



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO
DE MAGISTER EN: SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TEMA: CAMBIOS EN URBANIZACIÓN E ISLA DE CALOR DE LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL, MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT**

AUTOR: MASAPANTA SÁNCHEZ, MARIA LILIANA

DIRECTOR: GEOGR. VLASSOVA, LIDIA PH.D.

SANGOLQUÍ

2018



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "**CAMBIOS EN URBANIZACIÓN E ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT.**" fue realizado por la Señorita **Masapanta Sánchez, María Liliana** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de Agosto del 2018

.....
Geogr. Lidia Vlassova, PhD

C.C:091051035-3



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Masapanta Sánchez, María Liliana**, con cédula de ciudadanía n° 1205643792, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "**CAMBIOS EN URBANIZACIÓN E ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT**" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolqui, 10 de Agosto del 2018

Ing. María Liliana Masapanta Sánchez



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN
Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, *Masapanta Sánchez, María Liliana*, con C. C. nº1205643792, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **TÍTULO: "CAMBIOS EN URBANIZACIÓN E ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolqui, 10 de Agosto del 2018

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Masapanta Sánchez', is written over a horizontal dotted line.

Ing. María Liliana Masapanta Sánchez

C.C. 1205643792

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios, por ser mi guía y porque nada es posible sin su bendición.

A mis padres, María Luisa y Luis Alberto por su paciencia, ejemplo y por mostrarme el camino de superación.

A mis hermanos, Carlos, Luis Fernando y Jairo por el apoyo que me brindan.

A Carlos Elián, por ser parte de nuestras alegrías.

AGRADECIMIENTO

A los docentes que impartieron cátedras, mi agradecimiento y admiración.

A la Ing. Margarita Haro, Coordinadora de la Maestría, por su atención y ayuda.

Al Ing. Marcelo León, por su ayuda y predisposición.

A la tutora de tesis Geog. Lidia Vlassova, por brindarme un espacio de su tiempo, aun cuando no lo había, por impartir sus conocimientos y orientación, ya que el camino no ha sido fácil, pero se obtuvo el resultado esperado, gracias.

INDICE GENERAL

CARÁTULA

CERTIFICADO DIRECTOR	i
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ABSTRAC	xii
CAPITULO I	1
CONSIDERACIONES GENERALES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA	2
1.2.1 Desarrollo del Problema	2
1.2.2 Planteamiento del Problema.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 INTERROGANTE	5
CAPITULO II	6
MARCO LEGAL.....	6
2.1 NORMATIVA INTERNACIONAL.....	6
2.1.1 Acuerdo de Paris	6
2.1.2 Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible	7
2.1.3 Agenda Urbana de la ONU	7
2.2 NORMATIVA NACIONAL	8
2.2.1 Constitución Política del Ecuador y Normas relacionas a Ordenamiento Territorial en Ecuador	8

2.3 NORMATIVA LOCAL	12
2.3.1 La Ordenanza que Incorpora a la Normativa Municipal el Plan de Desarrollo del Cantón Guayaquil:.....	12
2.3.2 Ordenanza de Ordenamiento Territorial del Cantón Guayaquil.....	13
CAPITULO III	14
MARCO TEÓRICO	14
3.1 CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO	14
3.1.1 Crecimiento Demográfico en Ecuador	15
3.1.2 Procesos de Urbanización	17
3.1.3 Vulnerabilidad Demográfica.....	18
3.1.4 Monitoreo Espacial	19
3.2 SENSORES REMOTOS	19
3.2.1 Espectro Electromagnético	19
3.2.2 Que Son Sensores Remotos	20
3.2.3 Tipos de Sensores	21
3.2.4 Métodos de Percepción Remota.....	22
3.2.5 La Percepción Remota Satelital.....	23
3.2.6 Firma Espectral.....	23
3.2.7 Tratamiento Digital de las Imágenes.....	25
3.3 IMÁGENES SATELITALES	25
3.3.1 Imágenes Landsat	26
3.4 ISLA DE CALOR	27
3.4.1 Tipos de Islas de Calor	28
3.4.2 Características de las Islas de Calor.....	29
CAPITULO IV	32
MATERIALES Y METODOS	32
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	32
4.1.1 Situación Geográfica.....	32
4.1.2 Clima	35
4.1.3 Situación Socioeconómica y Demográfica	35
4.2 MATERIALES	38

4.2.1 Imágenes Satelitales.....	38
4.2.2 Software Especializado.....	41
4.3 METODOLOGÍA.....	47
4.3.1 Pre procesamiento de Bandas Ópticas.....	48
4.3.2 Cálculo de Índices Espectrales.....	49
4.3.3 Clasificación Supervisada.....	53
4.3.4 Procesamiento de Bandas Térmica.....	54
4.3.5 Emisividad.....	55
4.3.6 Determinación de Temperatura de Superficie Terrestre (LST).....	56
4.3.7 Análisis Estadístico.....	58
CAPITULO V.....	59
RESULTADOS Y DISCUSION.....	59
5.1 Distribución de áreas urbanizadas.....	59
5.1.2 Distribución de temperatura de superficie Terrestre.....	63
5.1.3 Relación entre temperatura de Superficie y el área urbanizada.....	65
CAPITULO VI.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
6.1 CONCLUSIONES.....	73
6.2 RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Población del Ecuador	16
Figura 2 Espectro electromagnético	20
Figura 3 Tipo de Sensores.....	22
Figura 4 Firmas espectrales de distintos materiales	24
Figura 5 Tipos de Isla de Calor.....	29
Figura 6 Mapa del Área de Estudio	34
Figura 7 Datos de PEA, hombres y mujeres de Guayaquil.....	36
Figura 8 Datos de la Población de Guayaquil.....	36
Figura 9 Descarga de Imagen Satelital del 27 de marzo de 1985	40
Figura 10 Herramienta Panoply Versión Libre	42
Figura 11 Imagen Satelital del Area de Estudio.....	43
Figura 12 Interfase de imagen del área de estudio 27-03-1985	44
Figura 13 Procesamiento de imágenes, ARCGIS.....	46
Figura 14 Flujo grama de proceso	47
Figura 15 Imagen procesada muestra valores de radiancia del 23-11-2000	54
Figura 16 Superficie urbana y de vegetación en el área de estudio por años (% del área total).	60
Figura 17 Mapa de Crecimiento Urbano por Periodos desde 1985 al 2000	62
Figura 18 Evolución de temperaturas de superficie en el área de estudio a partir de imágenes Landsat.	64
Figura 19 Comportamiento espectral de IC y Evolución del Área Urbana.....	66
Figura 20 Temperatura Promedio (°C) por coberturas del periodo 1985 al 2010 de la Ciudad de Guayaquil	69
Figura 21 Temperatura Máxima (°C) por coberturas del periodo 1985 al 2010 de la Ciudad de Guayaquil	69
Figura 22 Rangos de temperatura (°C) por coberturas para el periodo 1985 al 2010 de la ciudad de Guayaquil	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Parroquias de Guayaquil</i>	33
Tabla 2 <i>Bandas espectrales de sensores Landsat 5 y Landsat 7</i>	39
Tabla 3 <i>Características de imágenes utilizadas</i>	40
Tabla 4 <i>Tipos de uso de suelo en área de estudio en ha</i>	59
Tabla 5 <i>Tipos de uso de suelo en área de estudio (% del área total)</i>	59
Tabla 6 <i>Estadísticas Descriptivas de coberturas y temperaturas de superficie</i>	68

RESUMEN

El crecimiento urbano es uno de los componentes principales de la problemática del cambio climático a nivel mundial, puesto que con el aumento de la población, los recursos naturales son consumidos, aumentando el consumo de energía y con ello las emisiones de gases de efecto invernadero lo que resulta en el aumento de temperatura. En este contexto, el presente estudio investiga cambios en urbanización e “*Isla de Calor*” en la ciudad de Guayaquil, mediante el análisis de imágenes satelitales del sensor Landsat 5 y Landsat 7 correspondientes a los años 1985 hasta 2010. Fue necesario la selección de imágenes con un menor porcentaje de nubes, y su procesamiento fue realizado con el software ARGIS 10.3 y ENVI 5.5. El tratamiento de las imágenes consistió en convertir los niveles Digitales (ND) a radiancia y reflectividad, además del cálculo de los índices espectrales de NDVI, NDBI, SAVI, MNDW, con el fin de determinar los valores de emisividad y posteriormente los valores de temperatura de superficie (LST) de la “*Isla de calor*”. Para determinar la ubicación de las áreas urbanizadas se realizó la clasificación supervisada de las imágenes aplicando el método de la máxima probabilidad. Los resultados del estudio muestran la presencia de Isla de Calor Urbana (UHI) en 1985 y 2010. En 1985 las áreas con mayor temperatura fueron limitadas a la parte central de la Ciudad mientras que 2010 la extensión e intensidad fue incrementando de la parte central a las áreas de expansión.

