



TESIS

INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CHICLAYO DURANTE 2001-2016

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
YANET MIRIAN BOZA BENDEZU**

ASESOR

MG. JULIO MIGUEL ANGELES SUAZO

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESOR:

Mg. Julio Miguel Angeles Suazo

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis padres, por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional para hacer de mí una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Alas Peruanas, por contribuir a la formación de mi carrera profesional.
- A los docentes de la escuela profesional de ingeniera ambiental, quienes han contribuido en mi formación profesional.
- Al Mg. Julio Angeles Suazo, por su asesoramiento, valiosa orientación y apoyo moral desde la formulación del proyecto hasta su culminación.
- A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	viii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
Capítulo I:	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Caracterización de la realidad problemática	16
1.2 Formulación del problema.....	17
1.2.1 Problema general.	17
1.2.2 Problemas específicos.....	17
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Hipótesis de la investigación	18
1.4.1 Hipótesis general.	18
1.4.2 Hipótesis específicas.	18
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.5.1 Justificación.	18
1.5.2 Importancia.	19
1.6 Limitaciones	19
Capítulo II:	20
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20

2.1	Marco referencial	20
2.1.1	Antecedentes de la investigación.	20
2.2	Marco legal	23
2.2.1	Ley nº 26834 de áreas naturales protegidas.	23
2.3	Marco conceptual.....	23
2.3.1	Temperatura superficial.	23
2.3.2	Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).	23
2.3.3	Sensor.	24
2.4	Marco teórico	24
2.4.1	Percepción remota.....	24
2.4.2	Procesamiento digital de imágenes.	26
2.4.3	Islas de calor.....	27
2.4.4	Espacio urbano.....	28
2.4.5	Clima urbano	29
2.4.6	Características del clima urbano.....	31
2.4.7	Islas de calor urbano.	31
2.4.8	Temperatura superficial.	37
2.4.9	Relación entre LST y los índices de vegetación (NDVI, EVI).....	37
2.4.10	Sensor MODIS.....	41
2.4.11	Cobertura vegetal del departamento de Lambayeque.....	41
2.4.12	Descripción de los tipos de bosques de Lambayeque.....	44
2.4.12.1	Bosque estacionalmente seco.....	41
2.4.12.2	Bosque húmedo.....	43
Capítulo III:		48
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO		48
3.1	Metodología	48
3.1.1	Método.....	48
3.1.2	Tipo de investigación.	51
3.1.3	Nivel de investigación.	51
3.2	Diseño de la investigación	51

3.3	Cobertura de estudio.....	53
3.3.1	Universo.....	53
3.3.2	Población.....	53
3.3.3	Muestra.....	53
3.4	Variables.....	53
3.4.1	Variable independiente.....	53
3.4.2	Variable dependiente.....	53
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	54
3.5.1	Técnicas de la investigación.....	54
3.5.2	Instrumentos de la investigación.....	54
3.6	Procesamiento de la información.....	54
3.6.1	Estadísticos.....	54
3.6.2	Representación.....	54
3.6.3	Comprobación de la hipótesis.....	55
3.6.4	Técnica de comprobación de la hipótesis.....	55
Capítulo IV:		56
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		56
4.1	Resultados.....	56
4.1.1	Patrones espaciales y variaciones temporales de LST.....	56
4.1.2	Temperatura superficial.....	57
4.1.3	Índice de cobertura vegetal.....	60
4.2	Discusión de resultados.....	63
4.2.1	Temperatura superficial e índice de vegetación.....	63
4.2.2	Contrastación de hipótesis.....	63
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES		77
BIBLIOGRAFIA		78
ANEXO		82

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada.

LST: Temperatura de la superficie terrestre.

EVI: Índice de vegetación mejorada.

NOAA: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.

YLCD: Aplicación de la metodología anual de dinámica de cobertura terrestre.

TVDI: Índice de sequedad de la temperatura de la vegetación.

TVX: Matriz de índice de temperatura / vegetación.

Ts: Temperatura de la superficial.

NIR: Radiación infrarroja.

USGS: Servicio Geológico.

IGBP: International Geosphere-Biosphere Programme.

MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer.

AMCH: Área Metropolitana de Chiclayo.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de cobertura de suelo.....	38
Tabla 2. Distribución porcentual de superficies de las unidades cartográficas de vegetación del departamento de Lambayeque.....	41
Tabla 3. Diseño de la Investigación.....	51
Tabla 4. Diagrama de la Metodología propuesta.....	52
Tabla 5. Pendiente (Slope), intercepto (IC) e índice de correlación (R ²) de la regresión lineal entre NDVI vs LST y EVI vs LST para el AMCH.....	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: La obtención de imágenes mediante sensores orbitales.....	25
Figura 2: Ilustración esquemática de temperatura superficial en las zonas urbanas.....	35
Figura 3: Sección transversal de una isla de calor urbana.....	36
Figura 4: A) Tipo de cobertura de suelo del AMCH para diciembre del 2006 acorde al IGBP.....	40
Figura 5: Mapa de ubicación.....	49
Figura 6: A) LST rural del periodo de enero 2001.....	50
Figura 7: Distribución espacial de la TS de Sudamérica.....	56
Figura 8: A) Evolución mensual del LST para periodo diurno del AMCH, del centro urbano, frontera y rural del periodo 2001-2016 B) Evolución mensual del LST para periodo nocturno del AMCH, del centro urbano, frontera y rural del periodo 2001-2016.....	58
Figura 9: A) Media mensual diurna de LST del área rural del AMCH en enero 2001 B) Media mensual diurna LST del área urbano del AMCH para enero 2001 C) Media mensual diurna de LST del área rural del AMCH para enero 2016 D) Media mensual diurna LST del área urbano del AMCH para enero 2016.....	59
Figura10: A) Interpolación planar Least – Squares para la LST rural en 2 dimensiones de AMCH para el mes de julio 2001, B) Noviembre 2002, C) Febrero 2003, D) Marzo 2008.....	60
Figura11: A) Variación espacial del NDVI del 2001, B) Variación espacial del EVI del 2001, C) variación espacial del NDVI del 2016, D) Variación espacial del EVI del 2016.....	62

Figura12: A) Evolución temporal 2001-2016, media mensual con desviación estándar del NDVI, y B) EVI para el AMCH, C) media mensual con desviación estándar del EVI D) NDVI para el AMCH en el centro urbano, frontera y rural.....	66
Figura13: Relación entre LST-EVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área rural del AMCH.....	68
Figura14: Relación entre LST-EVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área urbano del AMCH.....	70
Figura15: Relación entre LST-NDVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área rural del AMCH.....	72
Figura16: Relación entre LST-NDVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área urbana del AMCH.....	74
Figura 17: Bosque seco de Pòmac.....	82
Figura 18: plantaciones de algarrobo en Chiclayo.....	82
Figura 19: Temperatura superficial de febrero 2001 del AMCH.....	83
Figura 20: Temperatura superficial de marzo 2001 del AMCH.....	83
Figura 21: Temperatura superficial de abril 2001 del AMCH.....	84
Figura 22: Temperatura superficial de mayo 2001 del AMCH.....	84

RESUMEN

En la presente investigación en el área metropolitana de Chiclayo (AMCH) utilizando el sensor MODIS a una resolución de 5km del satélite TERRA-AQUA se pretende corroborar la influencia de la temperatura superficial sobre la cobertura vegetal durante el periodo 2001-2016, donde se concluyó con un p-valué de 0.001 y 0.003 en la relación de la temperatura superficial y NDVI-EVI respectivamente, asimismo la relación entre temperatura superficial y cobertura vegetal muestran correlación positiva máxima entre LST y NDVI de 0.1 a 0.58 en el área rural y en el área urbana de 0.0003 a 0.06. En el caso de LST y EVI es levemente más bajo de 0.000000002 a 0.06 en el área urbana y en el área rural de 0.1 a 0.57.

ABSTRACT

In the present investigation in the Metropolitan Area of Chiclayo (AMCH) using the MODIS sensor at a resolution of 5km of the TERRA –AQUA satellite refers to the temperature of the surface on the vegetation cover during the period 2001-2016, where it is concluded with a p -value of 0.001 and 0.003 in the relation of the surface temperature and the NDVI-EVI respectively, also the relation of the surface temperature and the coverage of the temperature response between the LST and the NDVI of 0.1 to 0.58 in the rural area and in the urban area of 0.0003 to 0.06. In the case of LST and EVI it is slightly lower than 0.000000003 to 0.06 in the urban area and in the rural area of 0.1 to 0.57.

INTRODUCCIÓN

Muchas áreas urbanas y suburbanas experimentan temperaturas elevadas en comparación con su entorno rural periférico. Esta diferencia de temperatura es lo que constituye una isla de calor urbano. La temperatura media anual del aire de una ciudad con un millón o más de personas puede ser 1.8 a 5.4 °F (1 a 3 °C) más cálido que sus alrededores, para Oke (1997) en una noche clara y tranquila, esta diferencia de temperatura puede ser de hasta 22 °F (12 °C). Incluso las ciudades y pueblos más pequeños producen islas de calor, aunque el efecto a menudo disminuye a medida que disminuye el tamaño de la ciudad. Por ello en la presente investigación se verificará la influencia de la cobertura sobre el incremento de la temperatura superficial en el AMCH.

Capítulo I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Caracterización de la realidad problemática

Después del acontecimiento de la revolución industrial, las personas pasaron a concentrarse en las ciudades, que se convirtieron en los polos, donde se concentran las principales actividades de una región.

El crecimiento espontáneo de las ciudades ha generado diversos problemas, acarreando muchos problemas de sequía, enfermedades que son sufridas por gran parte de la población. Para Cordova, (2011) este proceso de urbanización ha generado diversos problemas medioambientales, como las inundaciones, la erosión, el aumento de los residuos sólidos, la sedimentación de reservorios y contaminación del agua, que sumados a otros problemas sociales, configuran algunas de las consecuencias del uso inadecuado de la tierra, que terminan por influir en la calidad de vida de la población residente de Chiclayo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general.

- ¿Cuál es la influencia de la cobertura vegetal sobre la temperatura superficial en el área metropolitana de Chiclayo durante 2001-2016?

1.2.2 Problemas específicos.

- ¿Cuál es la temperatura superficial a partir del sensor MODIS en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 - 2016?
- ¿Cuál es la variación espacial y temporal del índice de vegetación en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001-2016?
- ¿Cuál es la relación entre temperatura superficial y cobertura vegetal en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001-2016?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

- Determinar la influencia de la cobertura vegetal sobre la temperatura superficial en el área metropolitana de Chiclayo durante 2001-2016.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar la temperatura superficial a partir del sensor MODIS en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 - 2016.
- Determinar la variación espacial y temporal del índice de vegetación en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001-2016.

- Determinar la relación entre temperatura superficial y cobertura vegetal en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001-2016.

1.4 Hipótesis de la investigación

1.4.1 Hipótesis general.

- El incremento de 5°C de la temperatura superficial es debido a la disminución de cobertura forestal en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 - 2016.

1.4.2 Hipótesis específicas.

- La temperatura superficial es mayor en zonas urbanas (30°C) sobre zonas rurales (20° C) en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 - 2016.
- La variación espacial del índice de vegetación normalizado se encuentra en el intervalo de [0 a 1], considerando los datos registrados por el sensor MODIS en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 - 2016.
- La relación entre temperatura superficial y cobertura vegetal es directamente proporcional en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 - 2016.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

1.5.1 Justificación.

Para calcular el incremento de la temperatura debido al cambio de cobertura vegetal al alto incremento de zonas urbanizadas, es que se produce una incertidumbre en los modelos, para el cálculo del incremento de temperatura superficial.

1.5.2 Importancia.

Es importante conocer los niveles de temperatura superficial ya que es un indicador del cambio climático o calentamiento global, la actividad antropogénica viene aumentando de manera exponencial debido al cambio de cobertura vegetal por construcciones, por ello es importante la presente investigación para mitigar dichos impactos ambientales.

1.6 Limitaciones

Las limitaciones de la presente investigación es la ausencia de estaciones meteorológicas que cuantifiquen la variable de temperatura superficial de manera continua.

Capítulo II:

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Marco referencial

2.1.1 Antecedentes de la investigación.

Yves (2011) redactò el artículo científico titulado “Temporal analysis of normalized difference vegetation index (NDVI) and land surface temperature (LST) parameters to detect changes in the Iberian land cover between 1981 and 2001” donde indica que en las últimas décadas, se ha demostrado que la Península Ibérica ha sufrido cambios en la vegetación. Cambios como la desertificación y la reforestación. El índice de vegetación de diferencia normalizada. (NDVI) y temperatura de la superficie terrestre (LST), fueron estimados a partir de datos adquiridos por el sensor de radiómetro de muy alta resolución (AVHRR) a bordo del satélite de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), se utilizaròn estos satélites debido a que

están especialmente adaptadas para evaluar estos cambios. Este trabajo presenta una aplicación de la metodología anual de dinámica de cobertura terrestre (YLCD) para analizar el comportamiento de la vegetación, que consiste en un estudio multitemporal combinado del NDVI y parámetros LST sobre una base anual. A lo largo del período 1981-2001, el análisis de tendencias de los parámetros YLCD enfatizan las áreas que han sufrido los mayores cambios en su vegetación este resultado es corroborado por resultados de estudios previos.

Higuchi (2007) realizó la investigación “The behaviour of a surface temperature/vegetation index (TVX) matrix derived from 10-day composite AVHRR images over monsoon Asia”, donde determino que la detección remota por satélite de variables relacionadas con la superficie es esencial para comprender los procesos regionales o globales de la superficie terrestre. Este estudio se centro en una matriz de índice de temperatura / vegetación (TVX) que combina la temperatura de la superficie (T_s) y una temperatura normalizada y el índice de diferencia de vegetación (NDVI). Los resultados del estudio muestran un comportamiento en escalas continentales de la matriz de TVX .

El dominio del estudio incluyo Eurasia Oriental y las regiones Monzónicas de Asia con gran variabilidad en las condiciones de la superficie terrestre. Los datos utilizados incluyeron un conjunto de datos de radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR) compuesto de 10 días compilado por el Servicio Geológico (USGS) de EE. UU.

En el algoritmo de determinación para la pendiente TVX (una línea envolvente superior en una TVX) se realizó para obtener tanto la pendiente negativa como la positiva. La pendiente de TVX se derivó de estudios previos.

Shulin (2015) redactò el artículo titulado ‘temperature vegetation dryness index estimation of soil moisture under different tree species’, donde indica que el bosque de Laoshan es el bosque más grande de Nanjing y juega un papel importante en la gestión de los recursos hídricos en Nanjing. Este estudio tuvo como objetivos determinar si el índice de sequedad de la temperatura de la vegetación (TVDI) es adecuado para estimar la humedad del suelo y si la humedad del suelo se ve afectada significativamente por las especies de árboles en el bosque de Laoshan, calculó la distribución espacial de TVDI utilizando datos de LANDSAT-5 TM. Seleccionaron sesenta y dos puntos de observación de mediciones de humedad del suelo in situ para validar la efectividad de TVDI como índice y evaluar la humedad del suelo en el bosque de Laoshan.

Con la ayuda de los tres patrones temporales diferentes, que son el 10 de enero de 2011, el 18 de mayo de 2011 y el 23 de septiembre de 2011, utilizó TVDI para investigar las diferencias de la humedad del suelo en cuatro tipos de bosques mono-especies y dos tipos de bosques mixtos. Los resultados mostraron que existe una fuerte y significativa correlación negativa entre TVDI y la humedad del suelo medida in situ ($R^2=0.15-0.8$, $SE = 0.015-0.041 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$). Esto significa que TVDI puede reflejar el estado de humedad del suelo bajo diferentes especies de árboles en el bosque de Laoshan. La humedad del suelo bajo estos seis tipos de cobertura terrestre de baja a alta fueron enumerados en el siguiente orden: *Eucommia ulmoides*, *Quercus acutissima*, bosque mixto de hoja ancha, *Cunninghamia lanceolata*, bosque mixto de coníferas y de hoja ancha y *Pinus massoniana*.

2.2 Marco legal

2.2.1 Ley nº 26834 de áreas naturales protegidas.

Artículo 2.- objetivos:

- Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, dentro de áreas suficientemente extensas y representativas de cada una de las unidades ecológicas del nuestro país.
- Mantener pruebas de los distintos tipos de áreas verdes y formas fisiográficas, particularmente aquellas que hablan de una variedad única de la nación.
- Evitar la aniquilación de tipos de flora y fauna salvaje, particularmente aquellos que se encuentran en proceso de extinción.
- conservar la base de recursos, incluyendo los genéticos, que permitan desarrollar opciones para mejorar los sistemas productivos, encontrar adaptaciones frente a eventuales cambios climáticos.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Temperatura superficial.

La temperatura de la superficie se denomina a uno de los componentes que comprenden la atmósfera que alude al nivel de calor explícito del aire en un lugar y tiempo determinado, al igual que al desarrollo fugaz y espacial de ese componente en las diversas zonas climáticas. (Klysiak & Foruniak, 1999, pág. 155).

2.3.2 Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).

Es un registro que se utiliza para evaluar la cantidad, calidad y mejora de la vegetación que depende de la estimación, mediante métodos para sensores remotos introducidos

normalmente desde una fuente espacial, de la fuerza de la radiación de grupos específicos del rango electromagnético transmitido por la vegetación. (Huete, Didana, Miura, Rodriguez, Gao y Ferreira (2002), pág. 200).

2.3.3 Sensor.

Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno.

2.4 Marco teórico

2.4.1 Percepción remota.

La percepción remota en la actualidad nos ayuda en todos los campos de la ciencia. Para lograr la dimensión de los sensores actuales, se requirieron numerosos exámenes. El registro principal de un sensor remoto fue una foto producida usando un globo fijo, en el año 1858, por el francés Gaspar Félix Tournachón. Según Jensen (2009) los registros principales del sensor remoto ocurrieron en el año 350 a. C. en el punto en que Aristóteles retrató la creación de imágenes de la sección de luz a través de una pequeña abertura.

El contexto histórico del proceso de percepción remota se deriva de la evolución de técnicas que permiten al hombre detectar y registrar varias formas de radiación electromagnética más allá de la luz visible.

Hay una amplia gama de conceptos para la percepción remota, Monteiro (1976) define como la técnica de utilización de sensores para la captación y registro de la energía reflejada o absorbida por los blancos después de la exposición a la fuente de radiación natural (sol) o artificial (del propio sensor, por ejemplo radar), sin contacto directo con los blancos y preparados para tener sensibilidad en determinadas longitudes

de onda. Los sensores recopilan datos en las escalas de tierra (cerca de la superficie), aérea (aeronave) u orbital (satélite).

Rosa (2005), el sensor es un dispositivo capaz de responder a la radiación electromagnética en un determinado rango del espectro electromagnético, registrarla y generar un producto (figura 1).

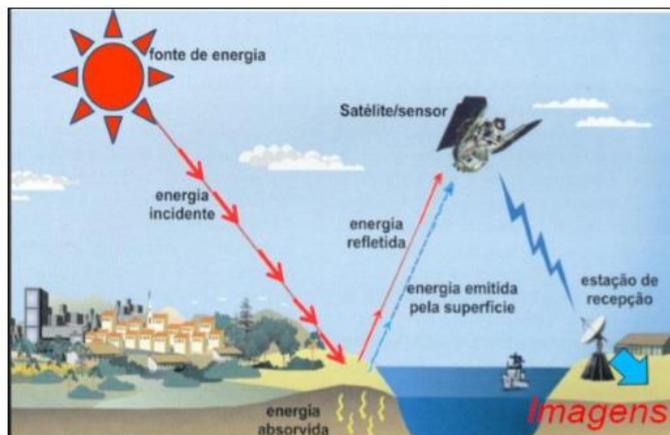


Figura 1: La obtención de imágenes mediante sensores orbitales.

