM	38.63154141	37.39182558
15/09/2015	7	ETM	55.43953287	54.45180055
12/10/2019		ETM	59.21644162	58.60769017

Fuente: Elaboración propia.

b. Composición de bandas Landsat 5- 7

La composición de bandas de los Landsat 5-7, permite combinar las bandas entre sí para generar imágenes de color verdadero o de color falso con la combinación de bandas, donde se aplica a cada uno de los tres colores primarios (rojo, verde, azul). A continuación, se describe los pasos para la composición de bandas en Landsat 5-7 (Ver Figura 10) para cada cuadrícula 072 y 073.

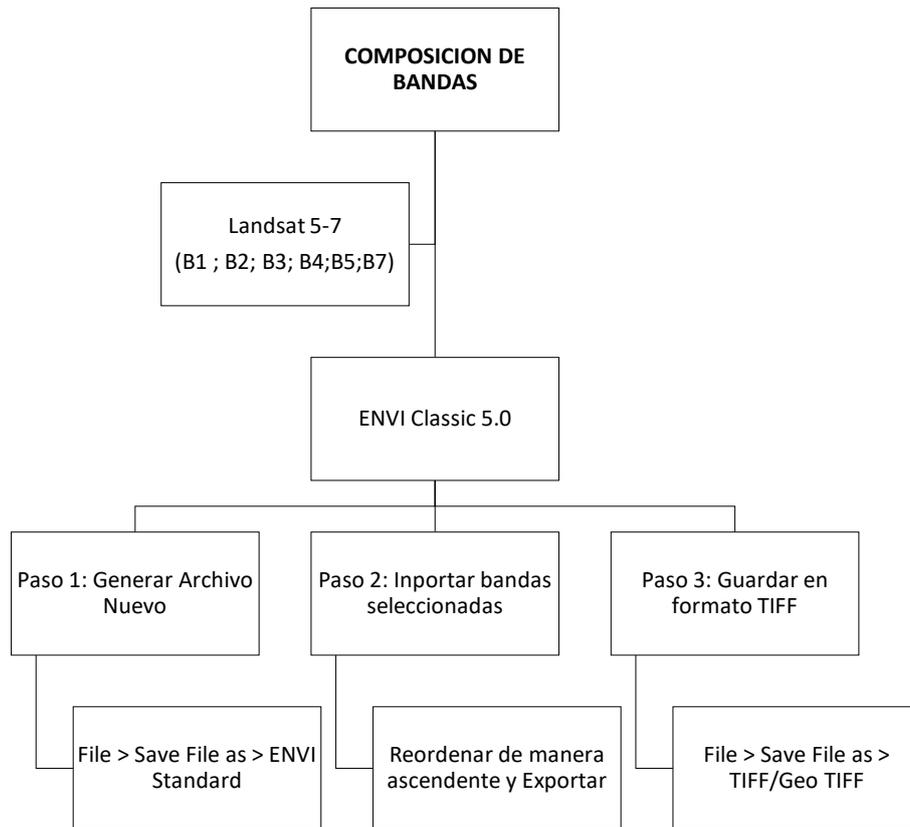


Figura 10. Diagrama de Composición de Bandas.

Fuente: Elaboración propia.

c. Mosaico de las cuadrículas

- Corte de las imágenes satelitales.

Se inserta las composiciones de bandas de cada fecha adquirida y los elementos de corte (072 y 073). Se sigue con la siguiente extensión (**Arctoolbox > Spatial Analysis Tool > Extraction > Extract by Mask**). Guardar con el nombre “Corte_72” y “Corte_73”

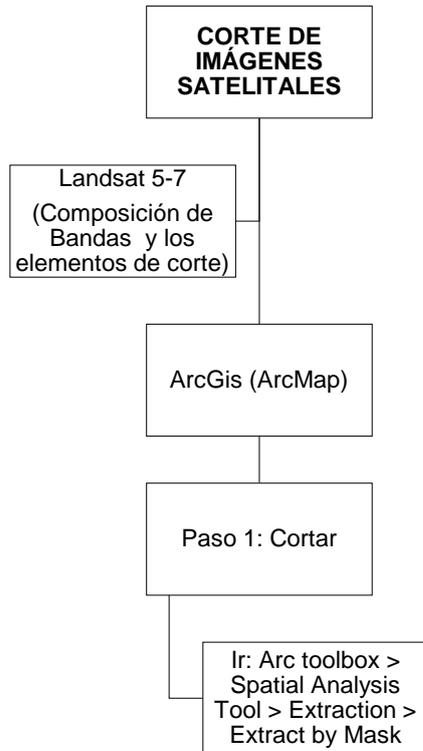


Figura 11. Diagrama de corte de Imágenes Satelitales
Fuente: Elaboración propia.

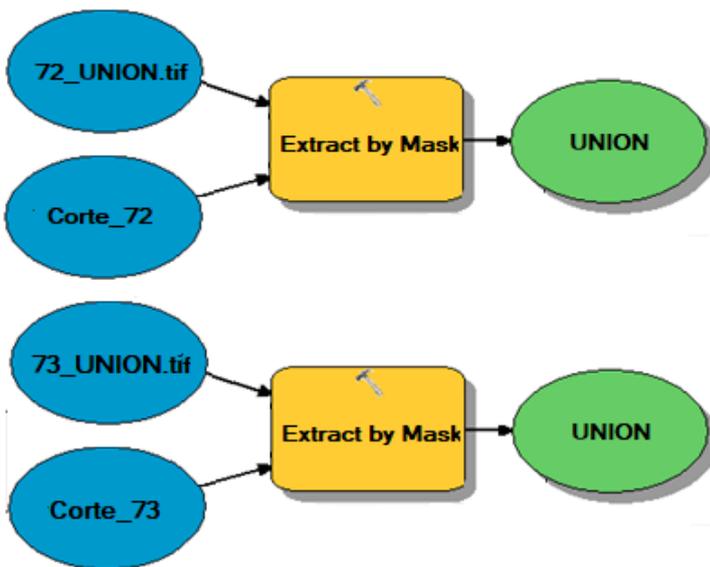


Figura 12. Modelamiento de corte de imagen satelital (ArcGis)
Fuente: Elaboración propia.

- Unión de las imágenes satelitales

Para realizar la unión los cortes (072 y 073) se efectúa con el uso de dos programas:

- Unión de Raster en ArcGis

Se utiliza la herramienta "Mosaic To New Raster", se agrega los cortes o bandas por separado del Landsat 5-7 y se sigue la siguiente extensión (***ArcToolbox > Data Management Tool > Raster > Raster Dataset > Mosaic To New Raster***).

Ventana de Mosaico:

- ✓ Ráster de entrada: Corte_73 - Corte_72
- ✓ Ráster de salida: Carpeta de destino Spatial
- ✓ Referencia espacial para ráster: 19 K
- ✓ Numero de Bandas: Depende de su selección

- Unión de Raster en ENVI Classic

Utilizando la herramienta "Georeferenced" y se realiza la siguiente extensión (***Basic Tools > Mosaicking > Georeferenced***).

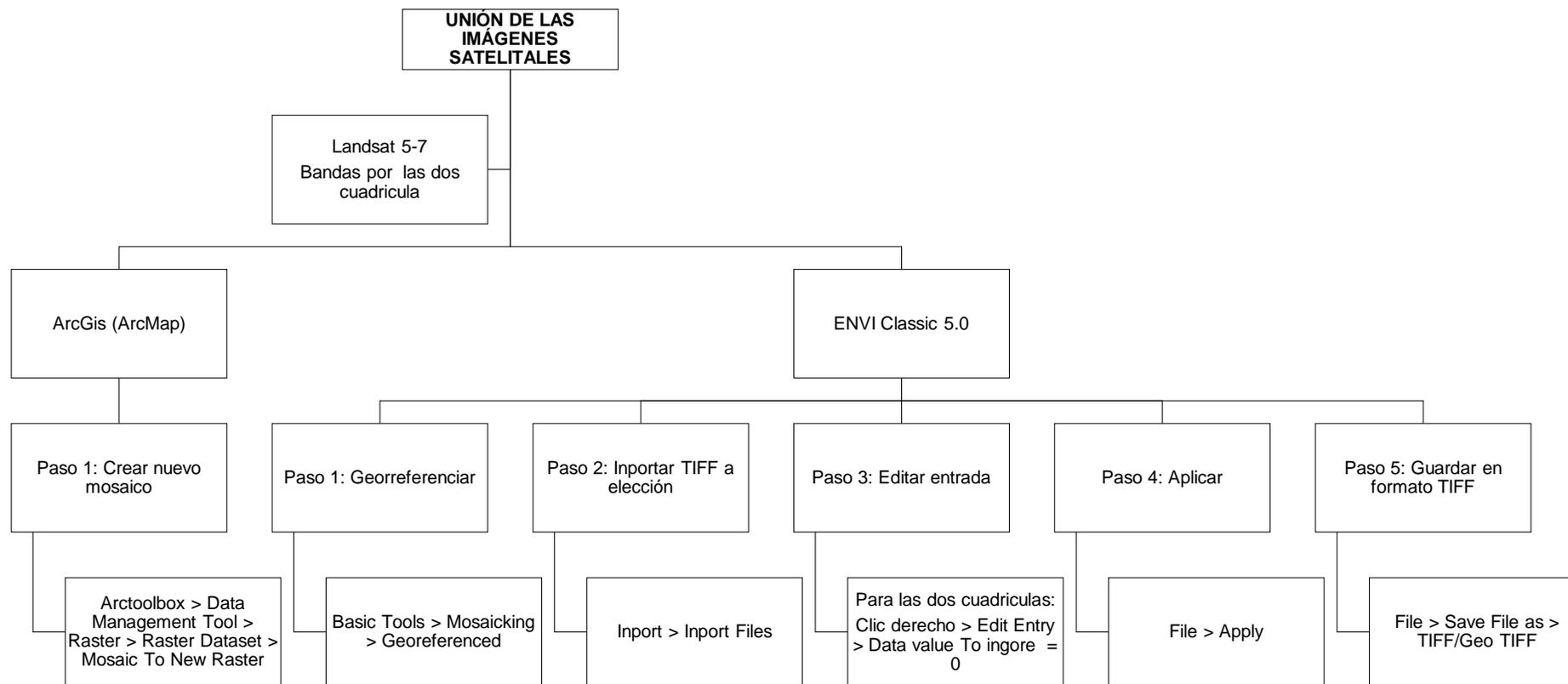


Figura 13. Diagrama de Unión de las Imágenes Satelitales

Fuente: Elaboración propia.

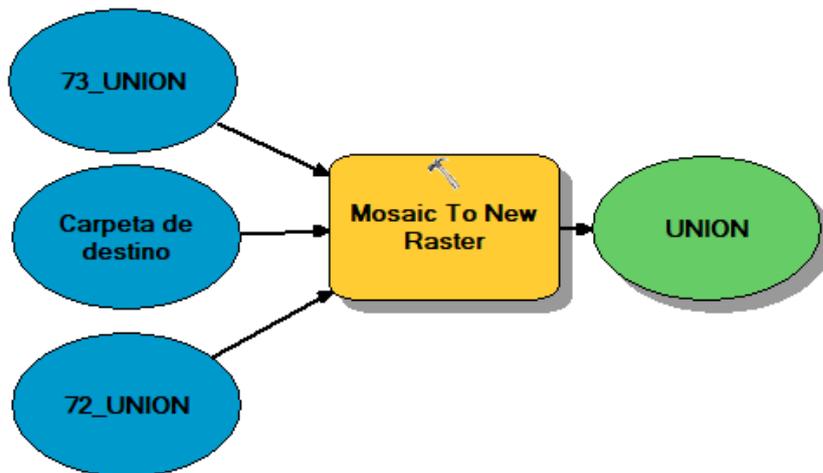


Figura 14. Modelamiento de unión de imagen satelital. (ArcGis)

Fuente: Elaboración propia.

- Corte en la zona de estudio

Para realizar el corte de nuestra zona de estudio se efectúa con el uso de dos programas:

- Corte en ArcGis

Se utiliza la herramienta “Extract by Mask”, se agrega el Raster de imagen satelital y shp de la zona urbana de Tacna y se sigue la siguiente extensión (**Arctoolbox > Spatial Analysis Tool/Extraction > Extract by Mask**).

Ventana de extracción de máscara:

- ✓ Ráster de entrada: Unión.shp
- ✓ Ingreso de datos de máscara de entidad o ráster: Limite departamental o zona urbana.shp

- Corte en ENVI Classic

Utilizando la herramienta “Spatial Subset” y se realiza la siguiente extensión (**File > Save File as > ENVI Standard > Spatial Subset**) y guardar con el nombre “Unión”

Tabla 14
 Coordenadas para corte de Imagen Satelital.

Coordenadas	Superior	Inferior
Este	359535	385455
Norte	8025925	7997275

Fuente: Elaboración propia.

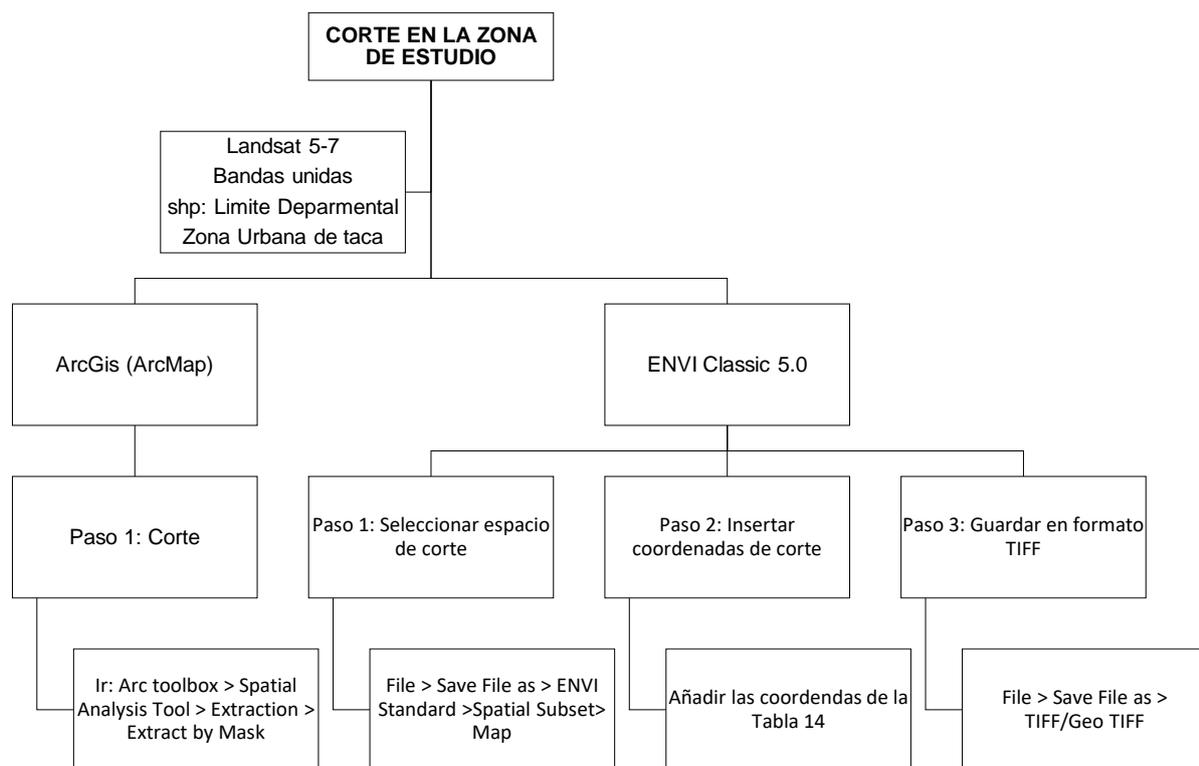


Figura 15. Diagrama de Corte de zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

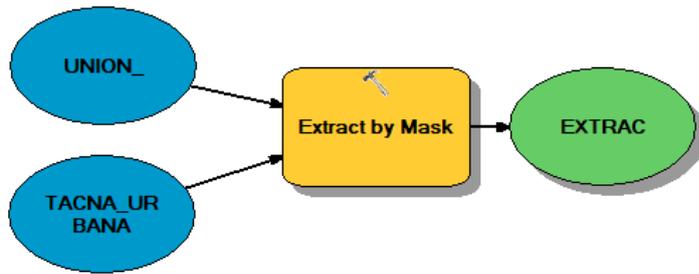


Figura 16. Modelamiento de corte en la zona de estudio (ArcGis)

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3. Procesamiento de NDVI

NDVI ayuda a identificar lugares con vegetación y cuán vigorosa es la misma. En primer lugar, se realiza los ajustes de bandas espectrales (corte de bandas y unión de bandas). El cálculo del NDVI se realizó a cada una de las 12 imágenes. Para el cálculo del NDVI se realizó con los softwares; ArcGis y ENVI Classic para su posterior comparación de datos.

- NDVI en ArcGis

Se utiliza la herramienta “Calculadora Raster”, se añaden los archivos “B3” y “B4” previamente unidos, donde se realiza la siguiente extensión (**Arctoolbox > Spatial Analysis Tool > Map Algebra > Raster Calculator**) cuya fórmula es $(\text{Float } (B4 - B3)) / (\text{Float } (B4 + B3))$ y se guarda.

- NDVI en ENVI Classic

Utilizando la herramienta “Band Math”, se añaden los archivos “B3” y “B4” previamente unidos y se realiza la siguiente extensión (**Basic Tools > Band Math**), la ecuación es $(B4 - B3) / (B4 + B3)$ y se guarda.

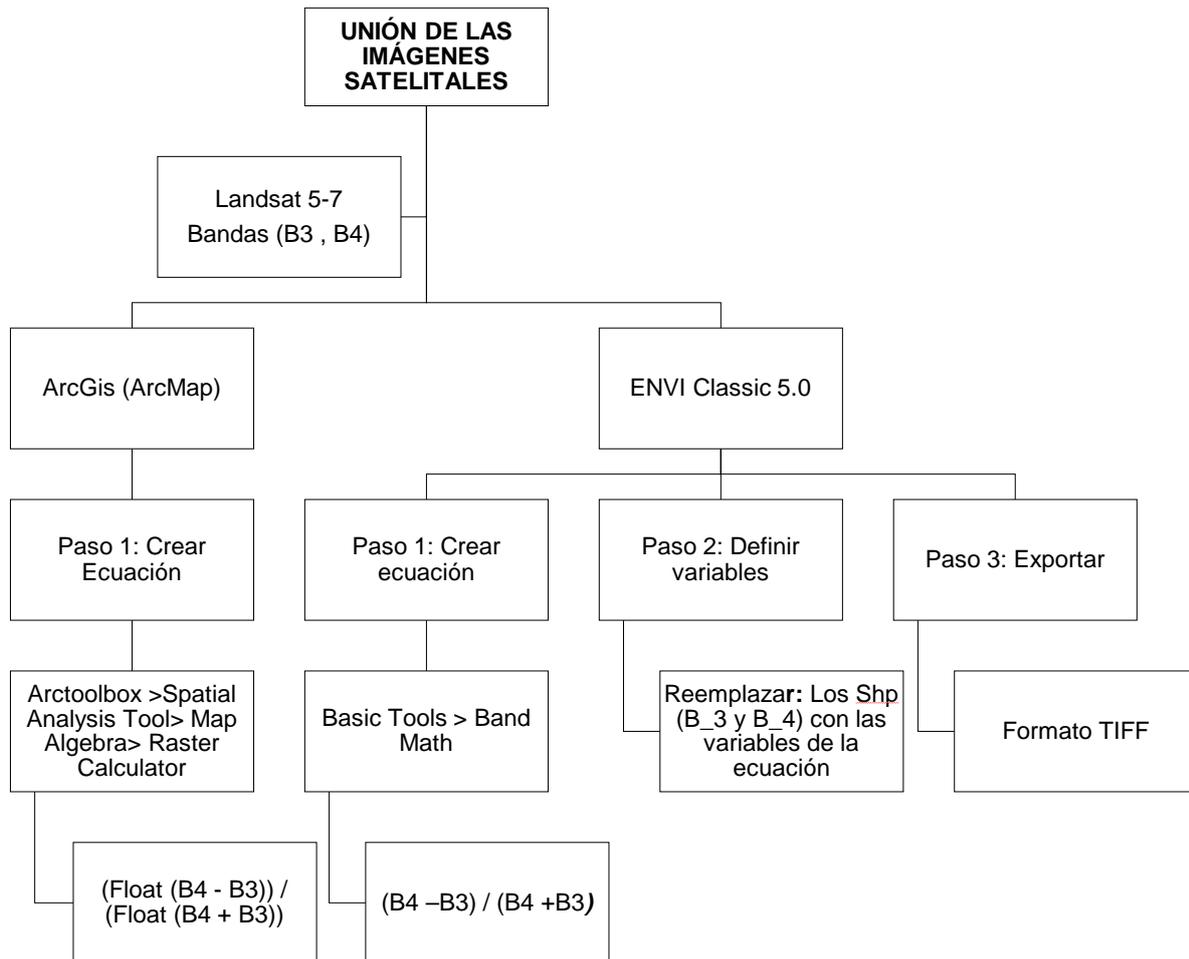


Figura 17. Diagrama de NDVI

Fuente: Elaboración propia.

- Corte del NDVI en la zona de estudio

El procedimiento del corte del NDVI se realiza con los dos resultados del programa ArcGis (ArcMap) y ENVI Classic 5.0 donde se muestra en el ítem 3.2.2. (c), corte área y/o zona de estudio.

a. Clasificación del NDVI

Para realizar la clasificación (Tabla 15) se utiliza la herramienta “Reclasificar” del software ArcGis (ArcMap), se realiza la siguiente extensión (**ArcToolbox > Spatial Analysis Tool > Reclass > Reclassify**) y se guarda.

será clasificado por 3 rangos de a continuación:

Ventana de reclasificación:

- ✓ Método de clasificación: igual Interval

- ✓ Clases: 3
- ✓ Valores: Se utiliza el valor mínimo y máximo de cada fecha de adquisición

Tabla 15

Rangos de NDVI

NDVI	Descripción
$NDVI < 0.2$	Suelo urbano
$0.2 \leq NDVI \leq 0.5$	Vegetación y suelo urbano
$NDVI > 0.5$	Vegetación arbustiva

Fuente: (Soberón & Obregón, 2015)

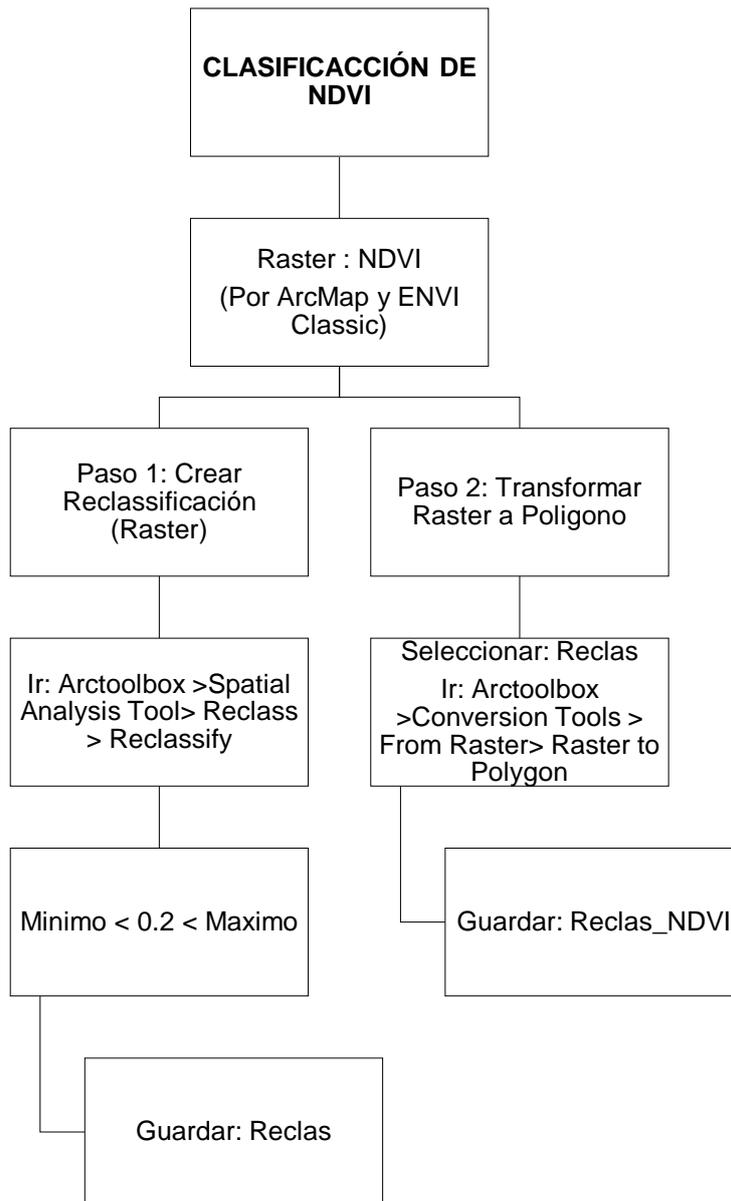


Figura 18. Diagrama de clasificación del NDVI

Fuente: Elaboración propia.

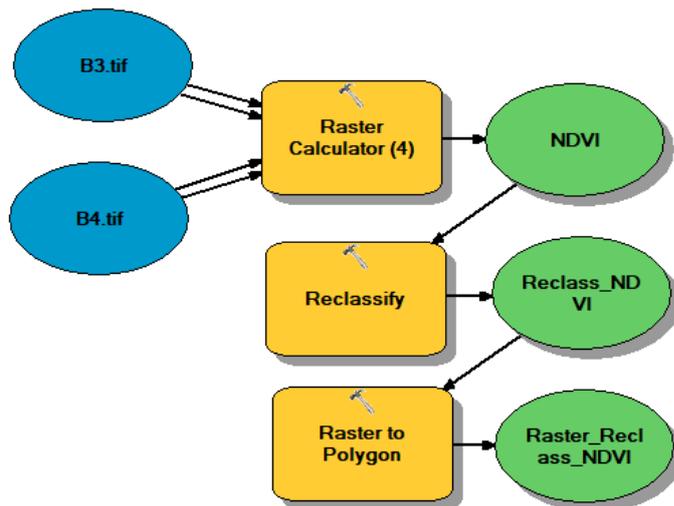


Figura 19. Modelamiento del NDVI (ArcGis)

Fuente: Elaboración propia.