PALABRAS CLAVE:

- **IMÁGENES SATELITALES LANDSAT**
- **CRECIMIENTO URBANO**
- **TEMPERATURA DE SUPERFICIE**
- **ISLA DE CALOR URBANO**

ABSTRAC

Urban growth is one of the main components of the climate change problem, at the global level, since with the advancement of the population; natural resources are consumed, increasing the consumption of energy and thus emissions of greenhouse gases and temperature rise. In this context the present study explore, changes of urbanization and “heat island”, in the city of Guayaquil, the same was done by analyzing images of the Landsat 5 and Landsat 7 satellite from 1985 to 2010, it was necessary to verify images with a lower percentage of clouds, using the software ARGIS 10.3 and ENVI 5.5. Image processing consisted of digital level transformation with radiance and reflectivity values, calculation of spectral indices of NDVI, NDBI, SAVI, MNDW, in order to determine the emissivity values and calculation of LST and analysis of urban heat island. The location of urbanized area was perfomed by means of supervised classification of the processed images by maximum likelihood method. The results reveal the presence of urban heat island (UHI) both in 1985 and in 2010. In 1985 the areas of higher temperatures were limited to the central of the city while in 2010 the extension of the urban heat island (UHI) and this intensity have increased, spreading from the central part to the areas of urban expansion.

KEYWORDS:

- **SATELLITE IMAGES LANDSAT**
- **URBAN GROWTH**
- **SURFACE TEMPERATURE**
- **URBAN HEAT ISLAND**

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población a nivel mundial es considerado uno de los temas más importantes debido a los fuertes impactos ambientales que ocasiona, los mismos deterioran la calidad de vida de las personas. En este contexto el trabajo de investigación pretende relacionar el crecimiento urbano de la ciudad de Guayaquil con las posibles islas de calor generadas durante el periodo 1985 al 2010 tomando periodos de cada cinco años, mediante la utilización de imágenes Landsat.

Por la acción transformadora del espacio natural sobre el que se asienta, la ciudad llega a ser productora en gran medida de sus propias condiciones ambientales, incluidas las climáticas (Oke 1990 y Arnfield2003). Una de las principales alteraciones que causa la ciudad sobre el clima es el desarrollo de una Isla de Calor o Térmica, fenómeno relacionado con el incremento de la temperatura en relación con el espacio rural circundante. Para el caso de estudio se tomó como referencia la ciudad de Guayaquil, que de acuerdo a su censo de 1990 contaba con una población de 1.570.396 hab., aumentando considerablemente esta cifra en el censo realizado en el año 2001 con 2.039.789 hab; y según el último censo realizado en el año 2010 alcanzando una población de 2.350.915 hab (INEC, 2010).

El análisis y procesamiento de imágenes satelitales permiten definir zonas con mayor temperatura y cambios en la urbanización, además permiten plantear acciones eficientes en el ordenamiento territorial y mitigar los efectos del cambio climático en la ciudad de Guayaquil.

Finalmente, esta investigación explora la relación existente entre la evolución urbanística de la ciudad y los patrones espacio temporales de temperaturas, puesto que de acuerdo a múltiples estudios realizados, como por ejemplo, Fernández García (1995) y Oltra, R. Sobrino, J., Gutiérrez-Angonese, J., Gioia, A., Paolini, L., Malizia, A. (2010). Resaltan que los cambios en el clima, suceden debido al crecimiento urbano de las ciudades, siendo uno de ellos el fenómeno de la Isla de Calor Urbana. La misma es definida por la EPA (2009), como un gradiente térmico que se presenta entre los espacios urbanos densamente ocupados y construidos y la periferia rural o periurbana.

1.2 PROBLEMA

1.2.1 Desarrollo del Problema

El aumento de temperatura y la variabilidad del clima en áreas urbanas y periurbanas representan un serio problema ambiental y está relacionado con el proceso de urbanización y los cambios en uso de suelo. La ciudad de Guayaquil, que de acuerdo al INEC (2010), es una de las ciudades más pobladas del Ecuador, está experimentando un crecimiento desmedido y desordenado que ha ocasionado que se irrespete la propiedad del Estado y la privada, además de las leyes y ha afectado ecosistemas

naturales (se rellenaron esteros y se taló manglar, se eliminaron bosques, se modificaron o interrumpieron los drenajes naturales de las aguas lluvia), lo que ha provocado una serie de impactos negativos, situaciones de riesgo y vulnerabilidad para los habitantes (Agenda Zonal 8 del 2013-2017, 2015).

1.2.2 Planteamiento del Problema

El crecimiento urbano ha ocasionado cambios de uso de suelo y la acumulación de calor en ciertas zonas llamadas Islas de Calor Urbana, este problema es cada vez mayor debido al incremento de infraestructuras de hormigón (edificios), que permite que las ciudades creen sus propias condiciones de temperatura.

Por esta razón, es necesario realizar el análisis espacio temporal de crecimiento urbano de la ciudad de Guayaquil en las últimas décadas y su relación con la distribución de temperaturas, lo que se hace posible con la utilización de sensores remotos de manera rápida y eficiente.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El Crecimiento Urbano y el aumento de temperatura en las ciudades, ocasionan efectos negativos al medio ambiente y a la calidad de vida de la población, provocando trastornos como el agotamiento por deshidratación, calambres, síncope, golpes de calor, la aparición de enfermedades cerebrovasculares (Miron et al., 2007; Martínez et al., 2004). Otra consecuencia del aumento de temperatura es el elevado consumo energético de los edificios para el enfriamiento en condiciones de verano (Tumini, 2010).

De acuerdo a la revista Cienciaplus (2017), debido al efecto 'Isla de Calor Urbana' las ciudades con mayor temperatura se enfrentan a costos de cambio climático por lo menos dos veces más grandes que el resto del mundo. Es, por lo tanto evidente la importancia de analizar y relacionar los avances de la urbanización y el aumento de temperatura a fin de establecer una base sobre la cual se pueda definir áreas con temperaturas críticas y crecimiento urbano. Esta tarea presenta un desafío cuando se trata de áreas metropolitanas de gran tamaño en condiciones al margen de la ley, como es el caso de la ciudad de Guayaquil.

Para este tipo de estudios la teledetección y la utilización de imágenes satelitales ofrecen una de las posibles soluciones para detección de crecimiento urbano e de isla de calor, permitiendo monitorear los cambios a través de periodos de estudio, por lo tanto los resultados de este trabajo, servirán para establecer acciones que minimicen los impactos causados y sobretodo que nos permitan mantener un equilibrio y alcanzar el principio constitucional del Buen Vivir donde se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Constitución Política del Ecuador, 2008).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Determinar los cambios en Urbanización e Islas de Calor de la Ciudad de Guayaquil mediante Imágenes Satelitales Landsat durante el periodo 1985-2010.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el avance del crecimiento urbano de la ciudad de Guayaquil a través de la utilización de imágenes Landsat durante el periodo 1985-2010.
- Elaborar mapas de distribución de temperatura de superficie con el fin de determinar la extensión y configuración de la Isla de Calor Urbana la ciudad de Guayaquil a través de la utilización de imágenes Landsat de 1985 y 2010.
- Analizar la relación existente entre los patrones de urbanización y las Islas de Calor en la ciudad de Guayaquil, en el periodo 1985-2010 y determinar los efectos ambientales ocasionados por el aumento de la temperatura.

1.5 INTERROGANTE

¿Existe relación entre el crecimiento poblacional (evolución) del casco céntrico de la ciudad de Guayaquil y las Islas de Calor que pueden haberse formado?

CAPITULO II

MARCO LEGAL

2.1 NORMATIVA INTERNACIONAL

A nivel internacional existen una serie de normas que los Estados deben cumplir, entre estas se encuentran las siguientes:

2.1.1 Acuerdo de Paris

El Acuerdo de París, que entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, bajo la convención del Marco de las Naciones Unidas, sobre Cambio Climático, es un acuerdo global que busca impedir el calentamiento del planeta, con la finalidad de evitar el aumento de temperatura por debajo de 2°C, con respecto a niveles preindustriales. Actualmente 195 países lo han ratificado, quienes se comprometen a promover medidas y obligaciones para proteger el medio ambiente. El compromiso asumido por cada uno de los países es comunicar y mantener los objetivos de reducción de emisiones de efecto invernadero, considerando las políticas para la lucha del cambio climático (Comisión Europea, 2016).

Este acuerdo busca reducir las emisiones de CO₂ en un 30% al 2030, fomentar las energías renovables no convencionales, impulsar leyes de eficiencia energética, reforestar bosques nativos, desarrollar planes de descontaminación y finalmente incorporar impuestos verdes a emisiones de industrias y automóviles (ONU, 2016). En este contexto las ciudades deberán mantener metas que establece el acuerdo, y para ello deberán frenar la creciente urbanización que se ha convertido en un fenómeno global.

2.1.2 Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Asamblea de las Naciones Unidas, misma que se encuentra conformada por 193 Estados miembros, aprobó la agenda 2030 en septiembre del 2015. Esta incluye temas altamente prioritarios para la región, como la reducción de la desigualdad en todas sus dimensiones, un crecimiento económico inclusivo con trabajo decente para todos, ciudades sostenibles y cambio climático, entre otros (CEPAL, 2017).

La agenda está compuesta por 17 objetivos, que se refieren al cambio climático, desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible, la paz, justicia y el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles entre otros, estos objetivos buscan resolver problemas económicos y ambientales que actualmente son evidentes a nivel mundial.