Fuente: (Florenzano, 2011, pág. 57).

La obtención de los datos de detección remota se da a través de la energía electromagnética proveniente del sol que incide sobre la superficie terrestre, siendo reflejada, emitida y absorbida. Para Florenzano (2011), la energía electromagnética se ordena de manera continua en función de la longitud de onda o de la frecuencia, siendo esta disposición denominada de espectro electromagnético, conjunto de todas estas radiaciones, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio.

Para Saravia (2009), el espectro electromagnético consiste en la distribución de la radiación electromagnética, por bandas, según la longitud de onda y la frecuencia cubriendo desde

cortas longitudes de onda, de alta frecuencia, a largas longitudes de onda de baja frecuencia. En la región del espectro visible, el ojo humano ve la energía luz, siendo capaz de distinguir los colores del violeta al rojo. La radiación infrarroja se subdivide en tres regiones: cerca (0,7-1,3 μm), medio (1,3-4,0 μm) y distante (4,0-1000 μm).

2.4.2 Procesamiento digital de imágenes.

Para extraer información de imágenes satelitales, es necesario e importante que el mismo pase a través de los procesos atmosféricos, correcciones radiométricas y geométricas. Durante el proceso de adquisición de imágenes hay muchas interferencias, degradación y distorsión. Este paso de corrección de distorsiones es conocido como pre-procesamiento. Cròsta (1992) nos menciona que el objetivo principal del procesamiento digital de imágenes es eliminar lo que hace la extracción de información de imágenes por el hombre, distorsiones sistemáticas durante la adquisición de imágenes es la primera razón para la realización de la corrección geométrica que se ocupará de la extracción de la misma. La principal razón de estos efectos es causada por la rotación de la Tierra, es decir, por el movimiento relativo de la tierra en relación con el sol y, en consecuencia, en relación con los satélites.

Es imprescindible realizar el proceso de registro de la imagen, que es una de las técnicas de corrección geométrica que permite la colocación de la imagen dentro de una base cartográfica conocida. La técnica permite la corrección de las distorsiones en las imágenes aéreas y orbitales mediante la asignación de un sistema de referencia conocido. Por lo tanto, este tipo de información puede ser utilizado en actividades de

actualización catastral, estudio de la vegetación, los recursos hídricos y la determinación de zonas, distancias y perímetros (Soares, 2008, pág. 79).

Extraer información de los datos de teledetección puede ser cualitativas, a través de la observación de imágenes están resaltados por el sistema, o cuantitativo, mediante el uso de procedimientos para la clasificación automática, cuyas salidas son los mapas temáticos y las tablas de zonas asociadas a cada clase discriminadas en la imagen. Se divide en la clasificación supervisada y no supervisada.

Según Soares (2008), en el método de clasificación no supervisada. El algoritmo se basa en el análisis de agrupaciones que se identifican en el espacio de atributos de las nubes (clusters) formadas por píxeles de similares características espectrales.

Crosta (1992), la clasificación digital supervisada, consiste en la identificación, por parte del usuario, algunos de los píxeles que pertenecen a las clases como desee, y en la elaboración de auto, por parte del equipo, los otros píxeles en la imagen asignándolos a una de esas clases, basado en reglas estadísticas.

2.4.3 Islas de calor.

Los resultados de los cambios que el hombre hace en la naturaleza influyen directamente en la población. Los cambios causados en el espacio común por las áreas urbanas, dan lugar al desarrollo de una atmósfera urbana y de unos pocos microclimas urbanos, determinados, en su mayor parte, a partir de diversos ajustes en la tierra de las áreas urbanas, esto se debe fundamentalmente a cuándo se prescinde de la vegetación y la propagación de la vegetación. son suplantados

por zonas desarrolladas al igual que la presentación de nuevas estructuras; convergencia de estructuras, que en conjunto incrementan el malestar urbano; agrupación de equipos e individuos que, a través de los ejercicios del día a día, descargan calor antropogénico en el ambiente, expandiendo la temperatura del aire; impermeabilización del suelo; desvío de la corriente superficial; concentración y llegada masiva de partículas y gases al clima por la quema de vehículos y empresas; y generación de falsa vitalidad (Mendoza, 1994, pág. 82).

2.4.4 Espacio urbano.

La urbanización es uno de los principales modificadores ambientales ocasionado por el hombre. Es en el espacio urbano que ocurre al máximo la actuación humana sobre la organización de la superficie terrestre. De acuerdo a Lombardo (1984) a través del proceso de urbanización, las ciudades se constituyeron en el principal escenario del desarrollo de las relaciones humanas. En este ambiente surgen las relaciones sociales, económicas y culturales de un determinado contexto histórico social, donde los procesos de producción provocan constantes cambios en el espacio urbano, y consecuentemente en el clima urbano (Saydelles, 2005, pág. 79).

Para comprender mejor el ambiente climático interno de las ciudades, es indispensable el entendimiento de las complejas relaciones existentes entre los sitios urbanos y las diversas funciones desarrolladas en el espacio urbano, expresadas a través del uso y ocupación del suelo urbano, en el análisis climático local y en la planificación (Saydelles, 2005, pág. 80).

Según Mendoza (1994) la formación de las condiciones climáticas intra urbanas, derivado directamente de la

heterogeneidad de tanto el sitio como la estructuración y funcionalidad urbana, que generan paralelo al clima de la ciudad, islas de calor, islas frías, meso climas, top-climas y microclimas.

Geiger (1961) afirma que la atmósfera de la ciudad depende, por así decirlo, de su circunstancia topográfica. Cuando las áreas urbanas se extienden y mucho más cuando se hacen nuevas áreas urbanas, se debe considerar con anticipación, más de lo que ha ocurrido hasta ahora, las leyes de climatología urbana que se conocen en este momento.

Por lo tanto, el estudio y conocimiento del lugar donde se instaló el espacio urbano son requisitos previos para cualquier acción a efecto la planificación urbana y el análisis del clima de las ciudades, ya que el sitio urbano juega un papel importante (Saydelles, 2005).

George (1983) define el sitio urbano como el marco topográfico en el que la ciudad tomó la raíz, al menos en sus orígenes. Por lo tanto, se puede decir que el sitio urbano es el lugar preciso del despliegue inicial de la ciudad, convirtiéndose rápidamente en herencia del pasado urbano.

2.4.5 Clima urbano.

La gran expansión urbana de las ciudades en el mundo en los últimos años se han incrementado y del mismo modo la densidad de la población urbana, la quema de combustibles fósiles, entre otras actividades que realiza la humanidad que surgen del proceso de urbanización, que se ponen de manifiesto en todo el mundo, los seres humanos han cambiado el entorno natural y el clima de las ciudades, de forma que, en

la mayoría de los casos, los entornos a menudo insoportable a la plena vida social (Spirn, 1995, pág. 123).

Según Spirn (1995) las ciudades crecen en tamaño y densidad, y los cambios que se producen en el aire, el suelo, el agua, en su interior y su exterior, incrementan los problemas ambientales que afectan el bienestar de cada ciudadano.

En general, según Monteiro (1976) todos los estudios relacionados con el clima urbano, hasta hace poco, se ubicaron bajo la perspectiva centrada en la investigación de los aspectos meteorológicos, siendo principalmente para evaluar el índice de degradación del medio ambiente atmosférico generado por la acción del hombre en el espacio urbano.

El clima urbano según Monteiro (1990) es definida como un sistema complejo adaptativo, abierto y las funciones que reciben energía del entorno más amplio en el que se escribe, la transforma sustancialmente, hasta el punto de generar un cambio al medio ambiente.

Sakamoto (2001) afirma que las variaciones de temperatura cerca del área urbana están relacionados con las variaciones en la disponibilidad de cielos abiertos, que pueden determinar variaciones térmicas significativas, influyendo principalmente en la intensidad de las "islas de calor".

Algunos estudios han surgido en Brasil con esta perspectiva a partir de los años sesenta, cuando la degradación de la calidad ambiental de las ciudades ya fue considerada como un grave problema de deterioro del medio ambiente y esta a su vez en la calidad de vida de sus habitantes (Saydelles, 2005, pág. 237).

2.4.6 Características del clima urbano.

Los procesos derivados de la urbanización alteran las características hidrológicas de la superficie de nuestra tierra, y que, en consecuencia, alteran el balance de la radiación en la superficie de las zonas urbanas. Hay varios factores que influyen en la higrométrica, diferencias térmicas entre las zonas urbanas y rurales que propician la formación de un clima "normalmente" urbano (Saydelles, 2005, pág. 90).

Ayoade (1991) afirma que como consecuencia de estas alteraciones en el medio natural la radiación de ondas largas y las de ondas cortas reducen sobre las áreas urbanas. Las temperaturas se elevan, incluso cuando disminuye la duración de la insolación. La humedad es baja, pero hay un cierto aumento en la precipitación y también en la cantidad de nebulosidad. Las nieblas y las neblinas son más gruesas, ocurriendo con más frecuencia y persistencia, perjudicando la visibilidad. La turbulencia crece, los vientos fuertes se desaceleran y los vientos débiles se aceleran a medida que se mueven en las zonas urbanas.

2.4.7 Islas de calor urbano.

También es considerada como "anomalía térmica", el fenómeno de las islas de calor urbano es uno de las más notables expresiones del clima, resultado de los cambios impuestos sobre el medio ambiente urbano.

Se han realizado varios estudios en islas de calor. Lombardo (1984) utiliza imágenes de satélites y observaciones de campo para verificar las altas concentraciones de contaminantes asociados con el efecto de la isla de calor en diversos puntos. Señaló que los mayores gradientes de temperatura entre la

zona urbana y en las zonas rurales alcanza valores superiores a 10° C.

Según Fujibe & Asai (1980) existen patrones de convergencia en la ciudad de Tokio a través de un gradiente de presión. Yoshikato & Tsuchida (1996) analizaron la presencia de una masa de aire frío a través de la porción central de Kanto en Japón sobre la base de promedios diarios, lo que se traduce en altos niveles de contaminación en gran parte de las llanuras.

Según Oke (1987) los elementos que se suman a la mejora de una isla de calidez urbana. Uno de ellos es la alta agrupación de fuentes de calor en las comunidades urbanas. Las cálidas propiedades de los materiales de desarrollo urbano. La pérdida de calor durante la noche, por la radiación infrarroja en el medio ambiente y en el espacio, se remunera principalmente en áreas urbanas por la llegada de calor de fuentes antropogénicas, por ejemplo, vehículos, empresas y estructuras cuando todo está dicho. Además, según (Freitas & Dias, 2005) los edificios altos entre las calles relativamente estrechas atrapa la energía solar a través de múltiples reflejos de los rayos del sol.

Una isla de calor urbana se desarrolla según (Freitas & Dias, 2005) cuando los vientos de escala sinóptica son débiles. En estas condiciones, en algunas grandes áreas metropolitanas el calor en la ciudad, en comparación con su entorno, pueden promover una corriente de aire convectiva: relativamente el aire caliente se eleva sobre el centro de la ciudad y es reemplazado por aire más frío y más denso, existe una convergencia de las zonas rurales. En la columna de aire ascendente se acumulan los aerosoles sobre la ciudad formando una nube de polvo (contaminantes), que puede ser muchas veces más concentrada en una zona urbana que en la rural.

Según Givoni (1998) la manera más sencilla de definir las causas que contribuyen a la formación de las islas de calor son los siguientes:

- La acumulación de calor durante el día en la ciudad, debido a las propiedades cálidas de los materiales de construcción y ubicación de las viviendas.
- Cuando la corriente de calor inerte disminuye debido al incremento relativo de las superficies impenetrables y la disminución correspondiente de la vegetación y las aguas superficiales (estanques de mareas, vías fluviales y lagos).
- Reducción de la pérdida de calor debido a la caída en la corriente de las brisas como un componente de la erosión con el desarrollo de estructuras urbanas.
- La expansión del calor antropogénico en la zona urbana mediante radiadores, neveras, transporte, ventiladores y industrias que se ubican dentro del área urbano.
- Mayor ingestión de radiación de onda corta debido al impacto de la geometría urbana.
- La ausencia de agua en las zonas urbanas.
- Reducción de enfriamiento causado por la disminución de la evaporación debido a la eliminación de la vegetación y el sellado de la superficie de la ciudad.
- Fuentes de temporada de calor: el calor de las estructuras urbanas (edificios, casas, etc.), en invierno, y el calor liberado en la atmósfera urbana por el aire acondicionado en verano.

De esta manera se da la formación del fenómeno de las islas de calor urbana, cabe destacar que este fenómeno está relacionada con las actividades realizadas por los seres humanos y con la intensidad de los nuevos materiales y

equipos utilizados en los hogares, el uso de hormigón, asfalto, techos, etc... hoy en día en las zonas urbanas absorben y retienen el calor de la radiación solar.

En las ciudades que tienen climas fríos puede ser realmente beneficiado por el efecto de calentamiento de invierno de las islas de calor. Las altas temperaturas pueden reducir las necesidades de energía de calefacción y pueden ayudar a eliminar el hielo y la nieve en las carreteras. Pero en el verano, sin embargo, la misma ciudad puede enfrentar los efectos negativos de las islas de calor (Spirn, 1995, pág. 89).

El proceso de urbanización produce cambios en el balance energético de las ciudades, generando termo fundas sobre las áreas urbanizadas (Figura 2) y en consecuencia, la isla de calor urbana.

Este fenómeno recibe el nombre de isla de calor debido a su aspecto visual, que observa un núcleo más caliente (zona urbana), rodeada por las regiones más frías (zonas rurales), de modo que las líneas isotermas (la misma intensidad de temperatura) representan una isla con contornos cerrados alrededor de este núcleo. Es un ejemplo bien conocido de la modificación de las condiciones atmosféricas por la acción humana (Gouveia, 2007, pág. 93).

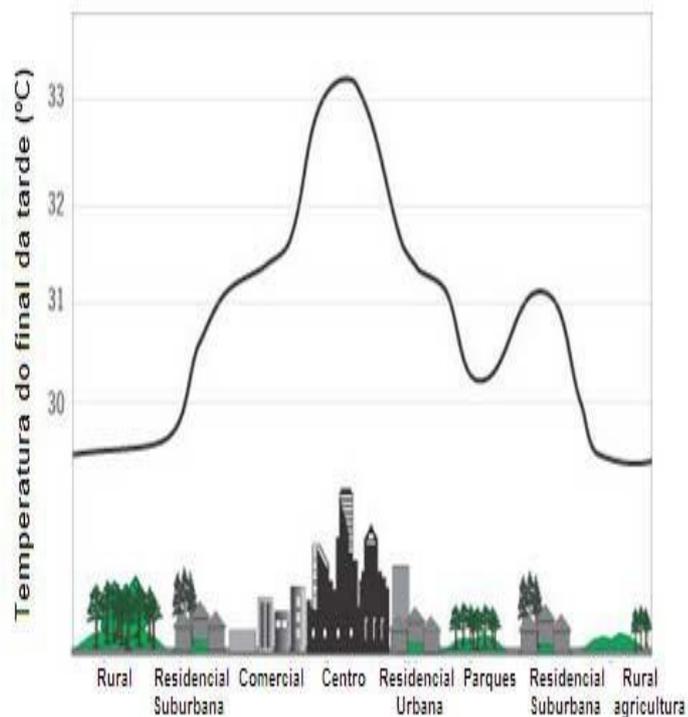


Figura 2: Ilustración esquemática de temperatura superficial en las zonas urbanas.

Fuente: (Gouveia, 2007).

La figura 2 muestra cómo las temperaturas urbanas suelen ser menores en comparación con el límite urbano rural. También muestra que los parques, áreas abiertas y de los cuerpos de agua pueden crear áreas más frías.

Las temperaturas altas afectan a las comunidades de varias maneras, por ejemplo, a través de la creciente demanda de energía eléctrica necesaria para la refrigeración, los niveles de contaminación atmosférica y enfermedades relacionadas con el calor. Además la complejidad de la temperatura enmarca un flujo convectivo que se suma a la centralización de los venenos en el principio de las comunidades urbanas (Oke T. , 1987, pág. 97).

En este sentido Spirn (1995) dice que durante la noche, el campo pierde calor rápidamente al cielo despejado. La ciudad se enfría más lentamente: ella ha absorbido más calor y la irradiación de este calor a la atmósfera es inhibida por paredes paralelas de edificios. Por la mañana, la diferencia de temperatura entre la ciudad y el campo es relativamente baja y puede incluso ser eliminado, pero en la mitad de la tarde, la ciudad se calienta de nuevo.

A medida que se mueve desde el punto focal de la ciudad a la zona provincial, la temperatura del aire disminuye, ha sido la disposición de las islas de frescura urbana, identificadas con los impactos de la vegetación y el menor número de la población y las estructuras, como se representa en la figura 3.

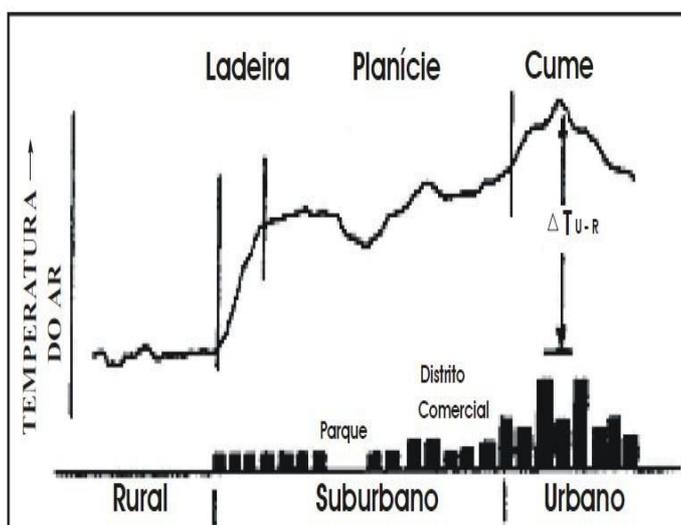


Figura 3: Sección transversal de una isla de calor urbana.

Fuente: (Saydelles, 2005).

Para Oke (1982), la isla de calor urbano se presenta con mayor intensidad en la ciudad fronteriza de campo, siguiendo el contorno de la zona urbanizada. Dentro de la ciudad hay menos gradiente horizontal de temperatura, variando de acuerdo a las características y la heterogeneidad del entorno construido.

2.4.8 Temperatura superficial.

La temperatura de la superficie se considera como uno de los componentes de la atmósfera que alude al nivel de calidez particular del aire en un lugar y tiempo determinado. Es el componente meteorológico importante en la definición de la mayoría de los tipos de clima de nuestro país. Por ejemplo, cuando se alude a las atmósferas macro térmicas (es decir, altas temperaturas) meso térmicas (atmósferas tranquilas o atmósferas C en la disposición de Köppen) y atmósferas micro térmicas. En la temperatura de un cuerpo oscuro, es importante hacer una revisión de la emisividad como lo indica la idea de los diferenciales. En consecuencia, la TST es un componente de una estimación de emisividad, en este sentido, la agrupación de las emisividades debe ser utilizada con la técnica propuesta por (Valor & Caselles, 1996, pág. 179).

2.4.9 Relación entre LST y los índices de vegetación (NDVI, EVI).

Para Flores, Pereira y Karam, (2016) el índice de plantas máximo utilizado es el índice de diferencia normalizada (NDVI). El índice NDVI evolucionó debido a la distinción dentro de las características del albedo del suelo desnudo y la vegetación de las superficies cubiertas en la tabla 1 se muestra la clasificación de cobertura de suelo que realizó el International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) en el año 2016 para identificar distintos tipos de suelo, dicha clasificación es adaptada por el sensor MODIS para estudios de cobertura vegetal y similares con el propósito de obtener mejores resultados en estudios de cobertura vegetal, incremento de temperatura en zonas urbanas y rurales .