3.7.4. Procesamiento de temperatura

Luego de realizar el pre-procesamiento de las imágenes satelitales, el NDVI, la reclasificación y obtener la vegetación sana de los distritos de la ciudad urbana de Tacna. Con el software ArcGis se utiliza la herramienta “Calculadora Raster”,

a. Convertir de ND a Radiancia

Con el programa ArcMap, se añaden los archivos “B6” previamente unidos, donde se realiza la siguiente extensión (**Arctoolbox > Spatial Analysis Tool > Map Algebra > Raster Calculator**) cuya ecuación es $((LMAX\lambda - LMIN\lambda) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN\lambda$ y se guarda con el nombre “RADIANCIA”.

En la siguiente tabla se visualizan los datos extraídos por la meta data de los sensores Landsat 5 – 7:

Tabla 16

Metadatos de los sensores Landsat 5-7 para la conversión de ND a radiancia

Sensor	QCAL	LMAX λ	LMIN λ	QCALMAX	QCALMIN
Landsat 5	Banda 6	15.303	1.238	255	1
Landsat 7	Banda 6_ VCID_2	12.650	3.200	255	1

Fuente: Elaboración Propia

b. Convertir Radiancia a Temperatura en grados Kelvin

Con el programa ArcMap, se añaden los archivos “Radiancia” se realiza la siguiente extensión (**Arctoolbox >Spatial Analysis Tool> Map Algebra> Raster Calculator**) y se realiza la siguiente ecuación $K2/ \ln (K1/ Radiancia + 1)$ y se guarda con el nombre “Temp_Kelvin”.

Tabla 17

Constantes de calibración K1 y K2

Sensor	Constante 1 - K1 (Watts/(m ² *sr*µm))	Constante 2 – K2 (Kelvin)
Landsat 7 ETM+	666.09	1282.71
Landsat 5 TM	607.76	1260.56

Fuente: Elaboración Propia.

c. Convertir Temperatura de grados Kelvin a grados Celsius

Con el programa ArcMap, se añaden los archivos “Temp_Kelvin” se realiza la siguiente extensión (**Arctoolbox >Spatial Analysis Tool> Map Algebra> Raster Calculator**) y se realiza la siguiente ecuación $Tem_K - 273.15$ y se guarda con el nombre “Temp_Celsius”.

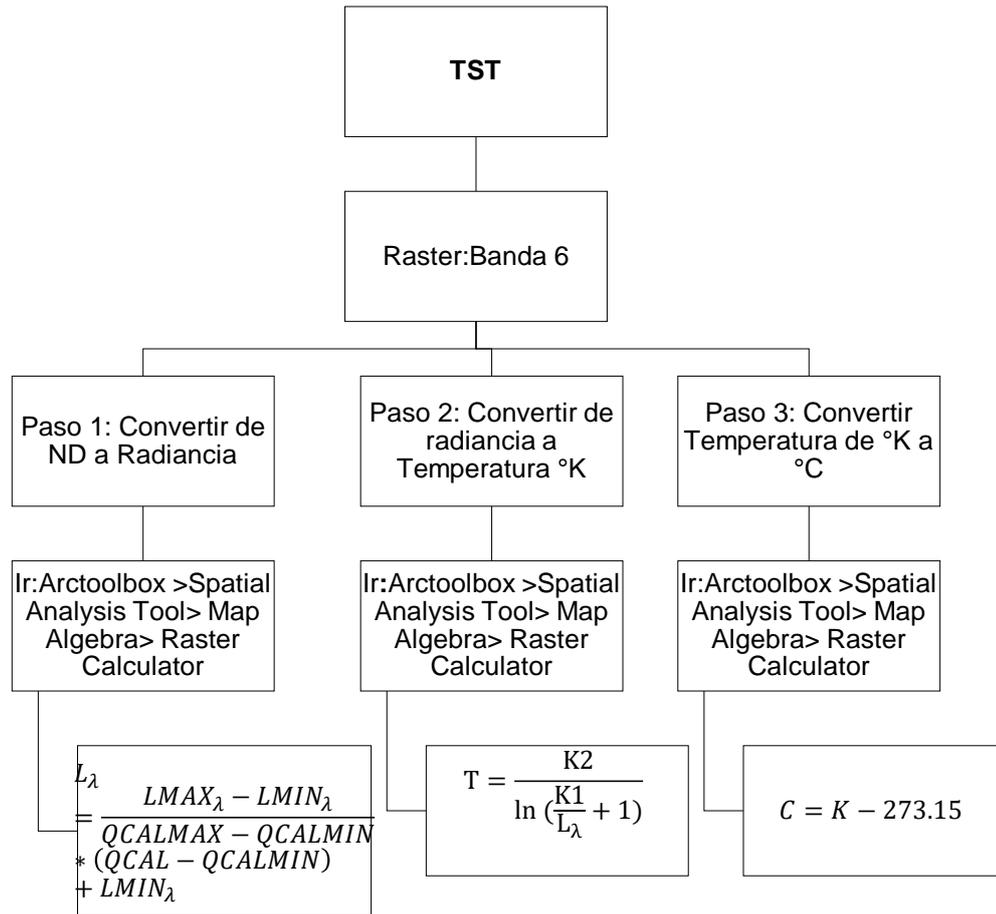


Figura 20. Diagrama de Temperatura Superficial Terrestre(TST)

Fuente: Elaboración Propia.

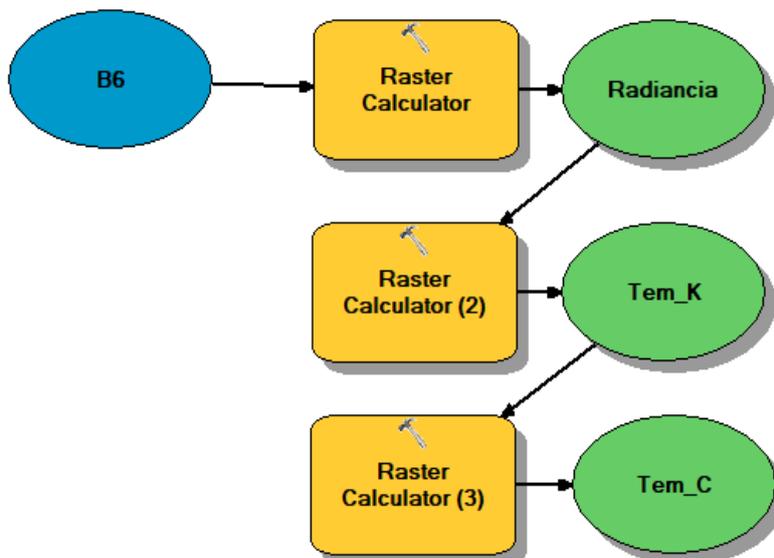


Figura 21. Modelamiento del TST (ArcGis)

Fuente: Elaboración propia.

3.7.5. Correlación de temperatura y NDVI

Para realizar la correlación se selecciona dos variables: NDVI y Temperatura, se ejecuta los siguientes procedimientos:

a. Crear grillas en base la zona urbana

Con el programa ArcMap, se utiliza la herramienta “*Create Fishnet*” para crear polígonos y puntos en la extensión de la zona urbana de Tacna, donde se añade los Raster (NDVI, TST) y el shp. zona urbana de Tacna, se realiza la siguiente extensión (***Arctoolbox >Data Management Tools > Sampling > Create Fishnet***).

Ventana de creación de grilla:

- ✓ Clase de entidad de salida: Escribir “NDVI_TST”
- ✓ Extensión de la plantilla: Zona urbana de Tacna
- ✓ Número de filas y columnas: 50
- ✓ Tipo de geometría: Polígono

b. Registrar valores en la tabla de atributos

Para el siguiente procedimiento se utiliza la herramienta “*Extrac Multi Values To Points*” para registrar los valores en la tabla de atributos del shp. “NDVI_TST” con un sufijo _label donde se realiza la siguiente extensión (***Arctoolbox > Spatial Analysis Tool/Extraction > Extrac Multi Values To Points***).

Ventana de extracción de valores múltiples a puntos:

- ✓ Características del punto de entrada: NDVI_TST_label
- ✓ Rásteres de entrada: Añadir rasters (NDVI y TST)

c. Cortar en la zona de estudio

Para el siguiente procedimiento se utiliza la herramienta “*Clip*” para cortar el shp. “NDVI_TST” con un sufijo _label en nuestra zona urbana (***Arctoolbox > Analysis Tools > Extract > Clip***) y guardar con el nombre de “Correlación”

Rellenar Ventana de corte:

- ✓ En características de entrada: Shp. NDVI_TST_label
- ✓ En zona de corte: Zona_Urbana

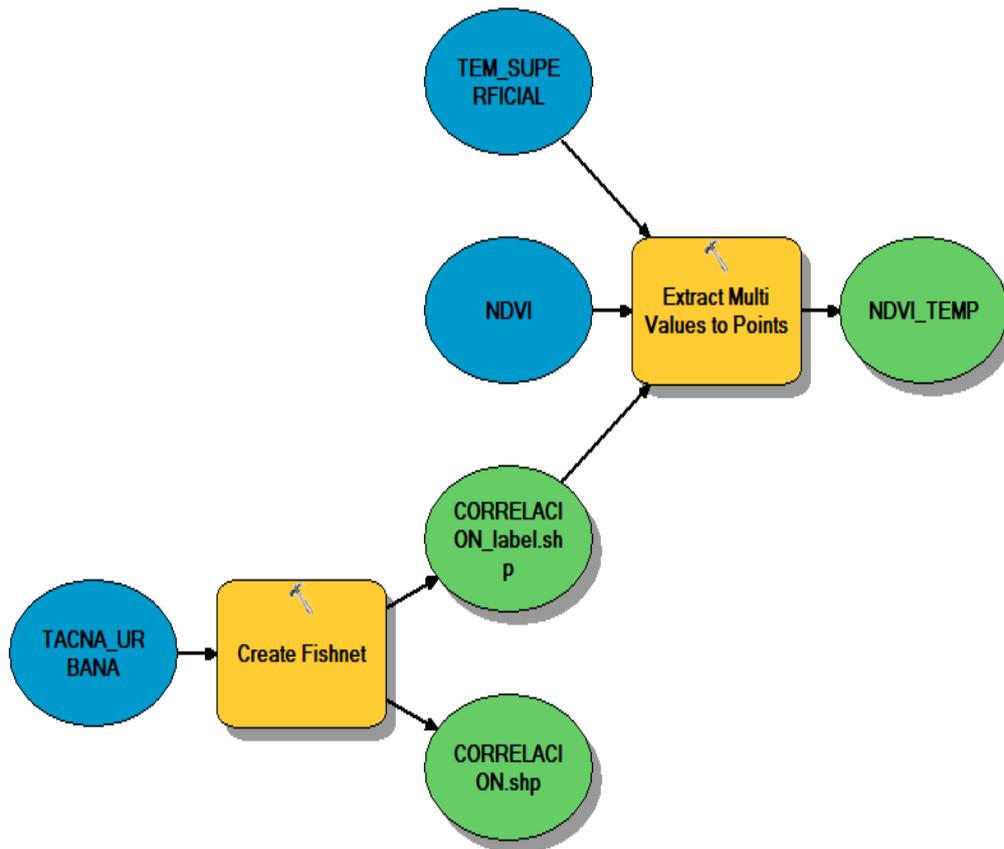


Figura 22. Modelamiento de la correlación NDVI y TST (ArcGis)

Fuente: Elaboración propia.

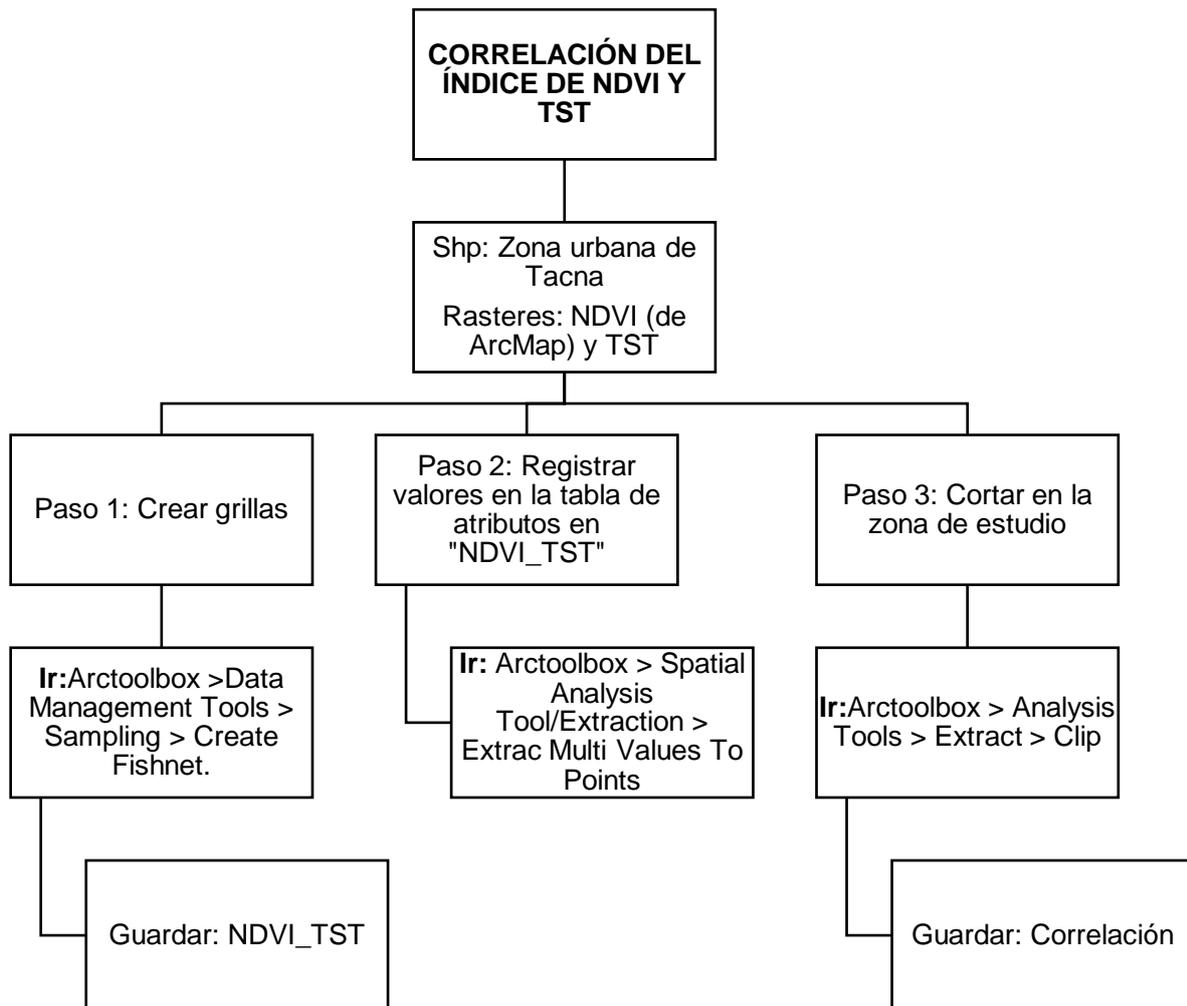


Figura 23. Diagrama de Correlación entre NDVI y TST

Fuente: Elaboración propia.

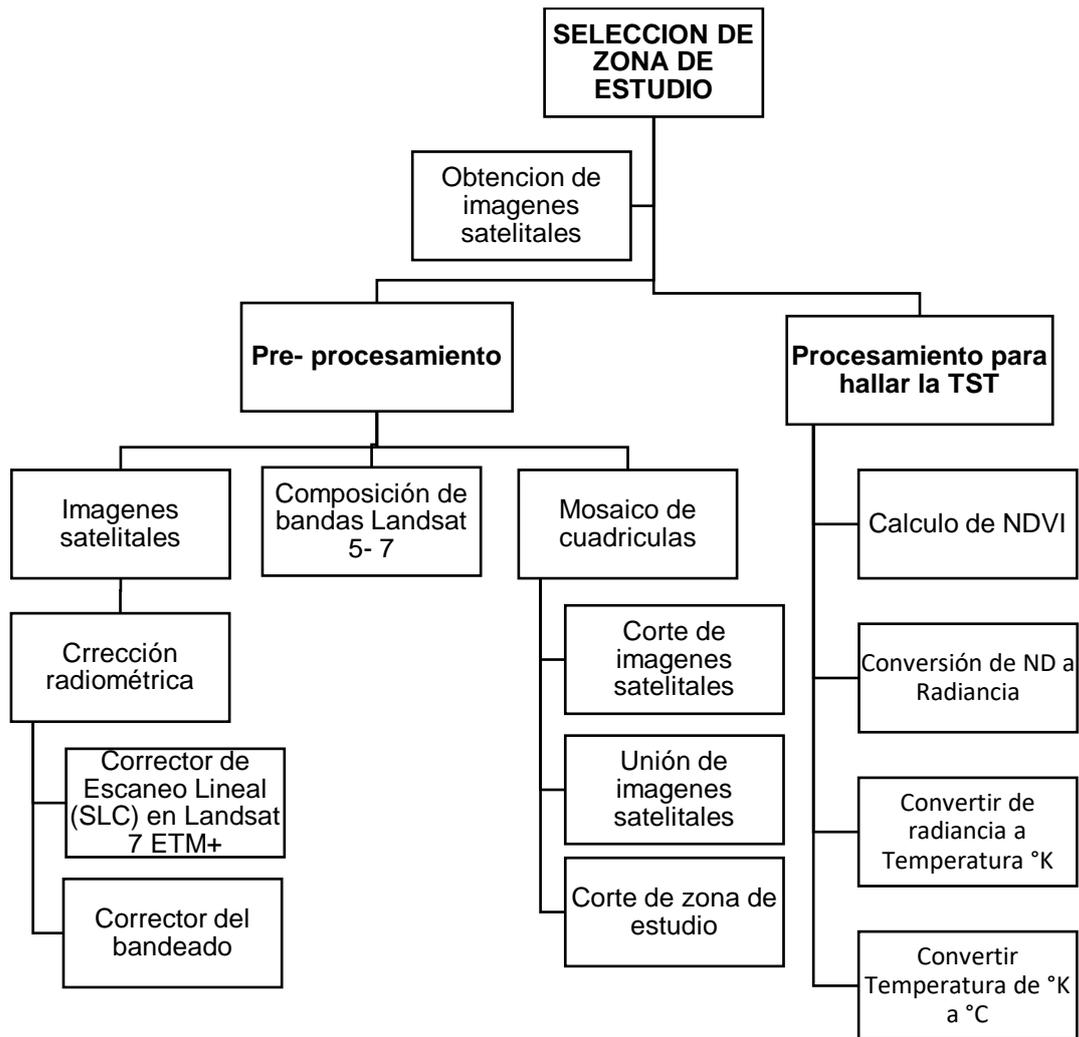


Figura 24. Diagrama para el procesamiento de la información.

Fuente: Elaboración propia.

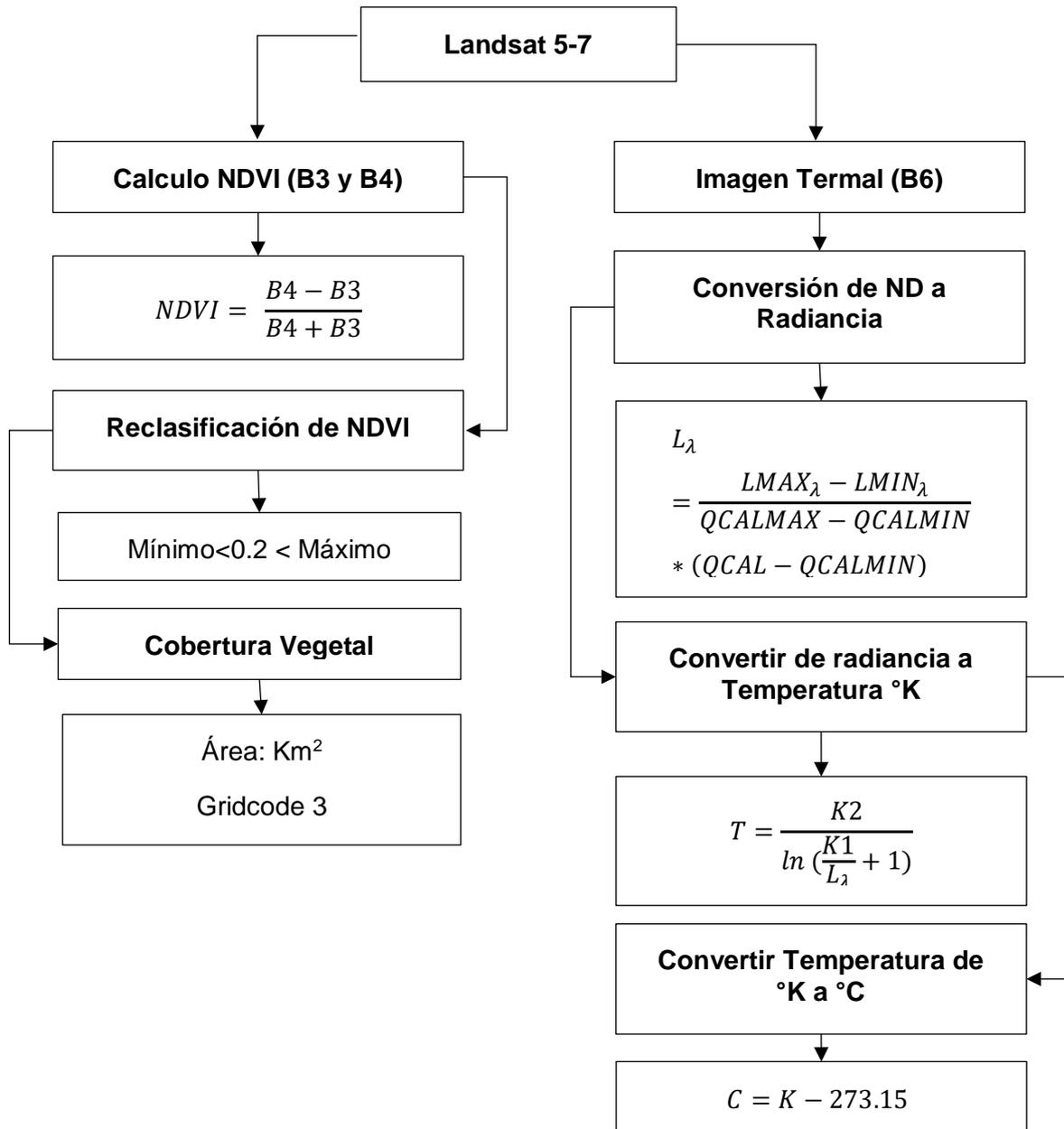


Figura 25. Diagrama de cálculo del NDVI y TST con Imágenes Landsat 5 – 7

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Procesamiento de imágenes satelitales

4.1.1. Periodo húmedo

Tabla 18

Información en Landsat 5 (Periodo Húmedo)

002-072					
Fecha	Landsat	Sensor	Id	Datum	UTM
28/03/1985	L5	TM	LT05_L1TP_002072_19 850328_20170219_01_ T1	WGS84	19
24/03/1995	L5	TM	LT05_L1TP_002072_19 950324_20170108_01_ T1	WGS84	19
19/03/2005	L5	TM	LT05_L1TP_002072_20 050319_20161128_01_ T1	WGS84	19
13/02/2010	L5	TM	LT05_L1TP_002072_20 100213_20161016_01_ T1	WGS84	19
002-073					
28/03/1985	L5	TM	LT05_L1TP_002073_19 850328_20170219_01_ T1	WGS84	19
24/03/1995	L5	TM	LT05_L1TP_002073_19 950324_20170108_01_ T1	WGS84	19
19/03/2005	L5	TM	LT05_L1TP_002073_20 050319_20161126_01_ T1	WGS84	19
13/02/2010	L5	TM	LT05_L1TP_002073_20 100213_20161019_01_ T1	WGS84	19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Información en Landsat 7 (Periodo Húmedo)

002-072					
Fecha	Landsat	Sensor	Id	Datum	UTM
8/04/2015	L7	ETM	LE07_L1TP_002072_ 20150408_20161027_ 01_T1	WGS84	19
31/12/2019	L7	ETM	LE07_L1TP_002072_ 20191231_20200126_ 01_T1	WGS84	19
002-073					
8/04/2015	L7	ETM	LE07_L1TP_002073_ 20150408_20161029_ 01_T1	WGS84	19

31/12/2019	L7	ETM	LE07_L1TP_002073_20191231_20200126_01_T1	WGS84	19
------------	----	-----	--	-------	----

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Periodo Seco

Tabla 20

Información en Landsat 5 (Periodo Seco)

002-072					
FECHA	LANDSAT	SENSOR	ID	DATUM	UTM
21/07/1986	L5	TM	LT05_L1TP_002072_19 860721_20170217_01_T1	WGS84	19
2/10/1995	L5	TM	LT05_L1TP_002072_19 951002_20170106_01_T1	WGS84	19
26/08/2005	L5	TM	LT05_L1TP_002072_20 050826_20161124_01_T1	WGS84	19
7/07/2010	L5	TM	LT05_L1TP_002072_20 100707_20161014_01_T1	WGS84	19
002-073					
21/08/1986	L5	TM	LT05_L1TP_002073_19 860721_20170217_01_T1	WGS84	19
2/10/1995	L5	TM	LT05_L1TP_002073_19 951002_20170106_01_T1	WGS84	19
26/08/2005	L5	TM	LT05_L1TP_002073_20 050826_20161124_01_T1	WGS84	19
7/07/2010	L5	TM	LT05_L1TP_002073_20 100707_20161014_01_T1	WGS84	19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21

Información en Landsat 7 (Periodo Seco)

002-072					
FECHA	LANDSAT	SENSOR	ID	DATUM	UTM
8/04/2015	L7	ETM	LE07_L1TP_002072_20 150915_20161020_01_T1	WGS84	19
12/10/2019	L7	ETM	LE07_L1TP_002072_20 191012_20191107_01_T1	WGS84	19
002-073					

8/04/2015	L7	ETM	LE07_L1TP_002073_20 150915_20161020_01_ T1	WGS84	19
12/10/2019	L7	ETM	LE07_L1TP_002073_20 191012_20191107_01_ T1	WGS84	19

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Procesamiento de NDVI

Los resultados con el software ENVI Classic y ArcMap tienen las mismas variaciones y queda demostrado que es un dato real. Al momento de realizar la clasificación se analiza los rangos y se adquiere la vegetación cuyo rango es; mayor de 0.2. En las siguientes tablas se estiman la superficie total y el porcentaje de cada periodo en relación a los años.