Esta agenda pretende lograr que las ciudades y los asentamientos sean seguros y sostenibles evitando los problemas que existen como la presión sobre la tierra, los recursos, escases de vivienda y falta de acceso a los servicios básicos.

2.1.3 Agenda Urbana de la ONU

La Nueva Agenda Urbana se aprobó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) celebrada en Quito, Ecuador, el 20 de octubre de 2016 (Naciones Unidas, 2017).

El objetivo principal de esta agenda es reforzar el compromiso mundial de la urbanización sostenible y centrarse en la implementación de una nueva agenda urbana,

con el fin de mantener ciudades inclusivas y urbanizaciones sostenibles, esta agenda conlleva a cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible mundiales. Es especialmente importante en Ecuador, donde el crecimiento rural-urbano se intensificó en los últimos 30 años (1980-2010) (Agenda Urbana, 2016). Por ello el presente documento pretende establecer un marco de referencia para evidenciar el crecimiento urbano de la ciudad de Guayaquil y su evolución a través de los años.

2.2 NORMATIVA NACIONAL

En el Ecuador las principales leyes y normas que hacen referencia al ordenamiento territorial y regula el ambiente geográfico en todo el territorio, se detallan a continuación:

2.2.1 Constitución Política del Ecuador y Normas relacionadas a Ordenamiento Territorial en Ecuador

La Constitución Política Del Ecuador (2008), en su Sección segunda, Ambiente sano art. 14 indica “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”. Por lo tanto, el Estado debe garantizar la sostenibilidad de tal manera que los derechos de los ecuatorianos no se vean afectados por actividades y procesos que generen impactos ambientales adversos, como la expansión y desarrollo urbano, en este mismo artículo se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del País, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradado.

En su sección séptima, dedicada a la Biosfera, ecología urbana y energías alternativas, la constitución en su art. 415 señala que “El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes”, con ello se hace referencia que los distintos niveles de gobiernos también serán responsables de la planificación y ordenamiento territorial de las ciudades.

La Constitución es la base fundamental para que la sociedad proponga una serie de leyes y normas, con el objetivo de tener mejores oportunidades de desarrollo, calidad de vida de la población, y mejorar el equilibrio urbano entre estas se encuentran:

Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo: Establece como objetivo en su Art. 1 *“fijar los principios y reglas generales que rigen el ejercicio de las competencias de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo urbano y rural, y su relación con otras que incidan significativamente sobre el territorio o lo ocupen, para que se articulen eficazmente, promuevan el desarrollo equitativo y equilibrado del territorio y propicien el ejercicio del derecho a la ciudad, al hábitat seguro y saludable, y a la vivienda adecuada y digna, en cumplimiento de la función social y ambiental de la propiedad e impulsando un desarrollo urbano inclusivo e integrador para el Buen Vivir de las personas, en concordancia con las competencias de los diferentes niveles de gobierno”*. Los lineamientos generados por esta ley pretenden establecer reglas para que las ciudades mejoren su gestión, planificación en cuanto al ordenamiento de su territorio y cambios de

uso de suelo con el fin de proteger el medio ambiente e incentivar un desarrollo de las ciudades de una manera segura (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016).

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización: Es otro de los instrumentos legales que contiene normas relevantes para el desarrollo urbano de las ciudades, en su art.1 “Establece la organización político-administrativa del Estado ecuatoriano en el territorio: el régimen de los diferentes niveles de gobiernos autónomos descentralizados y los regímenes especiales, con el fin de garantizar su autonomía política, administrativa y financiera. Además, desarrolla un modelo de descentralización obligatoria y progresiva a través del sistema nacional de competencias, la institucionalidad responsable de su administración, las fuentes de financiamiento y la definición de políticas y mecanismos para compensar los desequilibrios en el desarrollo territorial”. Con este código los Gobiernos autónomos descentralizados obtienen su autonomía política y económica que permite impulsar la organización de las ciudades y mejorar los niveles de vida de la población (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010).

Acuerdo N°. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria: Propone dentro de sus objetivos una serie de responsabilidades para a los sujetos de control con la finalidad de minimizar los impactos ambientales causados en el desarrollo de las actividades o proyecto, este acuerdo en su Art.1 *“Establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en*

materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza". Además pone a consideración los lineamientos para la regulación de las actividades con impactos negativos que ocasionan alteraciones a los recursos naturales (MAE, 2015).

Acuerdo N°. 097-A Expedir los Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Este acuerdo tiene por objeto establecer mediante sus anexos los límites máximos permisibles para los recursos suelo, agua, aire, con el fin establecer valores referenciales de contaminación, con el fin de proteger la calidad de los recursos, la integridad de las personas y del medio ambiente (MAE, 2015).

Código Orgánico del Ambiente (COA): Actualmente es la norma ambiental más importante del país, ya que tiene por objeto regular temas como cambio climático, áreas protegidas, vida silvestre, patrimonio forestal, calidad ambiental, residuos, incentivos ambientales, zona marino costera, manglares, acceso a recursos genéticos, bioseguridad, biocomercio etc. Dentro del este código el artículo 1 indica "... que se regularan los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la

sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines” (MAE, 2018).

2.3 NORMATIVA LOCAL

La ciudad de Guayaquil, a fin de normar y regularizar los asentamientos urbanos, ha establecido una serie de ordenanzas locales, basadas en la Ley de régimen Municipal que tiene como objetivo planificar e impulsar el desarrollo físico del cantón y sus áreas urbanas y rurales. El fin de las normativas locales es garantizar una calidad de vida digna para la población, y la ciudad de Guayaquil ha establecido una serie de normativas de planificación territorial, entre estas se encuentra siguiente:

2.3.1 La Ordenanza que Incorpora a la Normativa Municipal el Plan de Desarrollo del Cantón Guayaquil:

El municipio de Guayaquil mantiene diversas ordenanzas para el uso de suelo, expropiación, construcción etc. una de estas, es la normativa que incluye en plan de desarrollo, que señala los límites urbanos del cantón, las áreas definidas como bosques naturales y reservas ecológicas (GAD Guayaquil, 2012).

2.3.2 Ordenanza de Ordenamiento Territorial del Cantón Guayaquil

Tiene por objeto complementar la planificación económica, social y ambiental con dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible. Entre los objetivos de esta ordenanza se encuentra la protección de espacios verdes, recursos naturales y la regularización de recursos hidrológicos y actuaciones urbanísticas (GAD Guayaquil, 2012).

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

Uno de los mayores inconvenientes mundiales, es el crecimiento de la población o crecimiento demográfico, que constituye el mayor impacto negativo sobre el medio ambiente, debido al consumo de recursos y las actividades humanas. La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988) ha señalado las consecuencias: “En muchas partes del mundo, la población crece según tasas que los recursos ambientales disponibles no pueden sostener, tasas que están sobrepasando todas las expectativas razonables de mejora en materia de vivienda, atención médica, seguridad alimentaria o suministro de energía”.

La ONU (2017), prevé que la población mundial aumente más de 1000 millones en los siguientes 15 años, alcanzando 8.500 millones en 2030, y de acuerdo a las proyecciones realizadas alcanzaría 9.700 millones en 2050 y 11.200 millones en 2100, existiendo cierto margen de error. Las estimaciones se basan en la variante media de la proyección de fecundidad.

Según la FAO (2012), el crecimiento de la población es uno de los principales motivos de la escasez alimentaria y acentúa la presión de los recursos naturales. Los países que

tienen un crecimiento acelerado tienen problemas para la seguridad alimentaria. A medida que el crecimiento demográfico avanza, este también ocasiona impactos severos al medio ambiente, pues existe una mayor demanda no solo de alimentos, sino también de energía y otros recursos.

Debido a que los recursos materiales son escasos, el crecimiento demográfico puede constituirse como un problema, ya que no existen recursos suficientes para satisfacer las necesidades de todas las personas.

3.1.1 Crecimiento Demográfico en Ecuador

En el Ecuador los censos de población y vivienda realizados con una frecuencia de diez años, son la fuente más importante de datos demográficos, estos son realizados con la finalidad de levantar información para niveles geográficos menores, proporcionar información actualizada y relevante para el análisis y evaluación del crecimiento poblacional, demanda de servicios básicos, condición socio-económica de las personas, entre otras múltiples aplicaciones. Los censos permiten la formulación de políticas, programas y estrategias de desarrollo social por parte del Estado, así como en la toma de decisiones llevadas a cabo por el sector privado. Hasta la fecha se han realizado siete censos de población para los siguientes años: 1950, 1962, 1974, 1982, 1990, 2001 y 2010.

Sus resultados han permitido obtener la información básica demográfica del Ecuador; sin embargo, existen grandes retos administrativos e institucionales para mejorar la producción y aprovechamiento de la información.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda (2010). La población total del Ecuador alcanzaba un total de 14.483.499 personas. Entre 1950 y el año 2010 ha tenido el comportamiento que se muestra en la *Figura 1*. En ésta se aprecia que la población ha crecido a una tasa promedio anual de 2,5 % y ha aumentado cuatro veces en estos 60 años.

Según datos del Censo de Población y vivienda (*Figura. 1*), la población del país pasó de alrededor de 3 millones de personas en 1950 a más de 14.5 millones de habitantes en el 2010.

