



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

**“ESTUDIO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LA
CIUDAD DE IQUITOS A TRAVES DE IMÁGENES LANDSAT 8
DEL AÑO 2013 AL 2016”**

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por

CARLOS JHONATAN RUBEN CASTRO DEL CASTILLO

Bachiller en Gestión Ambiental

IQUITOS - PERÚ

2017



UNAP

**FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



ACTA DE SUSTENTACIÓN N°013-2017-DEFPA-FA-UNAP.

En Iquitos, a los 06 días del mes de Julio del dos mil diecisiete, a horas 10:30 am el Jurado designado por la Escuela de Formación Profesional, intergrado por los Señores Miembros que a continuación se indica:

Ing. Ana María Rengifo Panduro, Dra.	Presidente
Ing. José Francisco Ramírez Chung, M. Sc.	Miembro
Ing. Jorge Enrique Bardales Manrique, Dr.	Miembro
Ing. Jorge Agustín Flores Malaverri.	Asesor

Se constituyeron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía, para escuchar la sustentación de la Tesis titulada: "FORMAS DE CONSERVACIÓN Y USO DE LOS RECURSOS NATURALES EN TRES COMUNIDADES DEL DISTRITO DE LAS AMAZONAS, RÍO NAPO, LORETO. 2015", presentado por el Bach. Carlos Neil Grandez Arce, para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRONOMO, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.


Después de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: satisfactoriamente

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes en privado, llegó a las siguientes conclusiones:

La Tesis ha sido Aprobada por mayoría

Siendo las 12:30 pm se dio por terminado el acto felicitando al sustentante por su trabajo.


Ing. Ana María Rengifo Panduro, Dra.
Presidente


Ing. José Francisco Ramírez Chung, M. Sc.
Miembro


Ing. Jorge Enrique Bardales Manrique, Dr.
Miembro


Ing. Jorge Agustín Flores Malaverri.
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Tesis aprobada en sustentación pública el día 06 de julio del 2017, por el jurado nombrado por la Dirección de la Escuela Profesional de Agronomía, para optar el título de:

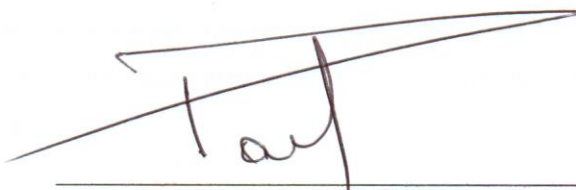
INGENIERO AGRÓNOMO

Jurados:



Ing. ANA MARIA RENGIFO PANDURO, Dra.

Presidente



Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, MSc.

Miembro



Ing. JORGE ENRIQUE BARDALES MANRIQUE, Dr.

Miembro



Ing. JORGE AGUSTIN FLORES MALAVERRY

Asesor



Ing. DARVIN NAVARRO TORRES, Dr.

Decano



DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico en primer lugar a Dios, ya que sin él nada podemos hacer. Dios es quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas.

A mis padres, Castro Inga Carlos Eduardo y Del Castillo Marin Emma Rosario por haberme dado la vida y dejándome la mejor herencia de la vida, mis estudios. Enseñándome que las metas son alcanzables y que una caída no es una derrota, sino el principio de una lucha que siempre termina en logros y éxitos. Este triunfo también es de ustedes.

A mis abuelos Ernestina Marin y Roger castro, por siempre estar cuidando de mí y mostrándome su apoyo incondicional. Les amo.

A mi gran amigo Ing. David Urquiza Muñoz, por siempre brindarme sus conocimientos, por siempre aconsejarme y demostrarme los buenos caminos.

A mi gran amiga Abhrill Rojas, por siempre brindarme su atención, por siempre escucharme y demostrarme de muchas formas su amor.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres Carlos Castro y Emma Del Castillo por apoyarme en cada decisión y proyecto de vida, no ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos.

Mis amados abuelos Roger Castro y Ernestina Marin, por su infinito amor hacia mí y que con cada acción me demuestran que día a día se tiene que luchar por lo que uno quiere, y que todo sacrificio tiene su recompensa.

Quiero agradecer a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y a cada uno de sus docentes por brindarme los conocimientos que me ayudaron a desarrollar mi carrera profesional y formar parte de este proceso integral de mi formación.

Quiero agradecer al **Ing. Jorge Bardales Manrique** e **Ing. David Urquiza Muñoz** por su comprensión y paciencia; y por brindarme sus conocimientos para el adecuado desarrollo de este Proyecto de Tesis.

Gracias a todas las personas que me apoyaron y ayudaron en la realización de ésta tesis.

INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE GENERAL	05
INDICE DE CUADROS	06
INDICES DE GRÁFICOS	07
INDICES DE FIGURAS	08
INTRODUCCIÓN	09
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES	10
1.1.1 Problema	10
1.1.2 Hipótesis general	10
1.1.3 Identificación de las Variables	10
1.1.4 Operacionalización de las variables	11
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	11
1.2.1 Objetivo general	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	12
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	13
2.1 CARACTERIZACIÓN GENERALES DE LA ZONA	13
2.1.1 Ubicación del campo experimental	13
2.1.2 Clima	15
2.2 MÉTODOS	16
2.2.1 Procedimiento para obtención de datos	16
2.2.2 Diseño de la Investigación	21
2.2.3 Población y Muestra	21
2.2.4 Diseño	21
CAPITULO III: REVISIÓN DE LITERATURA	22
3.1 MARCO TEÓRICO	22
3.2 MARCO CONCEPTUAL	33

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	36
4.1 ESTADISTICA DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO	36
4.2 MAPAS DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES	44
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1 CONCLUSIONES.....	52
5.2 RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
A N E X O S	56

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01. Especificaciones de Productos LCDM a nivel 1	31
Cuadro 02. Distribución de las bandas en OLI y TIRS.....	32
Cuadro 03. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media de distrito belén vs distrito de Iquitos.....	36
Cuadro 04. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito Punchana vs distrito de Iquitos	37
Cuadro 05. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito san juan vs distrito de Iquitos	39
Cuadro 06. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito san juan vs distrito de belén.....	40
Cuadro 07. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito San Juan vs distrito de Punchana.....	41
Cuadro 08. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito Belén vs distrito de Punchana.....	42

Cuadro 09. Puntos de muestreo distrito de Punchana.....	57
Cuadro 10. Puntos de muestreo distrito de San Juan	57
Cuadro 11. Puntos de Muestreo distrito de Belén	58
Cuadro 12. Puntos de Muestreo distrito de Iquitos	58
Cuadro 13. Resultados de la Temperatura Superficial Del Distrito de Belén.....	58
Cuadro 14. Resultados de la Temperatura Superficial Del Distrito de Iquitos	59
Cuadro 15. Resultados de la Temperatura Superficial Del Distrito de Punchana.....	59

INDICES DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafico 01. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de Belén y distrito de Iquitos	37
Grafico 02. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de Punchana y distrito de Iquitos	38
Grafico 03. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de San Juan y distrito de Iquitos.....	39
Grafico 04. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de San Juan y distrito de Belén.....	41
Grafico 05. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de San Juan y distrito de Punchana	42
Grafico 06. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de Belén y distrito de Punchan.....	43
Grafico 07. Temperatura Superficial en el Distrito de Belén	48
Grafico 08. Temperatura Superficial en el Distrito de Iquitos.....	48
Grafico 09. Temperatura Superficial en el Distrito de Punchana	49
Grafico 10. Temperatura Superficial en el Distrito de San Juan	50
Grafico 11. Promedio de las Temperaturas Superficiales de los 4 Distritos	51

INDICES DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Iquitos urbano – PDU 2013 (oficina de planeamiento y acondicionamiento territorial – Gore Loreto).....	16
Figura 02. Esquema de un sistema de teledetección (Olaya, 2011).....	26
Figura 03. El espectro electromagnético (USGS, 2011 traducido por el autor).....	28
Figura 04. Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS 2013).....	30
Figura 05. Promedio de la Respuesta Espectral Relativa en LDCM	33
Figura 06. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2013.....	44
Figura 07. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2014.....	45
Figura 08. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2015.....	46
Figura 09. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2016.....	47

INTRODUCCIÓN

El incremento demográfico de las ciudades en el mundo y el nivel del desarrollo humano hicieron que las ciudades se expandan más teniendo como prioridad acabar con las zonas verdes y convertirlas en un lugar de cemento y ladrillo haciendo que exista un incremento superficial en zonas donde ya se ha perdido mucha vegetación ya que estas son capaces de controlar el microclima, gracias al avance tecnológico a nivel mundial existen muchas metodologías para poder evaluar la temperatura superficial, los sensores remotos se están utilizando últimamente como herramientas para conocer datos de temperaturas superficiales en mayorías de casos ya existe ciudades que ya se han evaluado obteniendo datos no convenientes para la sociedad actual.

Las alteraciones de temperatura han causado muchos problemas hoy en día, en Iquitos metropolitana ya se está comenzando a sentir esas pequeñas variaciones, un claro efecto de esto son las inundaciones que cada vez causa más pérdidas económicas en muchas zonas vulnerables a esta.

De tal manera, El presente trabajo de investigación busca contribuir a generar una línea base respecto a datos de temperaturas superficiales en la ciudad de Iquitos y a partir de ella poder dar conocer información que permitirá determinar la generación de estimaciones a futuros y conocer las zonas en la ciudad donde la temperatura superficial tendrá consecuencia que esos lugares posiblemente no sea habitados, en base a los resultados y experiencia se podrán generar nuevas iniciativas de mejora que permitirán involucrar cada vez más a la población, buscando así dar solución a uno de los principales problemas ambientales en la ciudad de Iquitos, generando además nuevas metodologías y trabajos a través de sensores remotos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.1.1 Problema

En los últimos años el avance tecnológico en el uso de satélites de observación terrestre, permite conocer los cambios que ocurren sobre la superficie desde un punto de vista global y multitemporal, en ese sentido y con estas herramientas, el monitoreo de la temperatura se hace indispensable para conocer el efecto del cambio climático en la ciudad de Iquitos, por lo que la presente tesis plantea establecer una línea base de monitoreo de la temperatura mediante imágenes Landsat 8.

La zona metropolitana de Iquitos se nota un cambio drástico de la sensación térmica en los pobladores desde el año 2013 hasta el 2016 la temperatura ambiente a nivel mundial incremento totalmente esto se ve reflejado en la temperatura superficial que se calculara a través de las imágenes landsat para saber cómo fue su incremento en este intervalo de años, para pronosticar una temperatura en el futuro.

1.1.2 Hipótesis general

La temperatura superficial de la ciudad de Iquitos se ha incrementado en los últimos 4 años.

1.1.3 Identificación de las Variables

✓ **Variable Independiente (X):**

X1: Imágenes Lansdat.

X1.1. Valores DN

✓ **Variables Dependientes (Y):**

Y1: Variabilidad de la Temperatura en la ciudad de Iquitos.

Y1.1: Tiempo

Y1.2: Temperatura

1.1.4 Operacionalización de las variables:

VARIABLES		INDICADORES	INDICES
Dependientes.			
X1= IMÁGENES LANSADT		Valores DN	PIXELES
Independientes.			
Y1=TIEMPO.		Años	2013-2016
Y2= TEMPERATURA.		Valores en pixel	°C

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2.1 Objetivo general

Analizar la variabilidad en el incremento de la temperatura en la ciudad de Iquitos en un periodo de 4 años y mediante la utilización de imágenes landsat 8.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Determinar zonas específicas de incrementó de la temperatura superficial en la zona de Iquitos metropolitana a través de imágenes landsat 8 en el intervalo de 2013 al 2016.
- Determinar las áreas más cálidas de la ciudad de Iquitos.
- Convertir los valores de DN a valores de temperatura superficial.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Estudiar el incremento de la temperatura superficial de la ciudad de Iquitos urbano a través de imágenes de satélites como es en este caso landsat 8, nos dará a conocer una tendencia hacia un futuro y conocer lugares específica de nuestra ciudad de cuanto se podrá incrementar la temperatura.

La importancia del presente trabajo de investigación radica en que nos permita tener información base respecto al incremento de la temperatura analizada desde el 2013 al 2016, buscando tener medidas de control y/o mitigación de los lugares específico donde la temperatura será muy elevada para que habite un ser viviente y dar recomendaciones para que se minimice su incremento. Con la finalidad de poder tener un ambiente más estable para vivir.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 CARACTERIZACIÓN GENERALES DE LA ZONA

2.1.2 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo se desarrolló en la ciudad de Iquitos metropolitana que abarcaba los distritos de Belén, San Juan, Iquitos y Punchana.

Políticamente está ubicado en:

Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Belén , San Juan , Iquitos y Punchana

Coordenadas geográficas :

Longitud. : 03° 51' 32`` w
Latitud. : 73° 20' 10`` s
Coordenadas UTM. : 694832.24mE
9585736.41mS
Altitud : 111, 00 m.s.n.m.