4.2.1. Periodo Húmedo

Tabla 22

Estimación de superficie y porcentaje en la vegetación sana (Periodo Húmedo)

Año	Superficie (km ²) / Porcentaje	
	Área	%
1985	2.537	100
1995	1.111	43.8
2005	1.106	43.6
2010	0.838	33
2015	0.130	5
2019	0.240	9

Fuente: Elaboración propia.

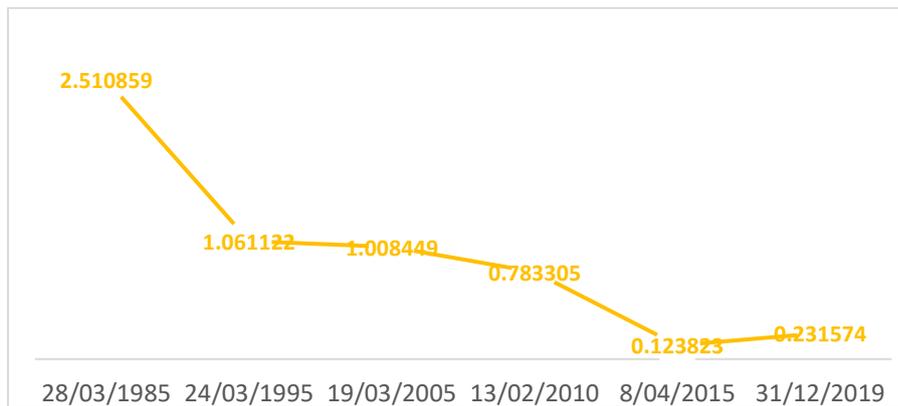
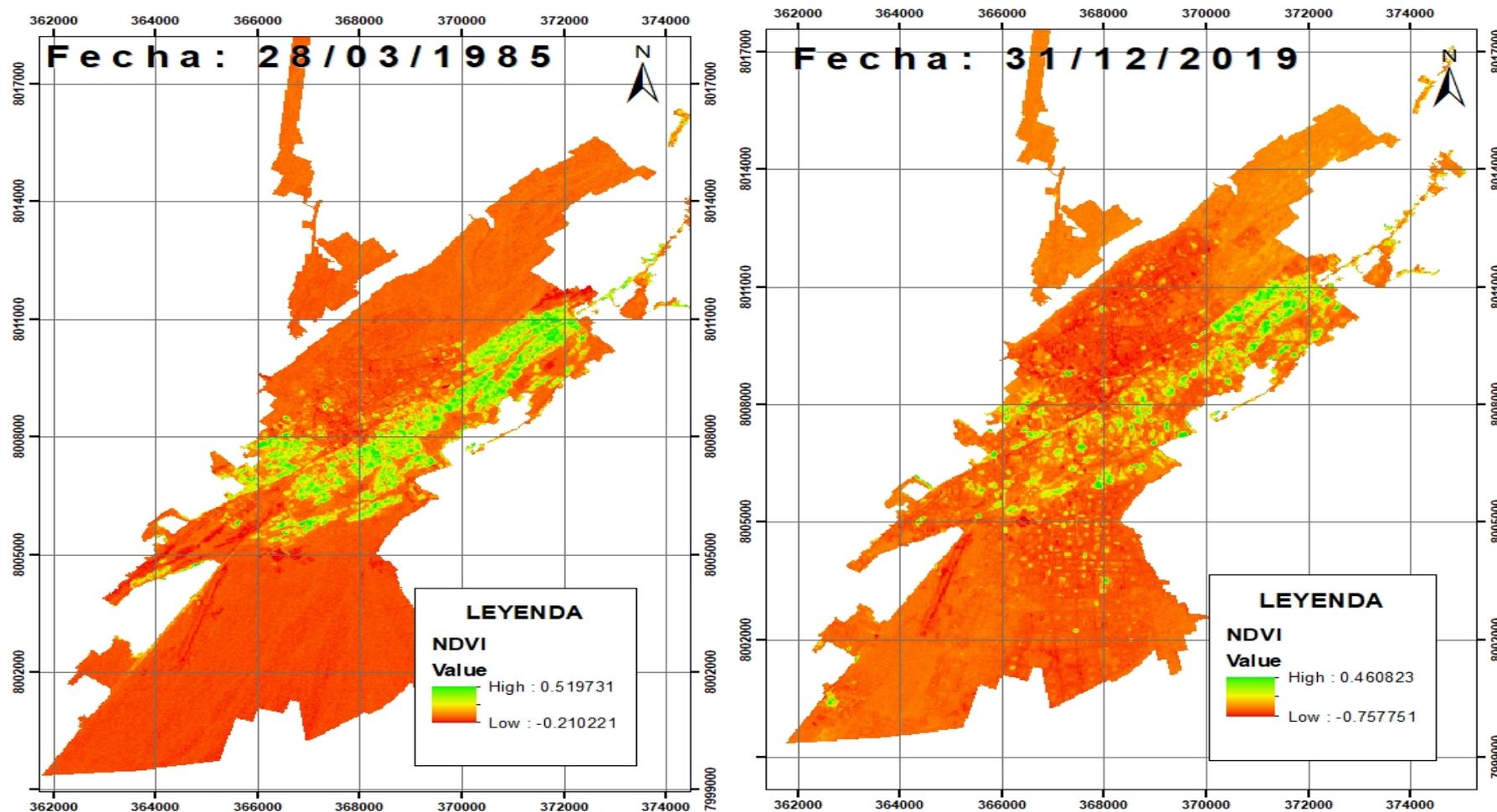


Gráfico 1. Estimación de superficie en la vegetación sana (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 1

NDVI entre el año 1985 y 2019 (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Periodo Seco

Tabla 23

Estimación de superficie y porcentaje en la vegetación sana (Periodo Seco)

Superficie (km ²) / Porcentaje		
Año	Área	%
1986	3.954	100
1995	2.938	74
2005	2.457	62
2010	1.294	33
2015	0.506	13
2019	0.382	10

Fuente: Elaboración propia.

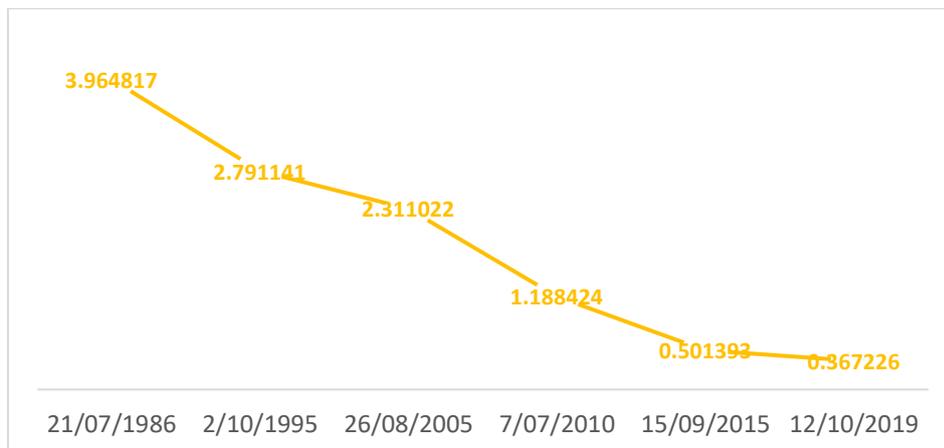
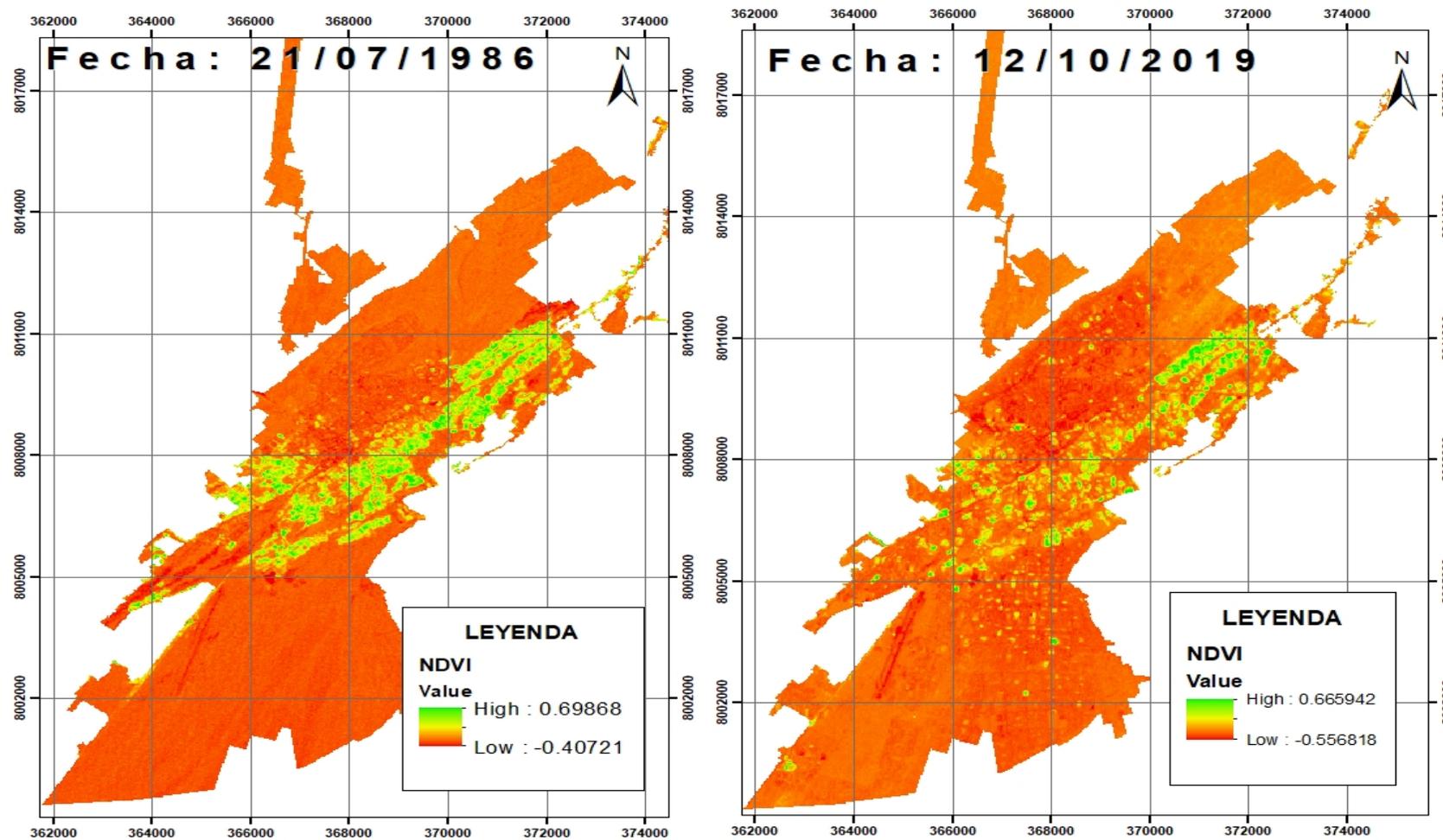


Gráfico 2. Estimación de superficie en la vegetación sana (Periodo Seco)

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2

NDVI entre el año 1986 y 2019(Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Procesamiento de temperatura

4.3.1. Temperatura atmosférica y superficial

En las siguientes tablas de ambos periodos, se da a conocer la diferencia entre la temperatura del aire o ambiente (SENAHMI) es la sensación térmica (frio o calor) y la superficial es la energía que absorbe en la tierra.

Tabla 24

Diferencia de temperatura ambiental y superficial (Periodo Húmedo)

Año	Mes	Temperatura (°C) aire/superficial			
		Ta(mensual)		Ts	
		Tmax	Tmin	Tmax	Tmin
1985	MAR	-	-	32.45	21.5
1995	MAR	27.16	16.62	29	18.83
2005	MAR	26.72	15.81	36	23.25
2010	FEB	29.09	17.1	32.4	15.64
2015	ABR	25.86	16.56	33.8	23.25
2019	DIC	26.84	16.3	40.5	24.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

Diferencia de temperatura ambiental y superficial (Periodo Seco)

Año	Mes	Temperatura (°C) aire/superficial			
		Ta(mensual)		Ts	
		Tmax	Tmin	Tmax	Tmin
1986	JUL	-	-	29.1	16.56
1995	OCT	23.1	12.61	35.65	11.88
2005	AGO	19.8	10.05	36.04	21.5
2010	JUL	17.73	8.09	30	7.5
2015	NOV	22.7	14.72	42.80	23.6
/2019	OCT	22.36	11.97	42.64	23.6

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad de almacenamiento de calor, y la capacidad de transmitir la temperatura en un determinado material; ladrillos, cemento, adobe, madera y tejas; cumplen con la relación de la temperatura superficial (Tabla 13). Las tablas siguientes demuestran que al pasar de los años comienza a aumentar las temperaturas; mayores de 30°C.

4.3.2. Periodo Húmedo

Tabla 26

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1985
(Periodo Húmedo)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	21.50268555 - 22.79133516	0.233
2	22.79133517 - 23	0.297
3	23.00000001 - 24	1.853
4	24.00000001 - 25	4.126
5	25.00000001 - 25.7	3.058
6	25.70000001 - 26	3.358
7	26.00000001 - 27	5.867
8	27.00000001 - 28	7.996
9	28.00000001 - 29	13.193
10	29.00000001 - 30	19.949
11	30.00000001 - 30.8	10.436
12	30.80000001 - 32.45620728	1.8471

A partir de la GRID 12 es >30°C**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1995
(Periodo Húmedo)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	18.83358765 - 19.72650565	0.165
2	19.72650566 - 20	0.316
3	20.00000001 - 21	1.711
4	21.00000001 - 21.9	5.608
5	21.90000001 - 22	3.875
6	22.00000001 - 23	6.940
7	23.00000001 - 24	6.779
8	24.00000001 - 25	13.704
9	25.00000001 - 26	7.936
10	26.00000001 - 26.6	3.135
11	26.60000001 - 27	6.438
12	27.00000001 - 29.18331909	15.593

No hay temperatura >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2005
(Periodo Húmedo)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	23.25027466 - 24.50475955	0.068
2	24.50475956 - 25	0.410
3	25.00000001 - 26	1.591
4	26.00000001 - 27	4.661
5	27.00000001 - 27.9	9.033
6	27.90000001 - 29	11.476
7	29.00000001 - 30	5.654
8	30.00000001 - 31	9.894
9	31.00000001 - 32	7.299
10	32.00000001 - 32.8	10.045
11	32.80000001 - 33	4.258
12	33.00000001 - 36.04602051	7.802

A partir del GRID 9 al 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2010
(Periodo Húmedo)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	15.64254761 - 16.96126601	0.064
2	16.96126602 - 18	0.107
3	18.00000001 - 20	0.263
4	20.00000001 - 22	1.424
5	22.00000001 - 23	2.124
6	23.00000001 - 24	5.442
7	24.00000001 - 25	17.081
8	25.00000001 - 26	10.111
9	26.00000001 - 27	7.069
10	27.00000001 - 28	10.380
11	28.00000001 - 29	6.451
12	29.00000001 - 32.45620728	11.699

A partir de la GRID 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2015
(Periodo Húmedo)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	19.60269165 - 21.27930226	0.035
2	21.27930227 - 23	0.077
3	23.00000001 - 24	0.290
4	24.00000001 - 25	1.055
5	25.00000001 - 26	10.715
6	26.00000001 - 26.9	10.842
7	26.90000001 - 27	2.946
8	27.00000001 - 28	10.034
9	28.00000001 - 29	11.291
10	29.00000001 - 30	11.061
11	30.00000001 - 31	9.159
12	31.00000001 - 33.85388184	4.678

A partir del GRID 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2019
(Periodo Húmedo)

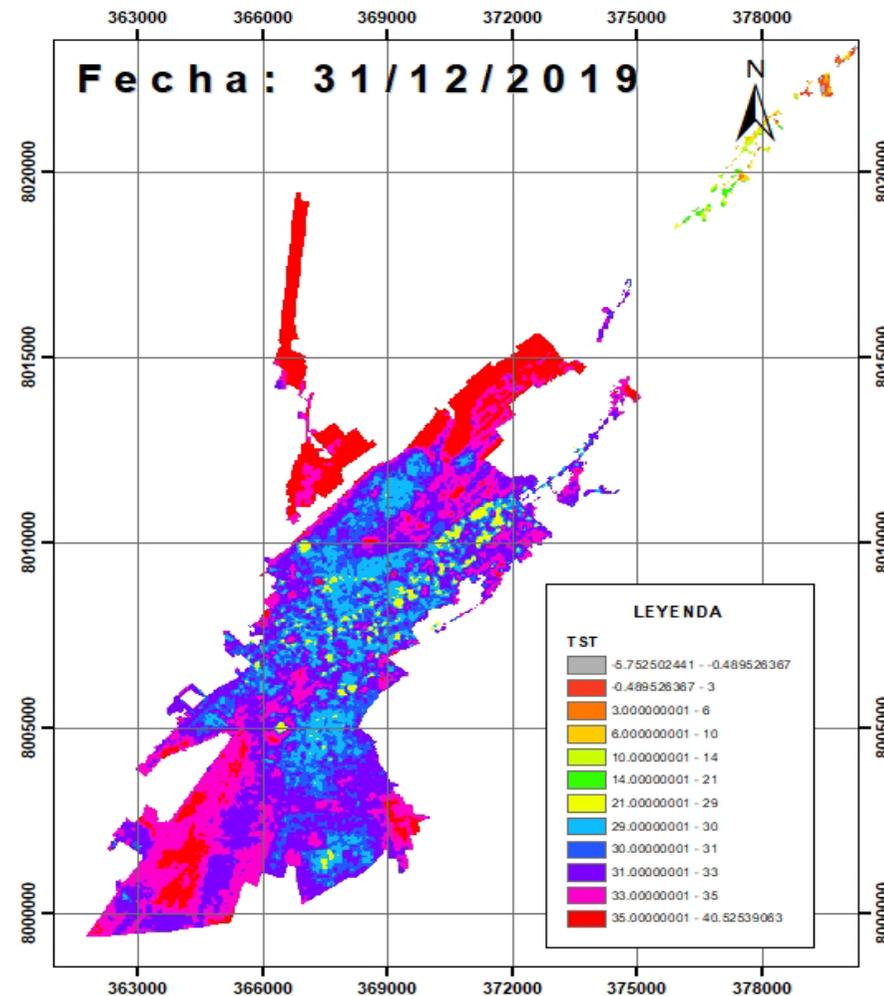
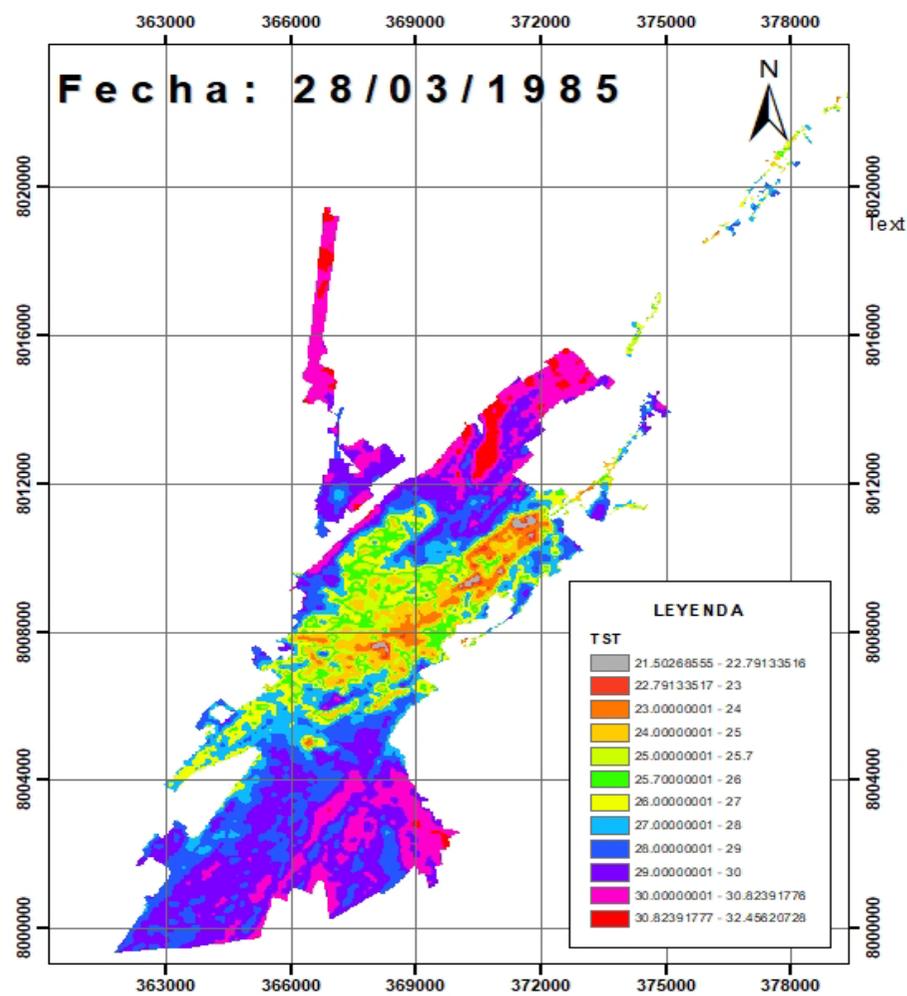
Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	24.80575562 - 27.82639136	0.223
2	27.82639137 - 28	0.093
3	28.00000001 - 29	1.230
4	29.00000001 - 30	8.572
5	30.00000001 - 31	11.205
6	31.00000001 - 32	12.324
7	32.00000001 - 33	11.602
8	33.00000001 - 34	9.435
9	34.00000001 - 36	11.110
10	36.00000001 - 37	2.913
11	37.00000001 - 38	2.256
12	38.00000001 - 40.52539063	1.227

A partir del GRID 6 al 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 3

TST entre el año 1985 y 2019 {Periodo Húmedo}



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Periodo Seco

Tabla 32

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1986
(Periodo Seco)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	16.56311035 - 17.9033026	0.669
2	17.9033026-18	1.271
3	18.00000001 - 19	5.557
4	19.00000001 - 21	12.706
5	20.00000001 - 21.9	7.337
6	21.90000001 - 22	4.468
7	22.00000001 - 23	9.479
8	23.00000001 - 24	14.246
9	24.00000001 - 25	10.196
10	25.00000001 - 26	4.065
11	26.00000001 - 27	1.608
12	27.00000001 - 29.18331909	0.594
No hay temperatura >30°C		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 1995
(Periodo Seco)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	11.88516235 - 15.14724492	0.046
2	15.14724493 - 17	0.125
3	17.00000001 - 19	0.679
4	19.00000001 - 21	1.165
5	21.00000001 - 23	5.017
6	23.00000001 - 24	5.333
7	24.00000001 - 26	13.365
8	26.00000001 - 27	5.084
9	27.00000001 - 29	16.397
10	29.00000001 - 30	8.657
11	30.00000001 - 32	12.998
12	32.00000001 - 35.65176392	3.336
A partir del GRID 12 es >30°C		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2005
(Periodo Seco)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	21.50268555 - 23.21366613	0.155
2	23.21366614 - 24	0.867
3	24.00000001 - 25	7.446
4	25.00000001 - 26	9.932
5	26.00000001 - 27	7.503
6	27.00000001 - 28	9.356
7	28.00000001 - 29	5.862
8	29.00000001 - 30	7.116
9	30.00000001 - 31	12.950
10	31.00000001 - 32	3.878
11	32.00000001 - 34	5.302
12	34.00000001 - 36.04602051	1.827

A partir del GRID 10 al 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2010
(Periodo Seco)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	7.502410889 - 8.914596857	1.076
2	8.914596858 - 10	1.182
3	10.00000001 - 12	1.734
4	12.00000001 - 15	2.599
5	15.00000001 - 17	1.263
6	17.00000001 - 19	5.154
7	19.00000001 - 20	13.478
8	20.00000001 - 21	11.238
9	21.00000001 - 23	16.592
10	23.00000001 - 24	5.117
11	24.00000001 - 26	10.006
12	26.00000001 - 30.00912476	2.794

A partir del GRID 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2015
(Periodo Seco)

Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	23.6036377 - 27.68649974	0.203
2	27.68649975 - 29	1.553
3	29.00000001 - 29.8	4.796
4	29.80000001 - 30	2.553
5	30.00000001 - 32	18.940
6	32.00000001 - 33	9.048
7	33.00000001 - 35	7.560
8	35.00000001 - 36	13.929
9	36.00000001 - 38	3.934
10	38.00000001 - 39	4.117
11	39.00000001 - 40	2.171
12	40.00000001 - 42.88381958	3.396

A partir del GRID 6 al 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Estimación de la clasificación y superficie de la temperatura en el año 2019
(Periodo Seco)