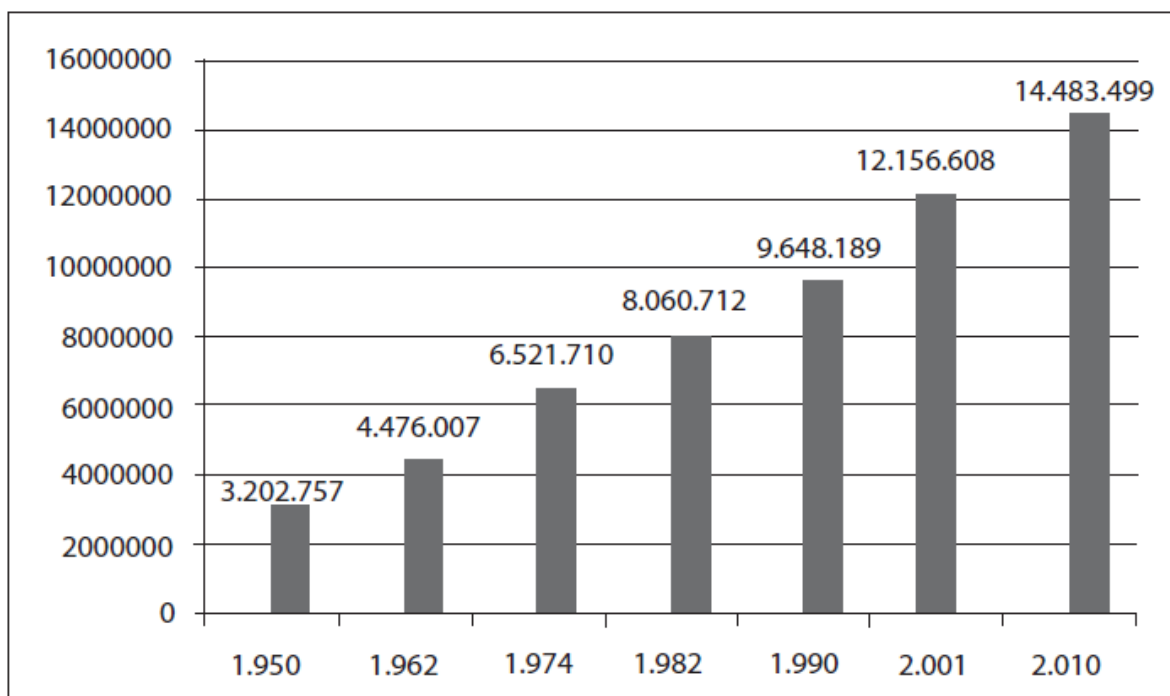


Figura 1 Población del Ecuador

Fuente: (Instituto de estadísticas y Censos, INEC, 2011)

3.1.2 Procesos de Urbanización

La problemática urbana es un tema global, que ocasiona, no solo pobreza, sino también degradación ambiental de los recursos naturales, Según lo señalado en la conferencia mundial Hábitat III (2016), casi mil millones de personas pobres viven en tugurios urbanos y asentamientos informales y en aproximadamente 100,000 ciudades de todo el mundo. La ONU estima nuevamente, que el número triplicará para el año 2030. En este mismo año, se estima que el 60% de la población, vivirá en viviendas que no están construidas todavía.

Los factores que se atribuyen al crecimiento urbano son variados, los autores como Wallner (1975), destacan que la concentración de la población en ciudades se debe a las migraciones, al abandono precipitado e indiscriminado del campo, a la incorporación de municipios limítrofes, o la erección de las ciudades satélites que se hallan vinculadas funcionalmente a las grandes ciudades. Por otro lado, Haig (1927); Clark (1947); y Hoyt (2005), afirman que las vías se convierten en factores importantes de crecimiento urbano.

En Ecuador, el crecimiento de las áreas urbanizadas más importantes se han producido en las últimas dos décadas, con índices que muestran que la pobreza extrema se ha reducido, pero la desigualdad sigue siendo un problema central, con una debilidad en la gestión de políticas de ordenamiento del suelo que ha significado una especulación inmobiliaria y la persistencia de diferencias radicales de acceso a la tierra y a la vivienda, la precariedad del empleo informal, entre otras (Novillo, 2015).

3.1.3 Vulnerabilidad Demográfica

El acelerado crecimiento demográfico mundial, observado en las últimas décadas ha ocasionado impactos negativos, entre los que se encuentra la vulnerabilidad demográfica que limita la acumulación de recursos y el desordenado crecimiento de la población que en ocasiones se ubican en zonas de riesgos. Para Pérez de Armiño (2006), la vulnerabilidad se construye desde una escala nacional con la carencia de políticas de un Estado para regular los riesgos en espacios urbanos; posteriormente a una escala cantonal donde no existe la presencia de ordenanzas y formas de control de construcciones en un municipio. Finalmente, se construye a escala local a través de la aparición de viviendas precarias localizadas en zonas marginales y susceptibles a amenazas.

En el Ecuador este fenómeno se ocasiona por la distribución de la población, a manera de aglomeraciones de distintos tamaños distribuidos en todo el país. Es así que en la región Costa se pueden detectar pocos conjuntos con elevadas densidades de la población dispersa y entre las más importantes en extensión y número de habitantes en viviendas en condiciones precarias están las ciudades de Daule, Guayaquil y Esmeraldas.

En Guayaquil la vulnerabilidad demográfica está relacionada con la precariedad del hábitat que implica, entre otros aspectos, malas condiciones materiales de construcción, baja disponibilidad de servicios básicos e inseguridad de permanencia en las viviendas (viviendas que no son propiedad de sus moradores), por lo que dichos sectores son

altamente sensibles a impactos previstos del cambio climático, como episodios de lluvias intensas, inundaciones y deslizamientos de tierra (Banco de Desarrollo de América Latina, 2017). Uno de los métodos para determinar la evolución y el emplazamiento de las áreas urbanas es el monitoreo espacial, que utiliza imágenes satelitales para el estudio de áreas de interés.

3.1.4 Monitoreo Espacial

Para controlar los procesos de urbanización acelerados y efectos de estos, tales como el aumento de temperatura, se hace necesario la utilización de herramientas como el monitoreo espacial que permite la utilización de imágenes o fotografías satelitales que son de libre acceso.

El monitoreo espacial realizado a través de imágenes de satélite permite observar que los desastres siguen un mismo patrón (Núñez, 2015).

3.2 SENSORES REMOTOS

3.2.1 Espectro Electromagnético

Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas) (Valle, 2005). El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias posibles a las que se produce radiación electromagnética. El límite teórico inferior del espectro electromagnético es 0 Hz (ya que no existen frecuencias negativas) y el teórico superior es infinito. (*Figura 2*).

La luz visible es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético. Por orden decreciente de frecuencias (o creciente de longitudes de onda), el espectro electromagnético está compuesto por rayos gamma, rayos X duros y blandos, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio.

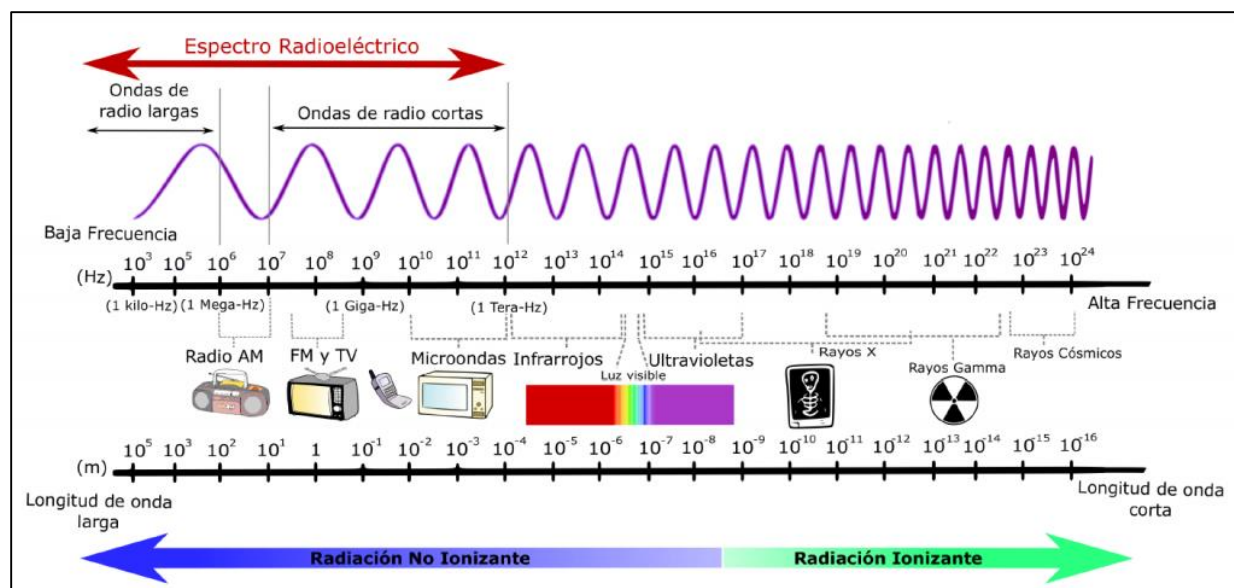


Figura 2 Espectro electromagnético

Fuente: (Instituto de Ingeniería Eléctrica., 2010. recuperado de <http://iee.fing.edu.uy>)

3.2.2 Que Son Sensores Remotos

De acuerdo a lo indicado por la USGS (2016), los satélites de detección remota o sensores remotos, detectan energía electromagnética en la superficie de la Tierra. La energía electromagnética se refleja de la Tierra y hasta el sensor de satélite, que recoge y registra información sobre esa energía.