Se desarrollarlo en el Departamento de Loreto que es una de las veinticinco circunscripciones departamentales del territorio peruano, Se encuentra ubicado en la parte nororiental del país, en la selva amazónica. Es el departamento más extenso con 368 851.95 Km² del Perú (28,7% del territorio peruano) y con una población de 921 mil 518 habitantes con una densidad poblacional de 2.5 habitantes por Km².

La ciudad de Iquitos es la capital del departamento de Loreto, provincia de Maynas, tiene una superficie territorial de 119,859.40 Km² y cuenta con 492,992 habitantes, siendo su densidad poblacional de 4.1 habitantes por Km².

Es la ciudad más grande y la más importante de la Amazonía Peruana y el principal puerto fluvial del Perú.

Iquitos está emplazado a aproximadamente 3,360 km (2,088 mi) de la desembocadura del Amazonas en el océano Atlántico y a 125 km (77.67 min) aguas abajo de la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón, donde el cauce toma el nombre de Amazonas y a más de 3000 km (1,864 min) de su fuente geográfica en ubicada en la región Arequipa, al sur del Perú.

Su fecha de fundación es incierta, pero se considera que se originó como una reducción española establecida por los jesuitas a orillas del río Nanay alrededor del año 1757 con el nombre de San Pablo de Napeanos, pueblo habitado por indígenas napeanos (yameos) e iquito. En 1764, la reducción se trasladó a la ubicación de la actual ciudad con el nombre de «San Pablo de Nuevo Napeanos y estaba organizado por el padre jesuita José Bahamonde. Iquitos empezó a cobrar importancia al instalarse la factoría naval y los buques de la Marina de Guerra del Perú enviados por el presidente Ramón Castilla y Marquesado entre 1863 y 1864, luego convirtiéndose en la ciudad más rica del Perú durante la Época del Caucho (1880 – 1914), período de gran desarrollo económico y social que dotó a esta urbe su particular identidad urbana y cultural.

La ciudad sólo tiene conexión aérea y fluvial al resto del país y con la sola excepción de la carretera a Nauta, una pequeña ciudad de casi 30 mil habitantes a unos 105 km (65,2 mi) al sur. Siguiendo el curso del Amazonas, pueden llegar buques marinos de 3,000 o 9,000 toneladas y 5.5 metros (18 pies) de calado, procedentes del Atlántico, por lo que se considera que es la ciudad más poblada del mundo que no cuenta con acceso terrestre.

El área metropolitana de Iquitos se expande dentro de 4 distritos de la provincia de Maynas: Iquitos (159,023 habitantes), Belén (102,076 habitantes), Punchana (76,435 habitantes) y San Juan Bautista (68,806 habitantes). **(DEL AGUILA F, DEL AGUILA M, RAMIREZ J, 2010).**

2.1.2 Clima

La zona geográfica en la que se encuentra la ciudad de Iquitos está caracterizada por presentar fuertes precipitaciones y elevadas temperaturas, en especial la zona de la ciudad, que tiene una temperatura media anual de 26.8% grados, superior al promedio de la región que es de aproximadamente 25.9 grados. Igual tendencia presentan las precipitaciones, que para la ciudad de Iquitos alcanza 3,000 mm. anuales siendo el más elevado de todo el Departamento de Loreto. Los meses de diciembre a marzo son los que registran mayor volumen de precipitaciones y menor temperatura media. Promedio calculado tomado la temperatura media anual de las principales ciudades de la Región, con datos publicados por ORP-INP. Crecimiento Urbano de Iquitos: Condicionamientos Estructurales en la Década del '70 y sus Perspectivas 4 De acuerdo a estos indicadores se ha clasificado esta zona como de Bosque Húmedo Tropical donde las fuertes precipitaciones y elevadas temperaturas hacen que la fertilidad de los suelos se vaya reduciendo gradualmente, lo que constituye un factor limitante para el desarrollo de la Agricultura Comercial.

- Temperatura media máxima: 33°C
- Temperatura media mínima: 22°C
- Temperatura media anual: 26.4°C
- Humedad relativa promedio: 87%
- Humedad relativa: 85%

Área de estudio es la zona urbana de Iquitos urbano con 3163.594311 hectáreas.

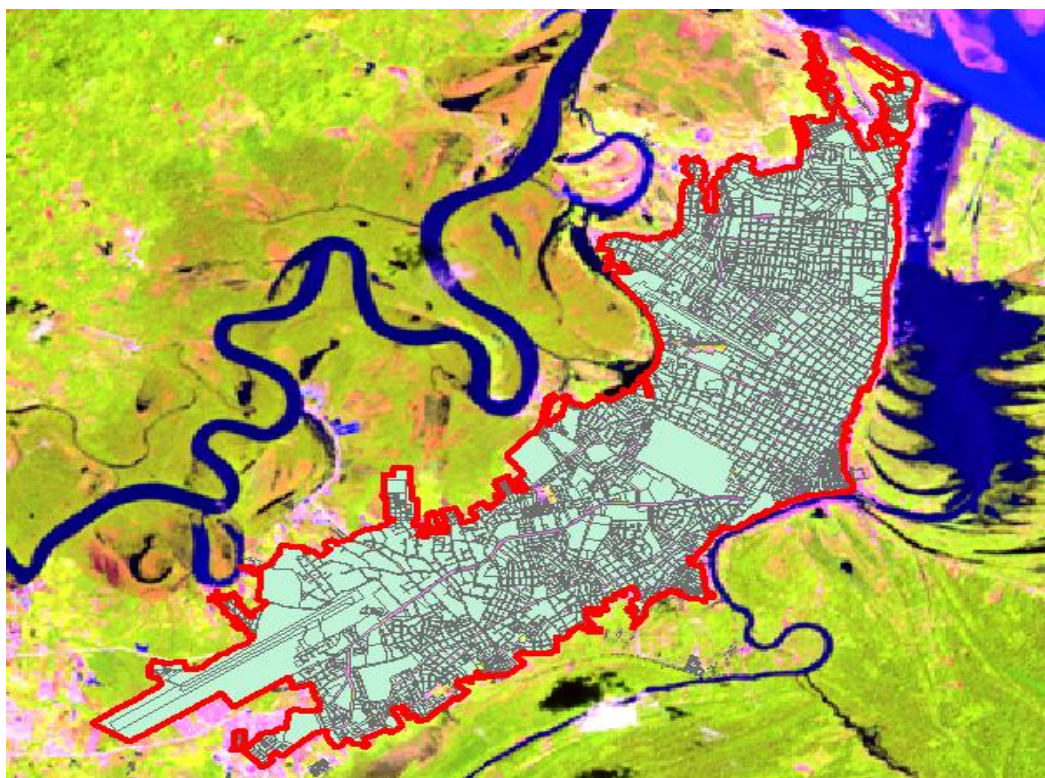


Figura 01. Iquitos urbano – PDU 2013 (oficina de planeamiento y acondicionamiento territorial – Gore Loreto)

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Procedimiento para obtención de datos

a) Descarga de imágenes de satélite:

Las imágenes de satélite se obtendrán a través de la web del Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS¹ (siglas en inglés). Se descargaron en total 4 imágenes de satélite de los años 2013, 2014, 2015 y 2016 evaluando la disponibilidad y calidad de las mismas (porcentaje de nubes, fechas, estacionalidad, etc.)

b) Corrección geométrica:

Cuando un sensor satelital registra datos, detecta la energía reflejada de la superficie terrestre y de la atmósfera entre la superficie y el cabeza del sensor. Esta data se colecta

¹ <http://glovis.usgs.gov/>

a través del sistema de imágenes y se almacena de forma digital a bordo y/o se transmite a estaciones receptoras en tierra; sin embargo, para poder usar una imagen cuantitativamente, la data registrada en cada píxel debe calibrarse con unidades de números digitales o de conteo, a unidades de energía reflejada. (BIGIO, 2013).

c) Calculo de radiancia:

Las imágenes se procesan en unidades de radiancia absoluta utilizando cálculos de punto flotante de 32 bits. Estos valores se convierten a valores enteros de 16 bits en el producto de nivel 1 terminado. Estos valores pueden convertirse a radiancia espectral utilizando los factores de escala de luminancia proporcionados en el archivo de metadatos

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL$$

Donde:

$L\lambda$ = Radiancia espectral(W/(m² * sr * μ m))

ML = Factor de escalado multiplicativo Radiancia para la banda

(RADIANCE_MULT_BAND_n from the metadata)

AL = Factor de escalado aditivo Radiance para la banda

(RADIANCE_ADD_BAND_n from the metadata).

Q_{cal} = L1 pixel value in DN

d) Calculo de la temperatura de brillo:

Los datos de banda térmica banda 10 y 11 también se pueden convertir de radiancia espectral de la temperatura efectiva en los satélites. La temperatura efectiva en el satélite de la fotografía de la superficie tierra, asume la unidad de conversión de emisividad

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

Donde

T = Temperatura efectiva del satélite en kelvin

K2 = Constante de calibración 2en Kelvin

K1 = Es la constante de conversión K1 específica para cada banda, Constante de calibración constante en W / (m² sr μm)

L_λ = Corresponde a la reflectancia en el techo de la atmosfera TOA (Watts/(m² *srad* μm)).

Landsat 8 (**ARIZA, 2013**) los datos de las constantes térmicas k1 y k2, aparecerán incluidos dentro de los atributos de imagen en el archivo de metadato, tal y como se puede ver resaltado a continuación para las bandas 10 y 11:

GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS

K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.89

K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.89

K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.08

K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.14

END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS

Ariza A; 2013; Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission), Version 1.0, Centro de Investigación y Desarrollo – CIAF, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá – Colombia, 46p. <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

e) Cálculo de la emisividad de la superficie de la tierra (Lse) a partir del ndvi:

Primeramente, comenzaremos a calcular la PROPORCIÓN DE LA VEGETACIÓN (grado de cobertura de vegetación), para esto utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Pv = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$$

Una vez obtenido el valor de la proporción de la vegetación (Pv), procederemos a calcular el LSE, utilizando la siguiente fórmula:

$$LSE = m Pv + n$$

Para la aplicación de esta metodología, se necesitan valores de emisividad del suelo y de la vegetación. Para este fin, un valor de emisividad típica de 0,99 para la vegetación ha sido elegido. La elección de un valor típico para el suelo es una cuestión más crítica, debido a la mayor emisividad valores de variación para los suelos en comparación con los de vegetación. Una posible solución es utilizar el valor medio para las emisividades de suelos que incluyen en la biblioteca espectral ASTER (<http://asterweb.jpl.nasa.gov>) y se filtró de acuerdo con función de filtro TM6 banda. De esta manera teniendo en cuenta un total de 49 espectros de suelos, se obtiene un valor medio de 0.973 (con una desviación estándar de 0,004). El uso de estos datos (suelo TM6 y emisividades vegetación de 0,97 y 0,99, respectivamente). (Jose, A. Sobrinoa, Juan C. Jimenez-Muñoz, 2004). La expresión final de la LSE está dada por:

$$LSE = 0.004 * Pv + 0.986$$

Donde:

m = emisividad de la vegetación (0.004) y,

n = emisividad del suelo (0.986).

f) Calculo de la temperatura de la superficie de la tierra

Una vez obtenidos los valores anteriores, procedemos a calcular la temperatura de la superficie de la tierra, con la siguiente fórmula:

$$BT / 1 + w * (BT / p) * \ln(e)$$

Donde:

BT = Temperatura del satélite (tanto de la banda térmica 10 u 11)

W = longitud de onda de radiación emitida (Se coloca la banda 10 u 11)

P= 14380 es una constante extraída de la siguiente formula $h*c/s$ ($1.438*10^{-34}Js$)

H= Planck's constant

S= boltzmann constant

C= velocity of light

E= LSE

Carácter de la investigación

El método utilizado es un análisis descriptivo no experimental básico, donde se analizará a través de imágenes la variabilidad de la temperatura superficial de la ciudad de Iquitos utilizando el satélite Landsat 8.

2.2.2 Diseño de la Investigación

El diseño utilizado es del tipo no experimental, paramétrico, porque se analizó una situación dada sin introducir ningún elemento que varíe el comportamiento de las variables en estudio.