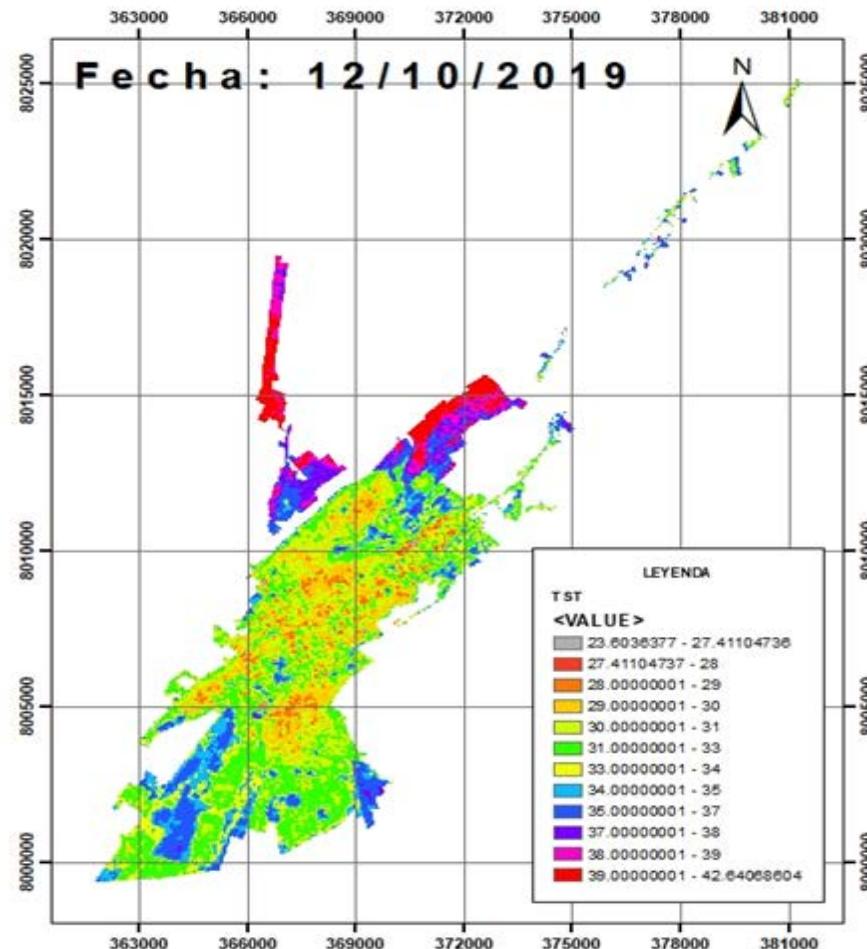
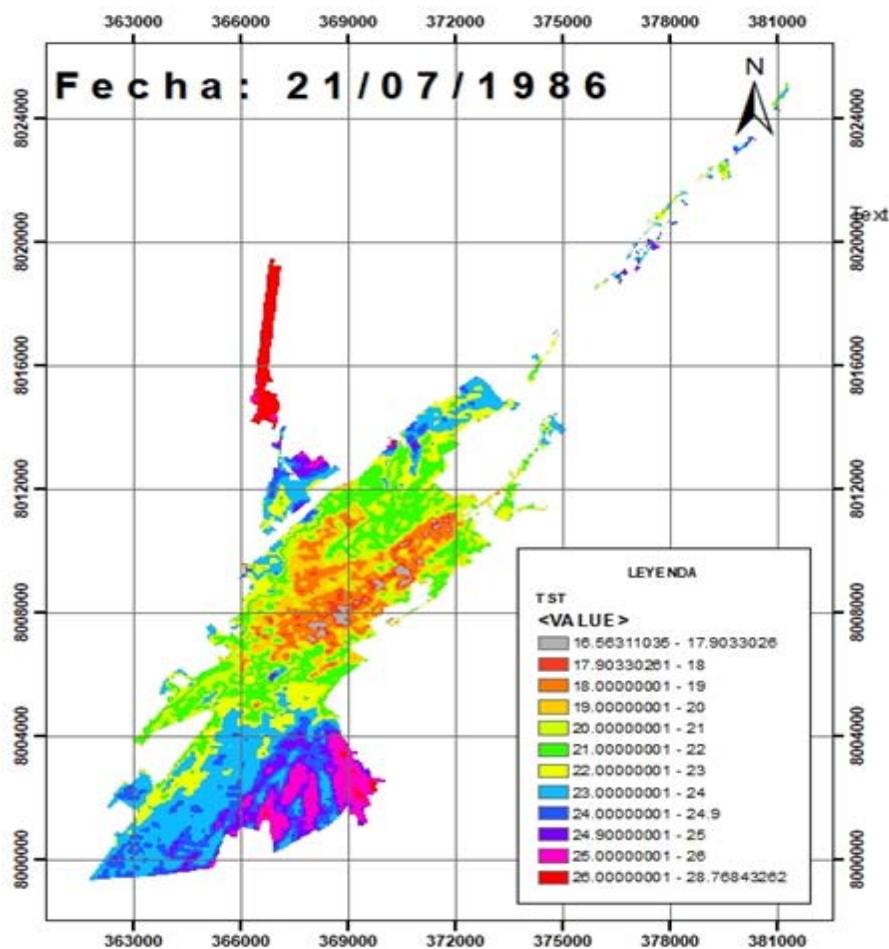
Clasificación /Superficie (km ²)		
GRID	Temperatura	Área
1	23.6036377 - 27.41104736	0.158
2	27.41104737 - 28	0.167
3	28.00000001 - 29	2.357
4	29.00000001 - 30	9.581
5	30.00000001 - 31	11.730
6	31.00000001 - 33	17.761
7	33.00000001 - 34	8.076
8	34.00000001 - 35	6.839
9	35.00000001 - 37	7.449
10	37.00000001 - 38	2.573
11	38.00000001 - 39	2.366
12	39.00000001 - 42.64068604	3.139

A partir del GRID 12 es >30°C

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 4

TST entre el año 1986 y 2019(Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

4.4. Análisis estadístico en la correlación lineal

Para aplicar cualquier prueba estadística, previamente se hace una prueba de normalidad, para decidir si se aplica una prueba paramétrica o no paramétrica, o se hace transformaciones para ajustar los datos, de modo que tengan una distribución normal.

Tabla 38

Aplicación de prueba de normalidad para correlación (Periodo Húmedo)

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019	NDVI	,162	673	,000	,768	673	,000
	Temperatura	,091	673	,000	,969	673	,000
2015	NDVI	,171	673	,000	,799	673	,000
	Temperatura	,081	673	,000	,975	673	,000
2010	NDVI	,250	673	,000	,695	673	,000
	Temperatura	,089	673	,000	,975	673	,000
2005	NDVI	,235	673	,000	,680	673	,000
	Temperatura	,111	673	,000	,954	673	,000
1995	NDVI	,514	673	,000	,017	673	,000
	Temperatura	,508	673	,000	,018	673	,000
1985	NDVI	,281	673	,000	,650	673	,000
	Temperatura	,198	673	,000	,919	673	,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

Aplicación de prueba de normalidad para correlación (Periodo Seco)

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019	Temperatura	,138	355	,000	,916	355	,000
2015	NDVI	,265	355	,000	,652	355	,000
	Temperatura	,094	355	,000	,952	355	,000
2010	NDVI	,239	355	,000	,732	355	,000
	Temperatura	,161	355	,000	,912	355	,000
2005	NDVI	,281	355	,000	,705	355	,000
	Temperatura	,160	355	,000	,917	355	,000

1995	NDVI	,307	355	,000	,662	355	,000
	Temperatura	,098	355	,000	,976	355	,000
1986	NDVI	,312	355	,000	,669	355	,000
	Temperatura	,074	355	,000	,963	355	,000

a. NDVI2019 es una constante y se ha desestimado.
b. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

- Corrección de la significación de Lilliefors

La prueba de normalidad elegida para ambos periodos es la de kolmogorov-smirnov^b (para mayores de 50 datos), todos los datos son altamente significativos ($p\text{-valor} < 0.05$), por lo tanto, se puede afirmar que los datos no provienen de una distribución normal. La prueba estadística elegida será la correlación de spearman (Rho de Spearman) que se usa para datos que no tienen distribución normal.

4.4.1. Correlación en Periodo Húmedo

Según lo observado en las tablas, en el (año 2019), no se puede calcular la correlación de spearman porque una de las variables tiene datos constantes y al no haber variabilidad no es posible determinar la correlación. En los demás casos, si existe correlación altamente significativa ($p\text{-valor} < 0.05$)

Tabla 40

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1985 (Periodo Húmedo)

		Correlaciones				
Rho de Spearman	NDVI	Coeficiente de correlación	de NDVI	1,000	de Temperatura	-,385**
		Sig. (bilateral)				,000
	Temperatura	N		673		673
		Coeficiente de correlación	de NDVI	-,385**	de Temperatura	1,000
		Sig. (bilateral)		,000	.	
		N		673	673	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

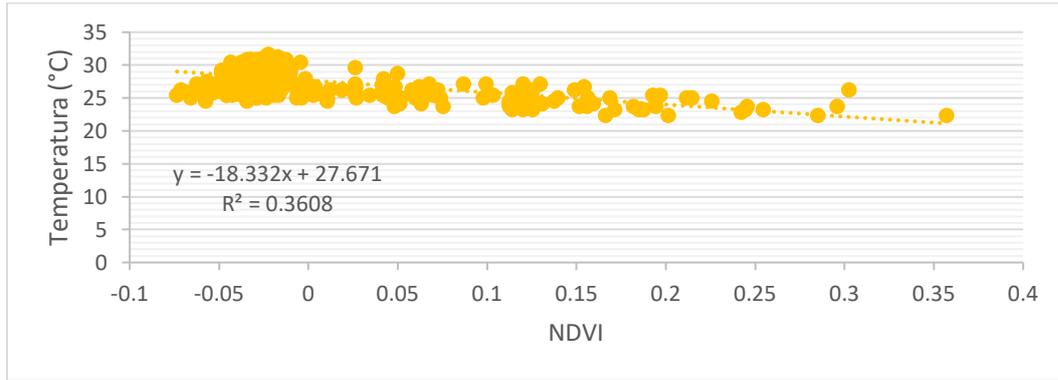


Gráfico 3. Dispersión lineal del año 1985 (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1995(Periodo Húmedo)

Correlaciones				
			NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	de NDVI	Coefficiente de correlación	1,000	-,386**
		Sig. (bilateral)	.	,000
	de Temperatura	Coefficiente de correlación	-,386**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	674	674

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

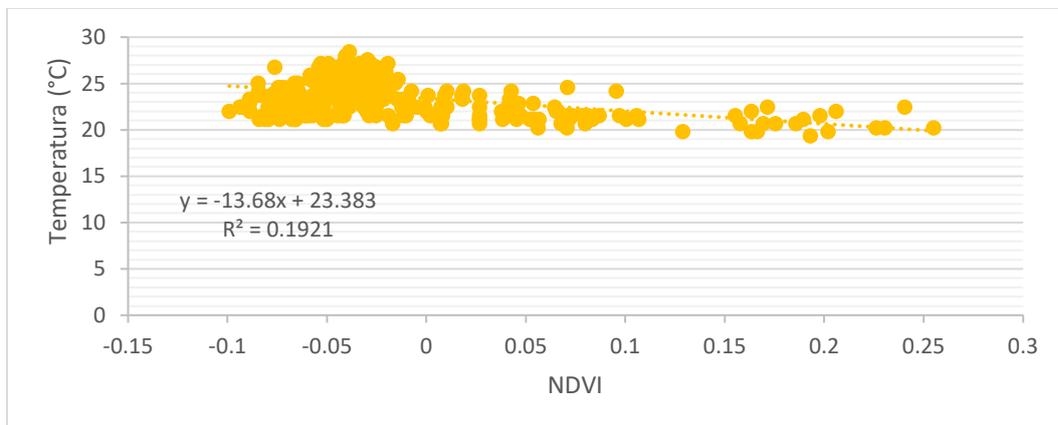


Gráfico 4. Dispersión lineal del año 1995 (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2005 (Periodo Húmedo)

		Correlaciones	
		NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,000
	Temperatura	Coefficiente de correlación	-,255**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	673

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
 Fuente: Elaboración propia.

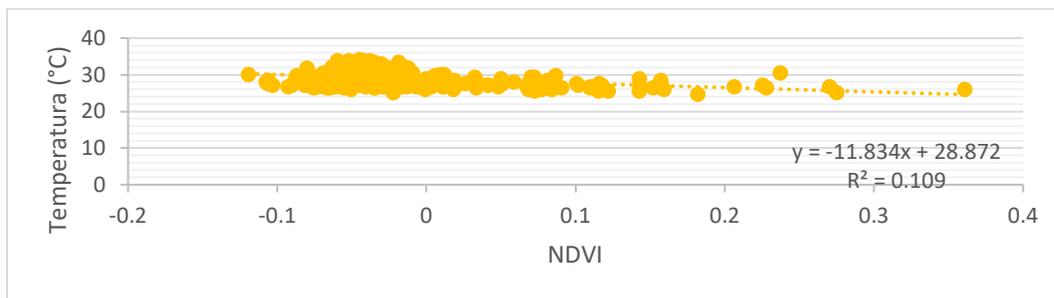


Gráfico 5. Dispersión lineal del año 2005 (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2010 (Periodo Húmedo)

		Correlaciones	
		NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,002
	Temperatura	Coefficiente de correlación	-,120**
		Sig. (bilateral)	,002
		N	673

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
 Fuente: Elaboración propia.

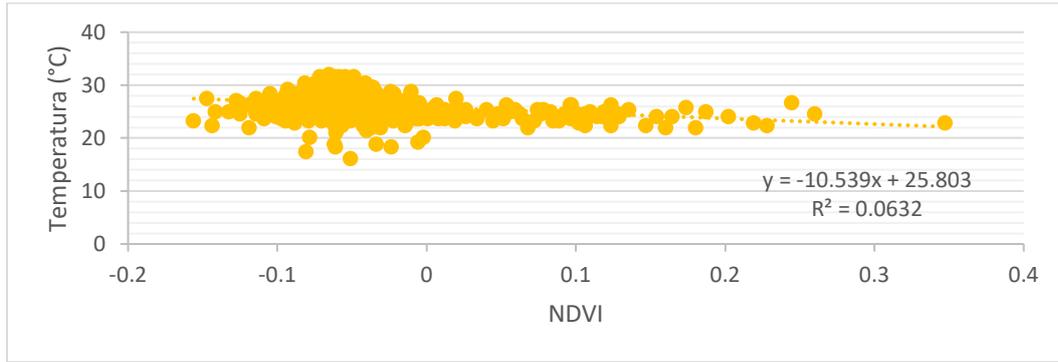


Gráfico 6. Dispersión lineal del año 2010 (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2015 (Periodo Húmedo)

		Correlaciones		
			NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	1,000	,106**
		Sig. (bilateral)	.	,006
		N	673	673
	Temperatura	Coefficiente de correlación	,106**	1,000
		Sig. (bilateral)	,006	.
		N	673	673

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

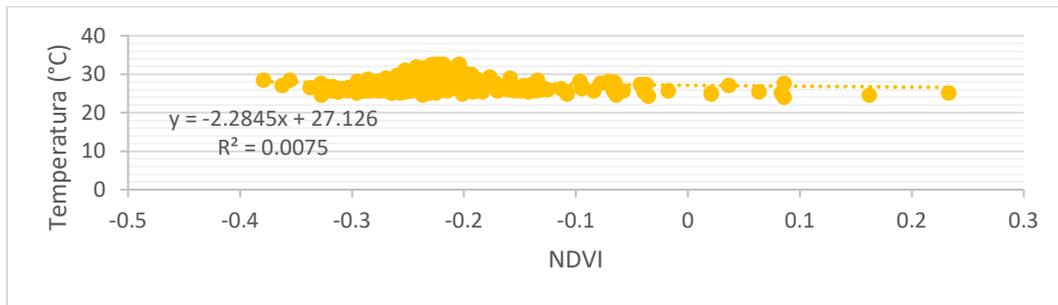


Gráfico 7. Dispersión lineal del año 2015 (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2019 (Periodo Húmedo)

		Correlaciones		NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	de	1,000	,270**
		Sig. (bilateral)		.	,000
	Temperatura	Coefficiente de correlación	de	,270**	1,000
		Sig. (bilateral)		,000	.
		N		673	673

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

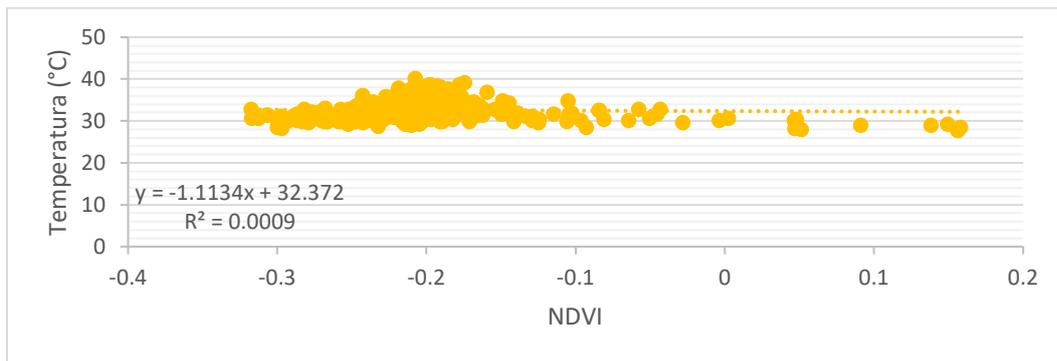


Gráfico 8. Dispersión lineal del año 2019 (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Correlación en Periodo Seco

En los demás casos, si existe correlación altamente significativa (p-valor < 0.05), excepto en la correlación del año 86 (seco) que no es significativo (p-valor > 0.05).

Tabla 46

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1986 (Periodo Seco)

		Correlaciones		NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	de	1,000	-,422**
		Sig. (bilateral)		.	,000
	Temperatura	Coefficiente de correlación	de	-,422**	1,000
		Sig. (bilateral)		,000	.
		N		674	674

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

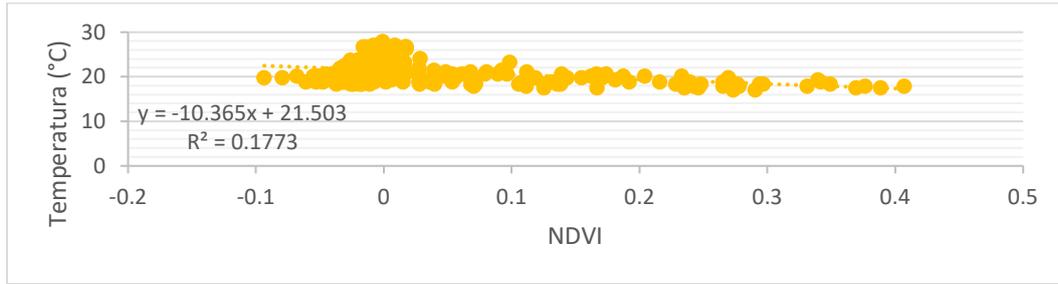


Gráfico 9. Dispersión lineal del año 1986 (Periodo Seco)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 1995 (Periodo Seco)

Correlaciones			NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	de NDVI	Coefficiente de correlación	1,000	-,222**
		Sig. (bilateral)	.	,000
	de Temperatura	N	673	673
		Coefficiente de correlación	-,222**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	673	673

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

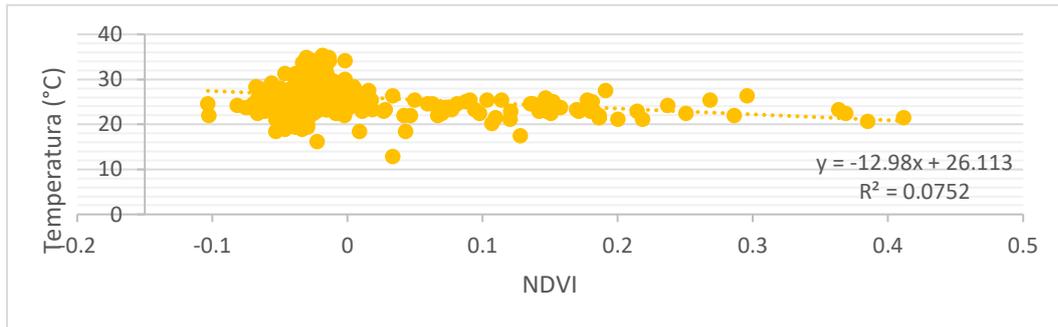


Gráfico 10. Dispersión lineal del año 1995 (Periodo Seco)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2005 (Periodo Seco)

		Correlaciones		
			NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	1,000	-,003
		Sig. (bilateral)	.	,929
		N	674	674
	Temperatura	Coefficiente de correlación	-,003	1,000
		Sig. (bilateral)	,929	.
		N	674	674

Fuente: Elaboración propia.

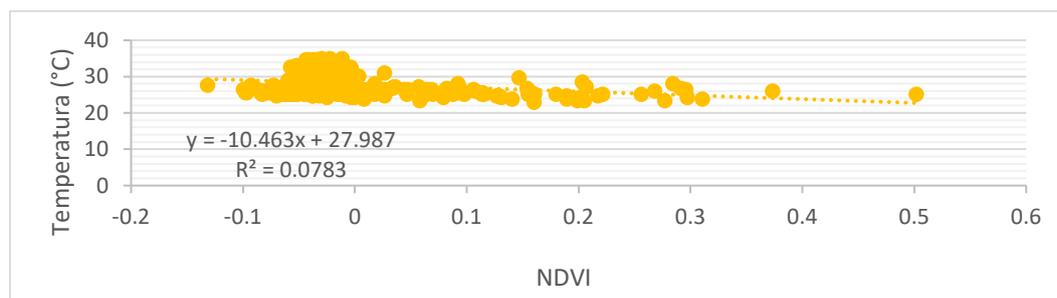


Gráfico 11. Dispersión lineal del año 1995 (Periodo Seco)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49

Correlación de Spearman entre NDVI y Temperatura en el año 2010 (Periodo Seco)

		Correlaciones		
			NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	1,000	,290**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	673	673
	Temperatura	Coefficiente de correlación	,290**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	673	673

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

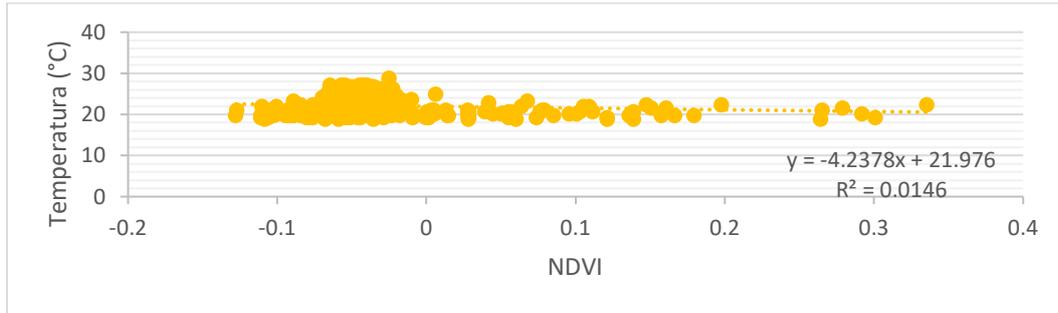


Gráfico 12. Dispersión lineal del año 2010 (Periodo Seco)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

Correlación entre NDVI y Temperatura en el año 2015(Periodo Seco)

Correlaciones			NDVI	Temperatura
Rho de Spearman	de NDVI	Coeficiente de correlación	1,000	,280**
		Sig. (bilateral)	.	,000
	de Temperatura	Coeficiente de correlación	,280**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
	N	355	355	

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

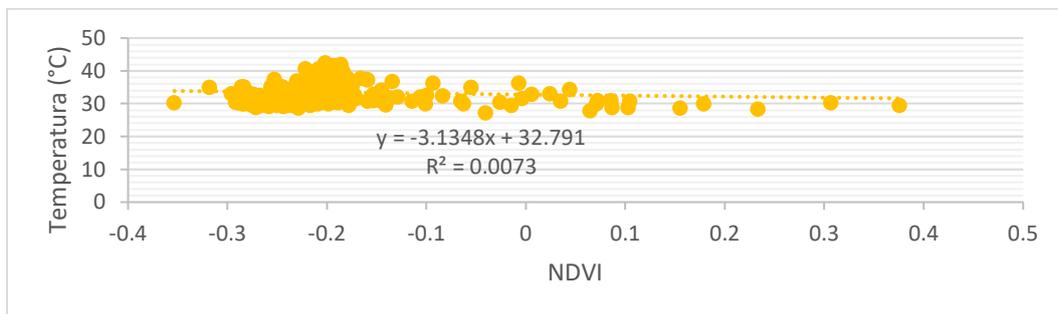


Gráfico 13. Dispersión lineal del año 2015 (Periodo Seco)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51
 Correlación de Spearman entre NDVI y Temperatura en el año
 2019(Periodo Seco)

		Correlaciones		
		NDVI	Temperatura	
Rho de Spearman	NDVI	Coefficiente de correlación	.	
		Sig. (bilateral)	.	
	Temperatura	N	673	673
		Coefficiente de correlación	.	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	673	673

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

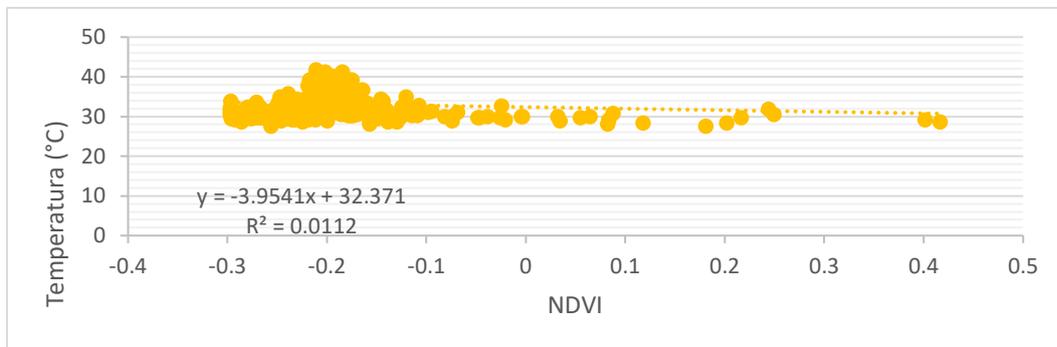


Gráfico 14. Dispersión lineal del año 2019 (Periodo Seco)

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Determinación de Islas de calor Urbano

4.5.1. Estimación de superficie en la ICU

Entre ambos periodos los distritos con mayor grado de islas de calor urbano, según en la superficie es; Tacna y coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, mediante las características de la cantidad poblacional y edificaciones la cual tiene mayor índice de temperatura.

a. Periodo Húmedo

Tabla 52

Estimación de las superficies de las ICU en los distritos (Periodo Húmedo)

Año	Superficie (km ²) / Distritos					
	Tacna	Ciudad Nueva	Alto de la Alianza	Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa	Pocollay	Calana
1985	0.282	5.815	2.921	4.643	3.921	3.734
1995	-	-	-	-	-	-
2005	21.185	5.982	5.552	18.186	6.582	6.665
2010	3.639	7.605	3.488	2.863	4.368	3.924
2015	5.113	4.007	3.575	2.6	0.607	2.407
2019	22.853	3.712	6.247	16.034	7.413	5.813

Fuente: Elaboración propia.

b. Periodo Seco

Tabla 53

Estimación de las superficies de las ICU en los distritos (Periodo Húmedo)

Año	Superficie (km ²) / Distritos					
	Distrito de Tacna	D. Ciudad Nueva	D. Alto de la Alianza	D. coronel Gregorio Albarracín Lanchipa	D. Pocollay	D. Calana
1986	-	-	-	-	-	-
1995	1.599	1.227	3.710	8.391	0.322	1.081
2005	8.582	7.919	4.806	10.689	5.370	5.624
2010	0.034	2.124	2.040	-	0.009	0.619
2015	33.685	17.859	15.574	31.656	20.227	8.856
2019	30.216	9.284	8.661	20.088	11.732	6.894

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Vegetación y temperatura superficial en la ICU

En la correlación de las variables; vegetación y temperatura, indica que la temperatura influye en la cantidad de vegetación y para calcular esta correlación, se utiliza Spearman donde influye de forma atípica. Donde ha habido una correlación positiva, es decir, que a mayor temperatura (húmeda y seca), ha disminuido la vegetación.