3.2.3 Tipos de Sensores

Los instrumentos de teledetección son de dos tipos principales: activo y pasivo (*Figura 3*). Los sensores activos proporcionan su propia fuente de energía para iluminar los objetos que observan. Un sensor activo emite radiación en la dirección del objetivo a investigar. El sensor luego detecta y mide la radiación que se refleja o retrodispersa del objetivo. Los sensores pasivos, por otro lado, detectan la energía natural (radiación) emitida o reflejada por el objeto o la escena que se observa. La luz solar reflejada es la fuente más común de radiación medida por sensores pasivos (*Figura 3*). Recuperado de (<https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>).

Algunos de los sistemas satelitales más comúnmente utilizados son:

- ERS-1 y 2 (ESA)
- SPOT 1,2,3 y 4 (Francia)
- IKONOS
- LANDSAT 5 y 8 (USA)
- RADARSAT (Canadá)
- JERS-1 (Japón)

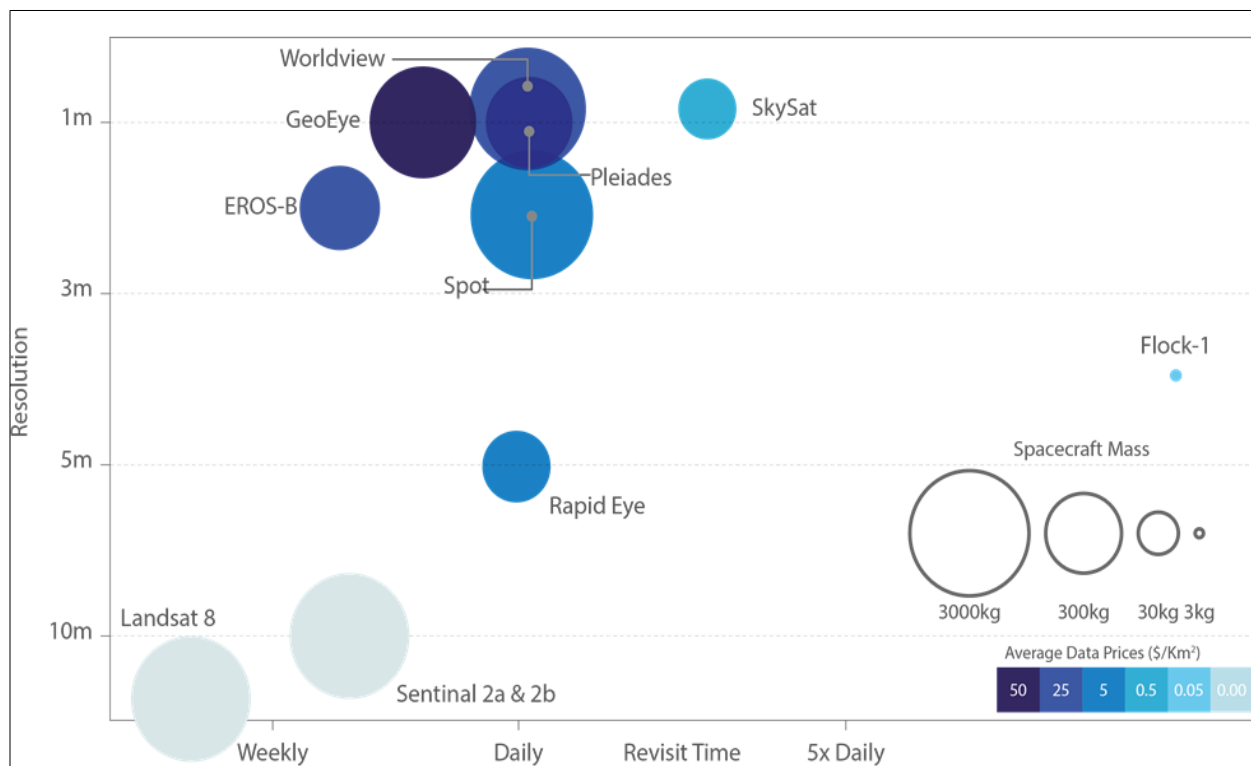


Figura 3 Tipo de Sensores

Fuente: (Facciolo, 2018)

3.2.4 Métodos de Percepción Remota

La percepción remota es una técnica que nos permite adquirir información de un objeto o fenómeno sin estar en contacto con él. Este término se utiliza comúnmente para referirse a la observación de nuestro planeta a través de cámaras y otros tipos de sensores, como los radares y las cámaras térmicas, montados, como ya mencionamos, en aviones o satélites (González, 2017).

De acuerdo a lo indicado por la OAS (2005) resaltan dos técnicas y/o métodos de la percepción remota: la percepción remota aérea y la Satelital. En la primera la información se obtiene mediante cámaras áreas y aeronaves.

De todos los sensores, la fotografía aérea ofrece la interpretación más exacta de lo que ve el ojo humano, en términos de respuesta a la longitud de onda, resolución, perspectiva, visión estereoscópica y valores tonales y de color (OEA, 1969). El intérprete familiarizado con las fotografías puede interpretar fácilmente estas escenas, mientras que otros sensores, como los barredores térmicos IR (Infrarojo) y sistemas SLAR (Side Looking Airborne Radar), producen imágenes cuya apariencia y base física es completamente extraña al ojo inexperto.

3.2.5 La Percepción Remota Satelital

Se considera percepción remota satelital, la técnica que nos permite obtener información por medio de las plataformas como naves espaciales o satélites, sus ventajas son: la visión sinóptica, la periodicidad en la toma de datos, el sincronismo con el sol y el bajo costo por hectárea de los datos generados (Cámara, 2005).

Según lo señalado por la Secretaria de Marina de México (2009), los satélites también son diversos en función de factores como su resolución espacial, el número de regiones espectrales o bandas que registran, periodicidad con la que se obtienen las escenas, etcétera.

3.2.6 Firma Espectral

La teledetección se basa en la obtención de la información de un objeto en la superficie terrestre. Los diferentes tipos de superficies, como el agua, la tierra desnuda o la vegetación, reflejan la radiación de manera distinta en varios canales. La radiación

reflejada en función de la longitud de onda se llama firma espectral de la superficie (Figura 4).

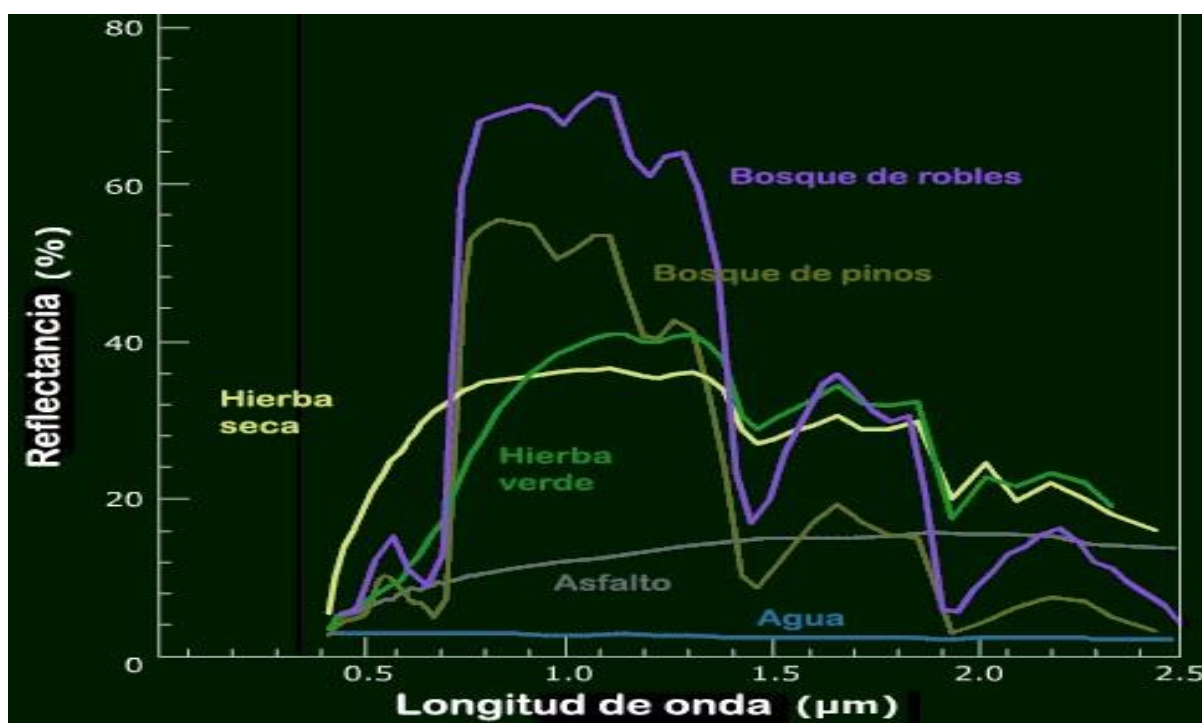


Figura 4 Firmas espectrales de distintos materiales

Fuente: (CNICE, 2006. Recuperado de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/firma_es.htm)

Cada objeto tiene una respuesta espectral propia que se conoce como firma espectral, las características de dicha firma dependen en primer lugar de su estructura atómica y molecular de las características de la superficie y de la temperatura. La proporción de la proporción de la radiación incidente que es reflejada, absorbida y/o transmitida depende de las características del material que se observa y su superficie, y varía en las distintas bandas del espectro electromagnético (Pérez y Muñoz, 2006).