En la presente investigación se utilizó la clasificación de cobertura vegetal adaptada por el sensor MODIS para obtener mejor resultado en la investigación.

Tabla 1

Tipo de cobertura de suelo.

Clase	IGBP (Type 1) land cover index
0	Agua
1	Bosque de hoja de aguja de hoja perenne
2	Bosque de hoja ancha siempre verde
3	bosque de hojas caducas de hoja caduca
4	bosques caducifolios de hoja caduca
5	Bosque mixto
6	matorrales cerrados
7	Arboledas abiertas
8	Sabanas arboladas
9	Sabanas
10	Praderas
11	Humedales permanentes
12	Tierras Cultivadas
13	Urbano y urbanizado
14	Mosaico de cultivos / vegetación natural
15	Nieve y hielo
16	Estériles o escasamente vegetales

Fuente: (IGBP, 2006, pág. 121).

Los albedos de suelos desnudos para Huete et al. (2002) son bastante constantes a través de las porciones visible (rojo, 0,62-0,75 μm) y casi infrarroja (NIR, 0,75-1,4 μm) del espectro. Mientras que las superficies cubiertas por la

vegetación muestran un aumento significativo en el albedo en la región NIR cuando se compara con las porciones visibles del espectro. Por lo tanto, el NDVI es una medida de la diferencia entre dos bandas específicas de longitud de onda como también transmitidas por el aire desde planos y satélites:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS_R}{NIR + VIS_R} \quad (1)$$

Para no-vegetación, el albedo en el visible y NIR son casi iguales y NDVI es aproximadamente 0.1. Para las áreas con vegetación, el NDVI se aproxima a 0,9. Cuando las nubes están presentes, entonces la reflectancia visible es mayor que la reflexión NIR y el NDVI se vuelve negativo. Por otro lado, el índice de vegetación mejorado (EVI) mejora la señal de las plantas con una sensibilidad progresiva en áreas de biomasa excesiva y un mayor monitoreo de la vegetación a través de un desacoplamiento de la señal del pasado histórico y un descuento de las influencias atmosféricas. EVI se calcula siguiendo esta ecuación:

$$EVI = G \times \frac{NIR - red}{NIR + C1 \times red - C2 \times blue + L} \quad (2)$$

Donde NIR (0,75-1,4 μm), rojo (0,62-0,75 μm), azul (0,459-0,479 μm) se corrigen atmosféricamente o se corrigen parcialmente la atmósfera, L es el ajuste de fondo de la copa que se dirige No lineal, NIR diferencial y transferencia radiante roja a través de un dosel, y C1, C2 son los coeficientes del término de resistencia a aerosol, que utiliza la banda azul para

corregir las influencias de aerosol en la banda roja. Los coeficientes adoptados en el algoritmo MODIS-EVI son: $L = 1$, $C1 = 6$, $C2 = 7,5$, y G (factor de ganancia) = $2,5$. Considerando que el Índice de vegetación de diferenciada normalizada (NDVI) es sensible a la clorofila, el índice de vegetación mejorado (EVI) es más sensible a las variaciones estructurales del dosel, incluyendo el índice de área foliar (IAF), el tipo de dosel, la fisonomía vegetal y la arquitectura del dosel. Los dos índices de vegetación (NDVI y EVI) se complementan en los estudios de vegetación global y mejoran la detección de cambios en la vegetación y la extracción de parámetros biofísicos del dosel Huete et al. (2002).

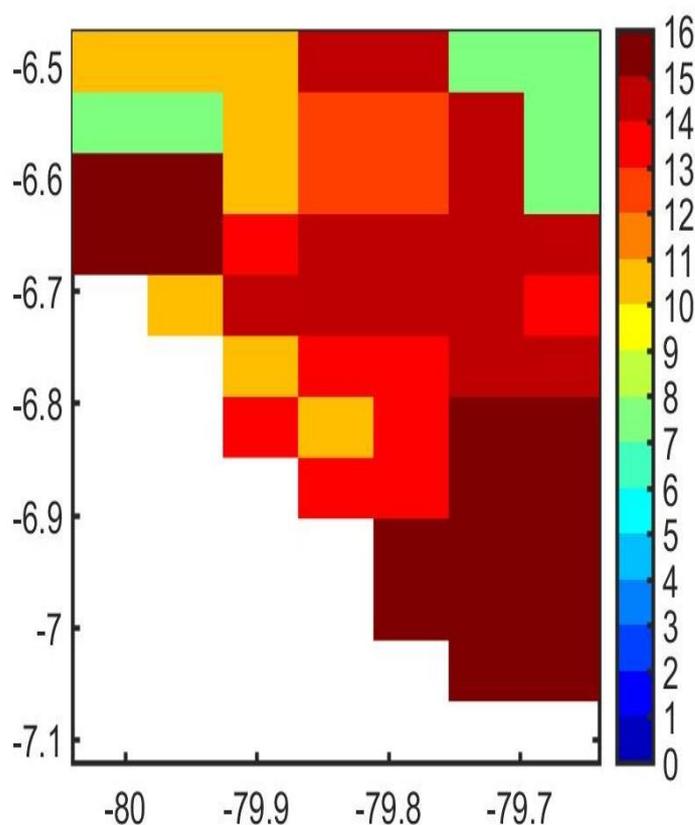


Figura 4: A) Tipo de cobertura de suelo del AMCH para diciembre del 2006 acorde al IGBP.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.10 Sensor MODIS.

El sensor MODIS actualmente se encuentra a bordo de los satélites TERRA (impulsada en diciembre de 1999) y AQUA (impulsada en mayo de 2002). Tiene 14 aplicaciones el sensor MODIS para el monitoreo del territorio la órbita de ambas plataformas es helio-sincrónica y cuasi-polar con una inclinación de 98.2° y 98° y una altitud media de 708 y 705 km respectivamente. El satélite TERRA está programada para pasar de norte a sur cruzando el ecuador a las 10:30 de la mañana en su órbita descendente, mientras que AQUA pasa de sur a norte sobre el ecuador a las 1:30 de la tarde. Las primeras imágenes captadas por TERRA se obtuvieron en febrero del año 2000. Ambas plataformas monitorean la totalidad de la superficie terrestre cada 1 o 2 días dependiendo de la latitud (NASA, 2017).

2.4.11 Cobertura vegetal del departamento de Lambayeque.

De acuerdo al estudio realizado por Chilón en el año 2012 las clasificaciones de los tipos de vegetación se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Distribución porcentual de superficies de las unidades cartográficas de vegetación del departamento de Lambayeque.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	TIPO DE VEGETACIÓN	ÁREA (Has.)
	Bosque estacionalmente seco	Bosque ralo caducifolio	12,996.99
		Bosque ralo xerofítico perennifolio	536,627.97
		Bosque denso caducifolio	170,144.64
		Bosque denso xerofítico	26,430.44

Bosque		perennifolio		
		Bosque pre montano	23.54	
	Bosque húmedo		Bosque denso húmedo	2,283.97
			Bosque denso húmedo Bajo	3,122.66
			Bosque montano húmedo alto	373.71
			Bosque montano húmedo bajo	157.49
Otras áreas naturales	Vegetación arbustiva	Matorral xerofítico perennifolio	20,279.99	
		Matorral de dunas	2,408.88	
		Matorral húmedo	51,229.30	
		Matorral muy húmedo	11,710.32	
		Matorral seco caducifolio	12,063.26	
		Matorral subhúmedo	176.54	
		Matorral xerofítico perennifolio	617.54	
		Matorral xerofítico denso	843.10	
		Matorral xerofítico ralo	274,281.77	
	Vegetación herbácea	Herbazal alto andino	16,841.58	
		Pastos naturales	2,296.94	
	Vegetación leñosa y no leñosa	Vegetación rivereña	6,117.51	
	Afloramiento rocoso	Áreas desprovistas de vegetación	4,936.75	

Áreas cultivadas	Cultivo agrícolas	Áreas de arroz	58,224.51
		Áreas de cultivos de caña de azúcar	43,596.45
		Áreas de cultivos de frutales	28,471.66
		Áreas de cultivos diversos	113,348.29
	Pasturas	Áreas de agro pasturas	22,987.68
		Pastos cultivados	1,707.82
Áreas intervenidas	Áreas degradadas	Áreas de vegetación invasora	776.06
	Área de extracción minera no metálica	Área de extracción minera no metálica	5,365.06
	Área urbana	Área urbana	8,961.83
	Áreas de disposición de residuos	Áreas de disposición de residuos	364.22
	Infraestructura hidráulica	Dique	48.05
Superficies de aguas	Aguas naturales	Cauce de río	43,393.33
		Humedales	247.09
		Laguna	14.77
		Reservorio	2,032.30
	Aguas en tratamiento	Lagunas de estabilización	73.28
TOTAL			1,485,577.29

Fuente: (Chilón, 2012).

2.4.12 Descripción de los tipos de bosques de Lambayeque.

2.4.12.1 Bosque estacionalmente seco.

De acuerdo al estudio realizado por Chilón (2012) los bosques secos abarcan un área de 746, 223.58 Has que cubren alrededor del 50.23% del total. Se caracteriza por los estilos de flora que conforman. Los bosques: los de follaje de hoja perenne, con hojas en el curso del año. Los árboles de hoja caduca, que en algunas temporadas están sin follaje. Ambos tipos permanecen en condiciones de baja humedad, tales como estilos de aumento: crasulácea espinosa o cactácea, crasulácea leñosa arbóreo, arbustivo y espinoso. Ambos ecosistemas ocupan el lugar costero de territorio regional hasta el fondo de la vertiente occidental de los Andes. En la región pre montaña. Las especies más representativas son: Sapote, faique, palo verde y angolo. La mayoría de los arbustos cruciales que predominan son: vichaco, Vallesia glabra, cuncuno, chequito, cactus y cola de zorro.

Según Chilón, (2012) la categorización de bosques son los siguientes:

Bosque ralo caducifolio: Se caracteriza por la presencia de especies de árboles y arbustos dispersos, siempre están acompañados de hierbas, y tienen pérdida de su follaje en determinadas épocas del año, las especies características lo constituyen el sapote, palosanto, hualtaco, cola de zorro. Abarcan la cuenca de Chancay la Leche, Motupe. Tiene un área de 12,996.99 Has. que alcanza el 0.87% del territorio regional.

Bosque ralo xerofítico perennifolio: este tipo de bosque son aquellas especies de follaje persistente durante todo el año, a pesar de las condiciones críticas de humedad. Están distribuidos en gran parte del territorio desde la parte central hacia el oeste. Las especies típicas lo constituye el algarrobo y el sapote principalmente. Abarca una extensión de 536,627.97 Has. equivalente al 36.12% del territorio.

Bosque denso caducifolio: Se caracteriza por una vegetación más densa donde la combinación de árboles con arbustos es desproporcional. A demás las especies son del tipo caducifolio. Su extensión abarca 170,144.64 Has. equivalente al 11.45% del total regional. Se distribuye en el piso inferior de la vertiente occidental de los andes, en los límites con el bosque pre montano. Las especies más representativas son el hualtaco y palosanto.

Bosque denso xerofítico perennifolio: Se caracteriza por presentar una fisionomía de vegetación densa y con follaje persistente, que habitan en lugares de escasa humedad. Se distribuye a lo largo del territorio, generalmente a las vertientes adyacentes a los ríos. Abarca una extensión de 26,430.44 Has. que representa el 1.78% del total territorial. Las especies más representativas son el molle, el sapote, el faique, los vichayos, el choloque, entre otros.

Bosque pre montano: Se encuentra en un estado de transición entre el bosque seco y el bosque montano. Se caracteriza por presentar especies mayormente perennifolias y un cierto nivel de humedad, que en la época lluviosa adquiere una

aparición de bosque tropical Amazónico o de bosque montano. Las especies predominantes lo constituyen el molle, el faique, la taya, entre otros. Comprende una extensión de 23.54 Has. cuyo porcentaje no es representativo dentro del territorio. Se manifiesta como salpicaduras de minúsculas áreas a lo largo del territorio.

2.4.12.2 Bosque húmedo

El bosque húmedo se caracteriza por el predominio de la humedad y la lluvia constante. Generalmente corresponde a la atmósfera del bosque, con predominio de especies altas y cafeteras y también está relacionado con las etapas de densidad. Cubre un lugar de 5,937.83Has, equivalentes a 0.40% del territorio.

Bosque húmedo (bosque denso húmedo): Comprende unas 5,406.63 Has. que alcanza el 0.36% del total territorial. Se caracteriza por la presencia de una exuberante vegetación en manchones o fragmentadas por la constante acción humana acompañada de humedad abundante, con neblinas persistentes. Incluye bosque denso húmedo, bosque denso húmedo bajo. Comprende a las zonas de Cañarís e Incahuasi, en la provincia Ferreña.

Bosque montano húmedo alto: Se caracteriza por la presencia de vegetación de alto porte y se encuentra en la zona andina del departamento, incluyen a los distritos de Cañarís e Incahuasi. Abarca una extensión de 373.71 Has. que incluye un 0.03% del territorio regional. Esta formación se

atribuye al predominio de las flores altas. Se asocia con bosques alterados mediante el movimiento humano, final como arbustos de cierre. Está constituido por el uso de las flores que han evolucionado dentro de la parte superior de la vertiente occidental de los Andes, especialmente en la zona andina de la rama, que incorpora Incahuasi. Aquí hay restos de bosques húmedos estimulados por la nubosidad que va desde la costa y queda atrapada dentro de los flancos de la vertiente occidental. La vida vegetal es bastante densa, deseada con la ayuda de las condiciones climáticas triunfantes. En esta unidad se encuentran los bosques de Upaypitec, la cobertura se compone de arbustos más altos y corpulentos, cuyas copas se tocan de diferentes maneras, formando un "toldo" o techo vegetal, con un eje recto y liso que alcanza una cima de hasta 30 metros. en tamaño; con pocas ramas en la parada terminal, incorporadas mediante el uso de varias especies de lauráceas, rubiáceas y aceráceas.

Bosque montano húmedo bajo: Esta unidad del bosque húmedo se caracteriza por la presencia de vegetación de bajo porte y se encuentra también hacia la zona andina del departamento: Cañarís e Incahuasi. Abarca una extensión de 157 49 Has. que incluye un 0.01% del total del territorio. A esta formación se atribuye al predominio de las flores de arbustos, pero al lado de la superficie boscosa montana excesiva. La flora dominante está formada por especies del nogal, alnus, anona, peperomia, matico, rubus, inga, molle y achote de montaña.

Capítulo III:

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

3.1.1 Método.

Área de estudio

La investigación de la isla de calor urbana se realizó en el área metropolitana de Chiclayo, se encuentra a 13 kilómetros de la costa del pacífico a unos 770 kilómetros de la capital de la nación, siendo la cuarta ciudad más poblada de la Nación, formalmente llegando a 799 675 habitantes de acuerdo al censo del año 2017 del INEI, incorpora tres áreas urbanas: Chiclayo, La Victoria y Leonardo Ortiz. La zona metropolitana de Chiclayo-Lambayeque incorpora las áreas de Lambayeque, San José, Pimentel, Santa Rosa, Eten, Monsefu, Reque y Pomalca.

Coordenadas: 6°45'47"S 79°50'12"O

Superficie: 174.46 km²

Altitud: 27 m s. n. m.

En la figura 5 se presenta un mapa cartográfico del área metropolitana de Chiclayo.

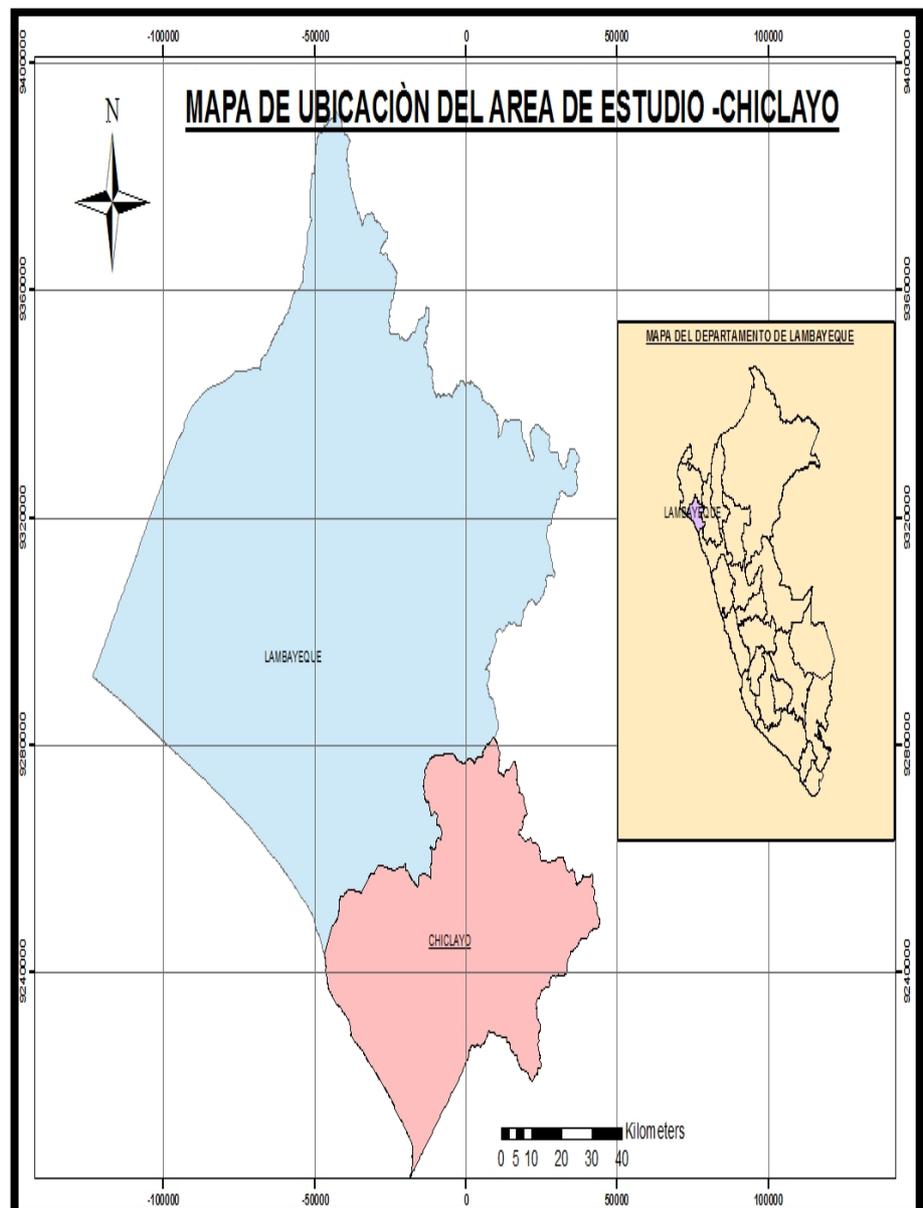


Figura 5: Mapa de ubicación.

Fuente: Elaboración propia.

Método cantiles de la LST

El presente método se basa en un análisis estadístico cuantil de LST urbano y rural separado por enmascaramiento de áreas

urbanas usando el producto MODIS Land Cover Type (MCD12C1) a 5 Km de resolución. Agrupados mensualmente (cada 8 días) por el sensor MODIS los datos de LST (MOD11A2) de 1 km de resolución, a una escala de 5 km de resolución, para separar los píxeles urbanos y rurales.