2.2.3 Población y Muestra

Se trabajara con el área de Iquitos urbano que abarca 3163.594311 hectáreas , los pixeles de temperatura superficial es de 120 m x 120 m = 1.44 hectáreas ,dando a conocer que existe 2196.940494 pixeles de temperatura en la ciudad de Iquitos urbano con una muestra de 15% tenemos que tomar 330 pixeles en toda el área de estudio estos puntos fueron escogidos al azar en el programa arcgis pero esto será dividido en 4 los cuatros distrito que abarca la ciudad de Iquitos, que son Iquitos, Punchana, San Juan y Belén ; una vez determinada el número de pixeles totales por cada distrito, se tomara una muestra aleatoria equivalente al 15% para cada distrito obteniéndose los siguientes puntos de muestreos con sus respectivas coordenadas:

2.2.4 Diseño

Se ejecutó sobre la base de los resultados de los datos de los valores obtenidos del producto de las imágenes satelitales y la descripción estadística de la muestra, basada en una estadística del tipo cualitativa – cuantitativa, representada en tablas de contingencia, tablas de distribución de frecuencia, medidas de tendencia central y gráficos. Para el procesamiento de los datos obtenidos, se empleó un programa estadístico.

CAPITULO III

REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 MARCO TEÓRICO

Utilizando imágenes satelitales Landsat entre los años 1986 y 2010, TRUJILLO (2012) estimo la temperatura superficial del valle de Aburrá (Colombia) y sus zonas rurales cercanas y calculo el índice NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), el cual es un indicador de la presencia de vegetación, con el fin de correlacionar ambas variables y establecer la influencia de la vegetación en la temperatura superficial, encontrando que las estimaciones indicaron que las áreas urbanas presentan una temperatura superior al área rural circundante, obteniéndose índices de isla de calor urbana de entre los 5,53°C y 8,18°C, y las correlaciones fueron de -0.47 y -0.73 , lo cual indica correlaciones inversas moderadas entre la vegetación y la temperatura superficial. aduciendo que esto indica que la TS depende en cierto grado de la vegetación, pero no totalmente y que influyen varios factores climáticos como la zona de convergencia intertropical, el fenómeno del niño, la niña, los ciclos interanuales de precipitación y otros más.

CARVAJAL y PABÓN (2014) evaluaron la relación de los índices de vegetación de diferencia normalizada (IVDN) y de agua de diferencia normalizada (IADN) con la temperatura de la superficie terrestre (TST), por medio de la utilización de imágenes Landsat de la cuenca del río La Vieja, en la región Andina colombiana. Se evaluaron las coberturas de selva Andina, plantación forestal, café, pasto y zona urbana. Se identificaron correlaciones negativas entre los índices y la TST, y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre tipos de cobertura. El pasto presentó TST promedio mayor a la zona urbana, y el café menor a la de bosques y plantaciones. Las transiciones de pastos hacia plantación, selva Andina y café mostraron disminuciones en TST hasta de 9°C, de zona urbana a café hasta de 8°C, mientras que de zona urbana a pastos se incrementó hasta

en 1.28°C. Se concluyó que los pastos pueden tener mayor capacidad para favorecer el calentamiento de la superficie que la zona urbana y, que el café se asemeja a los bosques y plantaciones en la capacidad de enfriamiento. Se planteó que no solo se debe prestar atención a las islas de calor urbanas, porque en las zonas rurales también existen islas de calor asociadas con actividades pecuarias, las cuales no han sido estudiadas con profundidad. **(CARVAJAL y PABÓN, 2014)**

Temperatura Superficial

COGLIATI (2010) indica que la determinación de la temperatura de superficie utilizando datos térmicos de los satélites LAND-SAT ETM+ reviste una mayor dificultad que en el caso de los satélites NO-AA y debe contarse con observaciones de superficie en una estación de referencia a la hora de pasaje del satélite, lo que aumentó la dificultad del análisis. Sin embargo, la alta resolución espacial hace al estudio térmico infrarrojo de estos satélites muy atractivos desde los puntos de vista de la escala local y regional. La distribución de temperatura obtenida en ambos casos presenta concordancia con la variabilidad espacial de la topografía y presenta acuerdo con el comportamiento de la variable medida en zonas de terreno similar. Esto sugiere que ambas herramientas podrían utilizarse para el análisis de la distribución espacial de la temperatura del suelo, principalmente en áreas con baja densidad de información meteorológica o de difícil acceso. Sin embargo, para el análisis con imágenes LANDSAT debe contarse con datos meteorológicos de superficie, como el contenido de vapor de agua atmosférico y la temperatura media del aire cercano a la superficie, simultáneos al pasaje del satélite.

La determinación de la temperatura de superficie utilizando datos térmicos de los satélites LAND-SAT ETM+ reviste una mayor dificultad que en el caso de los satélites NO AA y debe contarse con observaciones de superficie en una estación de referencia a la hora de pasaje del satélite, lo que aumentó la dificultad del análisis. Sin embargo, la alta resolución espacial hace al estudio térmico

infrarrojo de estos satélites muy atractivos desde los puntos de vista de la escala local y regional. En el caso del uso de la imagen LAND-SAT con fines topometeorológicos, la resolución espacial de la información es detallada pero la resolución temporal es muy baja, por lo que dichas imágenes presentan interés en estudio del campo medio y solamente en situaciones diurnas, debido al horario de visita del satélite en la zona. Ello es una limitante a la hora de encarar estudios relacionados con la determinación de temperatura mínima. **(HERNÁNDEZ P. 2002)**

Temperatura Superficial Terrestre

La temperatura de la superficie terrestre (TST) es una variable medioambiental, cuyo conocimiento resulta vital para poder parametrizar el intercambio de flujos energéticos que tiene lugar entre la superficie de la tierra y la atmósfera y, particularmente, en el estudio de los diferentes procesos químicos, físicos, geológicos y biológicos que tienen lugar en esta interface **(OTTLÉ y VIDAL MAJAR, 1993 citados por HERNÁNDEZ, 2002)**. Los modelos generales de circulación de la atmósfera, modelos de predicción del tiempo atmosférico, estudios sobre el cambio climático, estimación de la evapotranspiración a escala regional, estrés hídrico en los cultivos, rendimiento de cosechas, etc. son sólo una pequeña muestra de las múltiples posibilidades de aplicación de la LST. **(HERNÁNDEZ, 2002)**

Fenómeno de isla de calor

La isla de calor (UHI, por sus siglas en inglés que quiere decir urban heat island) es un efecto resultante del desarrollo de las zonas urbanas donde calles, edificios y otro tipo de infraestructuras reemplazan zonas con vegetación o espacios abiertos. El fenómeno es atribuido a un gran número de factores como el uso de materiales de baja reflectividad solar (asfalto y concreto), baja permeabilidad de las superficies, las cuales se secan con mayor facilidad que las superficies verdes, reducción en la transferencia de calor y fuentes antropogénicas de calor como los

vehículos y la industria (Stathopoulou & Cartalis, 2006). Esta anomalía conlleva a que las zonas urbanas tengan una mayor temperatura que las áreas rurales circundantes.

Se estima que durante el día el promedio de temperatura anual en las ciudades densamente pobladas (>1 millón de habitantes) puede llegar a ser entre 1 y 3°C más caliente que las zonas rurales que las rodean y en una noche calmada y despejada esta diferencia puede ser hasta de 12°C (EPA, 2011).

Causas del efecto isla de calor

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

Para profundizar un poco más en la raíz del problema se mencionan varios factores que contribuyen a la formación de las islas de calor urbanas.

Reducción de la vegetación: los árboles y la vegetación proveen sombra que ayuda a mantener la temperatura superficial baja. Adicionalmente, por medio de un proceso llamado evapotranspiración, donde las plantas liberan vapor de agua al ambiente, regulan la temperatura del aire. Como consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal y su sustitución por superficies impermeables como andenes, techos y vías el agua se dirige directamente a acueductos y alcantarillados evitando que esta se evapore para mantener la humedad en el ambiente, lo que contribuye a la regulación de la temperatura del aire. Consecuentemente, esto origina un crecimiento en las temperaturas tanto superficiales como atmosféricas (EPA, 2011)

3.1.1 Sensores Remotos

Teledetección es el vocablo usado por los hispanoparlantes para referirse al término inglés “*remote sensing*”, que se traduce literalmente como “percepción remota”. Se refiere a la ciencia, técnica o, incluso “arte” para algunos, de obtener información mediante imágenes de la superficie de nuestro planeta desde la distancia, sin entrar en contacto directo con él (LABRADOR *et al.*, 2012).

OLAYA (2011), indica que los componentes de la teledetección son los siguientes:

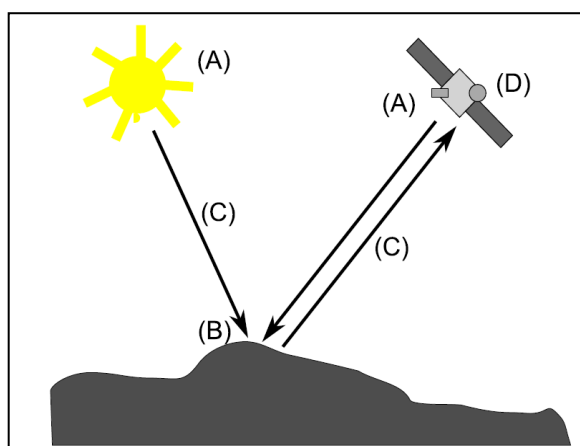


Figura 02. Esquema de un sistema de teledetección (Olaya, 2011).

Una fuente de radiación (A), que puede ser de origen natural o artificial; unos objetos (B) que interactúan con la radiación; la atmósfera (C) por la que se desplaza la radiación; y un receptor (D) que recoge la radiación una vez esta ha sido perturbada o emitida por los objetos (Figura 1). El receptor va a generar como producto final una imagen (raster), en cuyas celdas o píxeles se va a contener un valor que indica la intensidad de la radiación. Estos valores son números enteros que indican el nivel de dicha radiación dentro de una escala definida (habitualmente entre 1 y 256), y se conoce como Niveles Digitales (ND).

La capacidad de detectar y cuantificar los cambios en los ecosistemas terrestres y su balance global de energía depende del sensor del satélite que provea medidas calibradas y consistentes de las características de la superficie de la tierra (**CHANDER y MARKHAM, 2003**).

3.1.2 Radiación electromagnética

La radiación es un modo de propagación de la energía a través del vacío. Se refiere a la energía transportada por ondas electromagnéticas y está compuesta por partículas energizadas llamadas cuantos. La energía electromagnética se mueve a la velocidad de la luz según un patrón ondulatorio sinusoidal y de esa manera transmite información desde el objeto de estudio al sensor (**VELASQUEZ y BRENES, 2009**).

La radiación en forma de ondas electromagnéticas es el tercer mecanismo de transmisión del calor, además de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza (las otras son la gravitatoria, la interacción nuclear débil y la interacción nuclear fuerte) y deriva del campo electromagnético, el cual es ejercido por las partículas cargadas eléctricamente (**VELASQUEZ y BRENES, 2009**).

La luz visible es sólo una de las muchas formas de radiación electromagnética que existen. Así, las ondas de radio, el calor, los rayos ultravioletas o los rayos X son otras formas comunes. En teledetección, lo normal es caracterizar a las ondas electromagnéticas por su longitud de onda en micrómetros (μm , 10^{-6} m) o nanómetros (nm, 10^{-9} m), es decir, por la posición que ocupan dentro del espectro electromagnético. De esta forma quedan definidas varias regiones del espectro. Aunque por conveniencia se les asignan diferentes nombres a estas regiones (ultravioleta, visible, infrarrojo, microondas, etc.), no existen divisiones exactas entre unas y otras (**LABRADOR et al., 2012**).

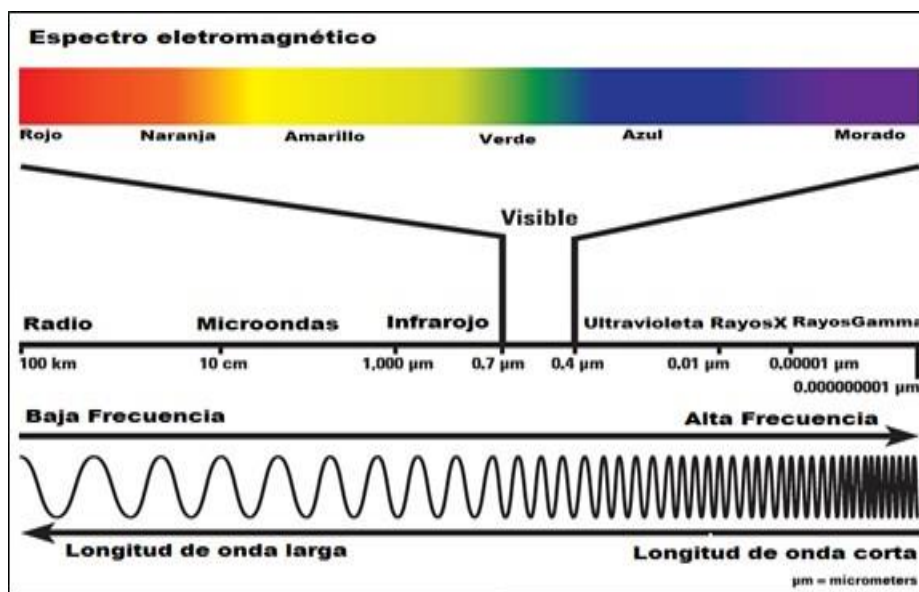


Figura 03. El espectro electromagnético (USGS, 2011 traducido por el autor)

El espectro visible (VIS) es una pequeña región del espectro electromagnético que apenas abarca desde los 0.4 μm hasta los 0.7 μm (Figura 2). El color azul iría desde 0.4 hasta 0.5 μm , el verde desde 0.5 μm hasta 0.6 μm y el rojo de 0.6 μm a 0.7 μm . La energía ultravioleta (UV) se encuentra inmediatamente por debajo del color azul. Por encima del rojo se sitúa la región infrarroja (IR), que a su vez está dividida en tres categorías: IR próximo (NIR) (0.7 – 1.3 μm), IR medio (SWIR) (1.3 – 3 μm) e IR térmico (TIR) (3 – 100 μm) (LABRADOR *et al.*, 2012).