Cabe mencionar, en las tablas, explica que en el año 1985 y 1986 la vegetación no dependía de la temperatura, es decir, si esta aumentaba, no era necesario la vegetación, la cual había una correlación negativa. En los siguientes años comenzó a depender la una de la otra de forma positiva, es decir, si sube la temperatura, también disminuye la vegetación.

a. Periodo Húmedo

Tabla 54

Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (Periodo Húmedo)

Fecha	Superficie (km ²)	
	Veg.Sana	Temperatura
1985	2.537	1.847
1995	1.111	-
2005	1.106	29.40
2010	0.838	11.69
2015	0.130	4.67
2019	0.240	50.86

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 15. Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (Periodo Húmedo)

Fuente: Elaboración propia.

b. Periodo Seco

Tabla 55

Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (Periodo Seco)

Fecha	Superficie (km ²)	
	Veg. sana	Temperatura
1986	3.954	-
1995	2.938	3.335
2005	2.457	11.00
2010	1.294	2.79
2015	0.506	44.15
2019	0.382	48.20

Fuente: Elaboración propia.

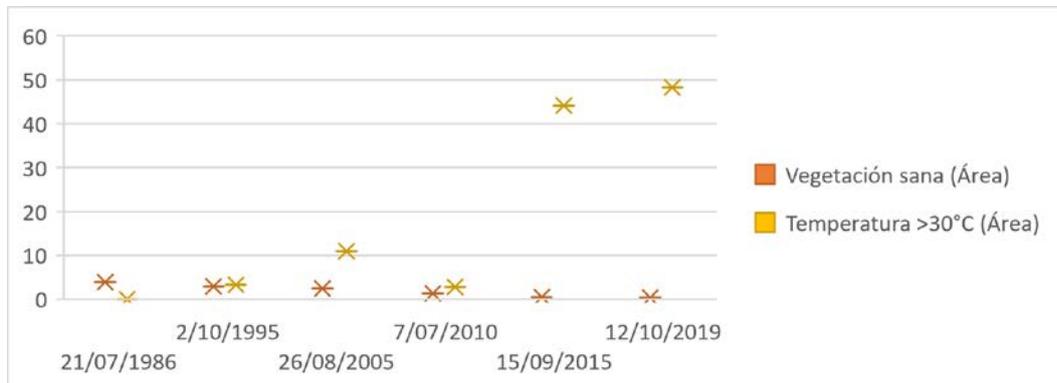


Gráfico 16. Estimación de las superficies de la vegetación y temperatura (periodo seco)

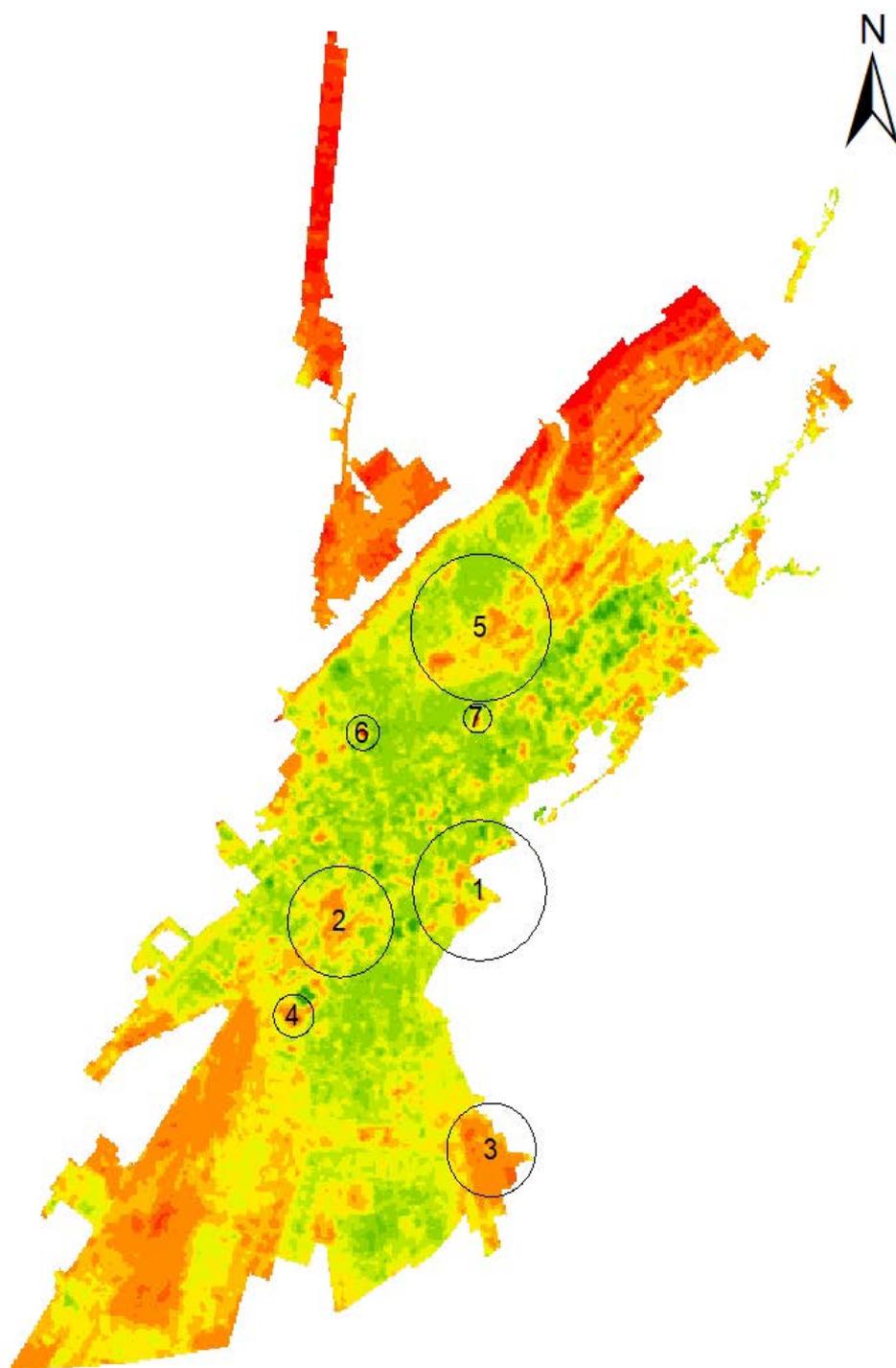
Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Islas de Calor Urbano

En todas las imágenes hay determinadas zonas que llaman la atención de manera inmediata porque ilustran claramente las posibles temperaturas superficial de diferentes tipos de cobertura. En el siguiente grafico se identifica algunas zonas de interés.

Mapa 5

Zonas de Islas de Calor Urbano (ICU), 2019 (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56

Observación de los ICU,2019 (Periodo Húmedo)

Zona	Ubicación	UTM		Área	Temperatura
		S	E		
1	Distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa "Zona urbana"	369280	8006620	3.46402	37 °C
2	Distrito de Tacna "Zona urbana"	367197	8006550	2.17686	37 °C
3	Distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa "Zona urbana"	369181	8002420	1.5483	38°C
4	Distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa "PTAR de Copare"	366370	8004700	0.318591	37°C
5	Distrito de ciudad nueva "Industrias"	369148	8010130	3.81451	37°C
6	Distrito de Tacna "Estadio Jorge Basadre"	367296	8008870	0.215316	37°C
7	Distrito de Tacna Entre las calles Los ángeles y San Jorge	369280	8009300	0.15	37°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57

Muestra fotográfica de las islas de calor urbano,2019 (Periodo Húmedo)

Zona	Fotografía	Ubicación	Temperatura
1		Distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa "Zona urbana"	37°C

2



Distrito de Tacna
"Zona urbana"

37°C

3



Distrito de
coronel Gregorio
Albarracín
Lanchipa
"Zona urbana"

38°C

4



Distrito de
coronel Gregorio
Albarracín
Lanchipa
"PTAR de
Copare"

37°C

5



Distrito de ciudad
nueva
"Industrias"

37°C

6



Distrito de Tacna
"Estadio Jorge
Basadre"

37°C

7



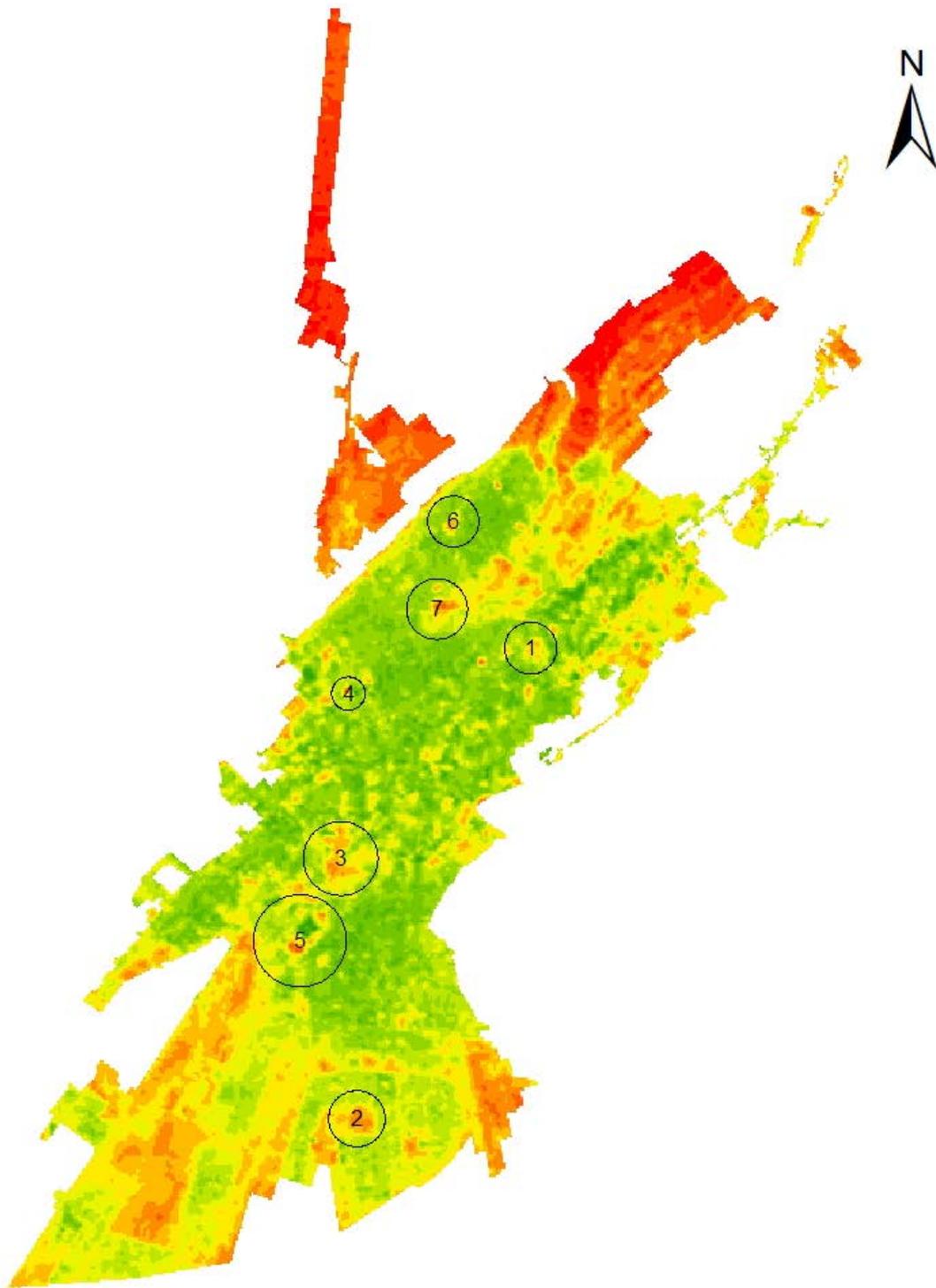
Distrito de Tacna
Entre las calles
Los ángeles y
San Jorge

37°C

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 6

Zonas de Islas de Calor Urbano (ICU), 2019 (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58

Observación de los ICU,2019 (Periodo Seco)

Zona	Ubicación	UTM		Área	Temperatura
		E	S		
1	Distrito de Tacna "Zona urbana"	366696	8006390	0.519 km ²	38°C
2	Distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa "Terreno sin propiedad"	366996	8002000	0.609 km ²	38°C
3	Distrito de Tacna "Zona urbana"	367036	8006210	1.06 km ²	34°C
4	Distrito de Tacna "Estadio Jorge Basadre"	367082	8008800	0.214 km ²	34°C
5	Distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa "PTAR de Copare"	366344	8004590	1.643 km ²	38°C
6	Distrito ciudad nueva "zonas urbanas"	368808	8011210	0.500 km ²	34°C
7	Distrito Ciudad nueva "Terminal terrestre los incas"	368356	8009840	0.7106 km ²	38°C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59

Muestra fotográfica de las islas de calor urbano,2019 (Periodo Seco)

Zona	Fotografía	Ubicación	Temperatura
1		Distrito de Tacna "Zona urbana"	38°C

2



Distrito de
coronel Gregorio
Albarracín
Lanchipa

38°C

“Terreno sin
propiedad”

3



Distrito de Tacna

34°C

“Zona urbana”

4



Distrito de Tacna

“Estadio Jorge
Basadre”

34°C

5



Distrito de
coronel Gregorio
Albarracín
Lanchipa

38°C

“PTAR de
Copare”

6



Distrito ciudad
nueva
"zonas urbanas"

34°C

7



Distrito Ciudad
nueva
"Terminal
terrestre los
incas"

38°C

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Según (Soberón & Obregón, 2015), de título “Identificación de Islas de Calor en la Ciudad de Lima donde será utilizando por imágenes del Satélite Landsat 5 TM”, cuyo objetivo es identificar islas de calor urbanas superficiales en la ciudad de Lima Metropolitana, entre 2008 al 2011, debe relacionarse con la temperatura del aire (Senamhi) y la temperatura superficial. Así mismo el tamaño y estructura de la ciudad en los distritos de Ate y Lurigancho, en los distritos de Rímac y el Agustino se encontró 15 islas de calor, en cambio en nuestro trabajo por su tamaño y estructura es menor que Lima en la cual entre los dos periodos se encontraron 7 islas ubicados en el distrito de Tacna, distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa y el distrito de Ciudad Nueva.

El objetivo específico es determinar si las características térmicas de los materiales de construcción en las edificaciones tiene relación con la temperatura urbana, de acuerdo con la investigación científica y técnica; “Utilización de imágenes satelitales para el estudio de la distribución térmica en distintas coberturas del suelo de la ciudad de Bahía Blanca (Argentina) propuesta de los autores (Ferrelli, Bustos, Huamantínco Cisneros, & Piccolo, 2015) afirma que la temperatura tiene relación con el tipo de cobertura entre los espacios urbanos ya sea por su construcción que influye el tipo de material, aumenta su temperatura (45.1 °C), lo cual queda demostrado que en nuestro proyecto, para determinar la capacidad de almacenamiento de calor y su capacidad de transmisión de temperatura, se realiza dos fórmulas; calor específico volumétrico y la difusividad térmica según la conductividad térmica, densidad y calor específico del tipo de material.

Siguiendo con el segundo objetivo específico en establecer la relación que existe entre la escasez de vegetación con el aumento de islas de calor mediante el uso de imágenes satelitales, de acuerdo la tesis “Disminución de las áreas verdes, en la aparición de islas de calor en la ciudad de Iquitos entre los años 2004 – 2014. Región Loreto de (Francis, 2015) cuyo objetivo es la influencia de la disminución de áreas verdes con la aparición de islas de calor, dando que el resultado que ha disminuido en 20% de su vegetación en promedio desde el año 2005 hasta el 2014. En cambio, en nuestro trabajo demuestra que al ser de un clima semi ecuatorial ha reducido en 9% de vegetación entre 1985 a 2019 influenciando que las islas de calor sean mayores que Iquitos.

Nuestro objetivo específico final es determinar la relación existente entre las islas de calor con la temperatura superficial y el NDVI, en la Ciudad de Tacna, en la investigación científica de “Análisis de islas de calor urbano usando imágenes Landsat: caso de estudio Armenia-Colombia 1996-2018” propuesta por (Soto, Garzon, & Jimenez, 2019), se utiliza la

correlación de Person ya que es lineal dado que su resultado fue negativa, demuestra que si uno disminuye el otro también. En nuestro trabajo en las tablas de correlación de los dos periodos demuestran que en 1986(periodo seco) la vegetación no dependía de la temperatura, es decir si esta aumentaba, no necesitaba la vegetación y habría una correlación negativa. En cambio, el resto de los años demuestra que es significativa, es decir, que todas las variables de vegetación y temperatura están relacionadas, pero es atípica la cual indica que en el transcurso de los años hubo un crecimiento en la temperatura y una disminución en la vegetación.

CONCLUSIONES

- Según los ambos periodos, el distrito de mayor índice de islas de calor es en el distrito de Tacna seguido del distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, se realizó las tablas y gráficos para estimar la cobertura de las islas de calor urbano cuya temperatura es mayor de 30°C, así mismo se realizó mapas como referencia.
- Las características térmicas de los materiales de construcción (ladrillos, cemento, adobe, madera y tejas) tienen relación a la cobertura de áreas urbanas (edificaciones) ya sea por su capacidad de almacenamiento de calor y su capacidad de transmisión de temperatura, la cual es necesario obtener la conductividad térmica, densidad y calor específico de cada tipo de material.
- Al aumentar la temperatura disminuye la vegetación sana, como resultado en el periodo húmedo del año 2019 disminuyó su cobertura de vegetación a 0.240 km² y la cobertura de la temperatura aumento hasta 50.86 km². En el periodo seco, llegó su cobertura de vegetación a 0.382 km² y la cobertura de temperatura a 48.20 km² teniendo una probabilidad en encontrar zonas de islas de calor.
- De acuerdo con el análisis estadístico de rho Spearman para su correlación de ambos periodos entre la temperatura y NDVI existe una correlación significativa de 0.05.
- Para encontrar las islas de calor urbano según el periodo húmedo y seco, se utilizó la imagen satelital del año 2019, se encontraron 7 islas de cada uno en la ciudad de Tacna.

RECOMENDACIONES

Para combatir las islas de calor urbano tener alternativas ambientales por el aumento de temperatura una de ellas es la plantación estrategia en los alrededores de la ciudad, tener una cuenta el tipo de árbol que se utilizará en los espacios urbanos.

Se recomienda informar a las municipalidades de los distritos que tienen islas de calor urbana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental, A. (2008). *Reducing urban heat islands: Capítulo 1. Urban Heat Island Basics*.
- Alonso, D. (2015). *NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS*. Obtenido de <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>
- Ambiente, D. E. (2016). Protección y conservación del ambiente. *PERÚ: Estadísticas Municipales 2016*, 137-144.
- ArcGIS, L. (2019). *Comparar combinaciones de bandas*. Obtenido de <https://learn.arcgis.com/es/projects/assess-burn-scars-with-satellite-imagery/lessons/compare-band-combinations.htm>
- Barrios, J. C. (2012). Ecosistemas Urbanos. En F. Fillat, J. Aguirre, F. Pauné, & C. Fondevilla, *Evaluación de los ecosistemas del milenio en España* (págs. 144-153). España.
- Basterra, I. (2011). *Teledetección-imágenes satelitales-procesamiento digital de imágenes*.
- Estadística Municipal, 2. (2016). Conservación de áreas verdes. En *Protección y conservación del ambiente* (págs. 140-144).
- Eugene, A. G. (1 de 10 de 2020). *Earth Observing System, EOS*. Obtenido de Earth Observing System, EOS: <https://eos.com/es/ndvi/>
- Fernandes, G., & de Sousa, M. (13 de Abril de 2013). *Uso de imágenes Landsat TM 5 para análisis de temperatura de superficie del distrito Federal*. Obtenido de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3402667/mod_resource/content/1/TST_DF_paper.pdf
- Fernández Sarría, A. (2010). *Calculo de temperatura de superficie a partir de imágenes NOAA, landsat y sentinel-3*. ETS Ing. Geodésica, Cartográfica y Topográfica, UPV.
- Ferrelli, P., Bustos, M. L., Huamantínco Cisneros, M. A., & Piccolo, M. C. (2015). Utilización de imágenes satelitales para el estudio de la distribución térmica en

distintas coberturas del suelo de la ciudad de Bahía Blanca. *Asociación Española de Teledetección*.

Francis, V. R. (2015). *DISMINUCIÓN DE LAS ÁREAS VERDES, EN LA APARICIÓN DE ISLAS DE CALOR EN LA CIUDAD DE IQUITOS ENTRE LOS AÑOS 2004 – 2014. REGIÓN LORETO*. Loreto.

García, É. &. (2012). *Satélites de teledetección para la gestión del territorio*. España.

Garrido, J. (2015). *Islas de calor. El universal Queretaro Opinión*.

Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. En J. &. Sons. Inc. United States of America.

Gonzales, A. (9 de Abril de 2014). *ARQUITECTURA EFICIENTE*. Obtenido de ARQUITECTURA EFICIENTE: <https://pedrojhernandez.com/category/arquitectura-bioclimatica/page/3/>

Greenurbandata. (20 de Febrero de 2019). *Temperatura superficial terrestre ¿afecta a mi ciudad?* Obtenido de <https://greenurbandata.com/2019/02/20/temperatura-superficial-terrestre/>

Guerrero, A. L. (2018). *¿Sabías que... la temperatura en zonas urbanas es mayor que en zonas rurales?* Obtenido de <http://www.cienciamx.com/index.php/sabias-que/14555-sabias-que-la-temperatura-en-zonas-urbanas-es-mayor-que-en-zonas-rurales>

INEII;UNFPA. (2020). *Estado de la población 2020. Día mundial de la población*.

Inzunza, J. (2018). Cap 3. Radiación solar y terrestre. En *Meteorología Descriptiva* (págs. 69-70).

J.A.G. (2018). *Los Ángeles pinta las calles de blanco para combatir el calor. BURGOSconecta*.