Con base en el análisis estadístico, se propuso la siguiente fórmula con el fin de estimar la intensidad SUHI para una resolución de 5 km (Flores Rojas, Pereira Filho, & Karam, 2016, pág. 47).

$$\text{LST intensity} = Q5^{\text{urban}} - Q3^{\text{rural}} \quad (3)$$

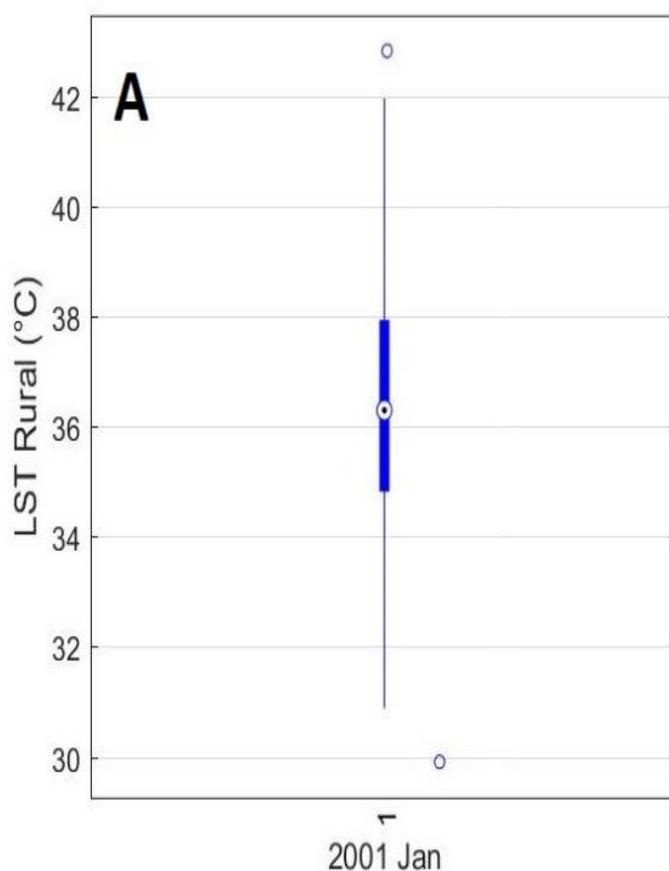


Figura 6: A) LST rural del periodo de enero 2001.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo aplicada.

3.1.3 Nivel de investigación.

La presente investigación es de nivel descriptivo.

3.2 Diseño de la investigación

Según (Hernandez, Fernandez, & Bautista, 2010) el diseño de la presente investigación es descriptivo correlacional.

Tabla 3

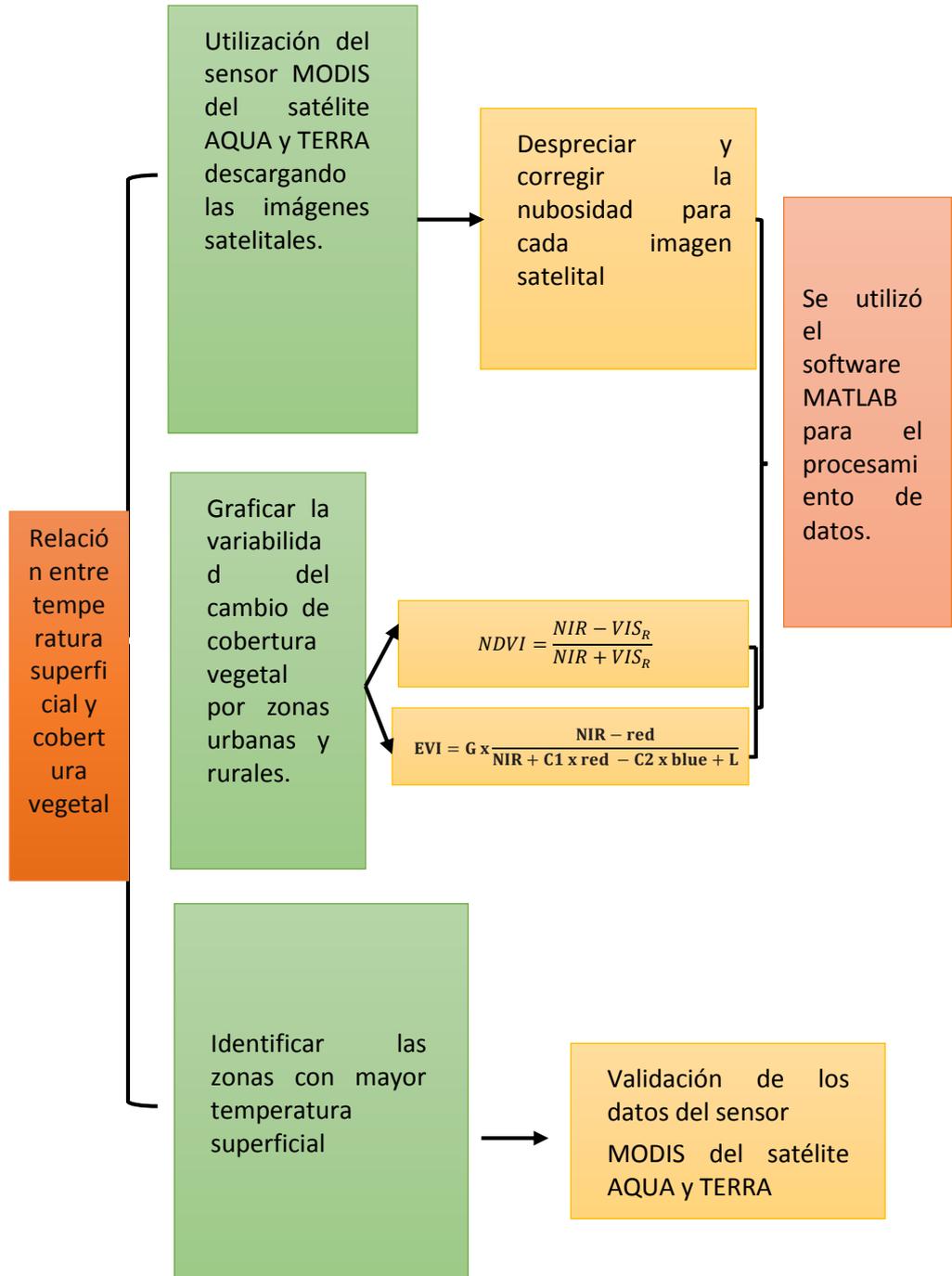
Diseño de la Investigación.

MUESTRA	Ox	Cobertura vegetal, áreas urbanas y rurales
	R	Relación entre las dos variables
	Oy	Temperatura superficial

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4

Diagrama de la metodología propuesta.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Cobertura de estudio

3.3.1 Universo.

Los datos del sensor MODIS de los satélites AQUA y TERRA.

3.3.2 Población.

Los datos del sensor MODIS de los satélites AQUA y TERRA en el Área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 - 2016.

3.3.3 Muestra

Los datos del sensor MODIS de los satélites AQUA y TERRA en el Área Metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 – 2016, considerado a cielo despejado.

3.4 Variables

3.4.1 Variable independiente.

Cobertura vegetal.

3.4.2 Variable dependiente.

Temperatura superficial: Es la temperatura del aire alcanzada en un área en una tarde (máximo cada día), en un mes (la mayoría del mes) o en 12 meses (la mayoría del año). También puede solicitar asesoramiento sobre la temperatura máxima registrada en un lugar dentro del tiempo prolongado (mayoría absoluta). En situaciones cotidianas, y sin contemplar otros factores del clima, las temperaturas más altas se alcanzan temprano en la tarde; los máximos de mes a mes generalmente se alcanzan en julio o agosto en la región templada del hemisferio norte y en enero o febrero dentro del hemisferio sur. (Pezzini, 2011, pág. 99).

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información

3.5.1 Técnicas de la investigación.

Análisis de correlación

Para observar si existe alguna dependencia entre la cobertura vegetal y la temperatura superficial en el área metropolitana de Chiclayo.

3.5.2 Instrumentos de la investigación.

Sensor MODIS del satélite AQUA TERRA.

Se utilizó el sensor MODIS porque es uno de los recursos de registros de detección lejana más utilizados, su escáner tiene un barrido de banda ancha, capaz de medir la radiación en áreas exclusivas del espectro electromagnético. Al adquirir la misma imagen en longitudes de ondas especiales, se puede completar un análisis multiespectral para delinear los parámetros hidrológicos, oceanográficos y meteorológicos con extraordinaria precisión.

3.6 Procesamiento de la información

3.6.1 Estadísticos.

Se utilizó la estadística descriptiva (media, mediana) para determinar el promedio mensual, anual y estacional de los índices de cobertura vegetal y TS.

3.6.2 Representación.

Para la representación de las variables se utilizó el software Matlab para visualizar la variación temporal (mensual, anual, estacional), variación espacial de la TS y para comparar los píxeles de zonas urbanas y rurales.

3.6.3 Comprobación de la hipótesis.

La hipótesis se comprobó utilizando coeficiente de determinación (R^2) entre NDVI y EVI y TS.

3.6.4 Técnica de comprobación de la hipótesis.

Prueba de T student

$H_0: p > 0.8$

$H_a: p < 0.8$

Margen de confianza: 95%

Grados de libertad: N-2

Capítulo IV:

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Patrones espaciales y variaciones temporales de LST.

La Fig. 7 muestra la distribución espacial de la temperatura superficial en América del Sur.

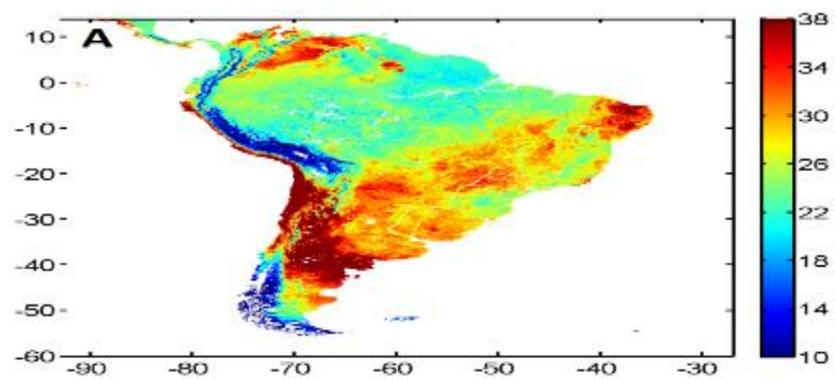


Figura 7: Distribución espacial de la temperatura en Sudamérica.

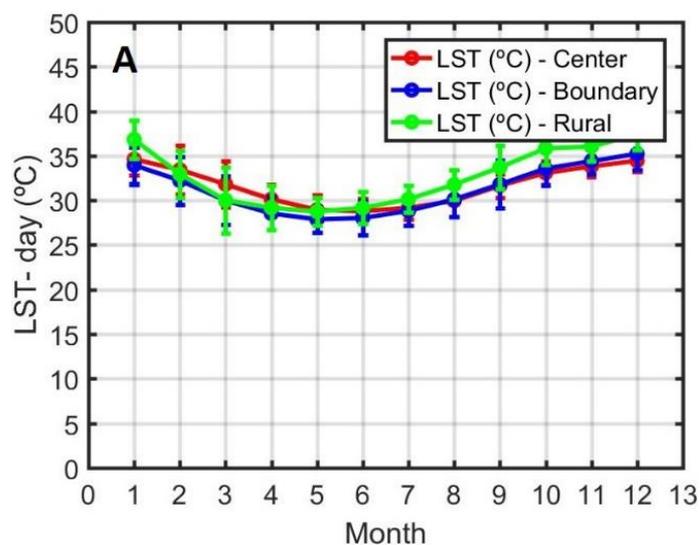
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Temperatura superficial.

Con el fin de mostrar variaciones estacionales de la temperatura superficial del AMCH, la figura 8 presenta la evolución del LST (día y noche) para 3 diferentes localizaciones: urbano, frontera y rural. Estos gráficos muestran los valores promedios a largo plazo (2001-2016) y las desviaciones estándar de LST para las 3 localizaciones.

La evolución temporal de LST para el periodo diurno (Figura 9-A) muestra la variación estacional para el AMCH. La LST del AMCH máxima durante el día se observa durante el mes de febrero para el centro urbano (36°C), en la frontera (36°C) en el mes de enero y en la zona rural (39°C) durante el mes de enero. Los valores del promedio mínimo que se obtuvo durante el día se observan en mayo para la zona rural (30°C), zona urbana (28°C) en el mes de julio y frontera (28°C) durante el mes de mayo. En el periodo nocturno, la evolución temporal de LST (Figura 8-B) muestra una variación estacional con amplitudes similares para todas las ubicaciones, con valores máximos en marzo para la frontera y urbano (20°C) y para la zona rural (20°C) en el mes de febrero.

Asimismo, se presenta los valores mínimos en el mes de agosto para la zona urbana, frontal y rural (17°C) figura 8.



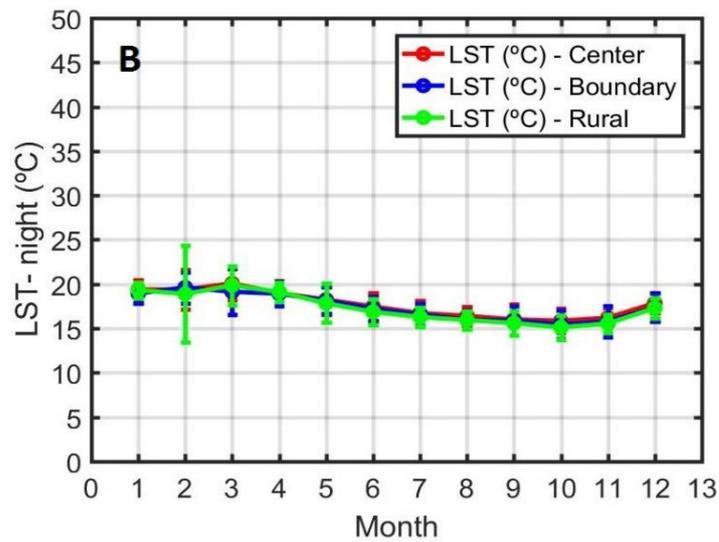
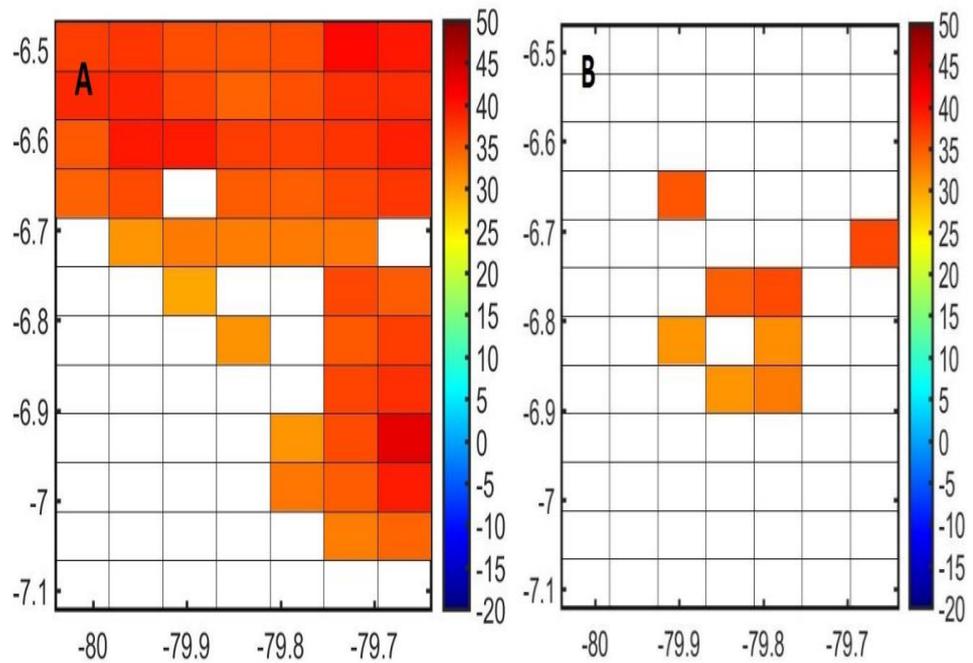


Figura 8: A) Evolución mensual del LST para el periodo diurno del AMCH, del centro urbano, frontera y rural del periodo 2001-2016 B) Evolución mensual del LST para el periodo nocturno del AMCH, del centro urbano, frontero y rural del periodo 2001-2016.

Fuente: Elaboración propia.



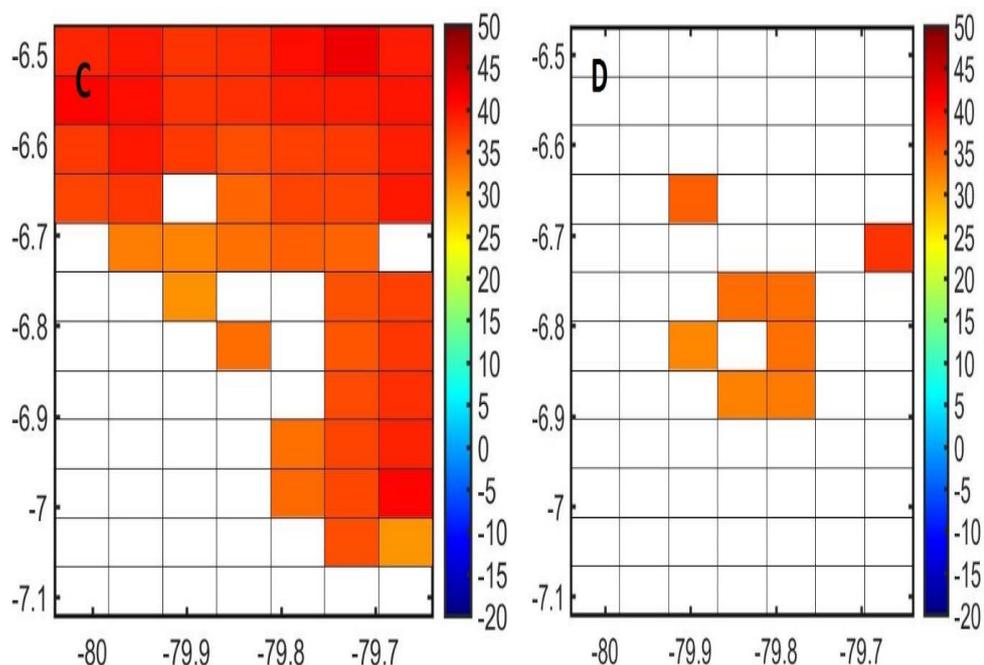
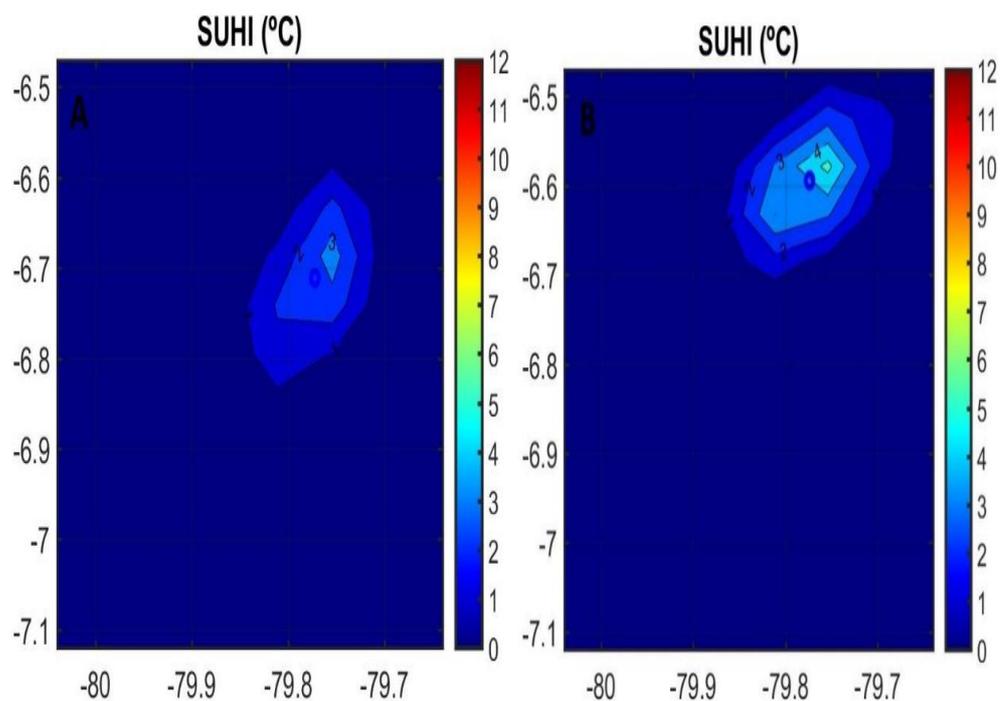


Figura 9: A) Media mensual diurna de LST del área rural del AMCH en enero 2001 B) Media mensual diurna LST del área urbano del AMCH para enero 2001 C) Media mensual diurna de LST del área rural del AMCH para enero 2016 D) Media mensual diurna LST del área urbano del AMCH para enero 2016.