3.1.3 La región del Infrarrojo (IR)

De acuerdo con Canada Centre for Remote Sensing (2007), el IR cubre el rango de longitudes de onda desde aproximadamente 0.7 μm a 100 μm que es más de 100 veces la amplitud de la porción visible. La región infrarrojo puede ser dividida en dos categorías basadas en sus propiedades de radiación - El infrarrojo reflejado, y el infrarrojo emitido o termal. La radiación en el IR reflejado es utilizada para fines de percepción remota de manera muy similar a la porción visible del espectro y cubre las longitudes de onda aproximadamente desde 0.7 μm a 3.0 μm . La región termal es muy diferente, ya que esta energía es esencialmente la radiación emitida por la

superficie terrestre en forma de calor. El IR termal cubre aproximadamente las longitudes de onda que van desde 3.0 μm a 100 μm .

3.1.4

Características Landsat 8

La información sobre las características de Landsat 8 ha sido extraída del documento: “Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LCDM (Landsat Data Continuity Mission) versión 1.0”, elaborado el 2013 por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia. El satélite Landsat 8 incorpora dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS).

Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similares a el sensor Landsat 7 ETM +, proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve.

Por otra parte el sensor TIRS recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+.

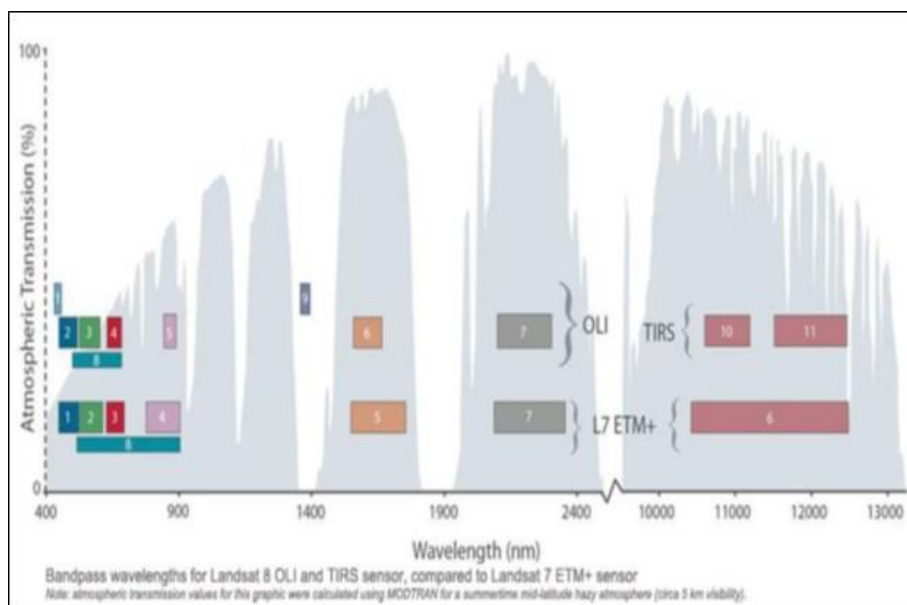


Figura 04. Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS 2013)

La calidad de los datos (relación de la señal en función del ruido) y la resolución radiométrica (12 bits) del OLI y TIRS es más alta que los anteriores instrumentos Landsat (8 bits para TM y ETM+), proporcionando una mejora significativa en la capacidad de detectar cambios en la superficie terrestre.

Los datos de productos Landsat 8 son totalmente compatibles con todos los datos de los productos estándar a nivel 1 (ortorectificado) creados usando Landsat 1 al Landsat 7; a continuación se describen algunas de sus especificaciones generales:

Cuadro 01. Especificaciones de Productos LCDM a nivel 1

Procesamiento	Nivel 1 T - Corrección geométrica
Tamaño de píxel:	Bandas OLI multiespectrales 1-7,9: 30-metros Banda OLI pancromática 8: 15-metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros para que coincida con las bandas multiespectrales de OLI
Características de los datos:	<ul style="list-style-type: none"> • Formato de datos GeoTIFF • Remuestreo por convolución cúbica (CC) • Norte arriba (MAP) de orientación • Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida) • Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 • 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI • 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS • Los valores de píxel en 16 bits
Entrega de datos:	Archivo comprimido .Tar.gz y de descarga a través de HTTP
Tamaño de archivo:	Aproximadamente 1 GB (comprimido), aproximadamente 2 GB (sin comprimir)

Fuente: USGS. 2013

Las imágenes Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul-profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km).

Cuadro 02. Distribución de las bandas en OLI y TIRS

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
February 11, 2013	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 – Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 – Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 – Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 – Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 – Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Fuente: USGS. 2013

** Las bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se vuelven a remuestrear a 30 metros.*

La resolución espacial (o nivel de detalle) es a menudo el aspecto más interesante de una imagen de satélite, pero menos apreciado y valorado es cómo se utilizan los cambios en la energía por irradiación reflejada por los materiales de superficie con el fin de lograr identificar las características de interés. Estos aspectos pueden identificarse gracias a la respuesta espectral relativa (RSR) de cada banda.

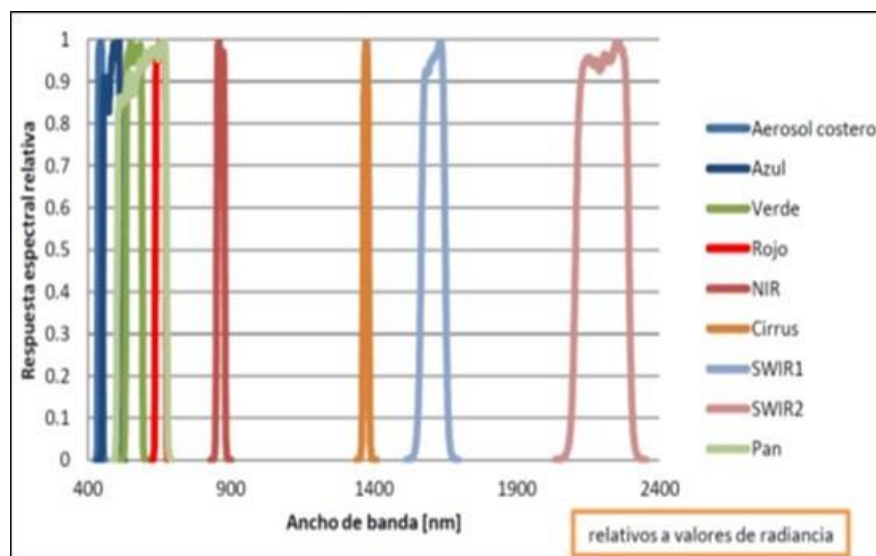


Figura 05. Promedio de la Respuesta Espectral Relativa en LDCM

3.2 MARCO CONCEPTUAL

Banda espectral. Es un grupo de archivo de datos para una porción específica del espectro electromagnético definido por dos longitudes de onda (ERDAS, 2010).

Cobertura. Características visibles de la superficie de la tierra en una escena vista desde el espacio, como vegetación, suelo desnudo, pasto, áreas urbanas (ERDAS 2010).

Distancia Tierra-Sol. Es la distancia entre la posición del sol y la Tierra en la elíptica para un instante de tiempo determinado. La distancia promedio es de $149,46 \times 10^6$ Km (1 unidad astronómica), con una variación del 1.7% (Olaya, 2011).

Georeferenciación. Se refiere al proceso de asignar coordenadas de mapas a los datos de imágenes. Los datos de imágenes pueden ya estar proyectadas en un plano deseado, pero aun no georeferenciadas para un sistema de coordenadas adecuado. (ERDAS, 2010).

Metadata. Grupo de archivos que contiene información descriptiva acerca de la escena que provee al usuario datos de fecha de adquisición, ángulos solares, cobertura de nubes, y otras medidas de calidad (NASA, 2010).

Números digitales (ND). Variación en la intensidad del pixel de acuerdo a lo que representa. Es expresada comúnmente en valores del 0 a 255. (ERDAS, 2011).

Pixel. Abreviación de *Picture Element* (Elemento de dibujo), es la parte más pequeña de un dibujo o imagen digital (ERDAS 2010).

Puntos de Control terrestre. (GCP - Ground Control Point). Un fenómeno geográfico de ubicación conocida que es reconocible en las imágenes y puede ser utilizada para la corrección geométrica de las escenas (NASA, 2010).

Radiancia espectral. Término utilizado para describir el poder de la densidad de la radiación. Utiliza unidades de $W.m^2.sr^{-1}.\mu m^{-1}$ (Watts por unidad de área fuente, por unidad de ángulo sólido, por unidad de longitud de onda) es usado para caracterizar la luz como una sola longitud de onda o intervalo de banda (Irish, 2008).

Reflectancia espectral. Es la razón entre la radiación reflejada y el incidente, se le denomina también albedo desde el punto de vista geofísico. Se consideran dos tipos cuando se hablan de correcciones atmosférica, la reflectancia de la cima de la atmósfera (TOA, Top of the atmosphere) y la reflectancia a nivel de superficie. (NASA, 2010).

Sistema de Posicionamiento Global (GPS-Global Positioning System). Una constelación de satélites que pueden ser utilizados para determinar la exactitud de los datos de órbita de los satélites mediante un aparato de recepción (NASA, 2010).

Temperatura: La temperatura de la superficie terrestre (TST) es una variable medioambiental, cuyo conocimiento resulta vital para poder parametrizar el intercambio de flujos energéticos que tiene lugar entre la superficie de la tierra y la atmósfera y, particularmente, en el estudio de los diferentes procesos químicos, físicos, geológicos y biológicos que tienen lugar en esta interface (OTTLÉ y VIDAL MAJAR, 1993, citado por HERNÁNDEZ, 2002).

NDVI El *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada*, es un *índice de vegetación* que se utiliza para estimar 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 (NASA, 2010).

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Luego de concluido el trabajo, con los datos obtenidos se procede a realizar el análisis respectivo de los mismos, los cuales se presentan a continuación.

4.1 ESTADISTICA DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO

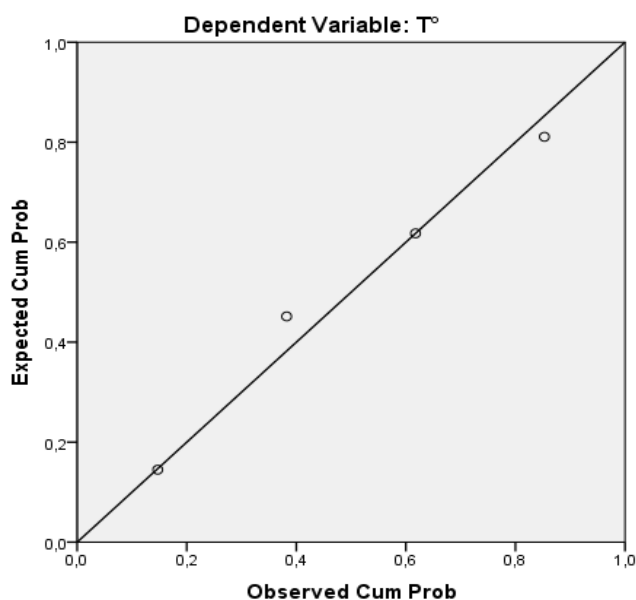
4.1.1 Análisis de Regresión

**Cuadro 03. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales
media de distrito belén vs distrito de Iquitos**

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1,984	1	1,984	4,806	,160 ^b
Residual	,826	2	,413		
Total	2,810	3			

En el cuadro 03 se muestra no muestra significancia estadística ya que el alfa del trabajo igual 0.05 es inferior al valor obtenido de 0.160, es decir que las temperaturas medias en el distrito de Belén y distrito de Iquitos no presentan una relación de dependencia, es decir son totalmente independiente una de otras.