3.2.7 Tratamiento Digital de las Imágenes

El procesamiento digital de imágenes, o manejo de imágenes por computadora agrupa a varias ciencias, tales como óptica, electrónica, matemáticas, fotografía e informática (Departamento de Electrónica y automática de la Universidad de San Juan, 2017). Existen varios factores que se combinan para indicar la tendencia futura del procesamiento digital de imágenes. El factor principal es el costo cada vez más bajo de los equipos de cómputo. Un segundo factor es el aumento de equipos para la digitalización de imágenes que se encuentran disponibles en el mercado.

El procesamiento de imágenes básicamente incluye los siguientes tres pasos (Universidad de Tartu, 2014).:

- Importación de la imagen a través de herramientas de adquisición de imágenes;
- Análisis y manipulación de la imagen;
- Salida en la que el resultado puede ser una imagen alterada o un informe que se basa en el análisis de imagen.

3.3 IMÁGENES SATELITALES

De acuerdo a lo indicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (1999), una imagen satelital, es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial.

Las imágenes satelitales representan una fuente de información de la cual se pueden extraer datos espacialmente distribuidos a partir de análisis y procesamiento digital. Esta información puede consistir en variables continuas, categorización de la imagen en clases temáticas, análisis de cambios, medición de la estructura espacial del territorio, entre otras; utilizadas como complemento y actualización del conocimiento del territorio. (Cortes, 2014).

De acuerdo a los dos conceptos analizados, las imágenes satelitales son una representación de la superficie terrestre, obtenidos por medio de sensores remotos, estas son utilizadas principalmente para analizar cambios de la superficie, y sus ventajas son infinitas pues nos permiten acceder a lugares remotos, son de bajo costo y cuanta con información actualizada, entre otras.

3.3.1 Imágenes Landsat

Landsat fue el primer satélite de teledetección de la superficie terrestre. Fue puesto en marcha por la NASA de los Estados Unidos para obtener imágenes de la Tierra de una manera global en 1972. Los satélites del programa Landsat, actualmente son administrados por la NASA y la NOAA. Hasta la fecha, 8 satélites Landsat han sido lanzados. Los sensores con el transcurso del tiempo han mejorado y evolucionado, el último de esta serie es el Landsat 8, cuyo objetivo es observar los efectos del ser humano sobre nuestro planeta. Las imágenes Landsat cuentan con bandas espectrales 7 y 8, que producen una gama de imágenes al combinarse, el canal pancromático y térmico depende del satélite y sensor; sus resoluciones varían 15, 30,60 y 120 m. (INEGI, 1999).

La ventaja principal de estas imágenes es abarcar el periodo de tiempo de varias décadas, permitiendo analizar el estado de la superficie terrestre no solo en un momento, sino también través de las etapas de mayor duración. Los datos de las diferentes misiones son compatibles y pueden utilizarse juntos.

3.4 ISLA DE CALOR

De acuerdo a Landsberg (1981) la Isla de Calor Urbana se caracteriza por las temperaturas de aire más cálidas en ciudades en comparación con las temperaturas del aire en los alrededores de las áreas Urbanas. La gran cantidad de calor es generada por las estructuras urbanas, que consumen y re-irradian radiaciones solares, y de las fuentes de calor antropogénico es la principales causas de UHI. El aumento de la temperatura de un área urbana en comparación con su entorno, es lo que se conoce como Intensidad de Isla de Calor Urbano (UHII).

La Isla de Calor Urbano (UHI) es considerada como uno de los principales problemas en el siglo XXI para los seres humanos surgida como resultado de la urbanización y la industrialización de la civilización humana (Rizan, Memon, Leung y Chunho, 2008). El problema es aún peor en ciudades o metrópolis con gran población y actividades económicas extensas. Los aproximadamente 3.000 millones de personas que viven en las zonas urbanas del mundo están directamente expuestos al problema, que aumentará significativamente en el futuro cercano.

La EPA (2009) sostiene que las Islas de Calor o islas térmicas urbanas, se refieren al gradiente térmico que se observa entre los espacios urbanos densamente ocupados y

construidos y la periferia rural o peri-urbana. El patrón espacial clásico de la isla térmica urbana es concéntrico.

3.4.1 Tipos de Islas de Calor

Generalmente se reconocen tres tipos de Islas de Calor (James, 2004)

- Isla de Calor de la Capa del Dosel (ICCD)
- Isla de Calor de Capa Límite (ICCP)
- Isla de Calor Superficial (ICS)

Los tipos de isla de calor se definen según su forma espacial (forma), características temporales (relacionado con el tiempo), y algunos de los procesos físicos subyacentes que contribuyen a su desarrollo (*Figura 5*).

3.4.1.1 Isla de la Capa del Dosel (ICCD)

En la ICCD se produce un calentamiento de la atmosfera Urbana en su conjunto. La capa de Dosel es la capa de las ciudades que se encuentra más cerca de la ciudad. Extendiéndose hasta la altura media de los edificios. En la *Figura 5*, se muestra la isla más próxima a la superficie terrestre, representa a la isla que es motivo de nuestro estudio.

3.4.1.2 Isla de Calor de Capa Límite (ICCP)

La isla de ICCP, se encuentra ubicada por sobre la capa de dosel y alcanza la longitud de un kilómetro o un poco más durante el día encogiéndose durante la noche. La Isla de Calor ICCP forma una especie de cúpula por sobre la ciudad amoldándose en

dirección del viento, que se genera a partir de la Isla del Dosel extendiéndose hasta 1.5 km a partir de la superficie (*Figura 5*).

3.4.1.3 Isla de Calor Superficial (ICS)

La ICS engloba las dos anteriores, produciendo el calor relativo sobre las ciudades (*Figura 5*). Esta se puede medir solo con sensores ubicados en satélites o aviones, mientras que las dos anteriores se pueden medir con termómetros instalados en la superficie.

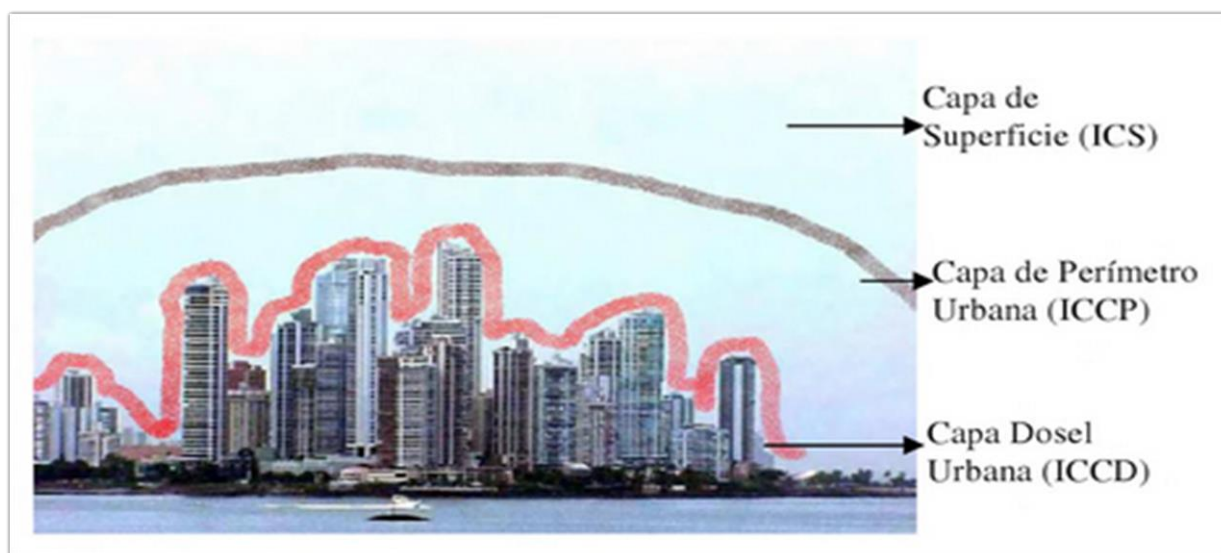


Figura 5 Tipos de Isla de Calor
Fuente: (Rivarola., 2012)

3.4.2 Características de las Islas de Calor

Hay un conjunto de patrones en la distribución de temperatura que se suelen repetir en todas las ciudades donde se producen las Islas de Calor, los cuales de forma muy escueta y somera pueden resumirse en (Gartland, 2008):

1.- Se caracterizan por ser espacios con temperaturas más altas que sus entornos más próximos (ámbitos periurbanos con densidades más bajas), pero con distintos patrones de comportamiento según la parte del día que se considere. Normalmente, en la puesta de sol se alcanza las mayores diferencias térmicas.