Fuente: Elaboración propia.



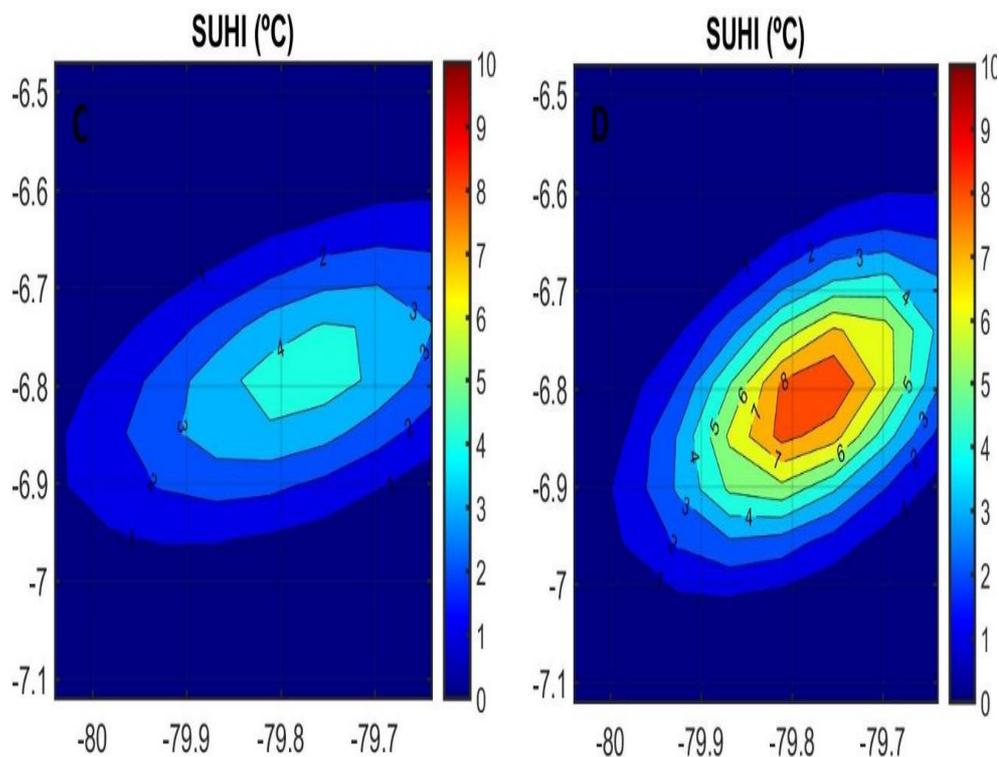
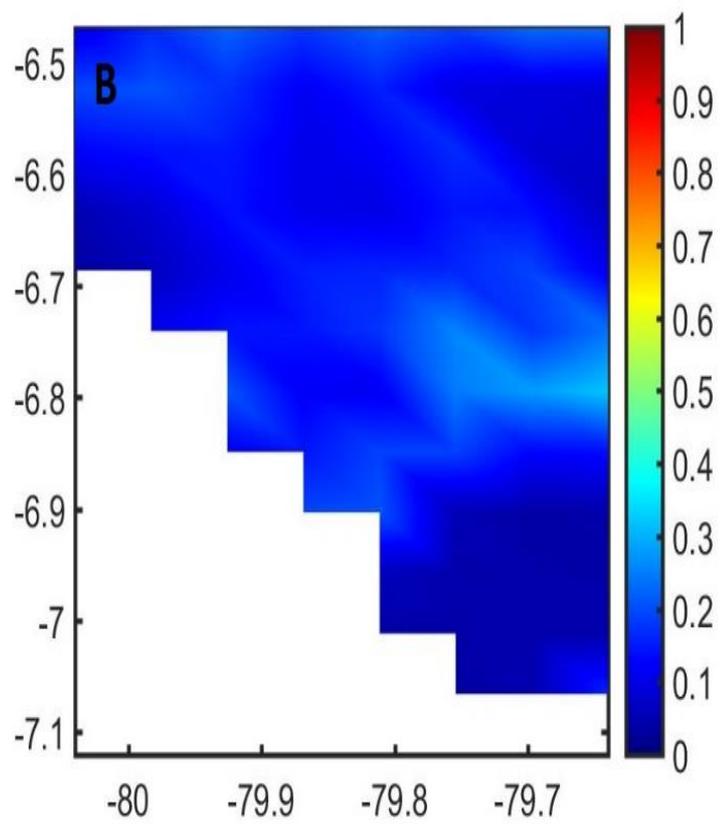
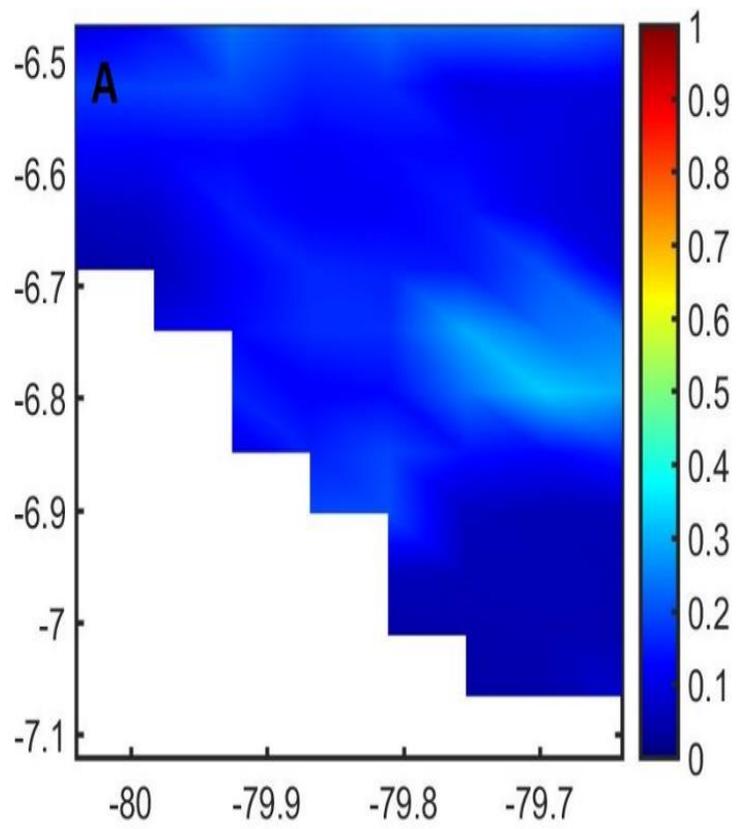


Figura 10: A) Interpolación planar Least – Squares para la LST rural en 2 dimensiones de AMCH para el mes de julio 2001, B) noviembre 2002, C) febrero 2003, D) marzo 2008.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Índice de cobertura vegetal.

Con el fin de mostrar las variaciones espaciales del NDVI y EVI del área metropolitana de Chiclayo, en la figura 11 presenta valores del NDVI de 0.6 y EVI de 0.5 en áreas rurales en comparación con áreas urbanas de 0.2, esto se debe a la presencia mínima de vegetación que se encuentra en el parte urbana de nuestro área de estudio este resultado es consecuencias de que en los últimos años el número de habitantes se ha incrementado de acuerdo al censo realizado por el INE en el año 2017.



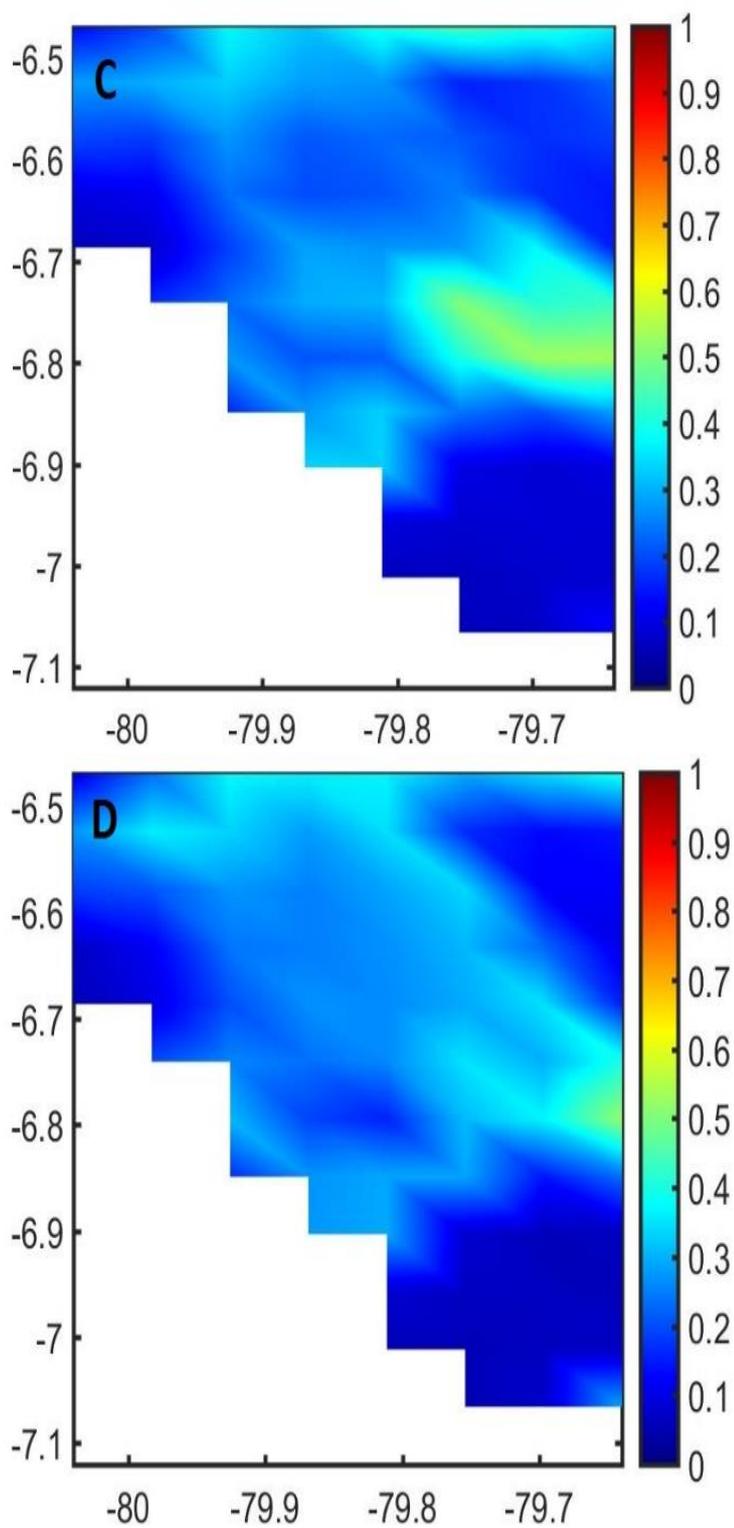


Figura 11: A) Variación espacial del NDVI del 2001, B) variación espacial del EVI del 2001, C) variación espacial del NDVI del 2016, D) variación espacial del EVI del 2016.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Discusión de resultados

4.2.1 Temperatura superficial e índice de vegetación.

Con el fin de comprender los procesos para la génesis de las temperaturas superficiales y posibles cambios en el clima como resultado de la expansión de las áreas urbanas y los índices de vegetación (NDVI y EVI). En particular, la evolución temporal mensual de los índices de vegetación a largo plazo (2001-2016) de NDVI y EVI para tres puntos sobre el AMCH: ubicaciones urbanas centrales, fronteras y rurales se muestran en la figura 12 A, B respectivamente. Como era de esperar, los valores más altos de los índices de vegetación corresponden a las áreas rurales y más bajas en las áreas urbanizadas, con valores intermedios en los límites o frontera.

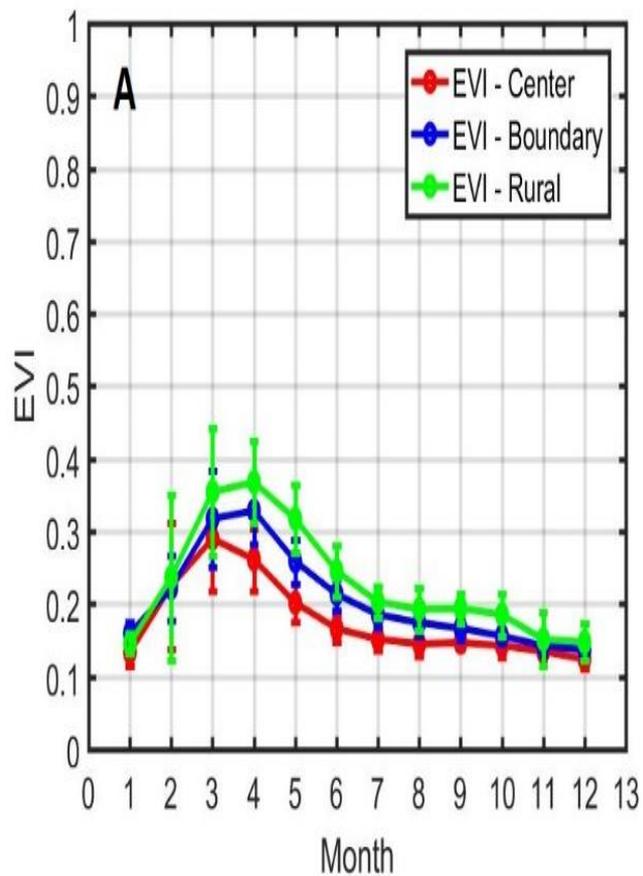
Para periodos diurnos, se comparó los índices de vegetación NDVI con LST y EVI con LST para el AMCH (Figura 13, 14, 15 y 16), donde se observa que las ubicaciones urbanas con una cubierta vegetal más baja muestran amplitudes térmicas estacionales baja alrededor de 10°C.

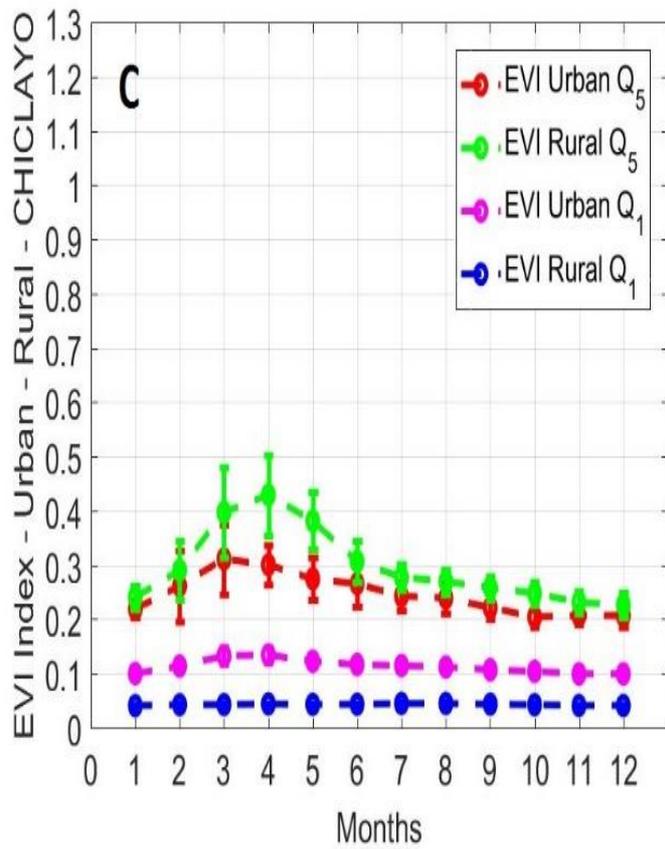
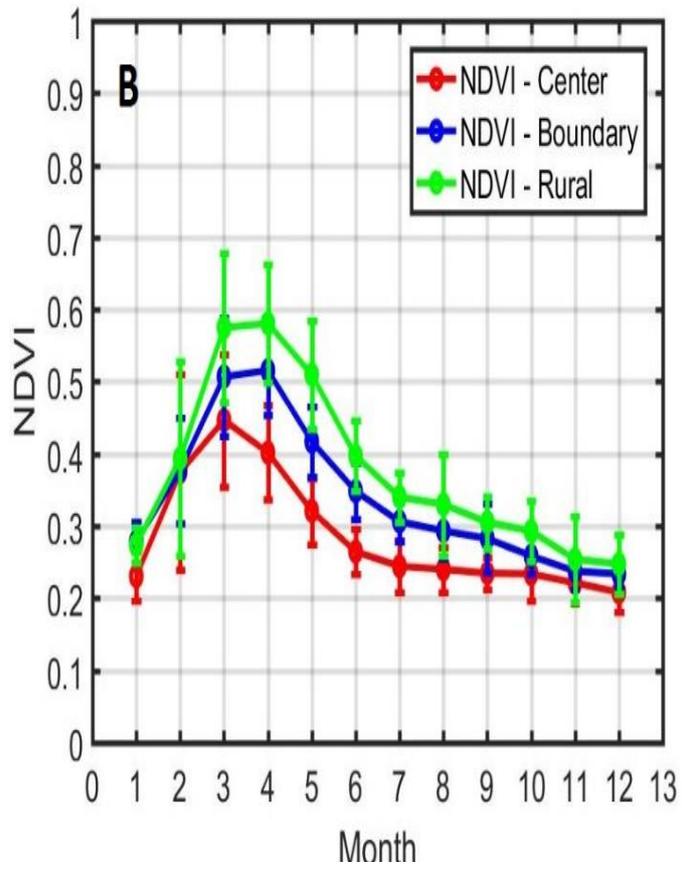
4.2.2 Contrastación de hipótesis

- H0: Existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área urbana y el EVI en el AMCH.
- Ha: No existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área urbana y el EVI en el AMCH.
- H0: Existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área rural y el EVI en el AMCH.
- Ha: Existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área rural y el EVI en el AMCH.
- H0: Existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área urbana y el NDVI en el AMCH.
- Ha: No existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área urbana y el NDVI en el AMCH.

- H0: Existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área rural y el NDVI en el AMCH.
- Ha: No existe relación mayor al 80% entre la temperatura superficial del área rural y el NDVI en el AMCH.

Se concluyó que para el AMCH se obtuvo un p valué de 0.001 y 0.003 respectivamente, en la relación de la temperatura superficial y NDVI-EVI, donde se rechaza la hipótesis nula, para concluir que no existe relación, esto se debe a que el AMCH la predominancia de la cubierta vegetal es arena en el cual se produce un enfriamiento urbano, respecto al área rural.