Grafico 01. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de Belén y distrito de Iquitos



En el gráfico se observa el alto grado de dispersión existente entre los valores obtenidos de temperaturas medias superficiales para ambos distritos, lo que nos muestra la no significancia

Cuadro 04. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito Punchana vs distrito de Iquitos

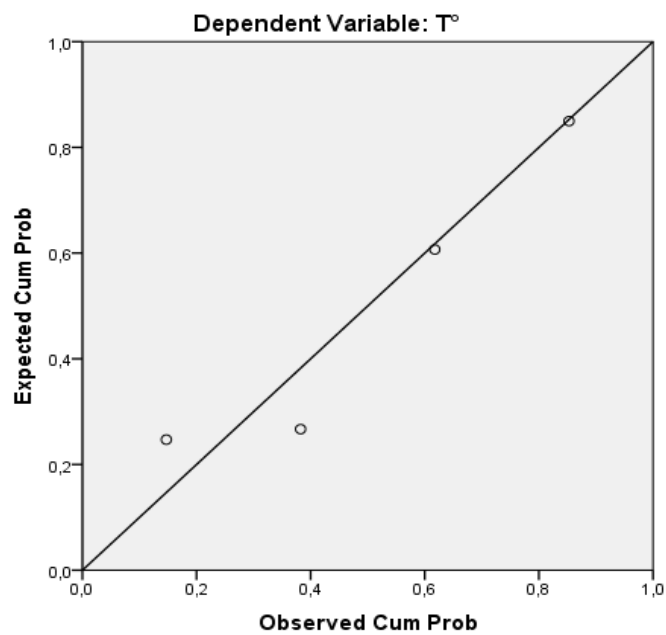
ANOVA^a

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2,372	1	2,372	10,408	,084 ^b
Residual	,456	2	,228		
Total	2,828	3			

En el cuadro 04 se muestra no muestra significancia estadística ya que el alfa del trabajo igual 0.05 es inferior al valor obtenido de 0.84, es decir que las temperaturas medias en el distrito de

Punchana y distrito de Iquitos no presentan una relación de dependencia, es decir son totalmente independiente una de otras.

Grafico 02. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de Punchana y distrito de Iquitos



En el grafico se observa el alto grado de dispersión existente entre los valores obtenidos de temperaturas medias superficiales para ambos distritos, lo que nos da la no significancia.

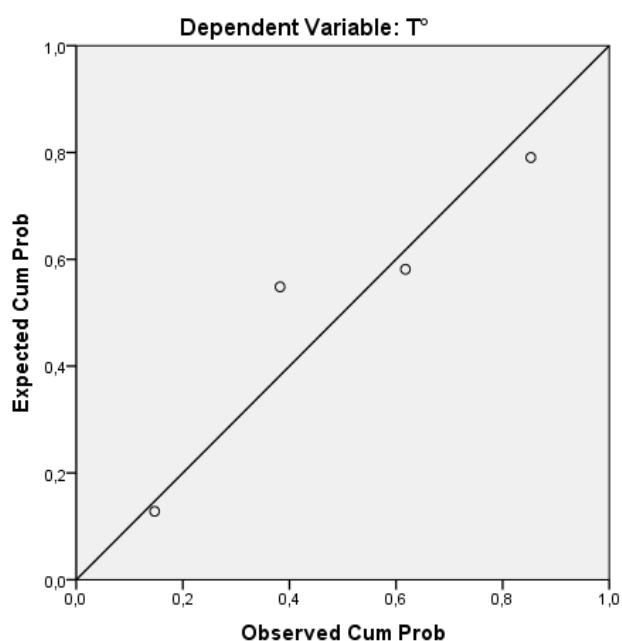
Cuadro 05. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito san juan vs distrito de Iquitos

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3,123	1	3,123	1,778	,314 ^b
Residual	3,513	2	1,757		
Total	6,637	3			

En el cuadro 5 se muestra no muestra significancia estadística ya que el alfa del trabajo igual 0.05 es inferior al valor obtenido de 0.314, es decir que las temperaturas medias en el distrito de San Juan y distrito de Iquitos no presentan una relación de dependencia, es decir son totalmente independiente una de otras.

Grafico 03. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de San Juan y distrito de Iquitos



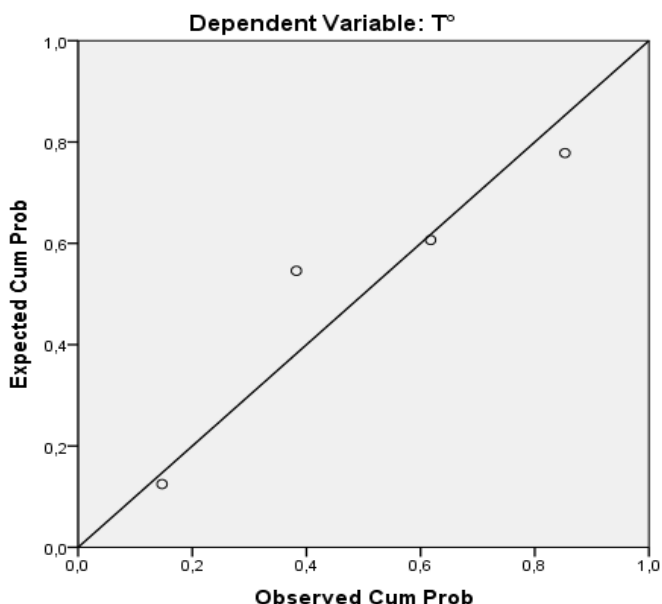
En el grafico se observa el alto grado de dispersión existente entre los valores obtenidos de temperaturas medias superficiales para ambos distritos, lo que nos da la no significancia

**Cuadro 06. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales
media distrito san juan vs distrito de belén
ANOVA^a**

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3,332	1	3,332	2,016	,291 ^b
Residual	3,305	2	1,652		
Total	6,637	3			

En el cuadro 06 se muestra no muestra significancia estadística ya que el alfa del trabajo igual 0.05 es inferior al valor obtenido de 0.291, es decir que las temperaturas medias en el distrito de San Juan y distrito de Belén no presentan una relación de dependencia, es decir son totalmente independiente una de otras.

Grafico 04. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de San Juan y distrito de Belén



En el grafico se observa el alto grado de dispersión existente entre los valores obtenidos de temperaturas medias superficiales para ambos distritos, lo que nos da la no significancia

Cuadro 07. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito San Juan vs distrito de Punchana

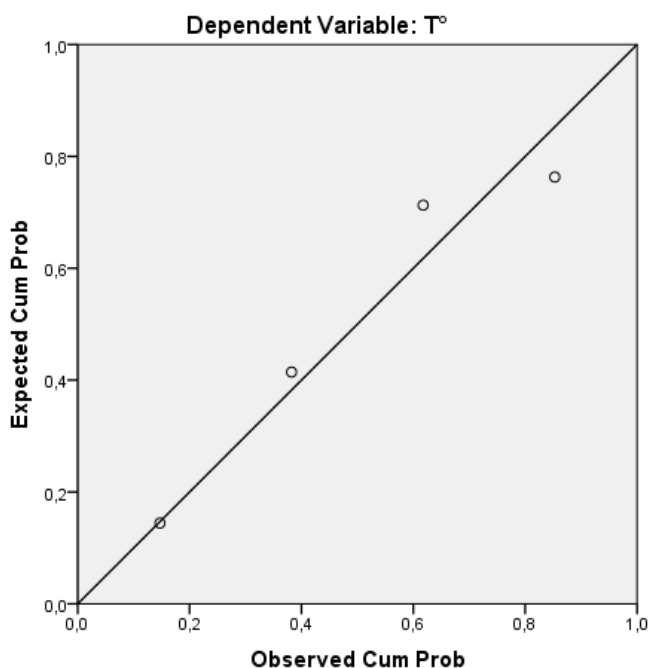
ANOVA^a

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	4,796	1	4,796	5,214	,150 ^b
Residual	1,840	2	,920		
Total	6,637	3			

En el cuadro 07 se muestra no muestra significancia estadística ya que el alfa del trabajo igual 0.05 es inferior al valor obtenido de 0.150, es decir que las temperaturas medias en el distrito de

San Juan y distrito de Punchana no presentan una relación de dependencia, es decir son totalmente independiente una de otras.

Grafico 05. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de San Juan y distrito de Punchana



En el grafico se observa el alto grado de dispersión existente entre los valores obtenidos de temperaturas medias superficiales para ambos distritos, lo que nos da la no significancia

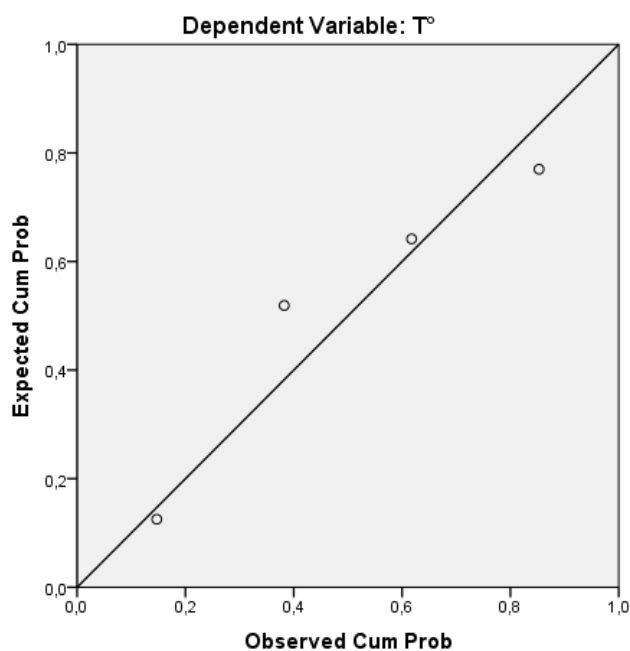
Cuadro 08. Análisis de variancia para la prueba de regresión lineal temperaturas superficiales media distrito Belén vs distrito de Punchana

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2,581	1	2,581	22,538	,042 ^b
Residual	,229	2	,115		
Total	2,810	3			

En el cuadro 08 se muestra no muestra significancia estadística ya que el alfa del trabajo igual 0.05 es inferior al valor obtenido de 0.042, es decir que las temperaturas medias en el distrito de Belén y distrito de Pumchana presentan una relación de dependencia, es decir son totalmente dependiente una de otras.

Grafico 06. La Regresión lineal de temperaturas superficiales medias del distrito de Belén y distrito de Pumchana



En el grafico se observa el alto grado de dispersión existente entre los valores obtenidos de temperaturas medias superficiales para ambos distritos, lo que nos da la no significancia.