Julen, R. (3 de Marzo de 2011). *Las ciudades, segunda parte*. Obtenido de *Las ciudades, segunda parte*: <http://www.jmarcano.com/educa/cursos/ciudad2.html>

Leonardo, F. (29 de Diciembre de 2016). *Calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI*. Obtenido de <https://acolita.com/calcular-indice-vegetacion-diferencia-normalizada-ndvi-qgis-arcgis/>

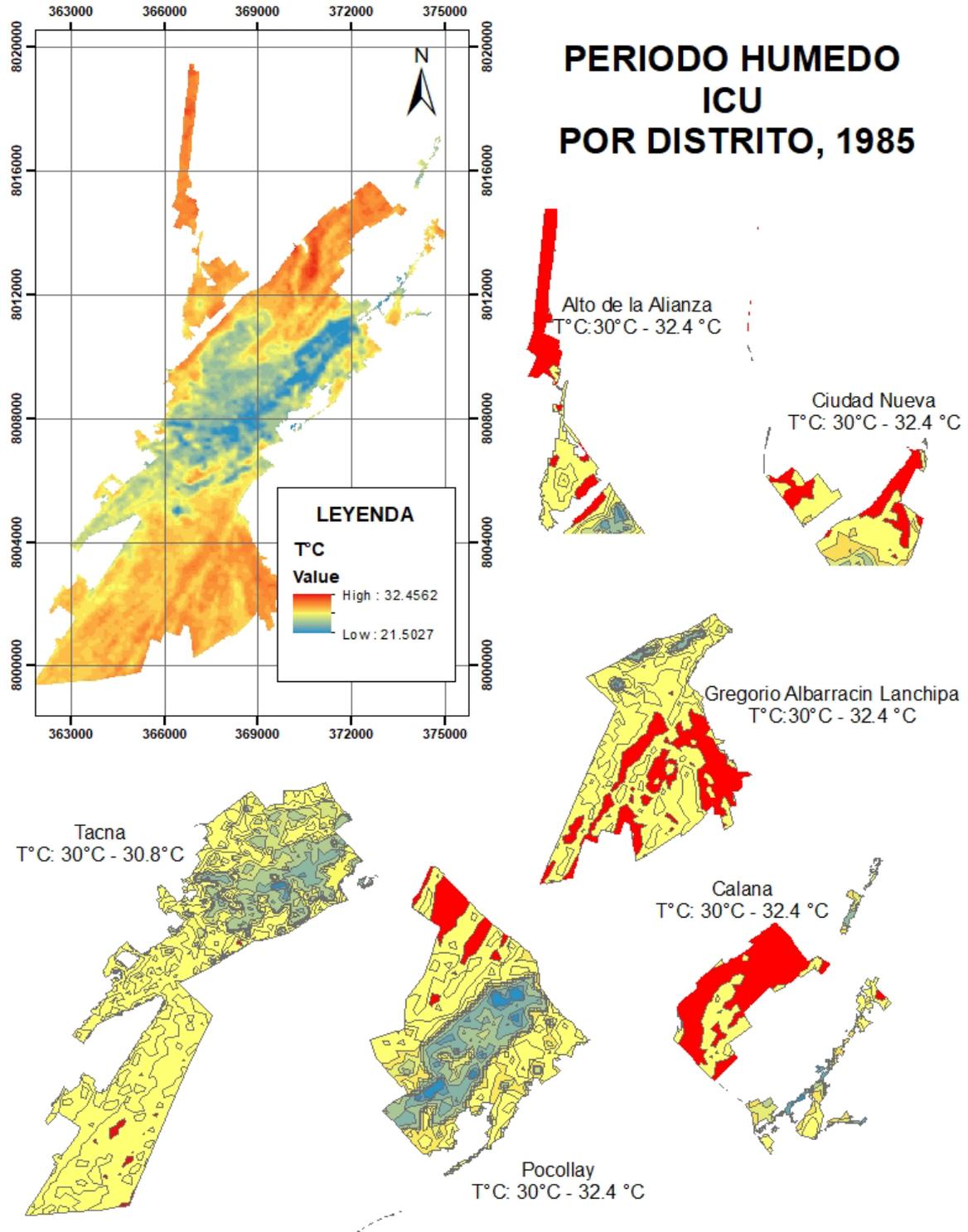
- Mervaesm, j. (2018). *Ecosistema Urbano*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Ecosistema_urbano
- Ministerio del Ambiente, M. (7 de Agosto de 2018). *Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/superficie-area-verde-urbana-habitante>
- Palacios, V. (2018). *Tesis: Relación entre la urbanización e islas de calor urbano por análisis espectro-temporal del Distrito de San Juan de Lurigancho, 2018*. Lima.
- Pansharpening: mejorando la resolución de imágenes satélite*. (2018). Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/pansharpening-mejorando-la-resolucion-de-imagenes-satelite/>
- Satterthwaite, D. (1993). Problemas sociales y medioambientales asociados a la urbanización acelerada. *Eure*, 7-30.
- SENAMHI. (2020). *Herramientas/ Información del tiempo y clima*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0010>
- SIGSA. (2019). *Imágenes - satelitales Tratamiento de Imágenes Satelitales*. Obtenido de <http://www.sigsa.info/productos/percepcion-remota/imagenes-satelitales>
- Soberón, V. S., & Obregón, E. (2015). *IDENTIFICACIÓN DE ISLAS DE CALOR EN LA CIUDAD DE LIMA METROPOLITANA UTILIZANDO IMÁGENES DEL SATÉLITE LANDSAT 5TM*. Lima: ResearchGate.
- Soto, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. En *Paradigma económico* (págs. 127-149).
- Soto, J., Garzon, J., & Jimenez, G. (2019). Análisis de islas de calor urbano usando imagenes landsat: caso de estudio Armenia-Colombia 1996-2018. *Espacio*, 9.
- Villanueva, J., Ranfla, A., & Quintanilla, A. (2012). *Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de mitigacion en ciudad de Clima arido Extremo*. Mexicali: Informacion Tecnologica.
- Voogt, J. (s.f.). *Islas de Calor en Zonas Urbanas: Ciudades Más Calientes*. Obtenido de <https://castorluxerias.blogspot.com/2009/08/ciudades-mas-calientes.html>
- Wypych, S. (2004). *ESPERE-ENC*. Obtenido de http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/2__Clima_Urbano/-__Qu__lo_controla__3x3.html

Xinhua. (17 de Mayo de 2018). *ONU: 68% de población mundial vivirá en zonas urbanas para 2050*. Obtenido de http://spanish.xinhuanet.com/2018-05/17/c_137184574.htm

ANEXOS

Mapa 7

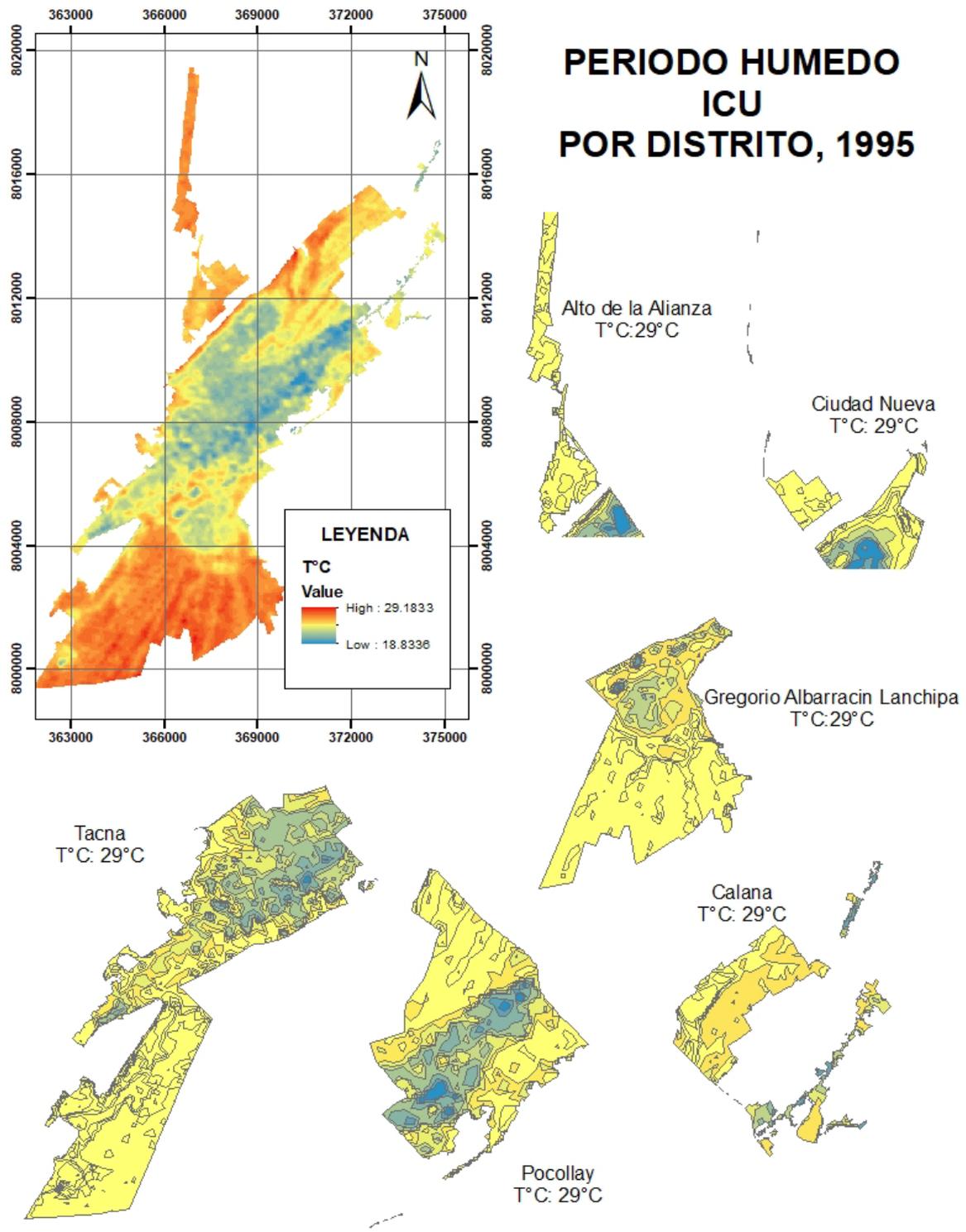
Estimación de ICU, 1985 (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 8

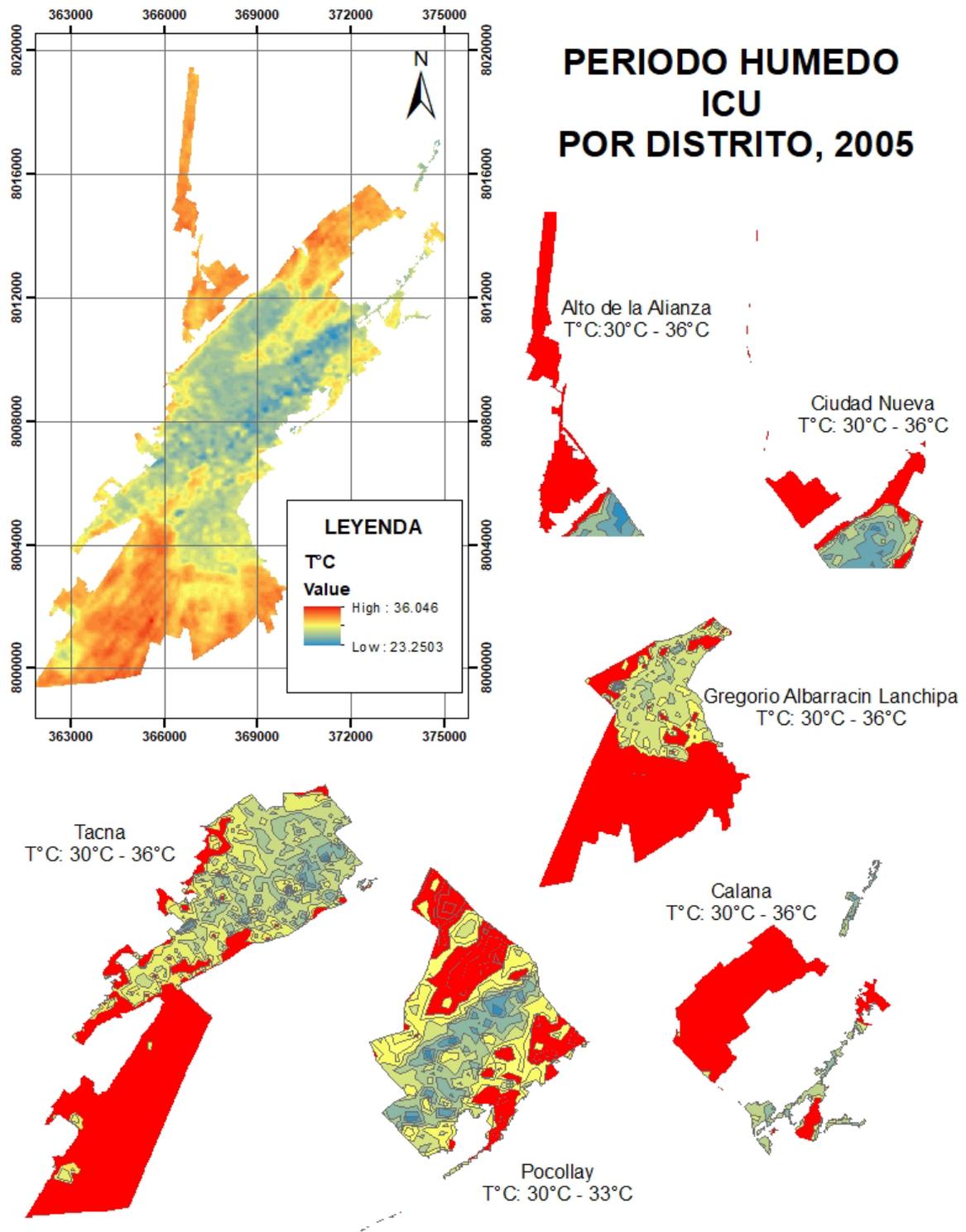
Estimación de ICU, 1995 (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 9

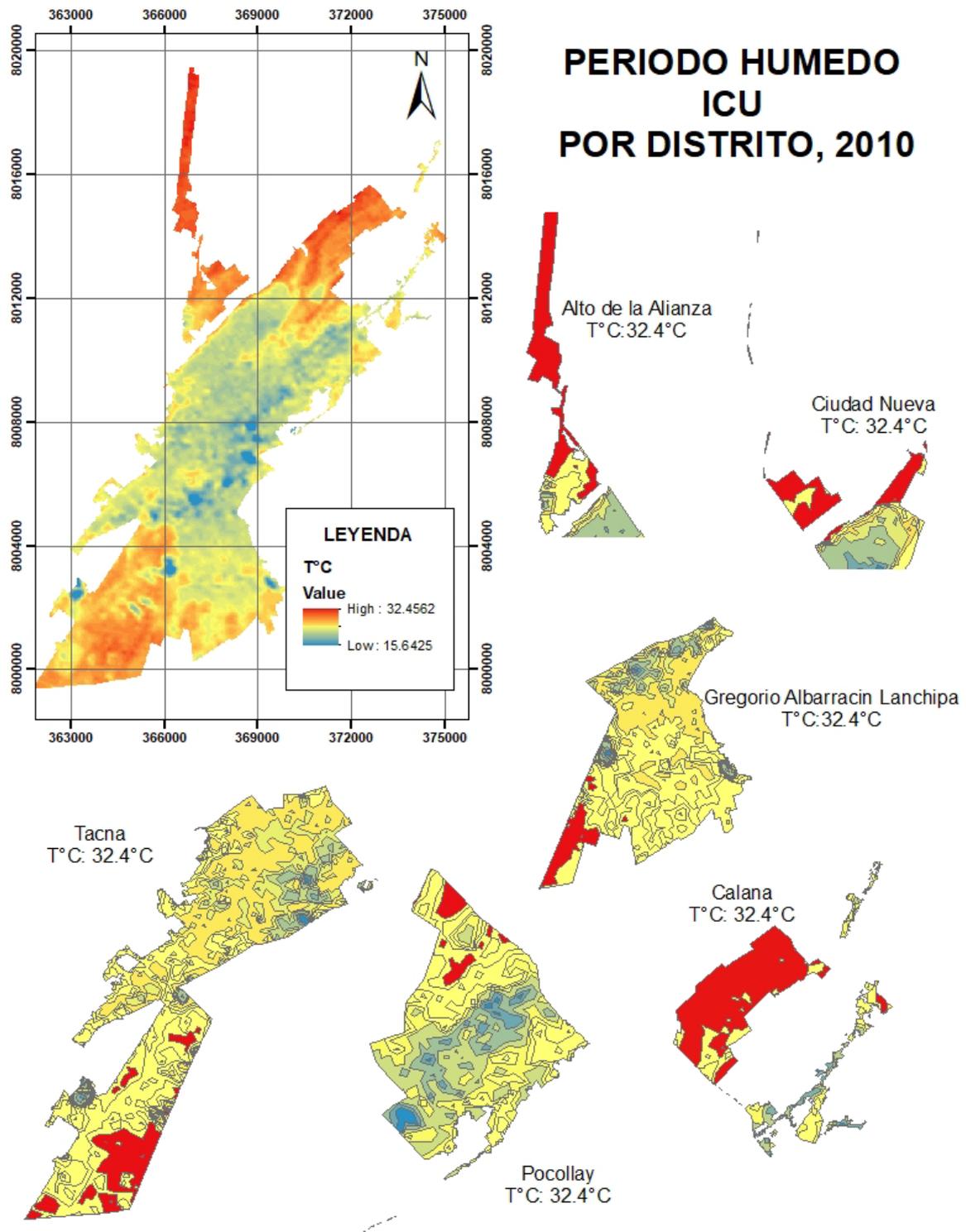
Estimación de ICU, 2005 (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 10

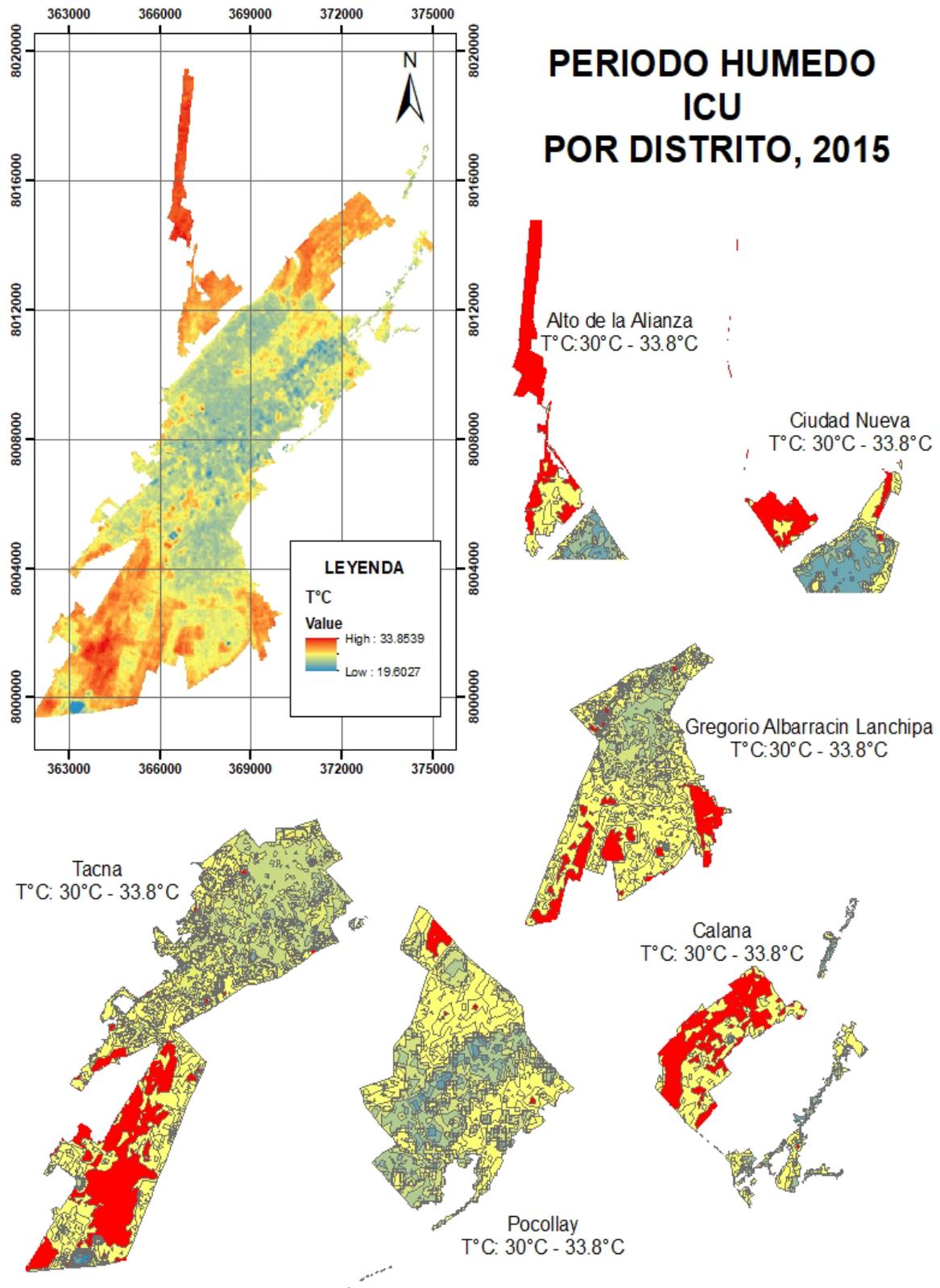
Estimación de ICU, 2010(Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 11

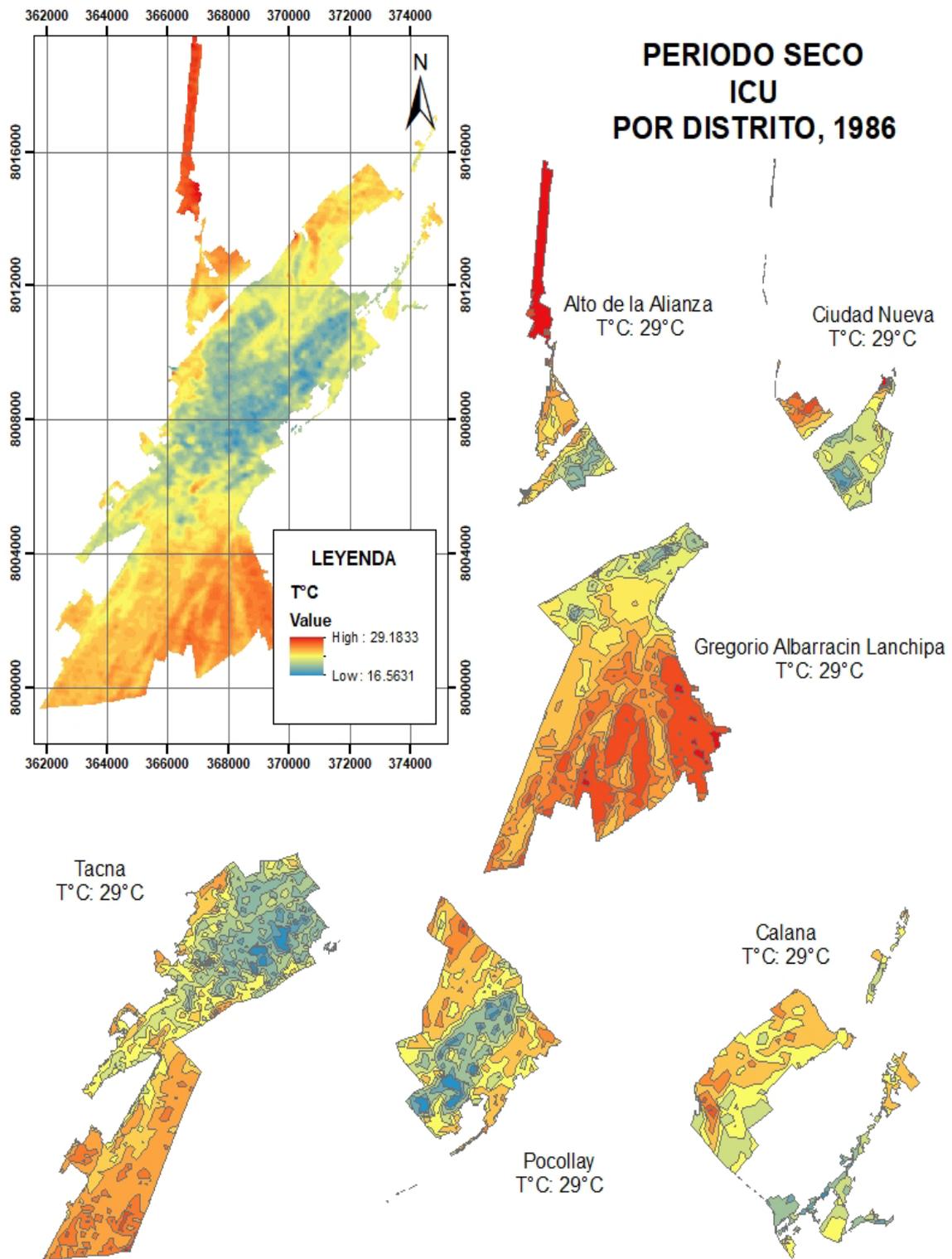
Estimación de ICU, 2015 (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 12

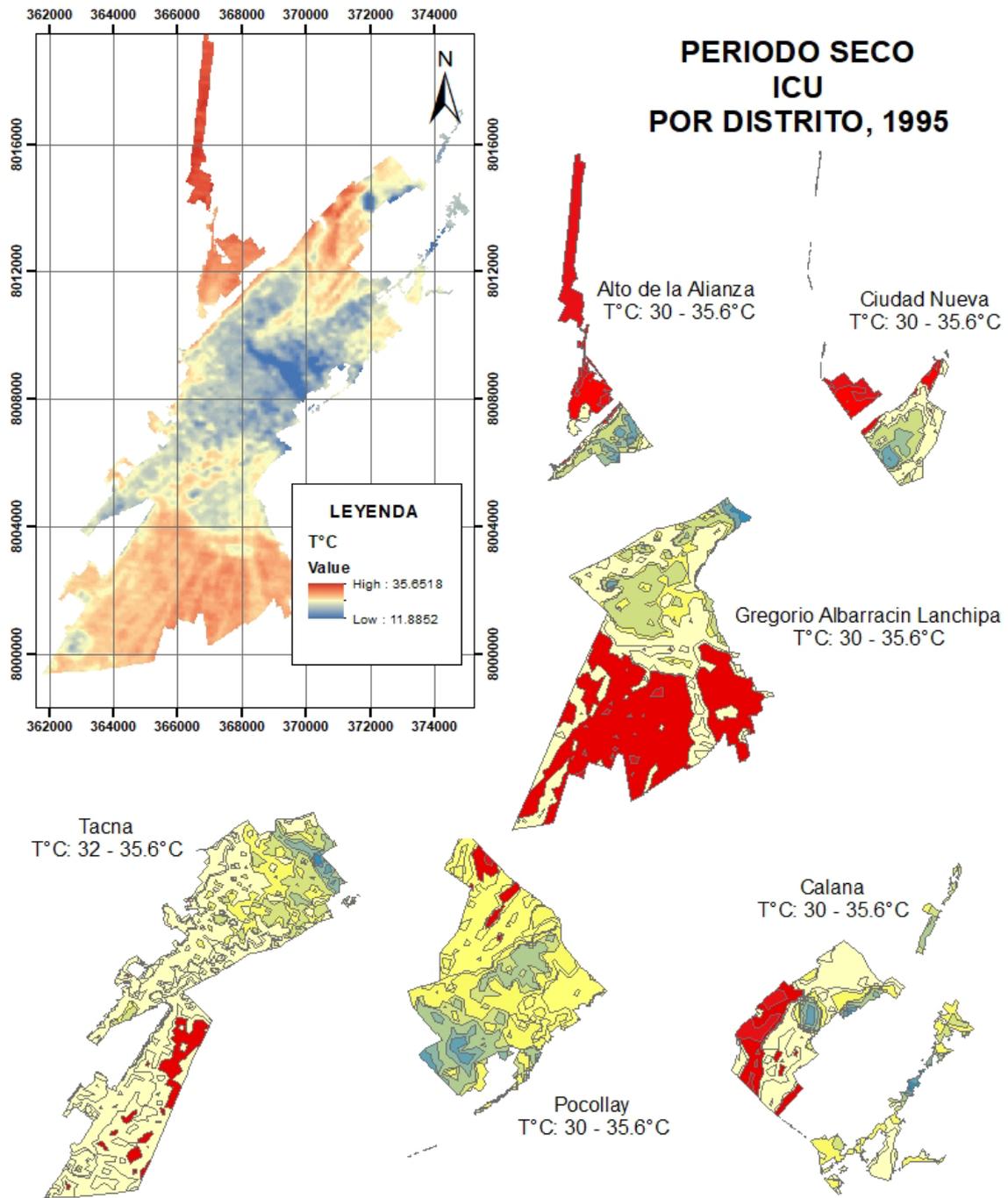
Estimación de ICU, 1986 (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 13