2.- La temperatura del aire suele estar condicionada por el calor de las superficies urbanas, es decir, por aquellos ámbitos de la ciudad donde los materiales empleados tienen valores de albedo inferiores a elementos naturales (37% aprox.).

3.- Estas diferencias de temperatura se acentúan cuando las condiciones del tiempo son de vientos en calma y cielos despejados.

4.- Cuanto mayor grado de desarrollo urbano y menos vegetación, mayor tamaño e intensidad de la Isla de Calor.

5.- Este fenómeno suele generar la aparición de inversiones térmicas entorno a los 2 km de altitud sobre las ciudades, provocando la concentración de contaminantes e impidiendo su dispersión.

3.4.2.1 Forma Espacial General de la Isla de Calor

Las isotermas, o líneas de igual temperatura, forman un patrón que es semejante al de una “isla” que sigue aproximadamente la forma de la región urbanizada, rodeada por zonas más frías. A menudo hay un aumento intenso de la temperatura del aire en la capa de dosel, en el límite entre áreas rurales y suburbanas, seguido por un aumento lento y a menudo variable hacia el núcleo de la ciudad donde ocurren las temperaturas más

altas. Las Islas de Calor de la capa de perímetro muestran mucho menos variabilidad que los otros tipos de Islas de Calor, y un corte transversal muestra que su forma se parece a una simple cúpula o pluma, donde el aire más caliente es transportado con el viento fuera de la ciudad (James, 2004).

3.4.2.2 Intensidad de la Isla de Calor

La intensidad de la isla de calor es una medida de la fuerza o magnitud de la isla de calor. Por la noche la intensidad de la isla de calor de la capa de dosel típicamente se encuentra en un rango de entre 1° y 3°C, pero bajo condiciones óptimas, intensidades de hasta 12°C han sido registradas. Se calcula por medio de la diferencia de temperatura entre el medio urbano (T_u) y el medio rural (T_r), para ello se hace necesario datos de temperatura de estaciones meteorológicas urbanas y rurales (Ramos & Márquez, 2002).

3.4.2.3 Características de la Superficie y la Isla de Calor

El tipo de superficie es un factor importante en cuanto a los patrones espaciales de las capas de temperatura del aire superficial y de dosel en la ciudad. Las temperaturas son más altas en aquellas zonas con mayor densidad de construcción, y son más bajas cerca a parques o zonas más abiertas. Las temperaturas de la superficie son especialmente susceptibles a las condiciones de la superficie: durante el día las superficies secas y oscuras que absorben luz solar fuertemente se vuelven muy calientes, mientras que las superficies más claras y/o mojadas son mucho más frías (Voogt, 2008).

CAPITULO IV

MATERIALES Y METODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1 Situación Geográfica

El área de estudio corresponde a la ciudad de Guayaquil (Figura. 5), ubicada en la provincia del Guayas, en la región natural Costa del Ecuador. Se encuentra localizada geográficamente en 2°12' S, 79°58' W, que corresponde a la Zona 17 Sur, proyección UTM que se utiliza en toda la cartografía del Ecuador. Guayaquil es una de las ciudades más importantes del país, debido a su comercio con influencia a nivel regional en el ámbito comercial, financiero, político, cultural, de entretenimiento y sobretodo es un importante centro turístico nacional y extranjero.

La ciudad de Guayaquil es la cabecera cantonal del cantón del mismo nombre y al mismo tiempo, la capital de la provincia del Guayas. Se encuentra localizada en la costa del Pacífico, y es puerto principal del Ecuador. El límite este de la ciudad lo constituyen el río Guayas, que es la mayor cuenca fluvial de la costa del Pacífico en América del Sur. En la parte suroccidental de la ciudad se ubica el estuario de la Parroquia La Puntilla, que se extiende hasta la Isla Puná, ubicada en la misma embocadura del golfo, entre la punta de El Morro y la costa de la provincia de El Oro. Al noroeste están una cadena de montañas de media altitud de la Cordillera Chongón-Colonche, que en su punto más alto llega a 800 msnm (INOCAR, 2005).

El golfo de Guayaquil es la entrante de agua más grande del Océano Pacífico en Sudamérica, y constituye el rasgo geomorfológico más singular de todo el perfil litoral

ecuatoriano, se localiza entre las latitudes 2° 0' y 3° 23' S, la longitud 81° 00' 30" W y el límite continental, es la prominencia más occidental de la costa pacífica sudamericana (San Martín, 2003).

La ciudad de Guayaquil cuenta con una superficie total de 355 km², distribuidas entre 16 parroquias urbanas que forman su cabecera cantonal y 5 parroquias rurales, mismas que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1
Parroquias de Guayaquil

PARROQUIA	NOMBRE	AREA (Km ²)	POBLACION
URBANAS	Ayacucho	2493,86	17.976
	Bolívar		12.149
	Febres-Cordero		498.334
	Carbo		23.462
	García Moreno		80.255
	Letamendi		151.615
	Nueve de Octubre		9.680
	Olmedo-San Alejo		13.516
	Roca		9.296
	Rocafuerte		11.761
	Sucre		68.071
	Tarqui		915.486
	Urdaneta		30.323
	Ximena		680.076
	Chongón		36.726
	Pascuales.		89.379
RURALES	Juan Gómez Rendón (Progreso)	1702,51	11 897
	El Morro		5 019
	Posorja		24 136
	Puná		6 769
	Tenguel		11 936

Dentro del área de estudio se consideró el esquema de planificación para la distribución de regiones de la SENPLADES, que divide cada provincia en zonas, los cantones en distritos y las parroquias en circuitos, en este sentido el área de estudio se

encuentra ubicada en la zona de planificación 8, que incluye al cantón Guayaquil, distritos 09D03, 09D02, 09D04, 09D05, 09D06, 09D07, 09D08, 09D09. Cada uno de estos distritos se encuentra conformados por circuitos de los cuales se tomaron en consideración 40, mostrados en la *Figura 6*. El área de estudio también incluye las áreas no urbanizadas con la finalidad de evaluar el comportamiento de la isla térmica y determinar la intensidad y magnitud en el transcurso del periodo analizado.

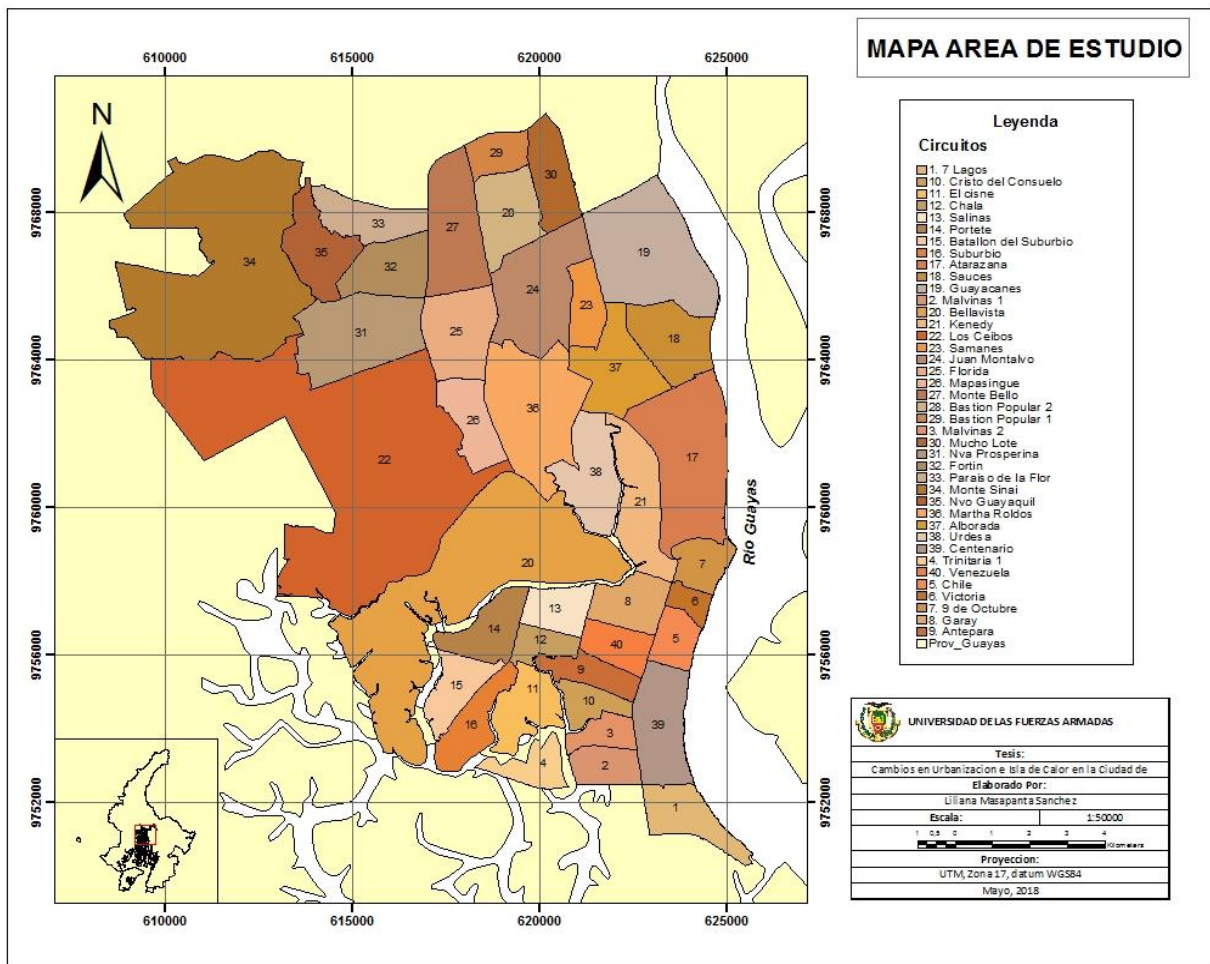


Figura 6 Mapa del Área de Estudio

4.1.2 Clima

Las características del clima de la ciudad de Guayaquil están dadas por el comportamiento de los siguientes indicadores meteorológicos: precipitación, temperatura del aire, humedad atmosférica y dirección del viento.