4.2 MAPAS DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES

Figura 06. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2013

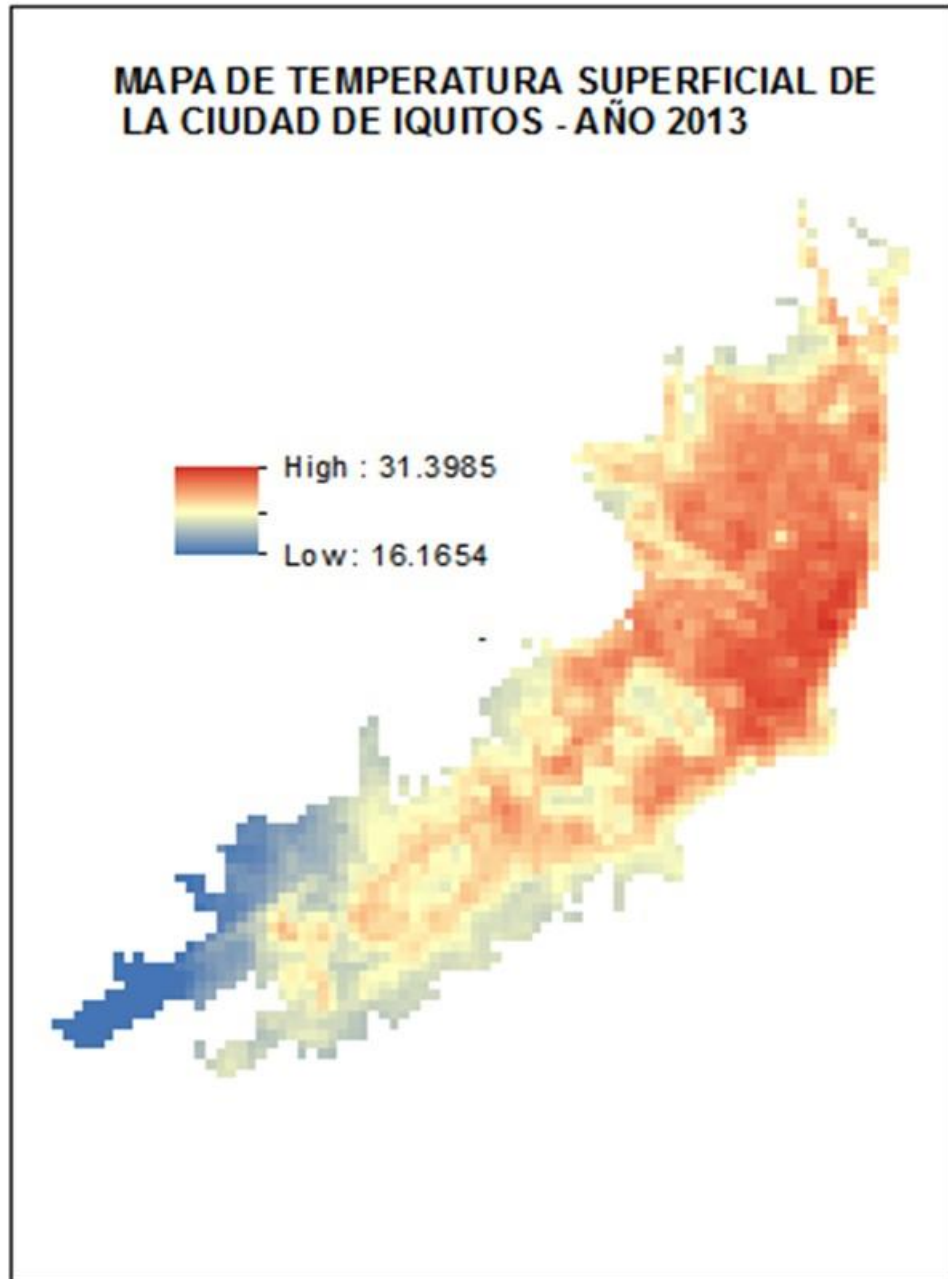


Figura 07. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2014

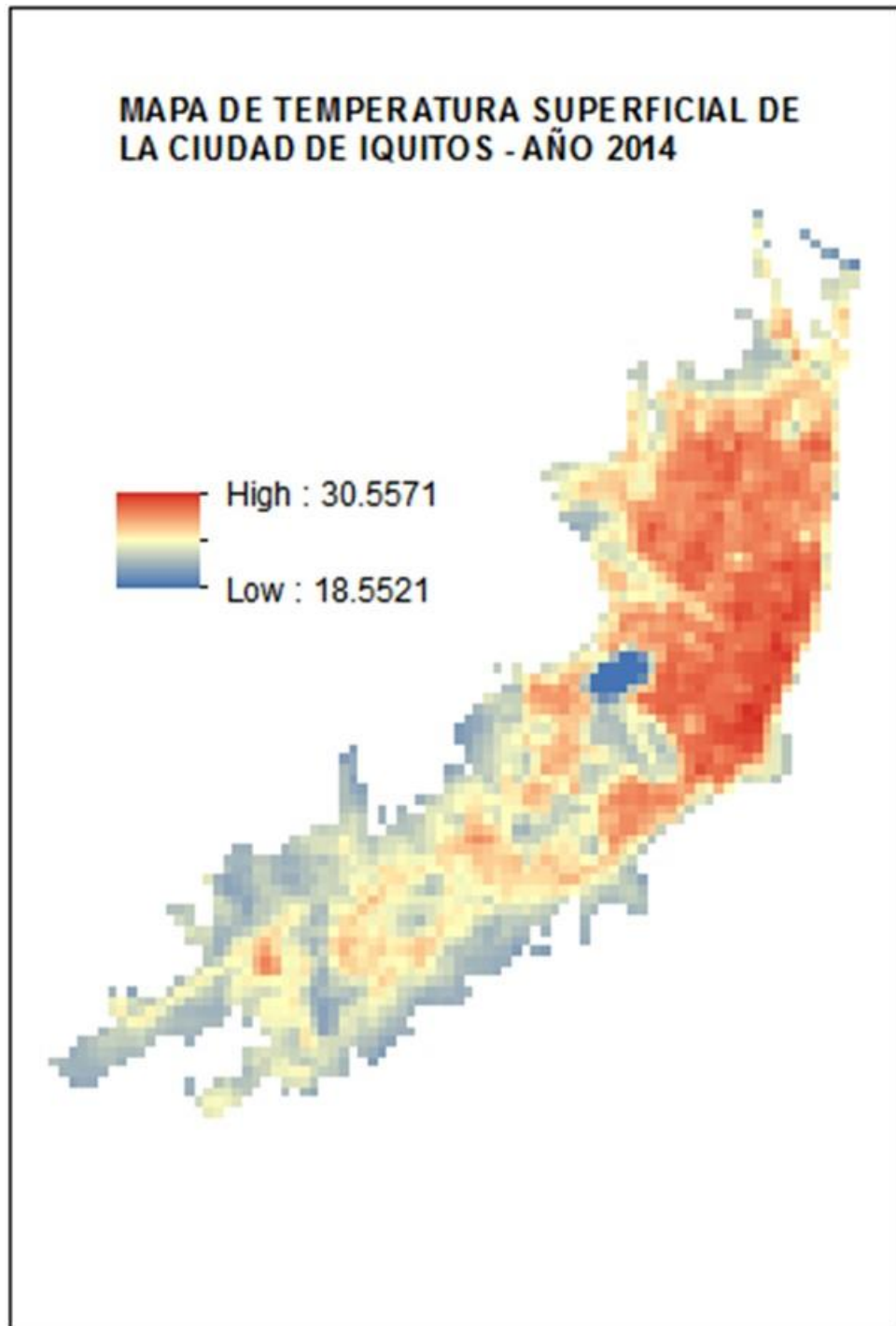


Figura 08. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2015

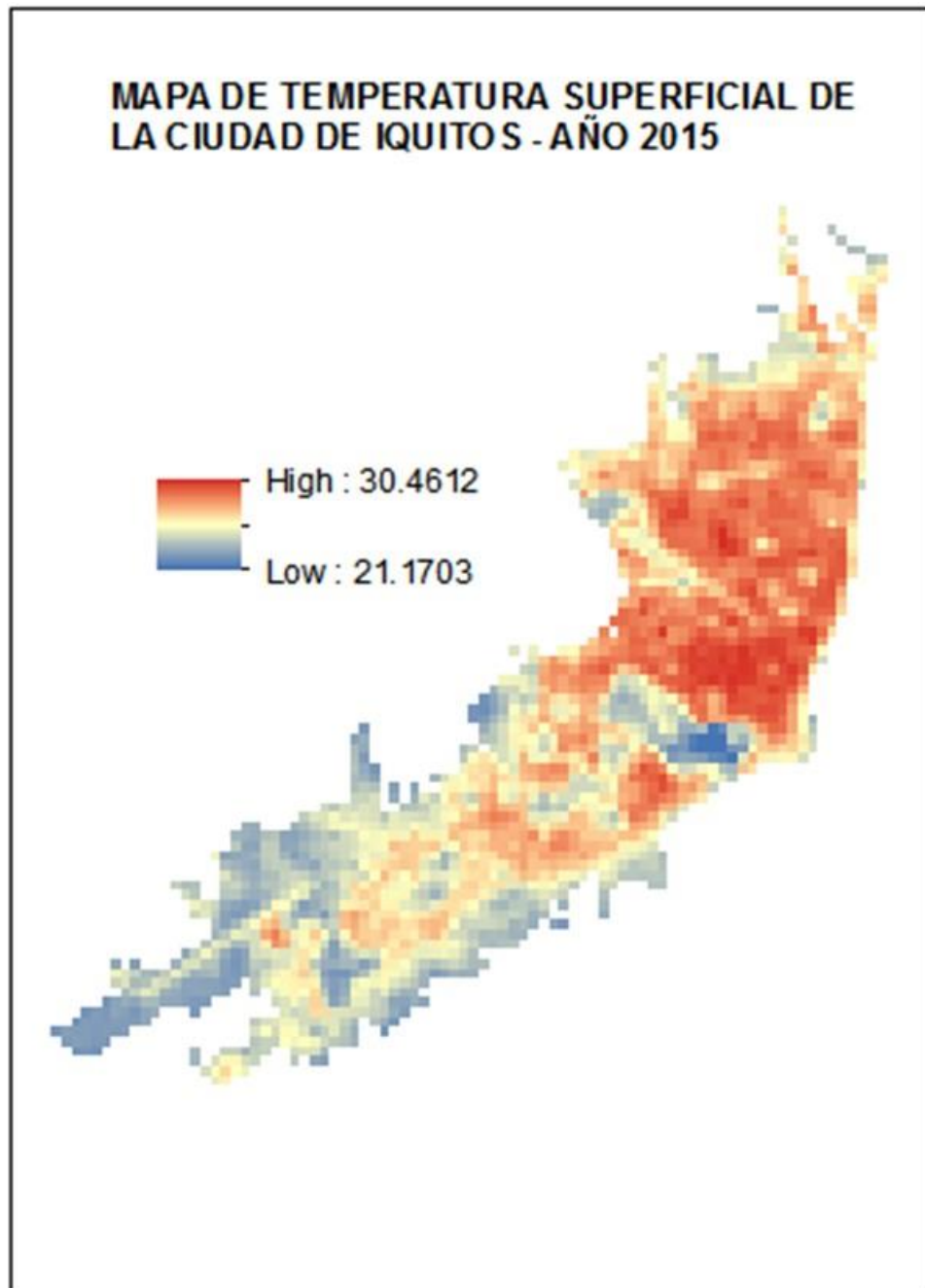
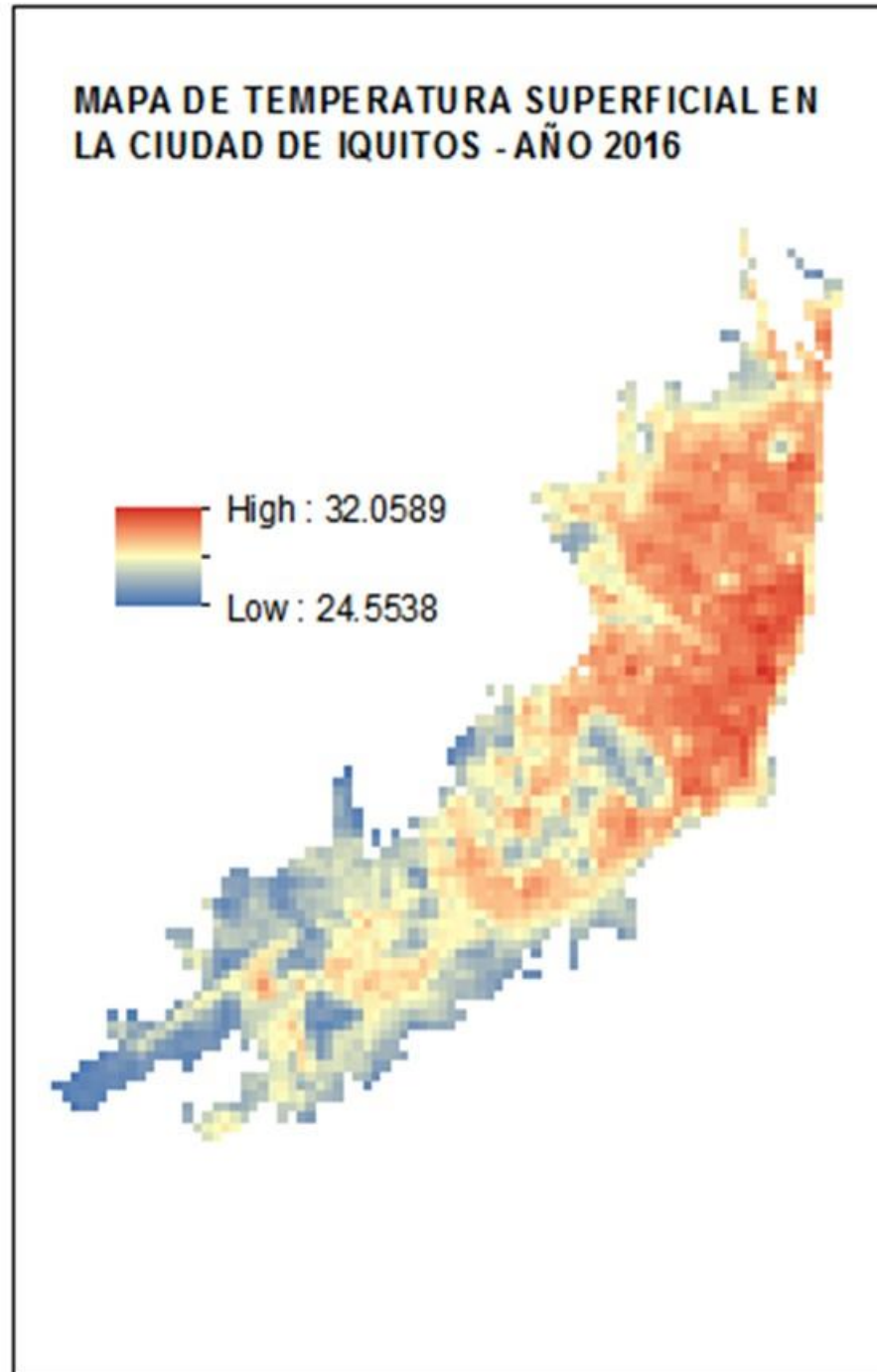
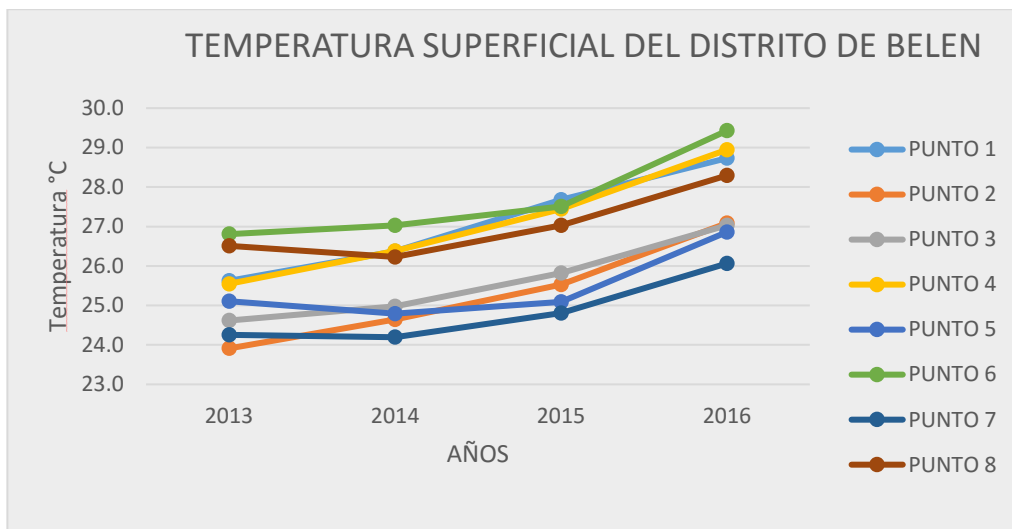