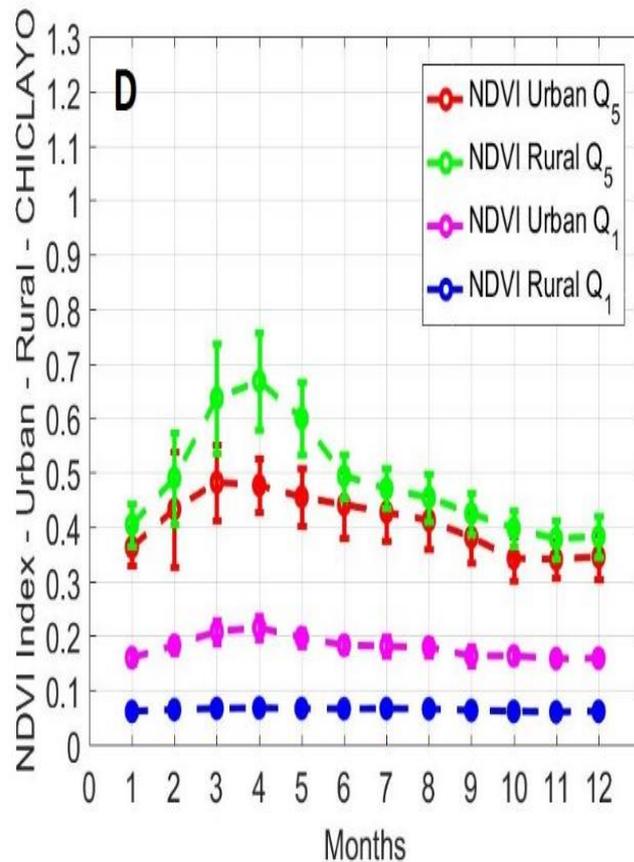
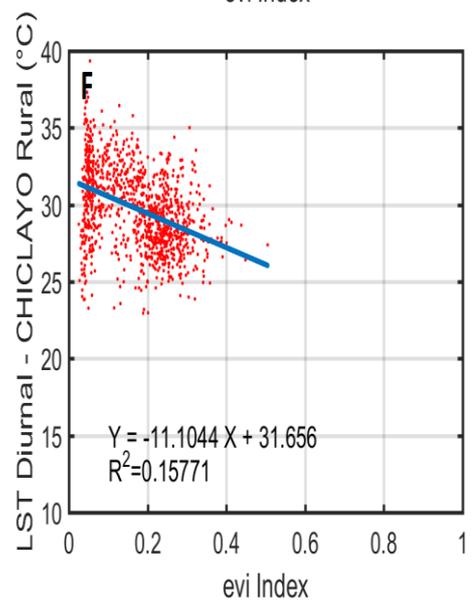
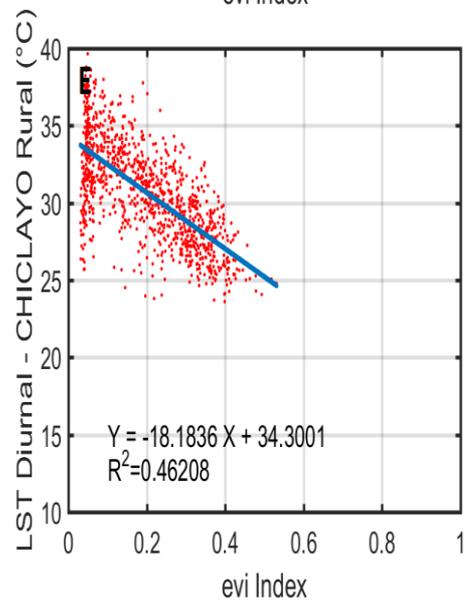
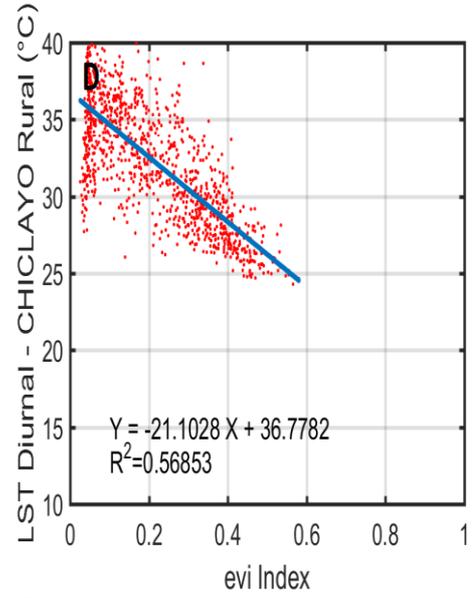
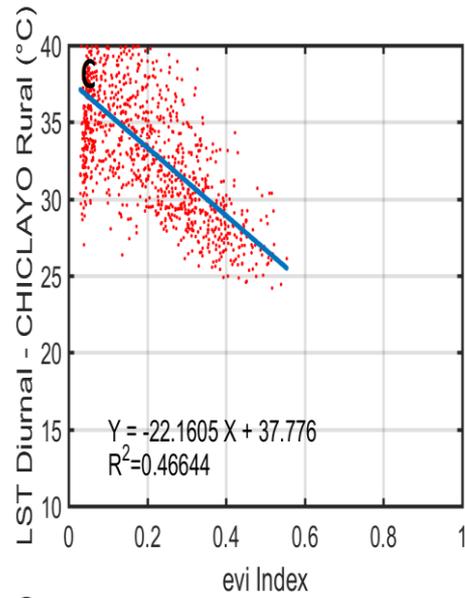
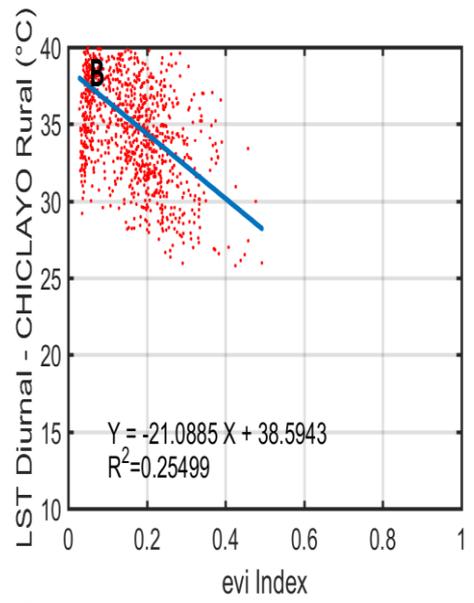
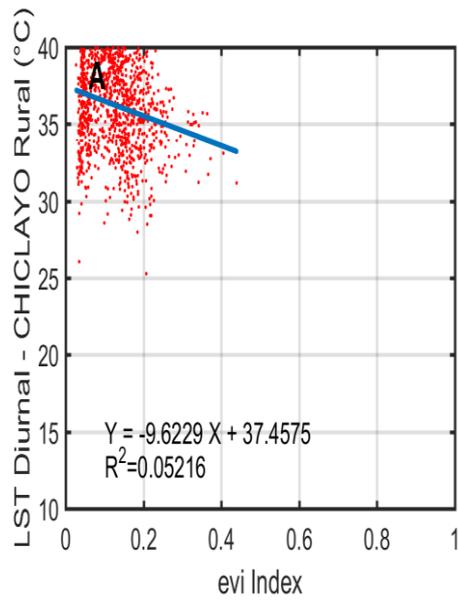


Figura 12: A) Evolución temporal 2001-2016, media mensual con desviación estándar del NDVI, y B) EVI para el AMCH, C) media mensual con desviación estándar del EVI D) NDVI para el AMCH en el centro urbano, frontera y rural.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la regresión durante el periodo (2001-2016) entre NDVI vs a LST y EVI vs a LST con pendientes, intersecciones e índices de correlación (R^2) para el AMCH se muestran en Tabla 4 respectivamente. El AMCH muestra correlación positiva máxima entre LST y NDVI de 0.01 y 0.58 en el área rural y en el área urbana de 0.0003 y 0.06 respectivamente. En el caso de la correlación positiva entre LST y EVI es levemente más bajo de 0,000000002 y 0.06 en el área urbana y en el área rural de 0.01 y 0.57.



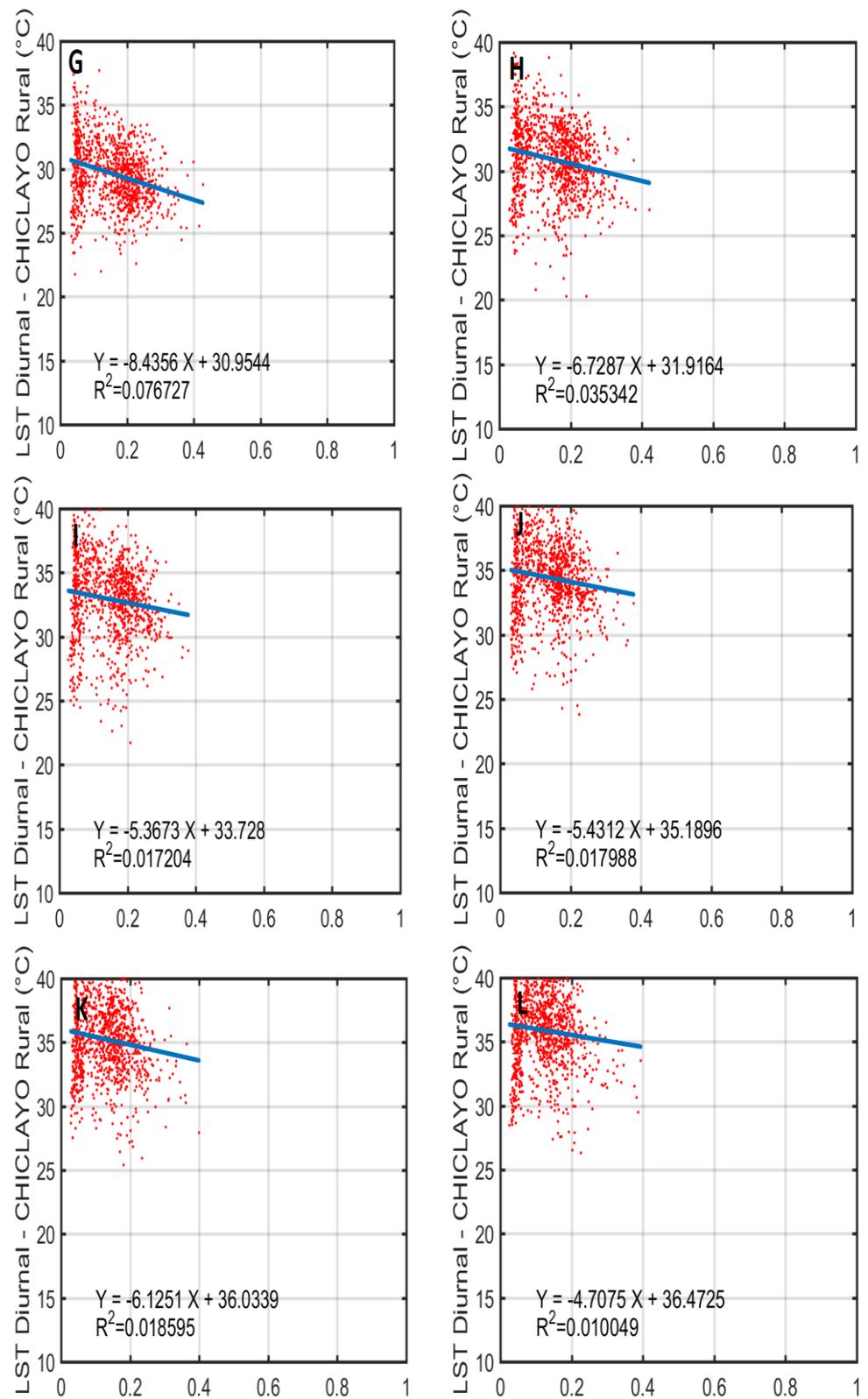
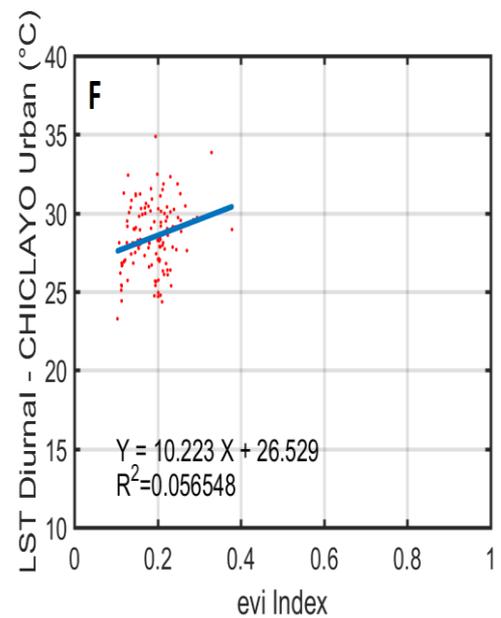
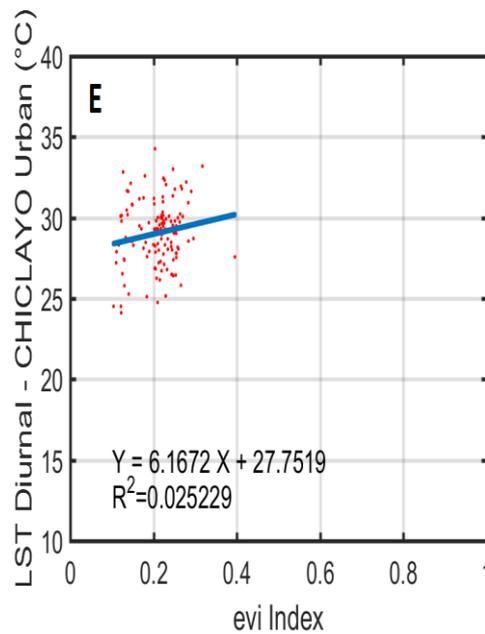
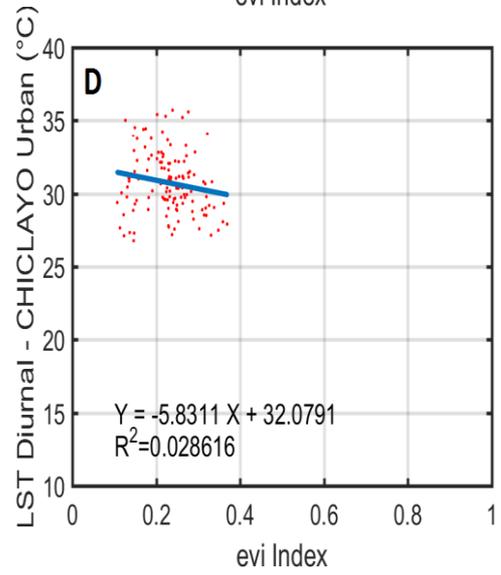
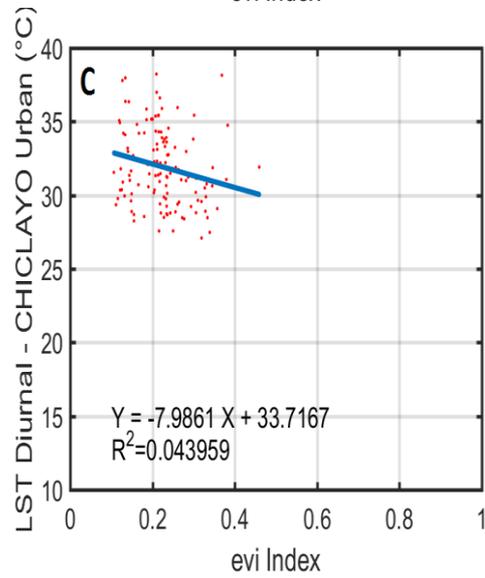
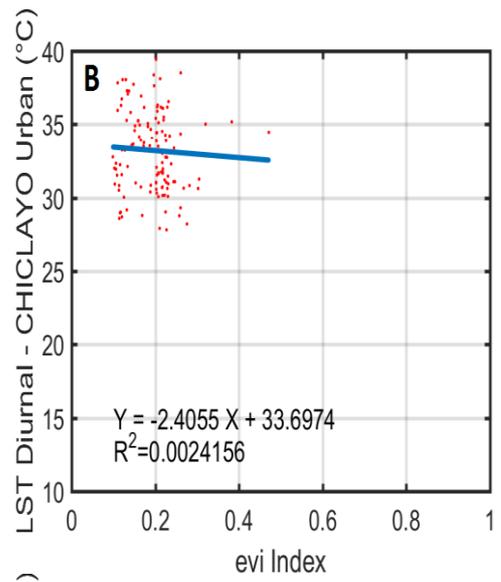
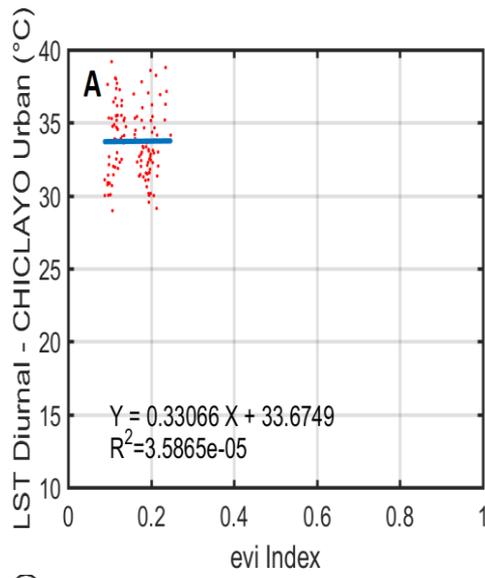


Figura 13: Relación entre LST-EVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área rural del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.