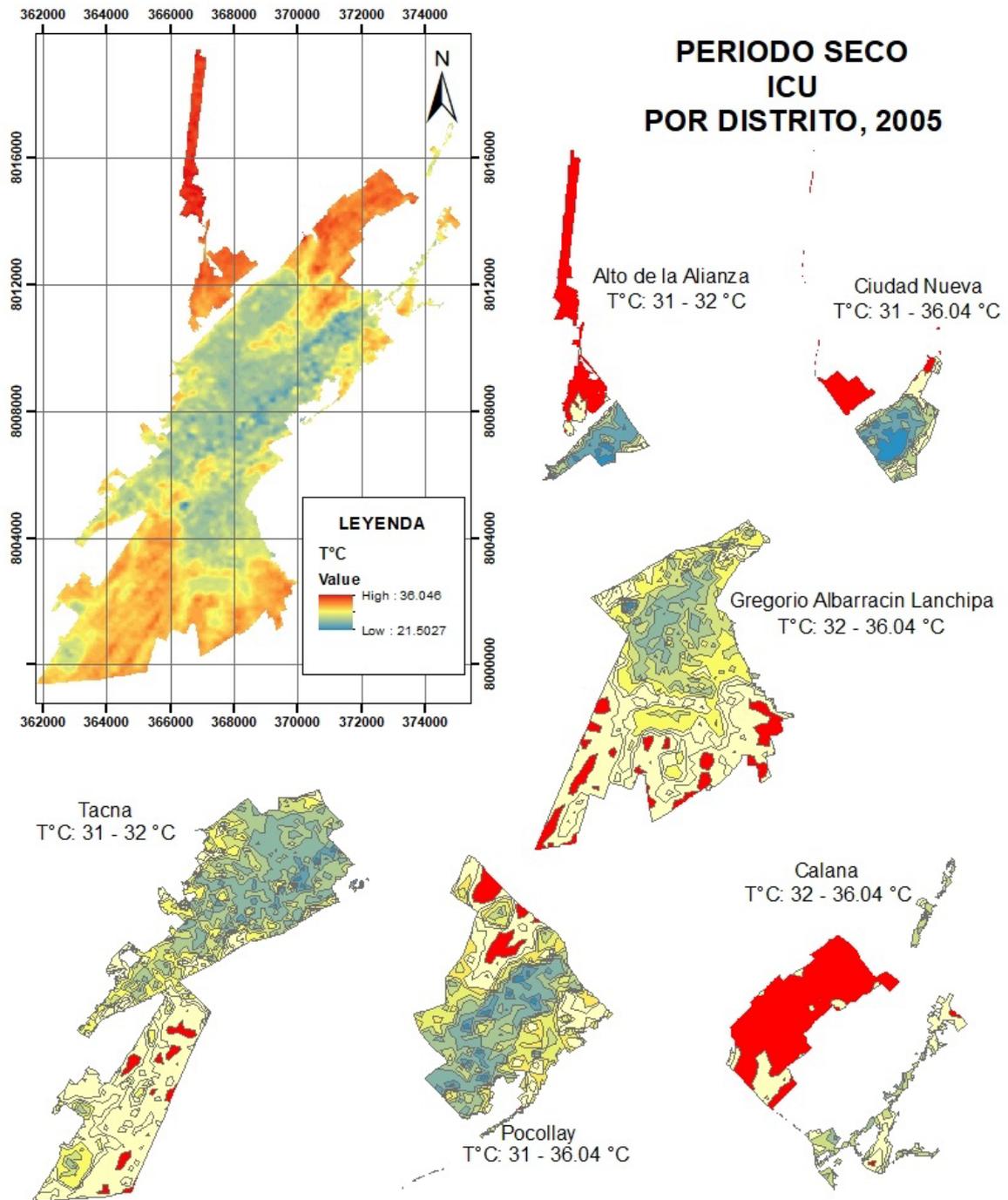
Estimación de ICU, 1995 (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 14

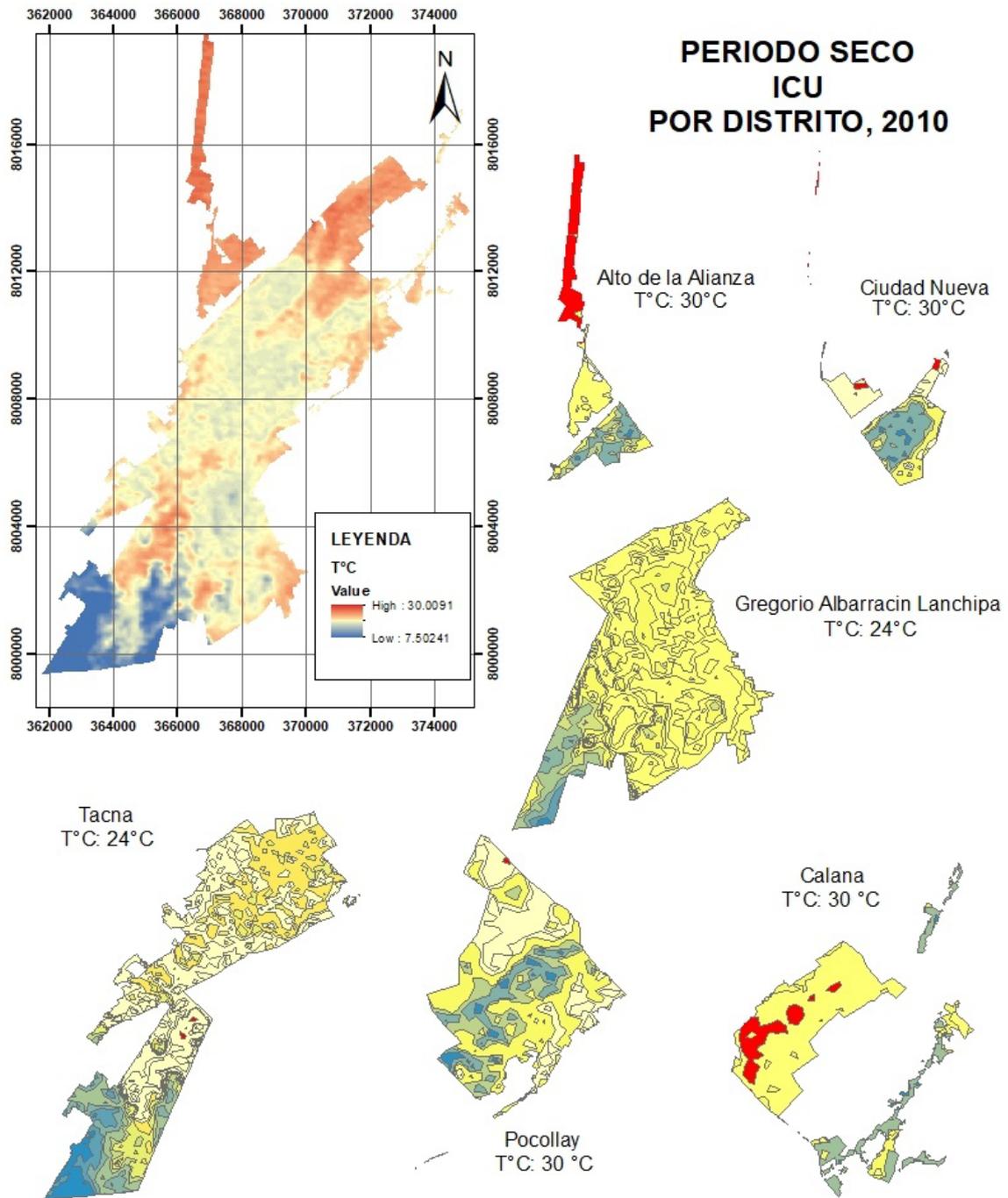
Estimación de ICU, 2005 (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 15

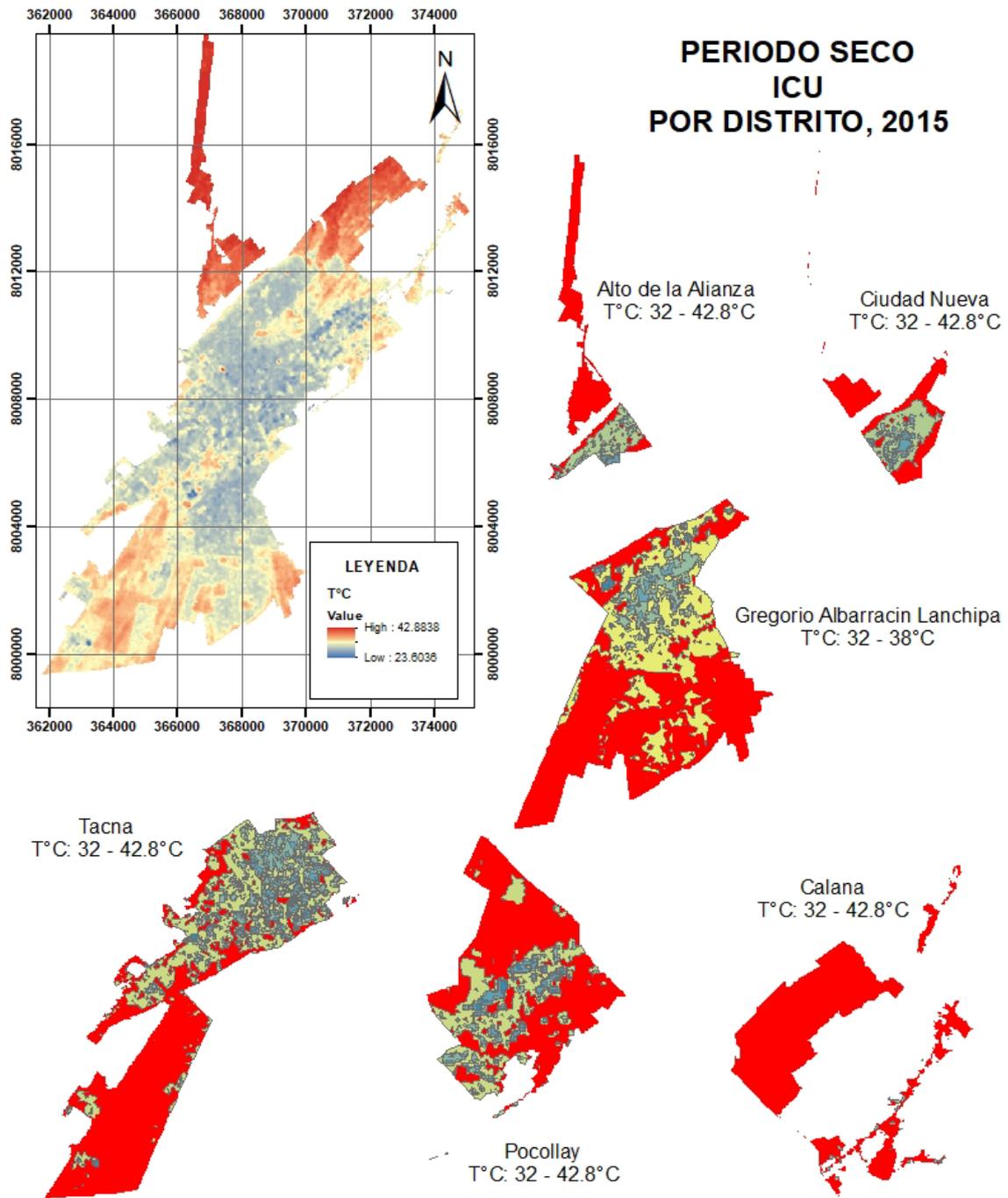
Estimación de ICU, 2010 (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 16

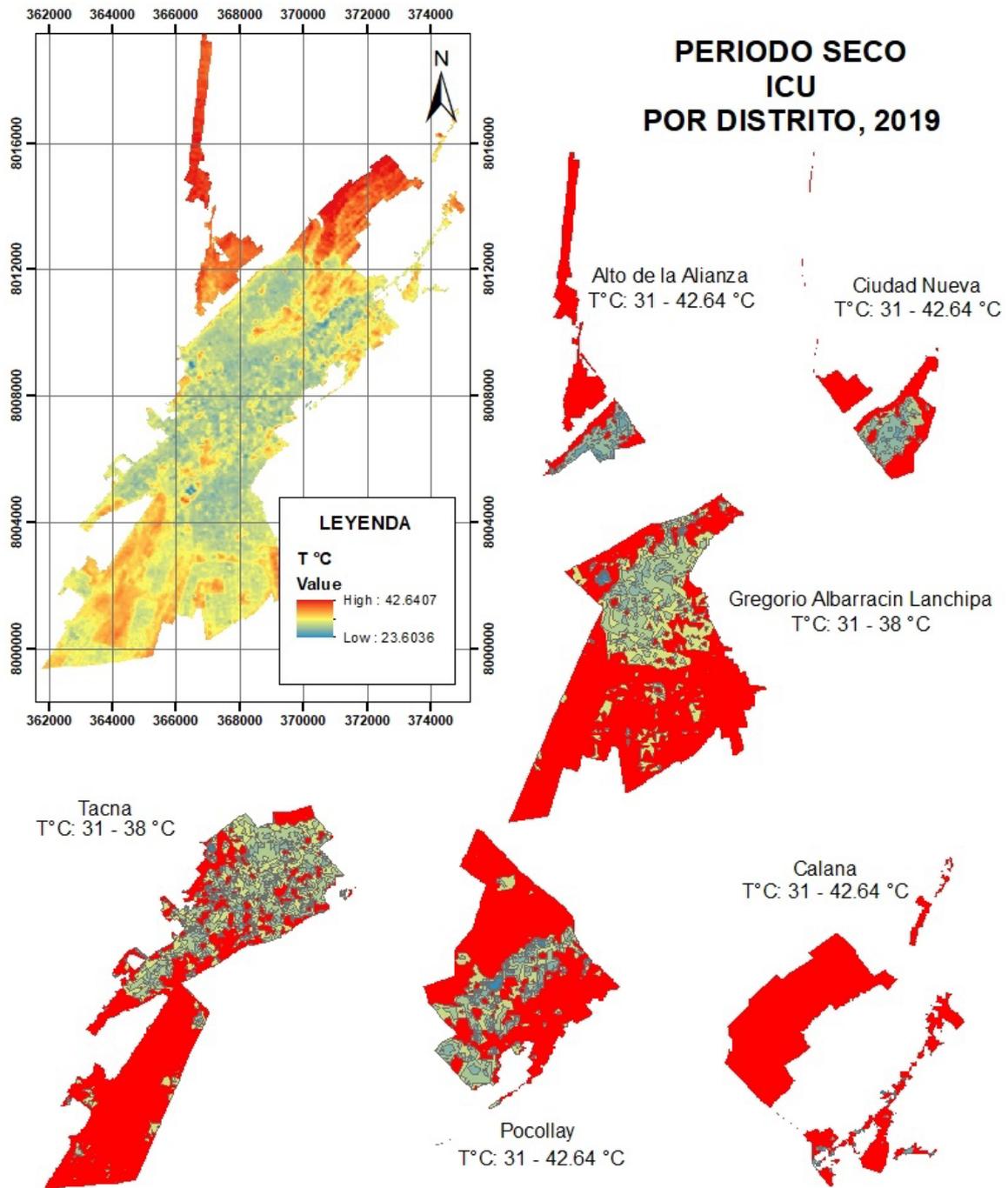
Estimación de ICU, 2015 (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 17

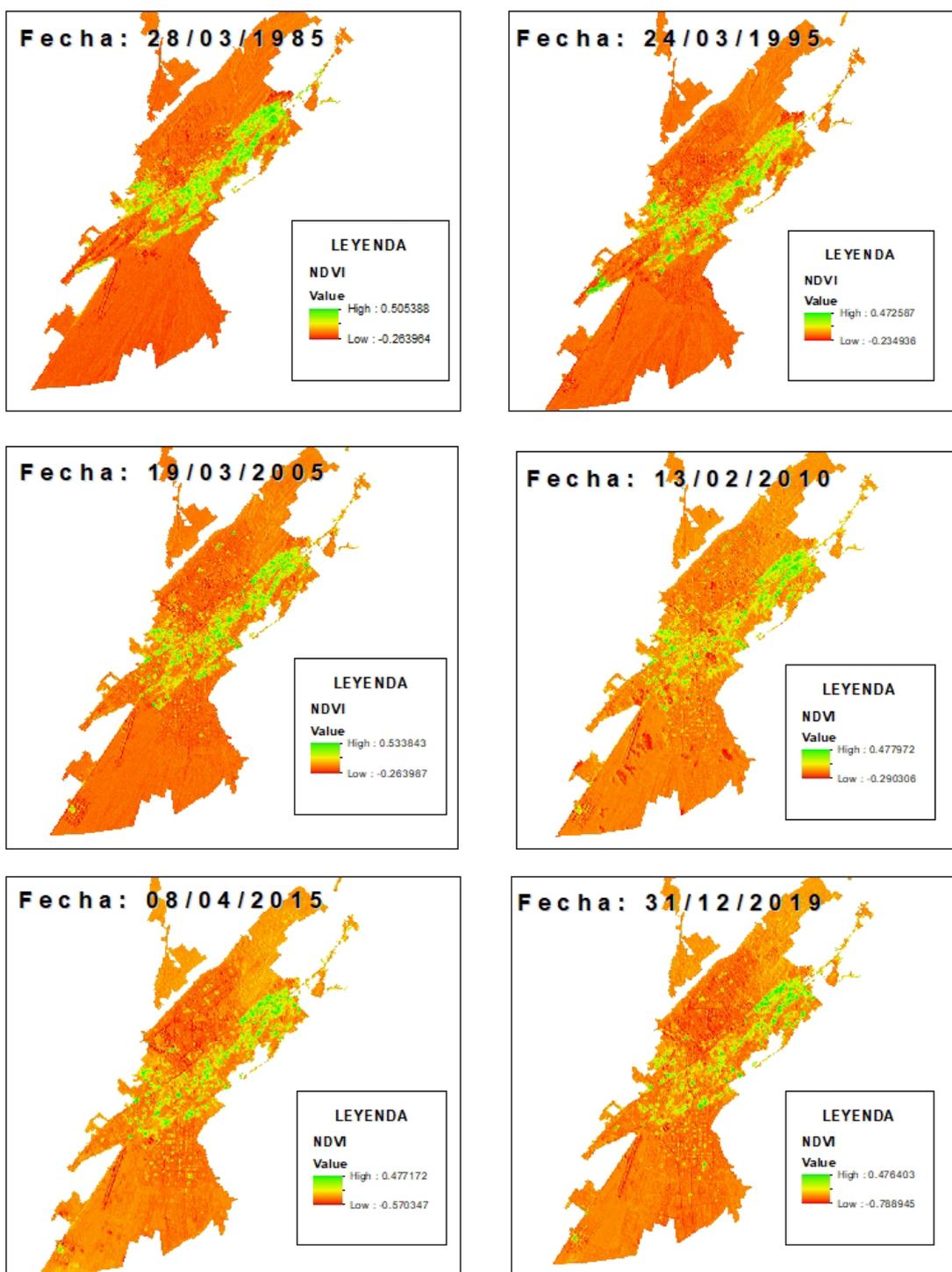
Estimación de ICU, 2010 (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 18

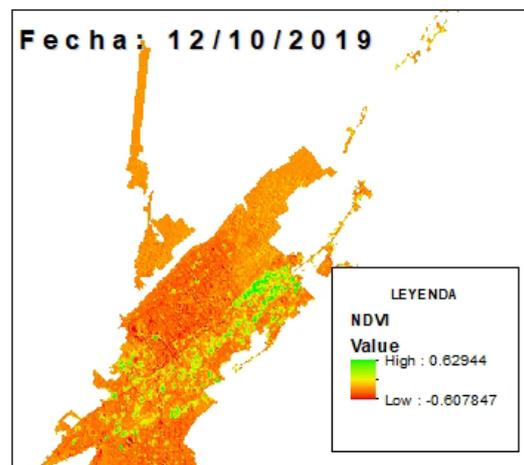
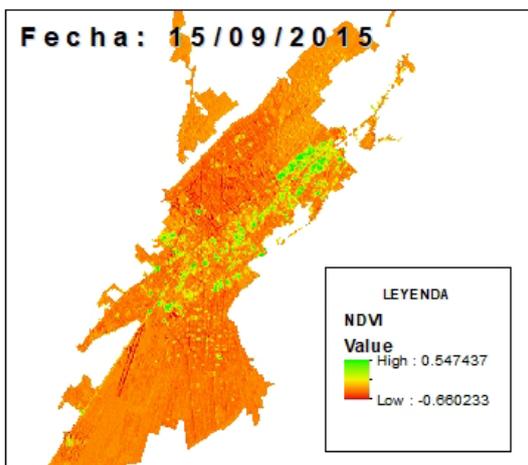
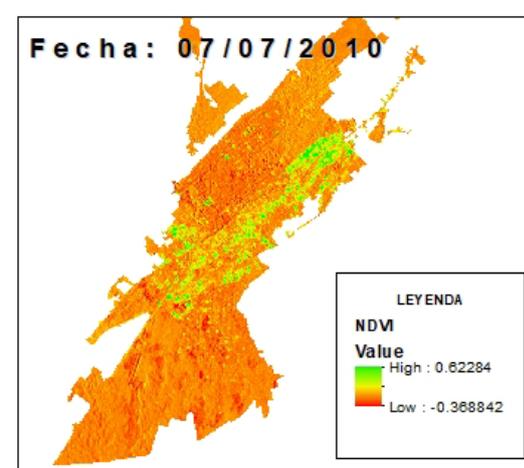
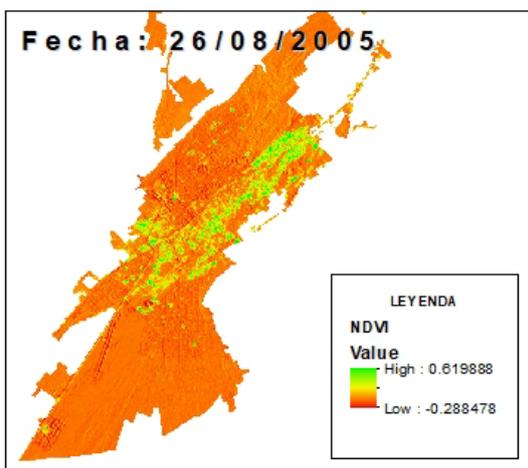
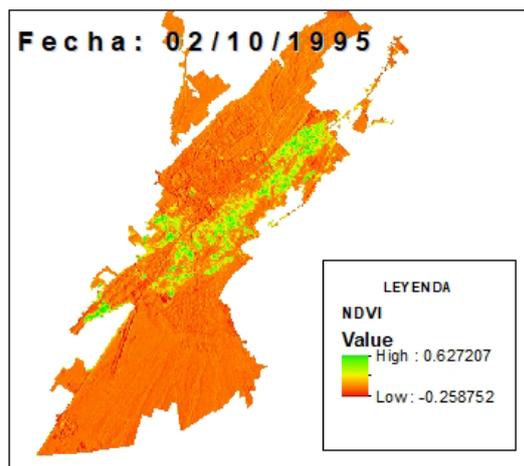
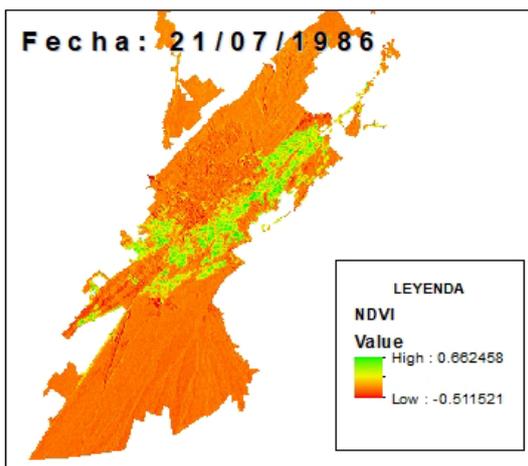
Índice de vegetación de diferencia normalizada, (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 19