Figura 09. Mapa de temperatura superficial de la ciudad de Iquitos – Año 2016



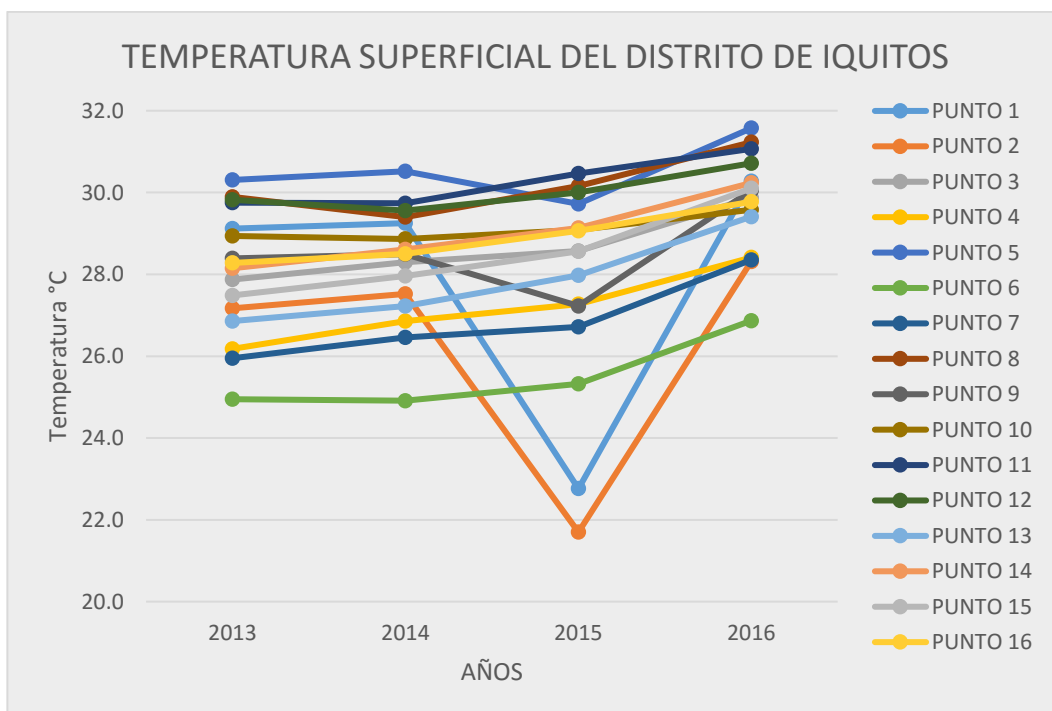
4.2.1 Gráficos de temperaturas superficiales

Grafico 07. Temperatura Superficial en el Distrito de Belén



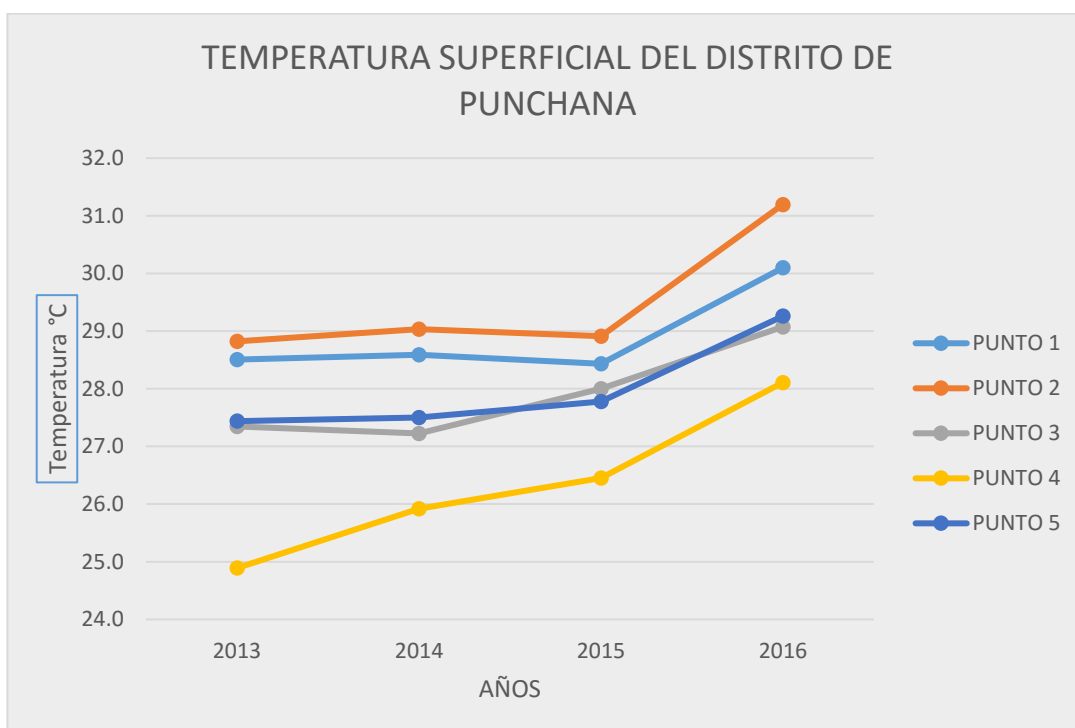
En la gráfica del distrito de belén se observa que la mayoría de los puntos de muestreo tiene una tendencia a incrementarse conforme pase los años.

Grafico 08. Temperatura Superficial en el Distrito de Iquitos

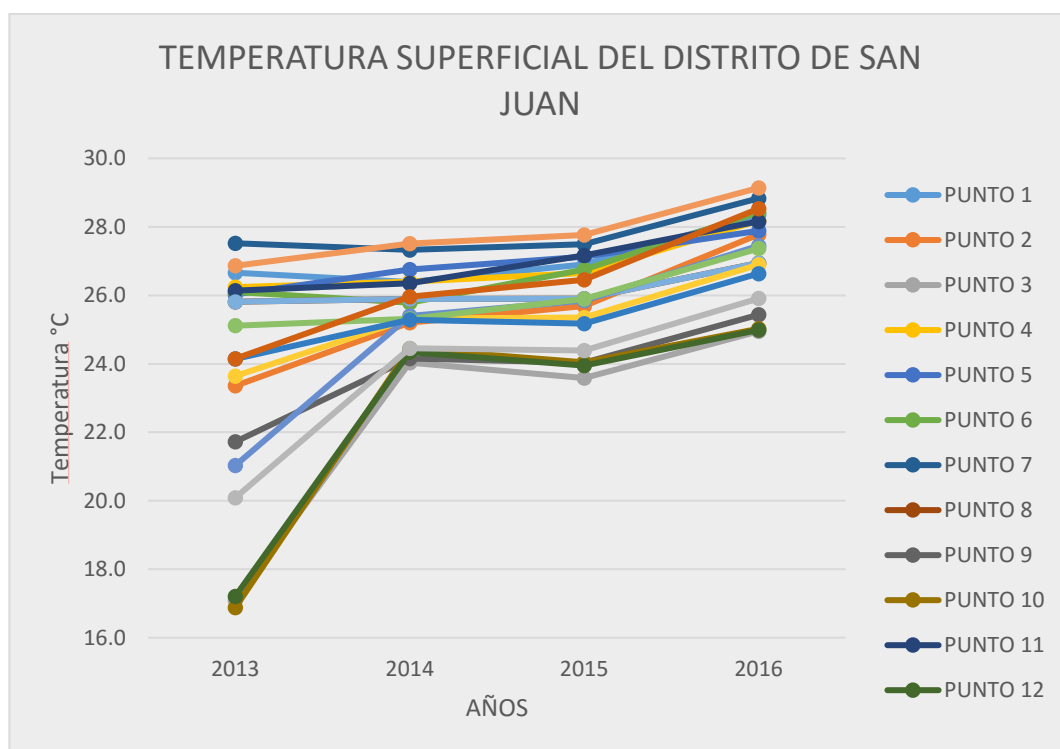


En el gráfico del distrito de Iquitos se observa que la mayoría de los puntos de muestreo tiene una tendencia a incrementarse conforme pase los años, en el caso de los puntos 1 y 2 se observa un incremento disconforme debido a que en la zona donde se analizaron los puntos en las imágenes de landsat 8 estuvieron cubierta por nubes por eso se nota temperaturas superficiales muy bajas.

Gráfico 09. Temperatura Superficial en el Distrito de Punchana

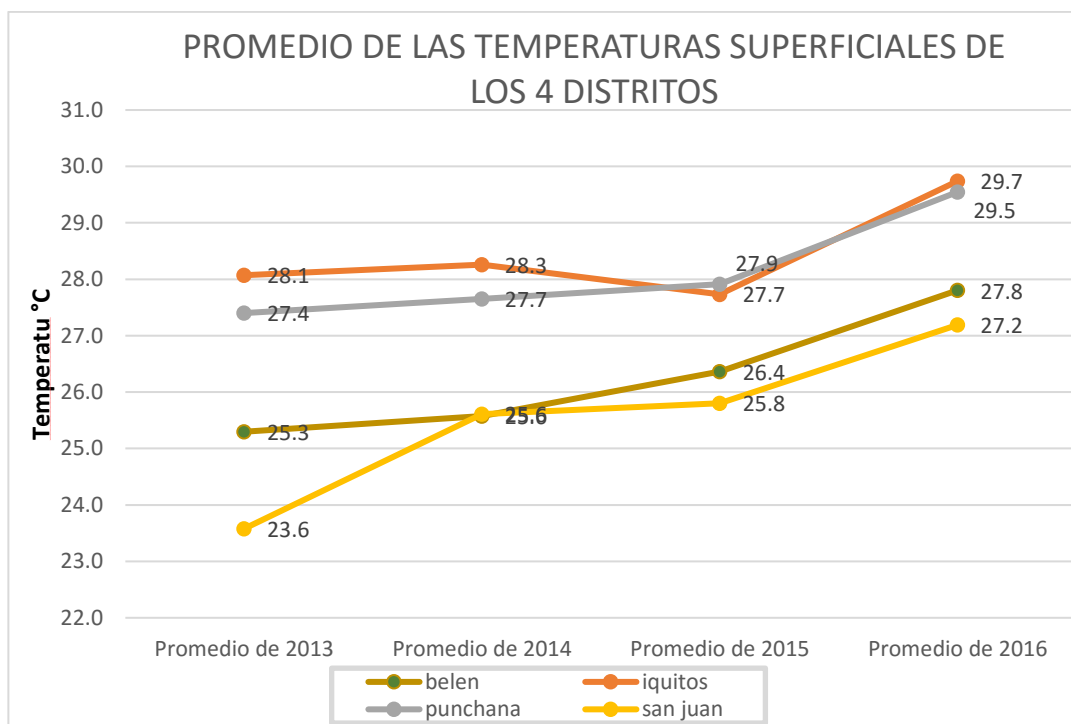


En el gráfico del distrito de Punchana se observó que la mayoría de los puntos de muestreo tiene una tendencia a incrementarse conforme pase los años y los puntos 2 y 4 se pueden observar los incrementos más relevantes.