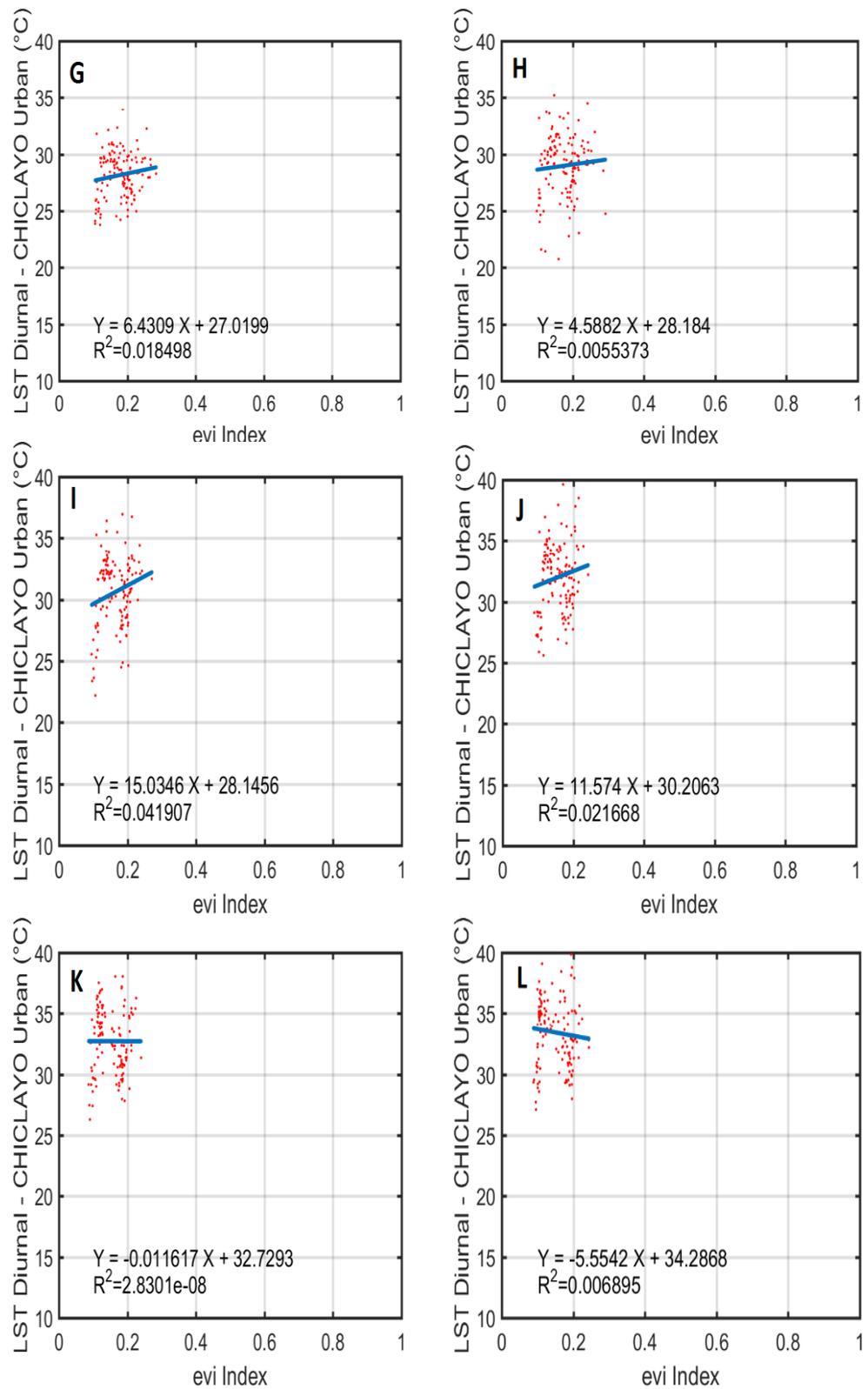
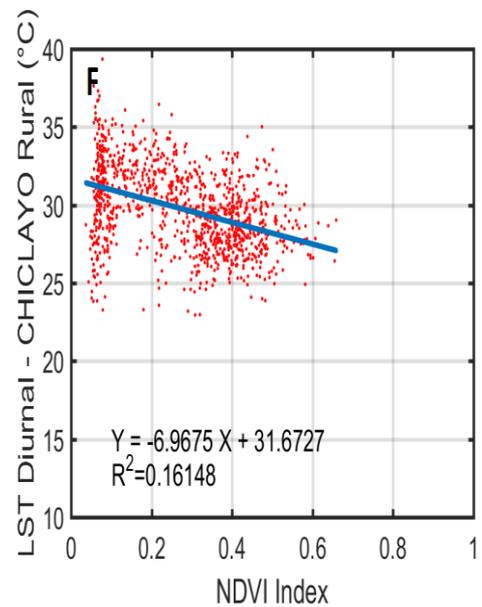
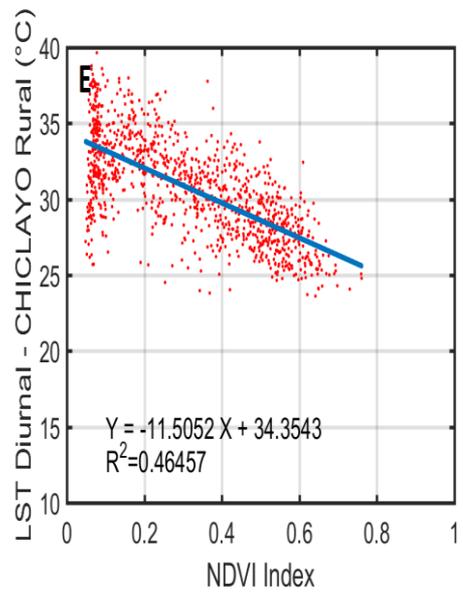
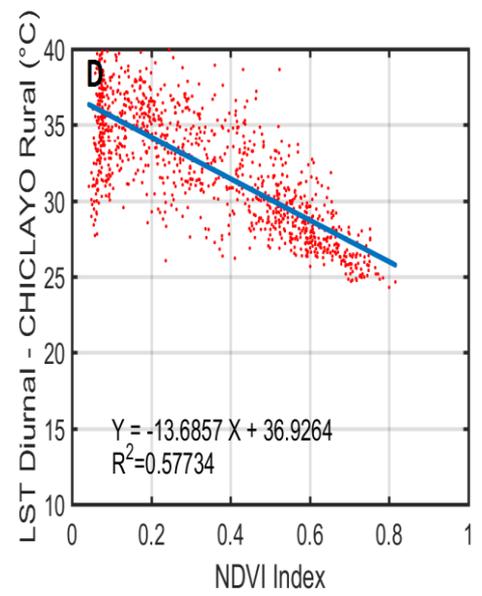
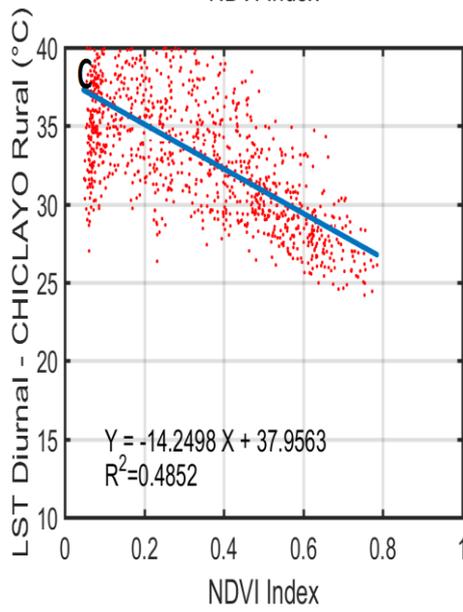
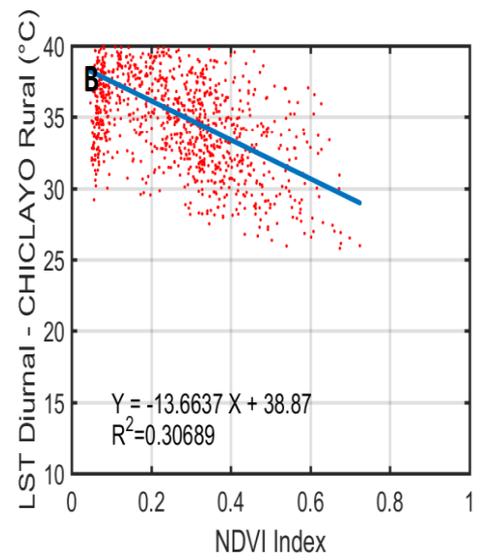
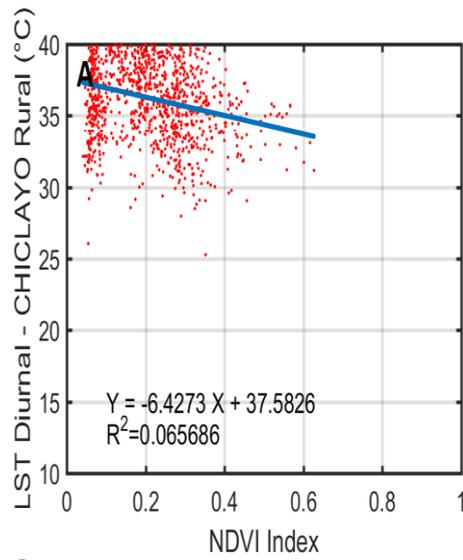


Figura 14: Relación entre LST-EVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área urbano del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.



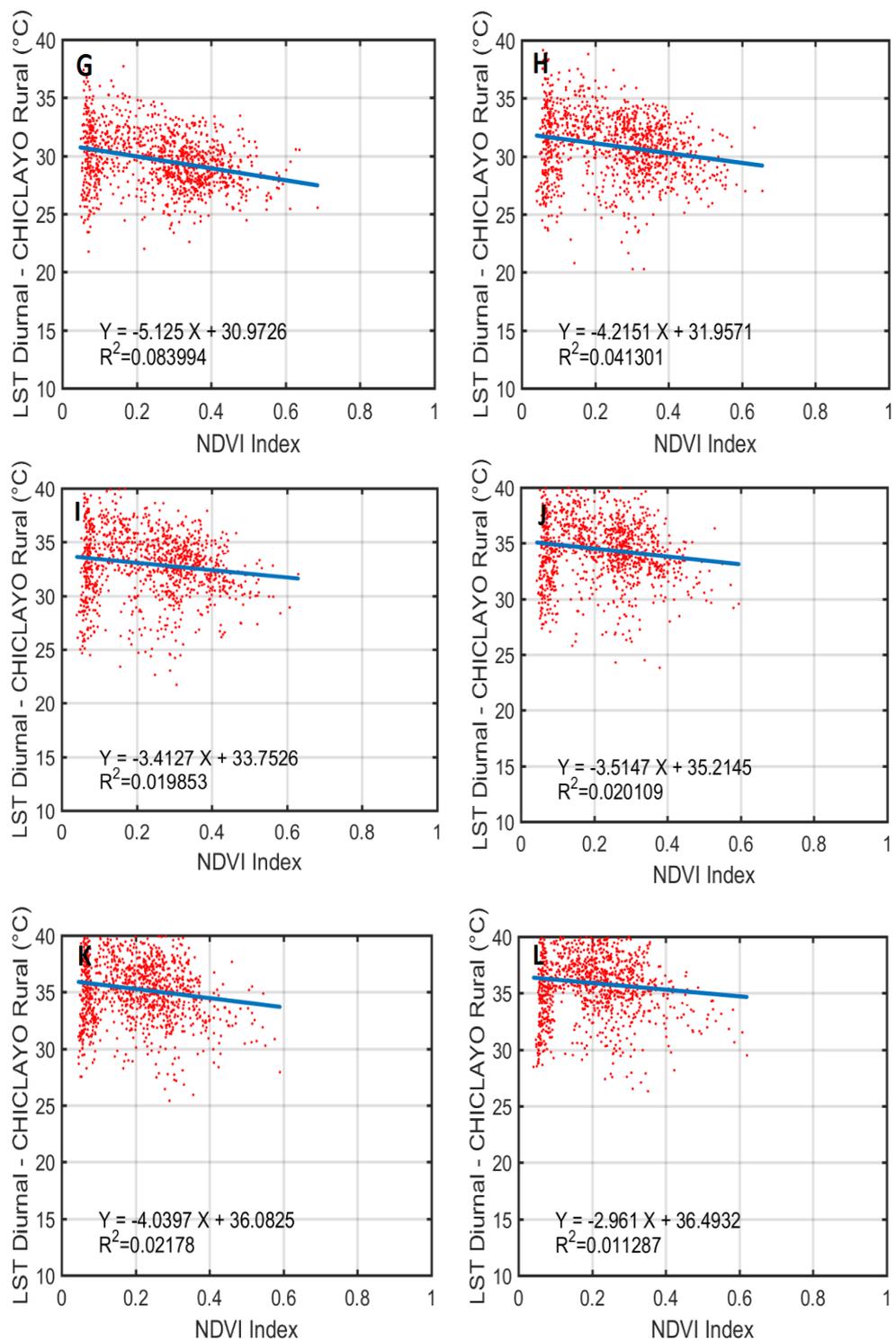
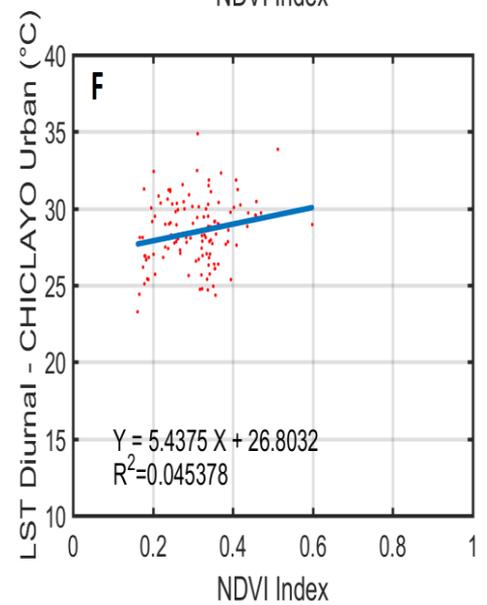
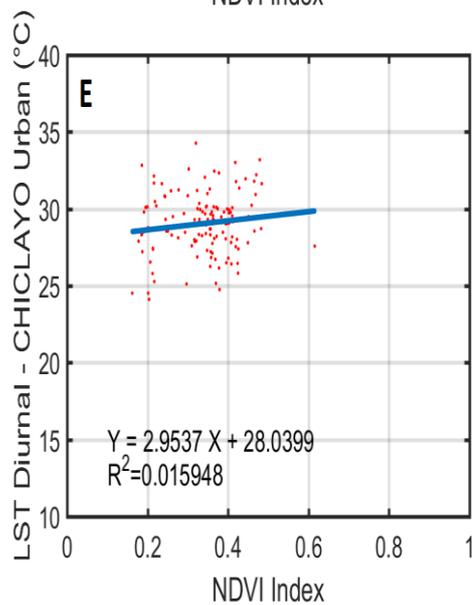
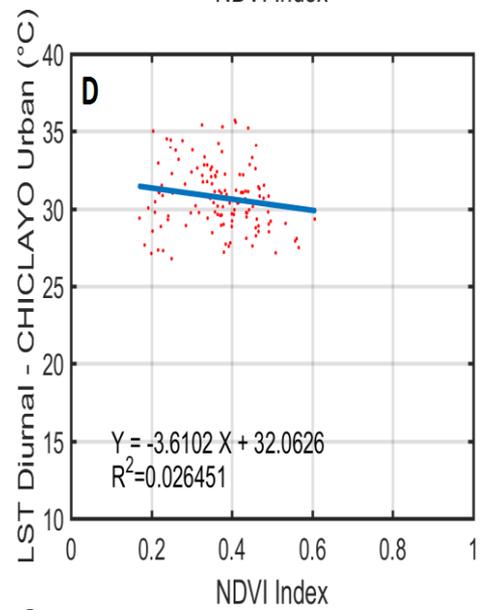
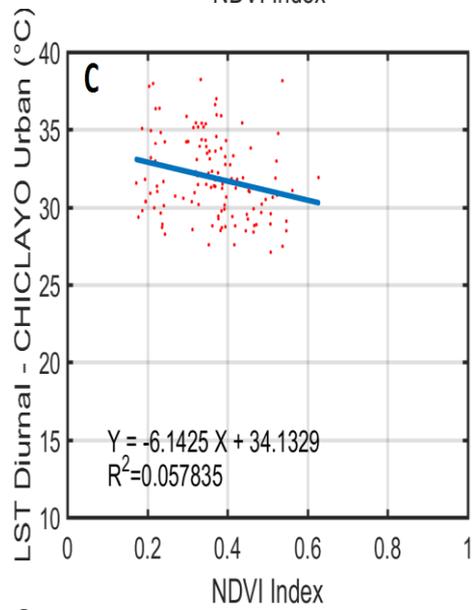
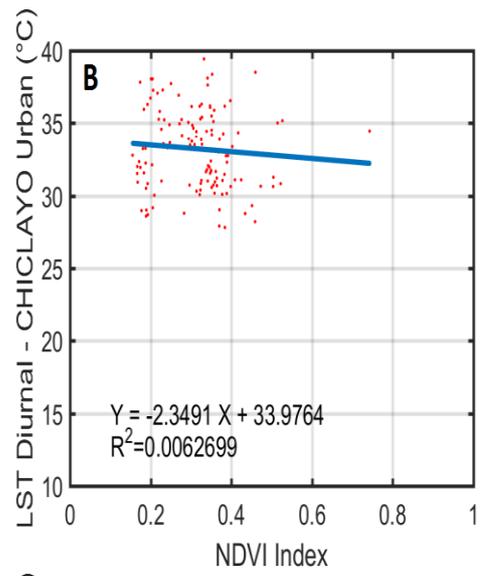
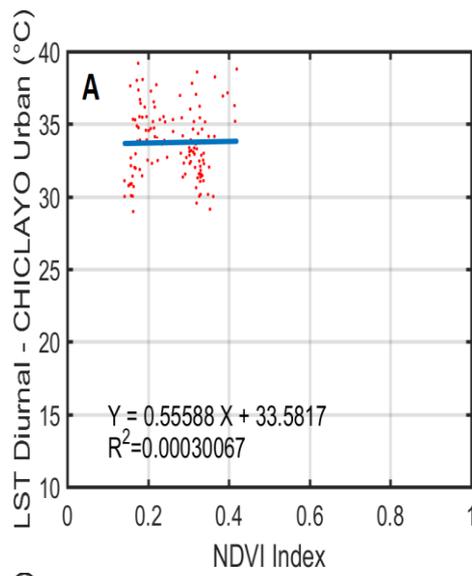


Figura 15: Relación entre LST-NDVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área rural del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.



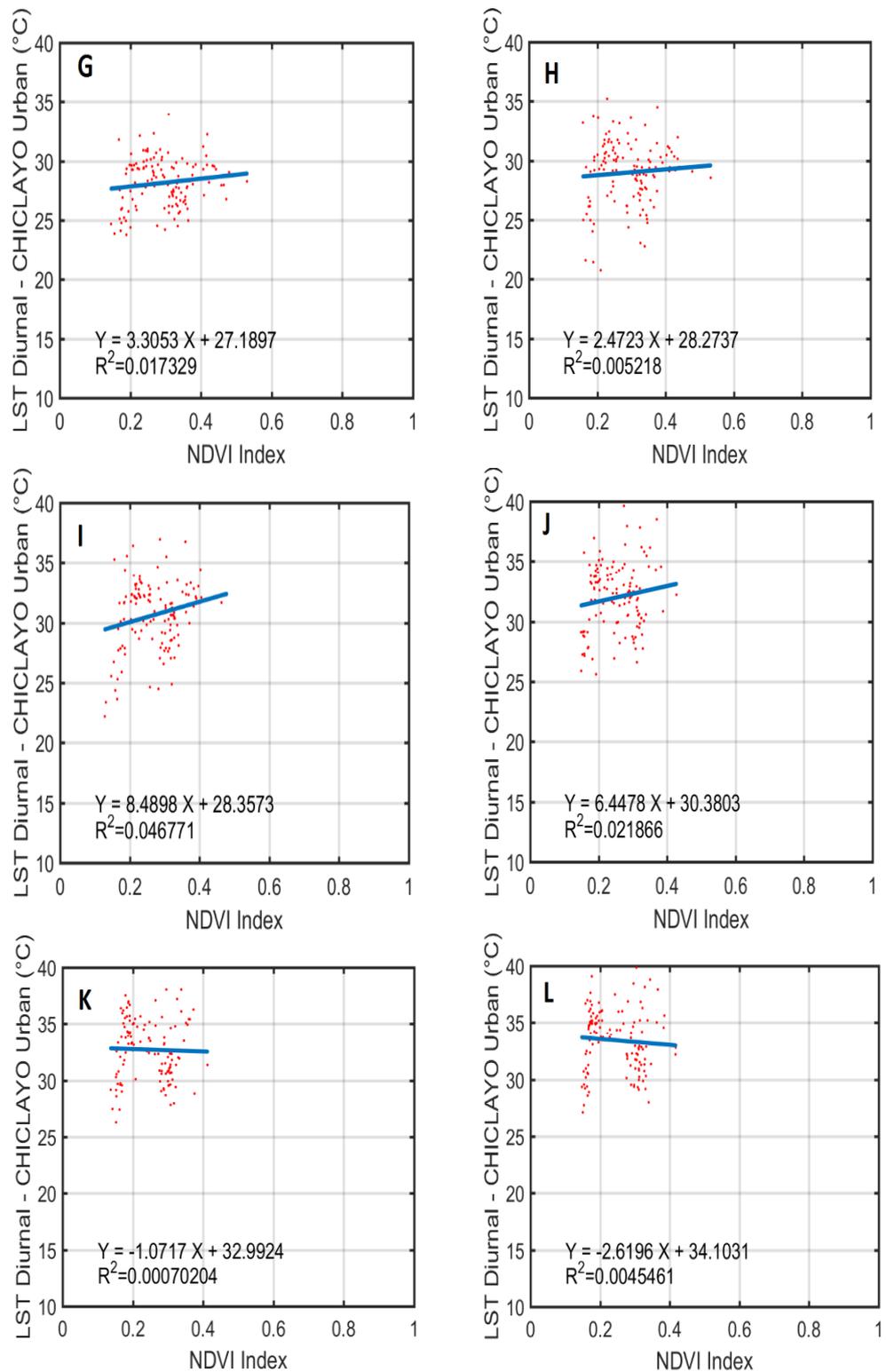


Figura 16: Relación entre LST-NDVI mensual durante el periodo 2001-2016 para el área urbana del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

Pendiente (Slope), intercepto (IC) e índice de correlación (R²) de la regresión lineal entre NDVI vs LST y EVI vs LST para el AMCH.