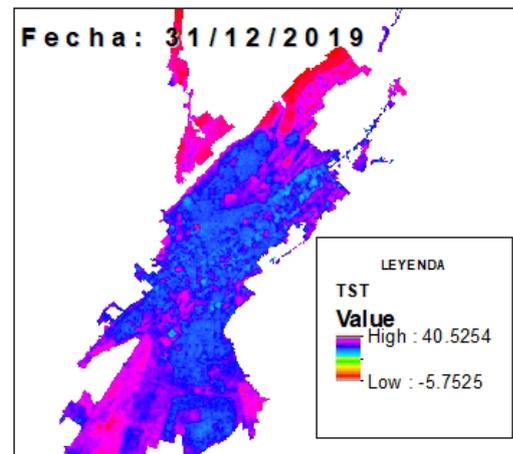
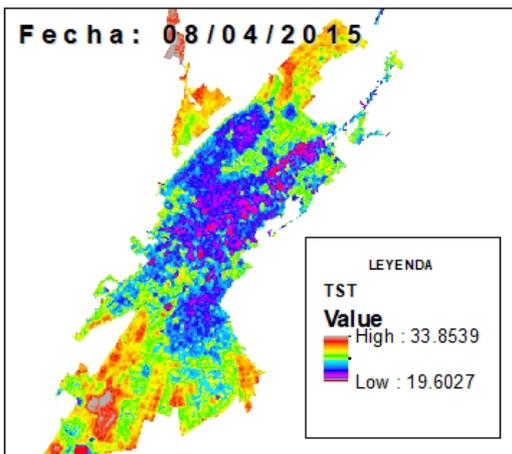
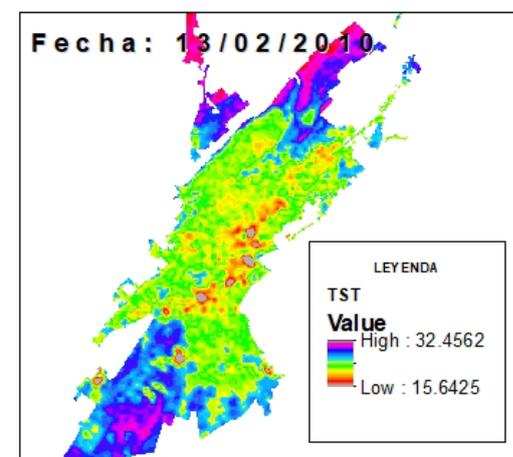
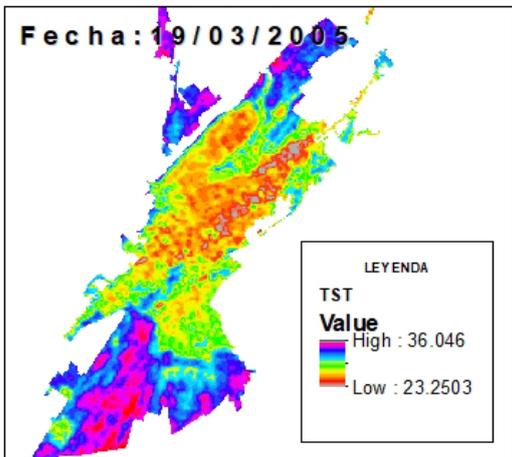
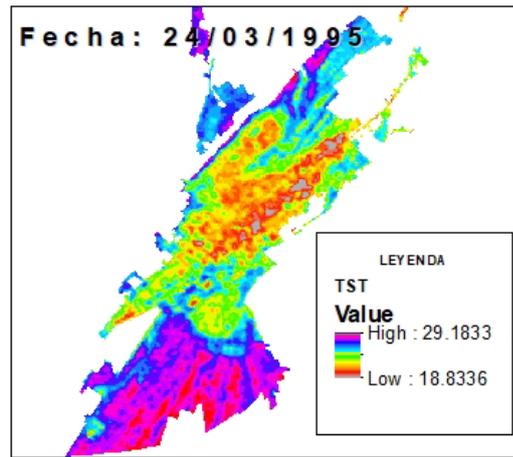
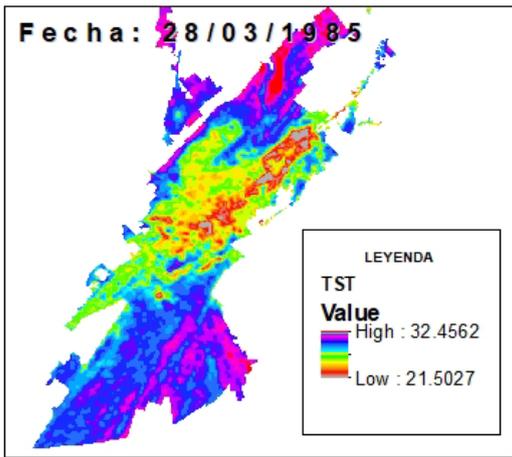
Indice de vegetación de diferencia normalizada, (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 20

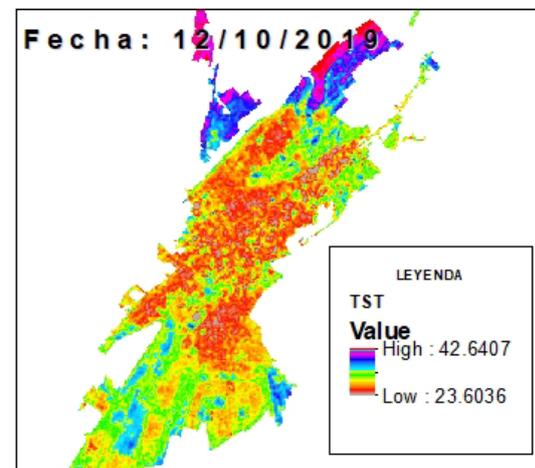
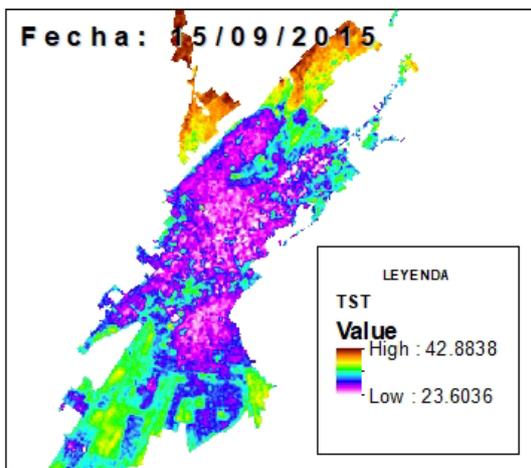
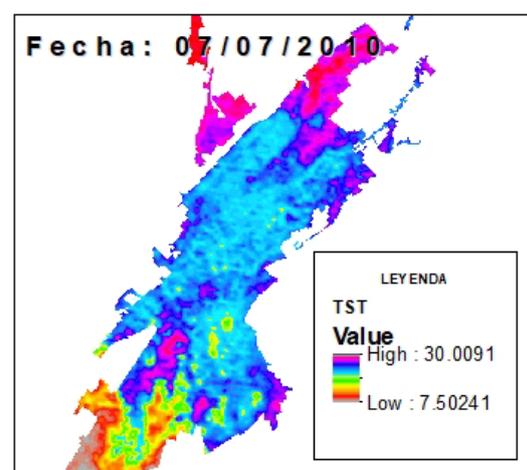
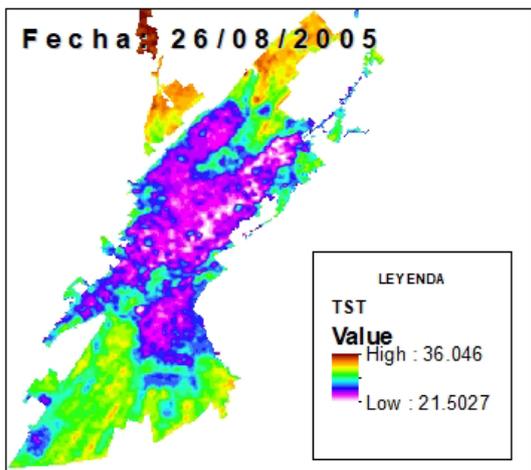
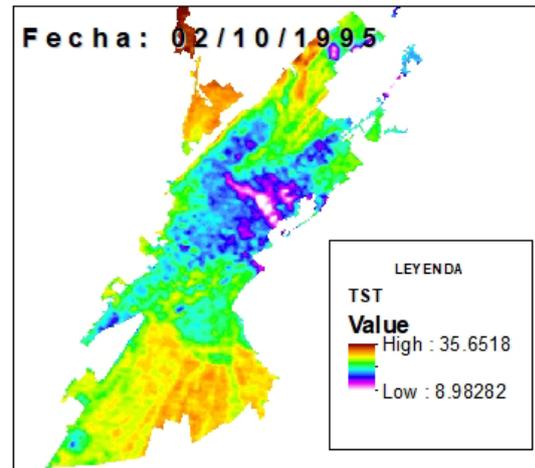
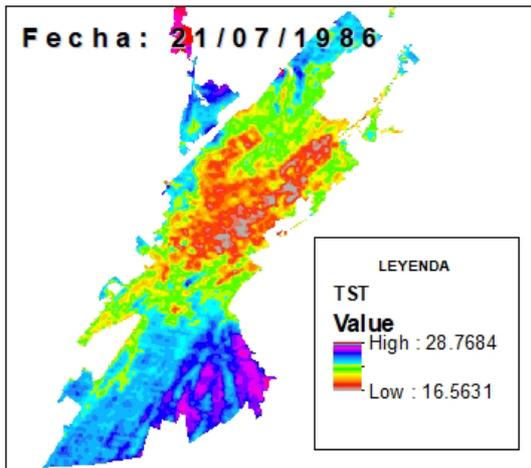
Temperatura superficial terrestre, (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 21

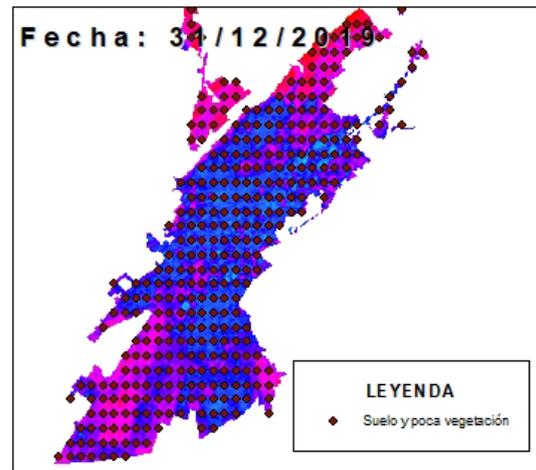
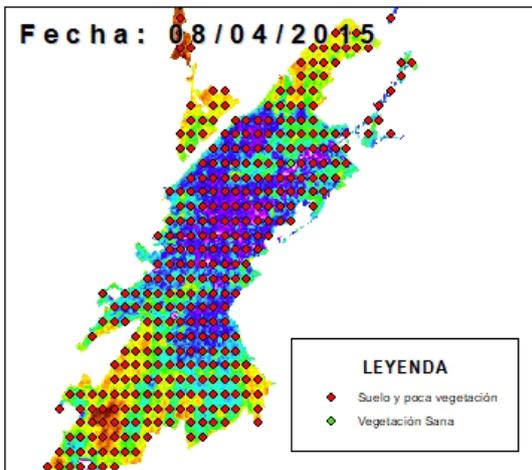
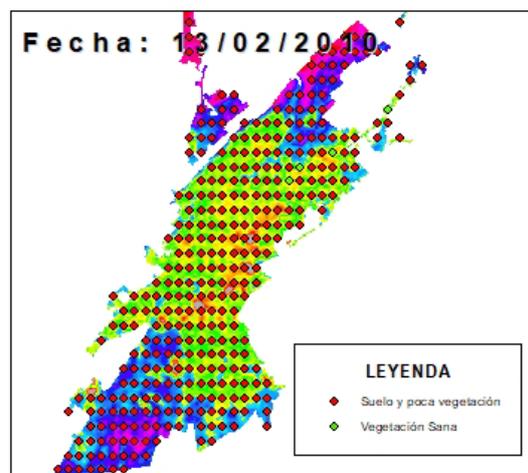
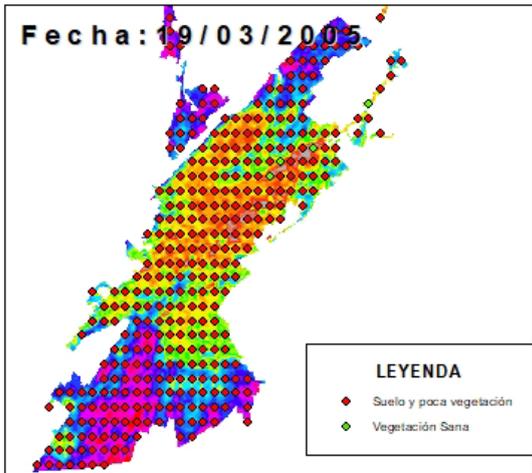
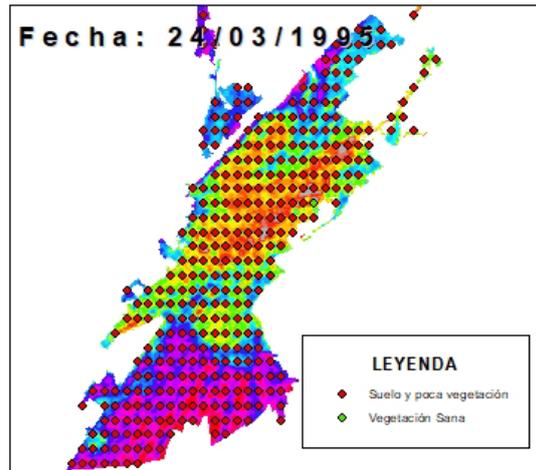
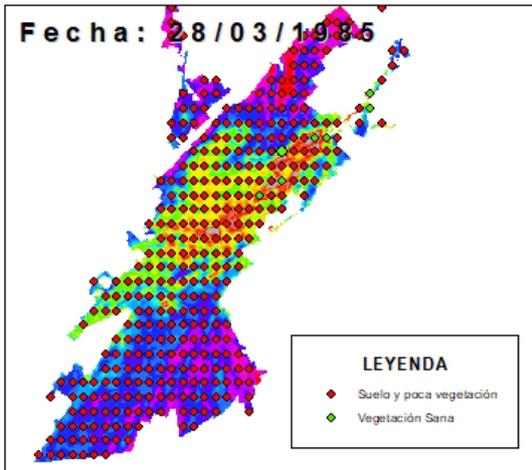
Temperatura superficial terrestre, (Periodos Seco)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 22

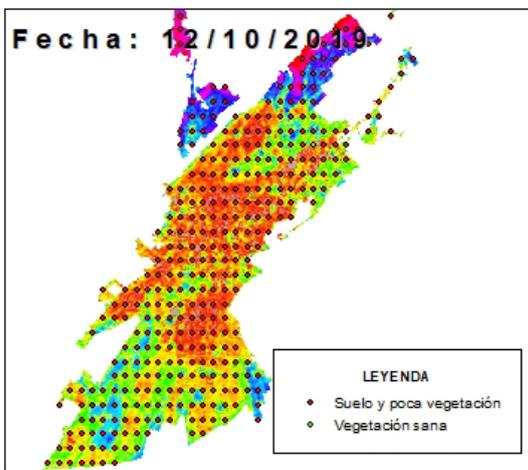
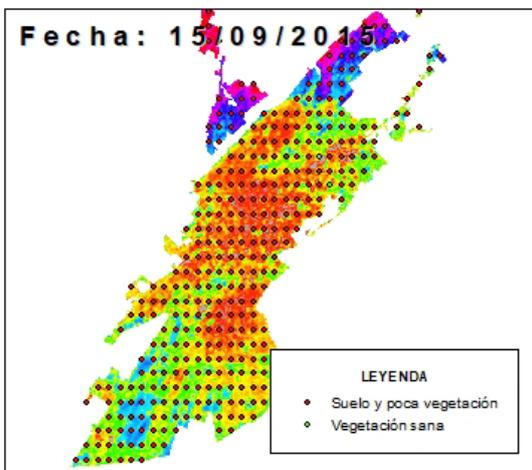
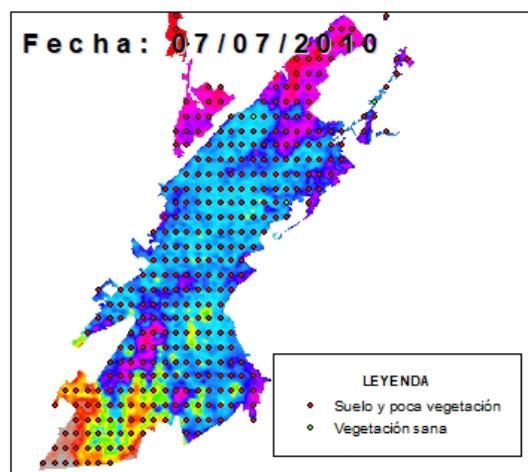
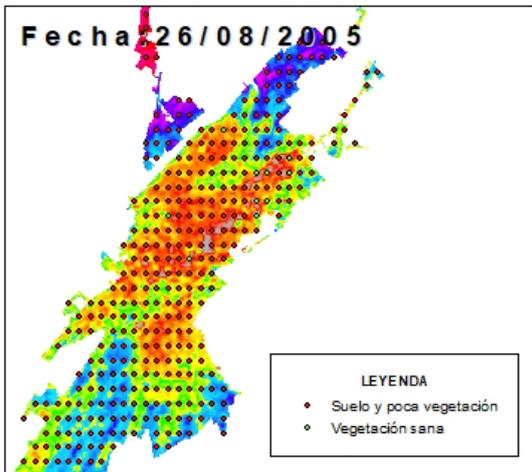
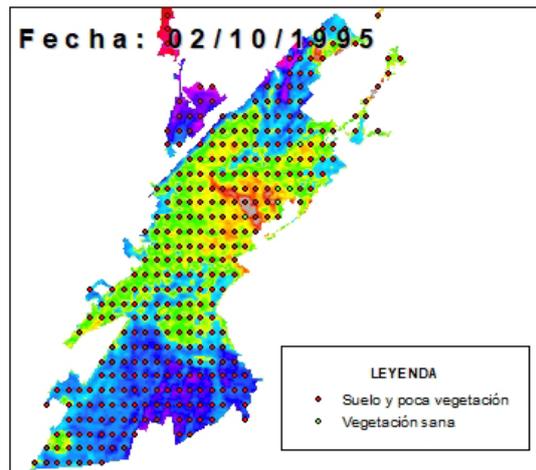
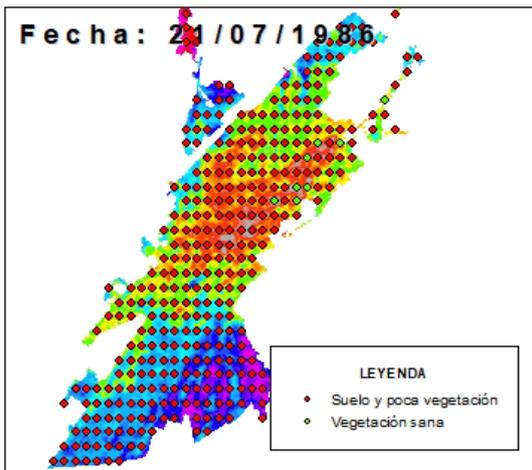
Correlación entre NDVI y TST, (Periodo Húmedo)



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 23

Correlación entre NDVI y TST, (Periodo Seco)



Fuente: Elaboración propia.

PANEL FOTOGRAFICO

PERIODO HUMEDO

Zonas de Vegetación Sana en el Distrito de Tacna



Zonas de Vegetación Sana en el Distrito de Pocollay



Zona de vegetación sana en el Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa



Zona de vegetación sana en el Distrito de Calana

**Avenida Celestino
Vargas**

**E: 374325.00, S:
8013372**

PERIODO SECO

Zonas de Vegetación Sana en el Distrito de Tacna



Zonas de Vegetación Sana en el Distrito de Pocollay



Zona de vegetación sana en el Distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa



Zona de vegetación sana en el Distrito de Calana



Formato de solicitud de Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú

GERENCIA GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU - SENAMHI

Presente. -

Ruddy Astrid Shery Lima ArosteGUI
 (Nombres y Apellidos)

Calle la mar, pasaje los cedros, #135
 (Dirección)

con Nº DNI: 73009697 Telf: 943/53503 E-mail ruddy.lima95@gmail.com

Universidad/ Instituto: Universidad Privada de Tacna

Carrera/ Profesión: Ingeniería Ambiental

Ante usted me presento y expongo;

Que, el proyecto que se realizara es la determinación de Islas de Calor Urbano en la ciudad de Tacna, mediante el uso de imágenes satelitales, por ello se solicita la información para poder realizar el análisis comparativo con la metodología empleada en mi tesis.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN	PARÁMETROS	ESCALA	PERÍODOS
Jorge Basadre	Precipitación	Mensual	1973
Jorge Basadre	Temperatura, Humedad (máxima, media y mínima)	Mensual	1984
Jorge Basadre		Mensual	1986
Jorge Basadre		Mensual	1985
Jorge Basadre		Mensual	1995
Jorge Basadre		Mensual	2005
Jorge Basadre		Mensual	2010
Jorge Basadre		Mensual	2015
Jorge Basadre		Mensual	2019

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Tacna, 23 de Octubre del 2020



 Firma del Usuario

Tabla 60

Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Humedad Relativa

JORGE BASADRE: HUMEDAD RELATIVA MENDIA MENSUAL													
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
HR101	1995	63.74	66.99	69.22	74.34	76.39	78.29	78.29	81.31	82.52	79.59	77.46	75.53
HR101	2005	73.01	74.68	74.36	77.2	80.23	81.01	81.27	80.13	81.18	76.46	72.82	69.9
HR101	2010	68.34	-	69.28	75.48	79.5	82.92	81.21	80.23	82.49	75.56	78.68	74.45
HR101	2015	72.33	69.84	71.38	76.43	81.7	82.76	83.95	84.75	82.44	85.14	83.61	82.29
HR101	2019	-	74.22	76.44	78.47	82.55	86.65	87.94	88.66	88.23	80.17	-	-

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (Senahmi)

Tabla 61

Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Precipitación Total

Mensual

JORGE BASADRE: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL													
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PT101	1995	0.3	0	6	0	0.1	0	0.8	1.5	2.1	0.4	0	0
PT101	2005	0.3	0.1	0	0.8	0.5	0	0.4	2.2	4.1	0	0	-
PT101	2010	0.1	0	0	2.2	-	1.4	0	0.6	1.6	0	-	0.1
PT101	2015	0.6	0.9	1.8	0	3.7	0	3.8	10.8	5.6	7.4	1.8	2.4
PT101	2019	14.2	8.3	0	0.2	0.4	1.3	6.3	0.3	4.8	3.1	0.9	0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (Senahmi)

Tabla 62

Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Temperatura Máxima

JORGE BASADRE: TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL													
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TM102	1995	28.51	27.95	27.16	24.85	22.19	20.66	19.1	19.26	21.17	23.1	24.63	25.54
TM102	2005	28.02	27.05	26.72	24.17	21.23	20.4	18.73	19.8	19.84	21.54	24.32	26.14
TM102	2010	27.87	29.09	27.24	24.86	22.2	18.83	17.73	19.18	20.27	22.05	24.1	25.54
TM102	2015	27.3	28.64	28.66	25.86	22.73	20.97	19.65	20.53	22.7	23.43	25.03	27.03
TM102	2019	28.12	29.11	27.41	24.74	21.88	19.87	18.32	19.91	20.54	22.36	24.88	26.84

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (Senahmi)

Tabla 63

Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Temperatura Media

JORGE BASADRE: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL													
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TM101	1995	22.91	21.6	21.2	18.79	16.32	14.51	13.64	13.62	15.28	16.59	18.26	19.29
TM101	2005	22.25	21.21	20.63	18.43	15.62	14.04	13.4	13.8	14.03	15.36	17.94	20.21
TM101	2010	21.56		20.95	19.62	17.65	13.8	12.11	13.18	14.41	15.94	17.66	19.15
TM101	2015	21.44	23.24	23.18	20.73	18.15	16.1	14.64	14.98	16.81	17.42	18.7	20.57
TM101	2019	22.41	23.28	21.62	19.57	16.6	15.01	13.75	14.24	15.18	16.28	19.07	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (Senahmi)

Tabla 64

Estación Jorge Basadre - Variables Hidrometeorológica en Temperatura Mínima

JORGE BASADRE: TEMPERATURA MINIMA MENSUAL													
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TM103	1995	17.75	16.77	16.62	14.37	11.88	10.77	9.76	9.73	11.8	12.61	13.87	14.64
TM103	2005	17.47	16.93	15.81	13.98	11.96	9.76	9.94	10.05	10.36	11.22	13.29	15.52
TM103	2010	15.94	17.1	15.67	15.77	13.57	10.42	8.09	9.03	10.43	11.76	12.96	13.75
TM103	2015	16.9	18.81	18.46	16.56	15.01	12.68	11.38	11.49	12.78	13.84	14.72	16.39
TM103	2019	17.95	18.95	16.62	15.41	12.88	11.65	11.01	9.97	11.22	11.97	14.8	16.3

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (Senahmi)

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título Probable "Determinación de Islas de Calor Urbano en la Ciudad de Tacna, mediante el uso de imágenes satelitales"							
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología	
¿Cómo determinar Islas de calor urbano en la Ciudad de Tacna?	Realizar un análisis comparativo de las imágenes satelitales entre los periodos de 1985 y 2019, para determinar Islas de Calor Urbano en los diferentes distritos de la ciudad de Tacna.	H: Existen una variación de temperatura entre los años 1985 y 2019, para determinar Islas de Calor Urbano en la Ciudad de Tacna	V.I: Temperatura, imágenes satelitales V.D: Islas de Calor Urbano	Ciudad Tacna	de	> 30 °C	Procesamiento de imágenes satelitales Landsat, técnica de regresión lineal
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología	
¿Cuáles son las características térmicas de los materiales de construcción y como están relacionados con la temperatura urbana?	Determinar las características térmicas de los materiales de construcción y establecer su relación con la temperatura urbana.	H1: Las Islas de Calor están relacionadas significativamente con las propiedades de los materiales de construcción.	V.I: Temperatura, imágenes satelitales V.D: Islas de Calor Urbano			> 30 °C	Procesamiento de imágenes satelitales Landsat, técnica de regresión lineal
¿En qué medida la escasez de vegetación se relaciona con el aumento de Islas de Calor?	Establecer la relación que existe entre la escasez de vegetación con el aumento de islas de calor mediante la generación de algoritmos con el uso de imágenes satelitales.	H2: Existe una relación significativa entre la escasez de vegetación con el aumento de islas de calor.	V.I: vegetación, imágenes satelitales V.D: Islas de Calor Urbano	Ciudad Tacna	de	NDVI	Procesamiento de imágenes satelitales Landsat, técnica de regresión lineal
¿Cómo se relaciona la temperatura superficial y el NDVI en las Islas de Calor?	Determinar la relación existente entre las islas de calor y con la temperatura superficial y NDVI, en la Ciudad de Tacna	H3: Las islas de calor se relacionan significativamente con la temperatura superficial, y NDVI.	V.I: Temperatura superficial, vegetación, imágenes satelitales V.D: Islas de Calor Urbano			> 30 °C, NDVI	Procesamiento de imágenes satelitales Landsat, técnica de regresión lineal