Grafico 10. Temperatura Superficial en el Distrito de San Juan

En el gráfico del distrito de San Juan se observa que la mayoría de los puntos de muestreo tiene una tendencia a incrementarse conforme pase los años.

Grafico 11. Promedio de las Temperaturas Superficiales de los 4 Distritos



En el gráfico se determinó que conforme pase los años en todos los distritos de la ciudad de Iquitos metropolitano se observa un incremento de temperatura superficial, que en el distrito de San Juan en 4 años la temperatura superficial incremento casi 4°C y como se observa en la gráfica este es el distrito que tiene el menor promedio de temperatura superficial, el distrito de Iquitos es la zona que tiene una temperatura superficial más relevante debido que siempre mantenía las más altas temperaturas entre los 4 distrito y incremento 1.1°C en 4 años.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Se concluye de acuerdo al estudio realizado en el de evaluar zonas específicas, que el distrito de Iquitos posee un mayor promedio de temperatura en comparación con los demás distritos relacionados, obteniéndose valores promedio de temperaturas 29.7°C para el año 2016
2. Se determinó las zonas cálidas, mediante la observación en los puntos de muestreo, observándose la existencia en el punto 5 del distrito de Iquitos donde, para el año 2016 se obtuvo valor de temperatura igual a 31.6°C superiores a las demás zonas
3. Se procesó los valores crudos de los datos de satélites o DN a valores de temperatura superficial mediante algoritmos matemáticos demostrando resultados significativos en los años que se estudiaron para la zona de Iquitos metropolitana
4. Basados en la metodología aplicada y en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se acepta la hipótesis planteada, ya que al aplicar los procedimientos se observó incrementos significativos año tras año en la ciudad.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Continuar utilizando esta metodología para medir valores en los que incidencia solar, radiación solar, etc.
2. Comparar con datos de estaciones meteorológicas convencionales y o automatizadas con el fin de comparar y evaluar el nivel de significancia de la información obtenida
3. Trabajar con las mejores imágenes Landsat 8 que no tengas muchas zonas con nubes para poder procesar los valores de satélites para tener datos más exactos.
4. Aplicar nuevos software y algoritmos para obtener mejores resultados y darle eficacia a los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARIZA, A. (2013).** Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá-Colombia. 46 p.
2. **BIGIO D, (2013).** CLASlite: Tecnología para el Monitoreo de Bosques; Guía del Usuario Versión 3.0, Institución CARNEGIE para la Ciencia, Departamento de Ecología Global, versión en español, Estados Unidos, 27 p.
3. **COGLIATI, M. G. (2010).** Estudio de la distribución espacial de la temperatura en el valle del río Neuquén con la utilización de imágenes satelitales [En línea]. Geograficando, Vol 6 N°6. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Departamento de Geografía, Argentina 19p. Disponible en Memoria Académica: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4750/pr.4750.pdf
4. **DEL AGUILA F, DEL AGUILA M, RAMIREZ J, (2010).** SEMINARIO DE TESIS“. Trabajo Infantil masculino: Los Niños en las Calles de la Ciudad de Iquitos” Facultad de Educacion – UNAP
5. **EPA. (2011).** Urban Heat Island. Washington D.C.
6. **ERDAS. (2010).** ERDAS Field guide. USA. 812p
7. **JOSE, A. SOBRINO, JUAN C. JIMENEZ-MUÑOZ. (2004).** ELSEVIER. Recuperado el 27 de 05 de 2015, de ELSEVIER: http://www.uv.es/ucg/articulos/2005/Publications_2004_10.pdf
8. **HERNÁNDEZ P. (2002).** Análisis espacio-temporal de la desertificación usando los sensores NOAA-AVHRR y Landsat –TM; Universidad de la Laguna, Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas. <ftp://tesis.bbtk.ull.es/ccppytec/cp146.pdf>
9. **IRISH, R. (2008).** Calibrated Landsat Digital Number (DN) to Top of Atmosphere (TOA) Reflectance Conversion.Remote sensing Basis. Apuntes de clases. 12 p.

10. **LABRADOR, M; ÉVORA, J y ARBELO, M. (2012).** Satélites de Teledetección para la Gestión del Territorio. SATELMAC. Canarias, España. 63 p.
11. **LU, D. (2005).** Aboveground biomass estimation using Landsat TM data in the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*, 26(12): 2509-2525.
12. **NASA. (2010).** Landsat 7 Science Data Users Handbook. USA. 186 p.
13. **OLAYA, V. (2011).** Sistemas de Información Geográfica. España. 887 p. Disponible en línea en: http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG.
14. **POSADA, E; RAMIREZ, H, y ESPEJO, N. (2012).** Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011. Vol. 1.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, United Nations. Bogotá-Colombia. 154 p.
15. **TRUJILLO S, (2012),** Estimación De Temperatura Superficial En El Valle De Aburrá Mediante Técnicas De Percepción Remota, Tesis (trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental, Escuela De Ingeniería De Antioquia, 72 p. Recuperado en: <http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/409/1/AMBI0118.pdf>
16. **RODRIGUEZ, MARTHA. (1994)** "crecimiento urbano de Iquitos: condicionamientos estructurales en la decada del '70 y sus perspectivas" DOCUMENTO TECNICO 08 , JULIO 28
17. **USGS. (2011).** Tracking Change Over Time: Understanding Remote Sensing. USGS Science for a changing world. USA. 16 p.
18. **URQUIZA, J. LEITES, L, LISTER, A (2014).** Research collaboration between the Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, the Pennsylvania State University and the US Forest Service. Reporte de actividades, Washington, USA. 11 p.
19. **VELASQUEZ, S y BRENES, C. (2009).** Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 178 p.

ANEXOS

Cuadro 09. Puntos de muestreo distrito de Punchana

DISTRITO DE PUNCHANA		
PUNTOS	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	694887.4082	9587015.291
2	695198.8446	9587881.16
3	694914.2746	9588489.789
4	694279.7294	9588380.621
5	693976.9211	9588232.844

Cuadro 10. Puntos de muestreo distrito de San Juan

DISTRITO DE SAN JUAN		
PUNTOS	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	690603.4644	9581957.36
2	687984.9852	9579971.541
3	686175.228	9580144.659
4	690506.0933	9583085.617
5	689830.0038	9582589.156
6	690517.2475	9583397.62
7	692221.2608	9584210.032
8	689421.7295	9581379.365
9	688564.2847	9582598.42
10	685890.8783	9580427.823
11	691424.1793	9583874.582
12	686071.9443	9580393.947
13	689496.1609	9581375.062
14	689425.2428	9581822.398
15	687733.0408	9581950.837
16	688337.8808	9580245.714
17	687731.8853	9582252.932
18	690268.8654	9583138.015
19	689320.9227	9582372.109
20	688619.3821	9580387.889

Cuadro 11. Puntos de Muestreo distrito de Belén

DISTRITO DE BELÉN		
PUNTOS	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	692918.4088	9582866.273
2	691039.044	9581726.862
3	691996.6177	9583241.75
4	692337.7767	9582776.891
5	693107.7222	9582361.296
6	691874.4436	9582893.936
7	691587.587	9581783.377
8	692418.4037	9583235.37

Cuadro 12. Puntos de Muestreo distrito de Iquitos

DISTRITO DE IQUITOS		
PUNTOS	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	693715.814	9584103.957
2	693568.4182	9583952.309
3	693537.903	9585388.981
4	692707.4548	9586966.247
5	694555.6807	9584438.638
6	692450.4001	9586762.799
7	692842.0781	9586638.463
8	694141.2432	9584728.842
9	693490.9516	9587066.346
10	693700.5322	9584628.432
11	693773.0725	9586468.457
12	694201.195	9585792.864
13	692448.1402	9587231.205
14	693154.1706	9585416.195
15	693132.9733	9585294.696
16	693970.6513	9586204.816

Cuadro 13. Resultados de la Temperatura Superficial Del Distrito de Belén

Distrito de Belen						
puntos	coordenada x	coordenada y	2013	2014	2015	2016
1	692918.4088	9582866.273	25.6	26.4	27.7	28.7
2	691039.044	9581726.862	23.9	24.6	25.5	27.1
3	691996.6177	9583241.75	24.6	25.0	25.8	27.0
4	692337.7767	9582776.891	25.5	26.4	27.4	28.9
5	693107.7222	9582361.296	25.1	24.8	25.1	26.9
6	691874.4436	9582893.936	26.8	27.0	27.5	29.4
7	691587.587	9581783.377	24.3	24.2	24.8	26.1
8	692418.4037	9583235.37	26.5	26.2	27.0	28.3

Cuadro 14. Resultados de la Temperatura Superficial Del Distrito de Iquitos

Distrito de Iquitos						
puntos	coordenada x	coordenada y	2013	2014	2015	2016
1	693715.814	9584103.957	29.12	29.25	22.76	30.28
2	693568.4182	9583952.309	27.17	27.53	21.70	28.31
3	693537.903	9585388.981	27.87	28.29	28.57	29.87
4	692707.4548	9586966.247	26.18	26.86	27.27	28.41
5	694555.6807	9584438.638	30.31	30.52	29.72	31.57
6	692450.4001	9586762.799	24.94	24.91	25.32	26.87
7	692842.0781	9586638.463	25.95	26.46	26.72	28.35
8	694141.2432	9584728.842	29.90	29.40	30.16	31.23
9	693490.9516	9587066.346	28.39	28.49	27.23	30.05
10	693700.5322	9584628.432	28.94	28.86	29.09	29.58
11	693773.0725	9586468.457	29.75	29.74	30.46	31.07
12	694201.195	9585792.864	29.82	29.56	30.00	30.72
13	692448.1402	9587231.205	26.86	27.22	27.97	29.41
14	693154.1706	9585416.195	28.15	28.61	29.14	30.24
15	693132.9733	9585294.696	27.49	27.96	28.56	30.10
16	693970.6513	9586204.816	28.28	28.50	29.06	29.77

Cuadro 15. Resultados de la Temperatura Superficial Del Distrito de Punchana

Distrito de Punchana						
puntos	coordenada x	coordenada y	2013	2014	2015	2016
1	694887.4082	9587015.291	28.51	28.59	28.43	30.10
2	695198.8446	9587881.16	28.82	29.03	28.91	31.20
3	694914.2746	9588489.789	27.34	27.23	28.00	29.07
4	694279.7294	9588380.621	24.89	25.92	26.45	28.11
5	693976.9211	9588232.844	27.44	27.50	27.78	29.26

Cuadro 16. Resultados de la Temperatura Superficial Del Distrito de San Juan

Distrito de San Juan						
puntos	coordenada x	coordenada y	2013	2014	2015	2016
1	690603.4644	9581957.36	26.7	26.4	26.9	28.4
2	687984.9852	9579971.541	23.4	25.2	25.7	27.8
3	686175.228	9580144.659	17.1	24.0	23.6	24.9
4	690506.0933	9583085.617	26.2	26.4	26.7	28.2
5	689830.0038	9582589.156	26.0	26.8	27.1	27.9
6	690517.2475	9583397.62	26.1	25.8	26.8	28.4
7	692221.2608	9584210.032	27.5	27.3	27.5	28.8
8	689421.7295	9581379.365	25.8	25.9	25.9	26.9
9	688564.2847	9582598.42	21.7	24.2	24.0	25.4
10	685890.8783	9580427.823	16.9	24.4	24.0	25.0
11	691424.1793	9583874.582	26.1	26.4	27.2	28.2
12	686071.9443	9580393.947	17.2	24.3	24.0	25.0
13	689496.1609	9581375.062	25.8	25.9	25.9	26.9
14	689425.2428	9581822.398	26.9	27.5	27.8	29.1
15	687733.0408	9581950.837	20.1	24.4	24.4	25.9
16	688337.8808	9580245.714	23.6	25.3	25.4	26.9
17	687731.8853	9582252.932	21.0	25.4	25.8	27.4
18	690268.8654	9583138.015	25.1	25.3	25.9	27.4
19	689320.9227	9582372.109	24.1	25.3	25.2	26.6
20	688619.3821	9580387.889	24.1	26.0	26.5	28.5

Cuadro 17. Resultados Promedio de Temperatura Superficiales de los Distritos de la Zona de estudio.

Distritos	2013	2014	2015	2016
Belén	25.3	25.6	26.4	27.8
Iquitos	28.1	28.3	27.7	29.7
Punchana	27.1	27.7	27.9	29.5
San Juan	23.6	25.6	25.8	27.2