	NDVI						EVI					
	URBAN			RURAL			URBAN			RURAL		
	SLOPE	IC	R ²	SLOPE	IC	R ²	SLOPE	IC	R ²	SLOPE	IC	R ²
Enero	0.55	33.58	0.01	-6.43	37.58	0.07	0.33	33.67	0.01	-9.62	37.45	0.05
Febrero	-2.35	33.98	0.01	-13.66	38.87	0.31	-2.41	33.69	0.01	-21.08	38.59	0.25
Marzo	-6.14	34.13	0.06	-14.25	37.95	0.48	-7.98	33.72	0.04	-22.16	37.77	0.46
Abril	-3.61	32.06	0.03	-13.69	36.93	0.58	-5.83	32.08	0.03	-21.10	36.77	0.57
Mayo	2.95	28.04	0.02	-11.51	34.35	0.46	6.17	27.75	0.03	-18.18	34.30	0.46
Junio	5.44	26.80	0.05	-6.97	31.67	0.16	10.22	26.5	0.06	-11.10	31.65	0.16
Julio	3.31	27.19	0.02	-5.13	30.97	0.08	6.43	27.02	0.02	-8.43	30.95	0.07
Agosto	2.47	28.27	0.01	-4.22	31.96	0.04	4.58	28.18	0.01	-6.72	31.92	0.04
Setiembre	8.49	28.36	0.05	-3.41	33.75	0.02	15.03	28.15	0.04	-5.37	33.73	0.02
Octubre	6.45	30.38	0.02	-3.51	35.21	0.02	11.57	30.21	0.02	-5.43	35.19	0.02
Noviembre	-1.07	32.99	0.01	-4.04	36.08	0.02	-0.01	32.73	0.01	-6.13	36.03	0.02
Diciembre	-2.61	34.10	0.01	-2.96	36.49	0.01	-5.55	34.29	0.01	-4.71	36.47	0.01

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La influencia de la cobertura vegetal sobre la temperatura superficial en el área metropolitana de Chiclayo durante 2001-2016, es de un p-value de 0.001 y 0.003, en la relación de la temperatura superficial y NDVI-EVI respectivamente, para concluir que no existe relación, esto se debe a que en el AMCH, la predominancia de la cubierta vegetal es arena en el cual se produce un enfriamiento urbano, respecto al área rural.
2. La temperatura superficial a partir del sensor MODIS en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001 – 2016, muestra los valores de promedio máximo, durante el día se observa en el mes de febrero para el centro urbano (36°C), en la frontera (36°C) en la zona rural (39°C) durante el mes de enero. Los valores de promedio mínimo, se observan en mayo para la zona rural (30°C), zona urbana (28°C) en el mes de julio y frontera (28°C) durante el mes de mayo. En el periodo nocturno, la evolución temporal de LST muestra una variación estacional con amplitudes similares para todas las ubicaciones, con valores máximos en marzo para la frontera y urbano (20°C) y para la zona rural (20°C) en el mes de febrero. Asimismo, se presenta los valores mínimos en el mes de agosto para la zona urbana, frontal y rural (17°C).
3. La variación espacial y temporal del índice de vegetación en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001-2016, presenta valores del NDVI de 0.6 y EVI de 0.5 en áreas rurales en comparación con áreas urbanas de 0.2 para NDVI y EVI.
4. La relación entre temperatura superficial y cobertura vegetal en el área metropolitana de Chiclayo durante el periodo 2001-2016, muestran correlación positiva máxima entre LST y NDVI de 0.1 a 0.58 en el área rural y en el área urbana de 0.0003 a 0.06. En el caso de LST y EVI es levemente más bajo de 0.000000002 a 0.06 en el área urbana y en el área rural de 0.01 a 0.57.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para estudios posteriores el uso de estaciones meteorológicas ubicadas en el área rural y urbana para que el estudio de temperatura superficial sea completo y preciso.
2. Se recomienda a las autoridades tomar medidas, para evitar consecuencias en pérdida de ecosistemas, aparición de enfermedades.

BIBLIOGRAFIA

- Ayoade, J. (1991). Introducción a la climatología de los trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A.
- Chilón, D. H. (2012). memoria descriptiva del mapa de vegetación. Lambayeque.
- Cordova, J. (2011). Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo: Caracas, octubre- 2009, marzo- 2011. UFRJ.
- Crósta, A. (1992). El procesamiento digital de imágenes de teledetección. ed. rev. Campinas - SP: IG/Unicamp.
- EL PORTAL CON LA MEJOR INFORMACIÓN DE LAMBAYEQUE. (2012). Retrieved from <http://www.lambayeque-peru.com/flora-de-lambayeque>.
- Florenzano, T. (2011). Imágenes satelitales para estudios ambientales. São Paulo: Oficina de textos.
- Flores, J. Pereira, A. & Karam, H. (2016). Intensidades de isla de calor urbana para las ciudades tropicales utilizando los datos de teledetección modis. Urban climate, 32-66.
- Freitas, E. & Dias, P. (2005). Efectos de las zonas urbanas en la generación de una isla de calor. El diario brasileño de meteorología, pp. 355-366.
- Fujibe, F. & Asai, T. (1980). Algunas de las características del viento en la superficie asociado con la isla de calor de Tokio. Japon: J. Meteor. Soc.
- Fundación peruana para la conservación de la naturaleza. (2015, 03 9). Retrieved from <http://pronaturaleza.org/noticias/en-10-anos-ya-no-habra-algarrobo-en-piura/>.

- Geiger, R. (1961). Manual de microclimatología: el clima de la capa de aire cerca del suelo. Lisboa.
- George, P. (1983). Geografía Urbana. Sao Paulo.
- Givoni, B. (1998). Consideraciones climáticas en la construcción y el diseño urbano. Nueva York - EE.UU. Vannostand Reinhold.
- Gouveia, M. (2007). Escenarios de impacto de las propiedades de la superficie sobre el confort térmico humano en la ciudad de San Paulo. Tesis de Master, San Paulo.
- Higuchi. (2007). "The behaviour of a surface temperature/vegetation index (TVX) matrix derived from 10-day composite AVHRR images over monsoon Asia".
- Huete, A. Didana, K. Miura, T. Rodriguez, E. Gao, X. & Ferreira, L. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote sensing, Environment, 83, 195-213.
- International Geosphere and Biosphere programme (IGBP), (2006). Retrieved from IGBP: <http://www.igbp.net/>.
- INEI. (2015). Retrieved from <https://www.inei.gob.pe/bases-de-datos/>.
- Jensen, J. (2009). Sensoramiento remoto del Medio Ambiente: una perspectiva de los recursos de tierras.
- Klysik, K. & Foruniak, K. (1999). Temporal and spatial characteristics of the urban island of Lodz, Poland. Atmospheric Environment. Theoretical and Applied Climatology, 79, 151–164.
- Lambin, E. & Ehrlich, D. (1996). The surface temperature–vegetation index space for land cover and land-cover change analysis. Remote sensing. 17, 463-487.
- Lombardo, M. (1985). Islas de calor metrópolis de São Paulo. São Paulo.

- Lombardo, M. (1984). Islas de calor en la metropolis de san pablo. 210. SAN PABLO: Tesis doctoral, departamento de geografía, facultad de filosofía, letras y ciencias humanas de la universidad de Sao Paulo.
- Louis, G. (1987). " Molle, Árbol de la vida". La paz: Quipus.
- Mendoza, F. (1994). El clima y la planificación urbana de ciudades de tamaño medio y pequeño: Propuesta metodológica para el estudio y su aplicación a la ciudad de Londrina / PR. 300. San Pablo.
- Monteiro, C. (1976). Teoria del clima urbano. San Pablo: Tese (Livre Docência em Geografia) - Instituto de Geografia da USP, São Paulo, Série Teses e monografias .
- Monteiro, C. (1990). Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. BRASIL: GEOSUL.
- NASA. (2017). NASA. Retrieved from <https://modis.gsfc.nasa.gov/>.
- Oke, T. (1982). La base energética de la isla de calor urbano. Quat J.R. Met. Soc.
- Oke, T. (1987). Los climas de capa límite. 435: Londres: Routledge.
- Oke, T. R. (1978). Boundary Layer Climates. Methuen, London.: UK.
- Rosa, R. (2005). Geotecnologias en geografía aplicada. revista del Departamento de Geografía, 16, 81-90.
- Sakamoto, L. (2001). Os Microclimas e a "Configuração do Céu" na Área Central. San Pablo:Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP – (Coleção Novos Caminhos), v.4.
- Saraiva, A. (2009). nálisis multitemporal del uso de la tierra y niveles de degradación de tierras en el municipio de Boa Vista-PB utilizando datos de teledetección y SIG. En el geoprocesamiento monografía (graduación). El Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraíba.

- Saydelles, A. (2005). Estudio de campo térmico y las islas de calor urbanas en Santa Maria-Rs. BRASIL: tesis de maestría UFSM Santa María, RS.
- Shulin. (2015). "temperature Vegetation Dryness Index Estimation of Soil Moisture under Different Tree Species".
- Soares. (2008). Estudio de las posibles condiciones climáticas para la caña de azúcar (*Sacharum ssp.*) en el estado de Rio Grande do Sul a través de geoprocésamiento: un estudio de caso en el municipio de Jaguari. Tesis (Maestro en geomática). Universidade Federal de Santa Maria - RS.
- Spirn, A. (1995). El jardín de granito: la naturaleza del dibujo de la ciudad. San Paulo. Editora da USP.
- Valor, E. & Caselles, V. (1996). Mapping land surfac emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas. *Remote Sensing of Environment* Vol 57(3), 167-184.
- Yoshikato, H. & Tsuchida, M. (1996). Los altos niveles de contaminación del aire, bajo la influencia de la isla de calor urbana a lo largo de la orilla de la Bahía de Tokio. 1814: *Appl. Meteor.*
- Yves. (2011). Temporal analysis of normalized difference vegetation index (NDVI) and land surface temperature (LST) parameters to detect changes in the Iberian land cover between 1981 and 2001".

ANEXO



Figura 17: Bosque seco de Pòmac.

Fuente: (Rocha, 2017).



Figura 18: plantaciones de algarrobo en Chiclayo.

Fuente: (Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza, 2015).

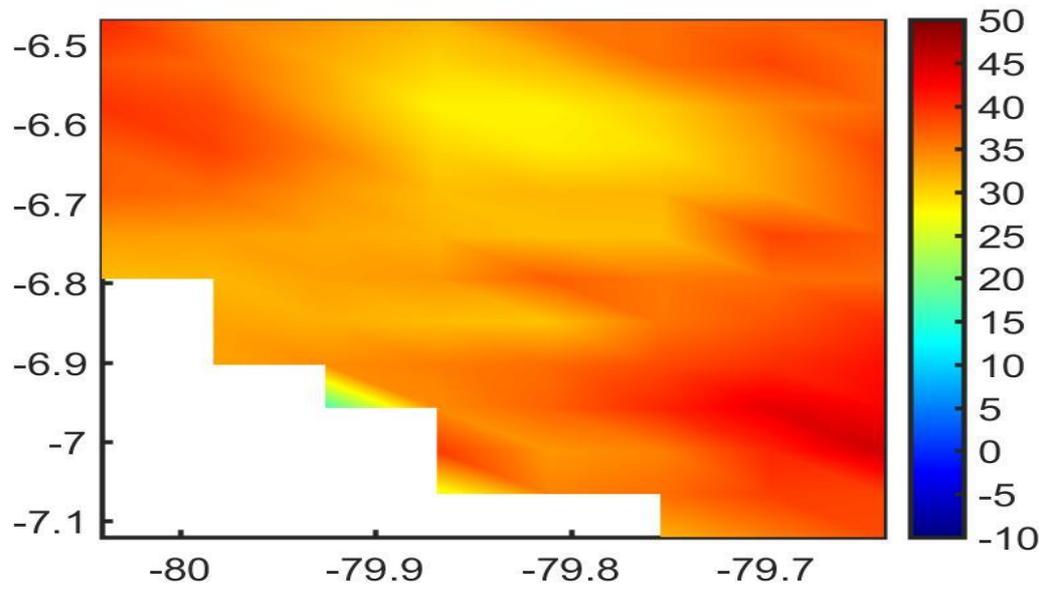


Figura 19: Temperatura superficial de febrero 2001 del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.

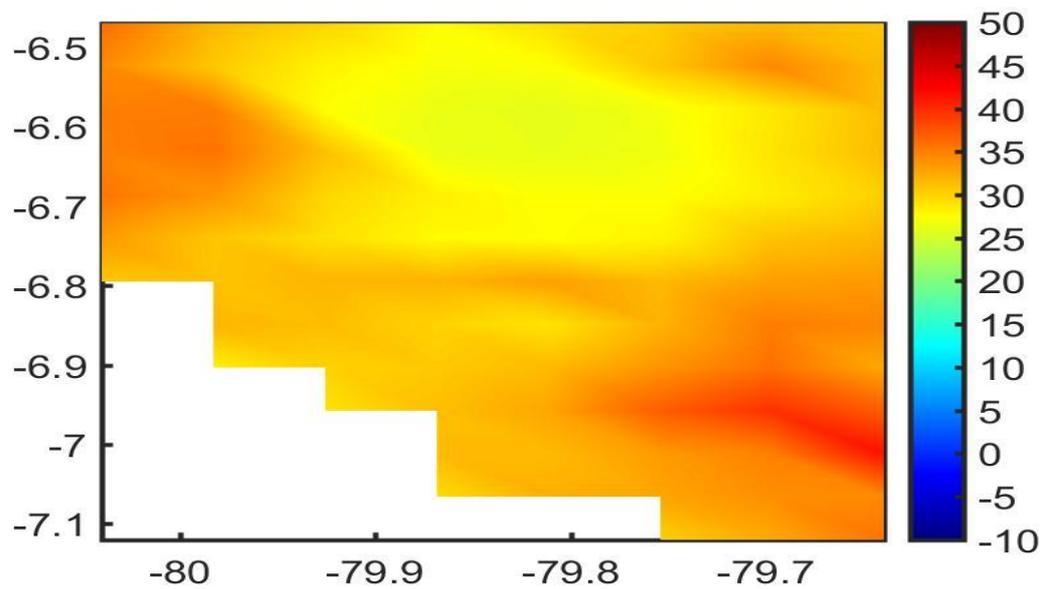


Figura 20: Temperatura superficial de marzo 2001 del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.

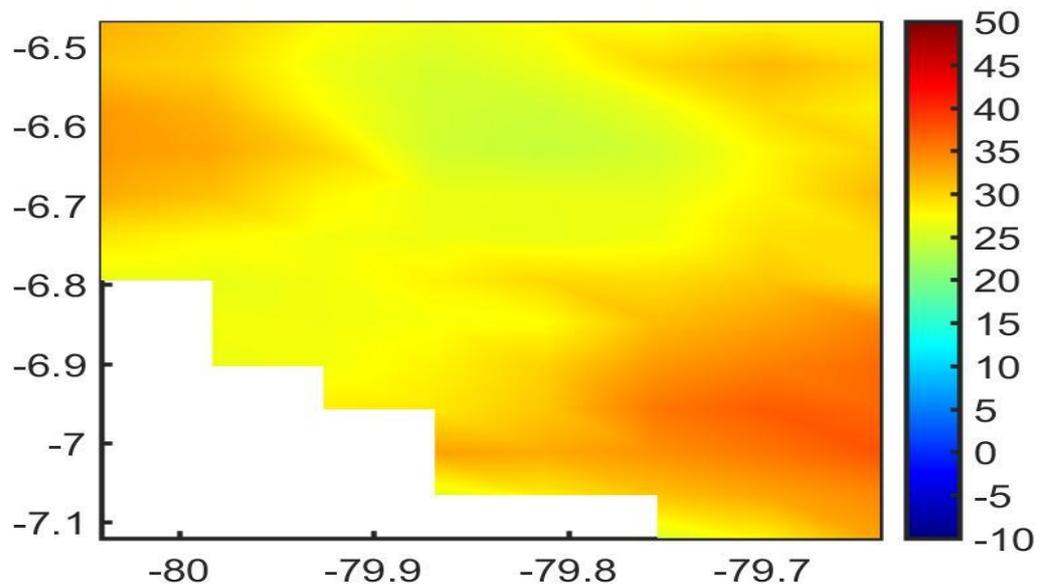


Figura 21: Temperatura superficial de abril 2001 del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.

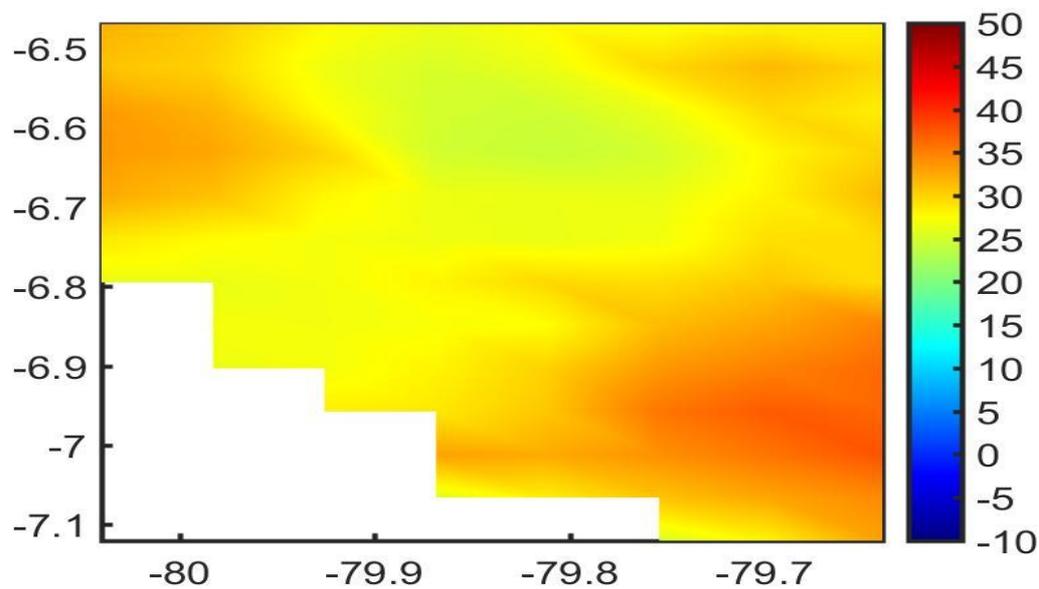


Figura 22: Temperatura superficial de mayo 2001 del AMCH.

Fuente: Elaboración propia.