El área geográfica tiene un alto índice de evaporación y la humedad relativa registrándose valores del orden del 80% que se incrementan en temporada lluviosa. El Cantón Guayaquil, según la clasificación universal de climas Koeppen, posee el clima tropical húmedo, seco en verano, con una precipitación media anual que oscila entre 750 y 1000 mm. Invierno o época de lluvias, comprende una temporada de enero a mayo aproximadamente; y la época de Verano o época seca, y más calurosa, que va desde junio hasta diciembre (Pincay,2016).

4.1.3 Situación Socioeconómica y Demográfica

La posición geográfica privilegiada, y la calidad de puerto marítimo y aéreo internacional de la costa, han convertido a Guayaquil en la ciudad más poblada del Ecuador, con altas tasas de crecimiento inter-censal que superan a los promedios nacionales.

De acuerdo con el último estudio, realizado por el Banco Central del Ecuador, en el 2017 la economía guayasense generó ese año USD 45 055 millones, un 0,45% más en relación con el 2015, que fueron USD 44 850 millones. Los sectores que más aportan son la construcción, el comercio al por mayor y menor, las actividades inmobiliarias, el procesamiento y conservación de camarón y la agricultura.

De acuerdo al censo de población y vivienda del 2010, la ciudad de Guayaquil contaba con 2.350.915 habitantes. Esta cantidad representa el 64,49% del total de la provincia del Guayas, además, existe una población flotante proveniente de su entorno territorial. PDOT (2012).

De acuerdo con los datos del censo de población del año 2010, la proporción de hombres es aproximadamente igual a las de las mujeres con 49,3% - 50,7% respectivamente (*Figura 7*). Sin embargo dentro de la Población Económicamente Activa (PEA) la proporción de hombres es mucho más significativa, alcanzando a 672.803 hombres y 522.487 mujeres, lo que se debe a patrones culturales y la situación económica del país (*Figura 8*).

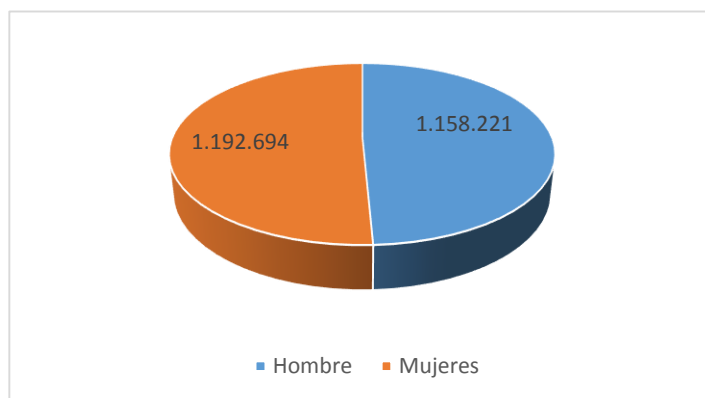


Figura 8 Datos de la Población de Guayaquil
Fuente: (INEC, 2010)

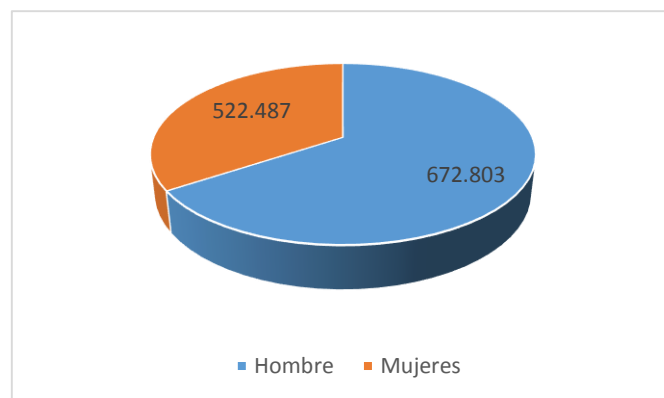


Figura 7 Datos de PEA, hombres y mujeres de Guayaquil
Fuente: (INEC, 2010)

4.1.3.1 Vivienda

El Cantón Guayaquil cuenta con 671.452 viviendas, para las zonas urbanas cuenta con 96,64 % de viviendas, que representa un total de 648.870; mientras que para el área rural cuenta con 22.582 viviendas que corresponden al 3,36 %.

Guayaquil se ubica como el cantón con mayor déficit de la provincia del Guayas, Según Censo del INEC (2010) cuenta con un déficit de vivienda de 185.704 que representa un total de 30,22 % a nivel cantonal.

Este déficit y el crecimiento poblacional desordenado ha llevado a que extensas zonas protegidas (sector noroeste vía a Daule) en la ciudad de Guayaquil, estén sujetos a invasiones y tráfico de tierras. De igual manera ocurre con los asentamientos poblados cantonales y parroquiales (centros urbanos), estos muestran altos niveles de pobreza, déficit de equipamientos comunitarios y servicios básicos insuficientes (PDOT, 2012).

4.1.3.2 Condiciones de Vida

4.1.3.2.1 Agua Potable

La población que se abastece de agua de la red pública es de 691.071 y la población que se abastece de otras fuentes es de 249.641. Con respecto a la provisión el 76% de las viviendas se abastecen de agua por cañería dentro de la vivienda, el 10% lo hace o por cañería fuera de la casa o fuera del terreno y el 14% restante no se abastece de agua por tubería(INEC, 2010).

4.1.3.2.2 Energía Eléctrica

Según el censo de población y vivienda (2010) en la provincia del Guayas más del 95,42% de hogares poseen el servicio de energía eléctrica, siendo la cobertura incluso más alta en el cantón Guayaquil donde solo (18.819 viviendas) no poseen el servicio.

4.1.3.2.3 Disposición Final de los Desechos

En Guayaquil la cobertura de eliminación de desechos sólidos beneficia al 63,87% de los hogares. Las 2.500 toneladas de basura que se generan diariamente (Pincay, 2016) son sepultadas sobre capas de arcilla y tierra en la planta ubicada en el kilómetro 14.5 de la vía a Daule. El relleno sanitario de Las Iguanas (el área total es de 200 hectáreas) funciona desde 1994 y en 2010 estaba ocupado en un 60% de su capacidad.

4.2 MATERIALES

4.2.1 Imágenes Satelitales

En el estudio se utilizaron las imágenes multispectrales de los sensores Landsat 5 TM y Landsat 7 TM de NASA, cuyas características se muestran en la Tabla 2. Para la selección de las imágenes se tomó en cuenta el periodo analizado, con el fin de conformar una serie temporal con intervalos de cada 5 años, que no fue posible para el 1995 por no contar con la disponibilidad de imágenes en el archivo.

Es necesario indicar que cada imagen del sensor Landsat 5 TM, está compuesta con siete bandas y el sensor Landsat 7 TM de ocho bandas de las cuales la banda seis es la banda térmica. Las bandas ópticas tienen una resolución geométrica de 30 m (cada pixel

representa un área de terreno de 0,09 ha). La banda térmica tiene una resolución de 120 m (cada pixel representa 1,4 ha).

Tabla 2

Bandas espectrales de sensores Landsat 5 y Landsat 7

Bandas	Sensor Landsat 5	Sensor Landsat 7
Azul	Banda 1 (0.45 -0.52)	Banda 1 (0.45-0.52)
Verde	Banda 2:(0.52 -0.60)	Banda 2 Verde (0.53-0.61)
Roja	Banda 3: (0.63 -0.69)	Banda 3 Roja (0.63 -0.69)
Infrarrojo cercano1	Banda 4: (0.76 -0.90)	Banda 4. Infrarrojo cercano1 (0.78-0.90)
Infrarrojo cercano 2	Banda 5 (1.55 -1.75)	Banda 5. Infrarrojo cercano2 (1.55-1.75)
Infrarrojo medio	Banda 7: (2.08 -2.35)	Banda 7 Infrarojo medio: (2.082.35) CONTINÚA
Termica	Banda 6 Infrarrojo térmico: (10.4 -12.5)	Banda 6. Infrarrojo Termal (10.4-12.5)

Las imágenes son de acceso libre y se descargan del portal del Servicio Geológico de los EEUU. La *Figura 9* muestra un ejemplo de pantalla de la descarga de la imagen del área de estudio, con sensor Landsat 5.

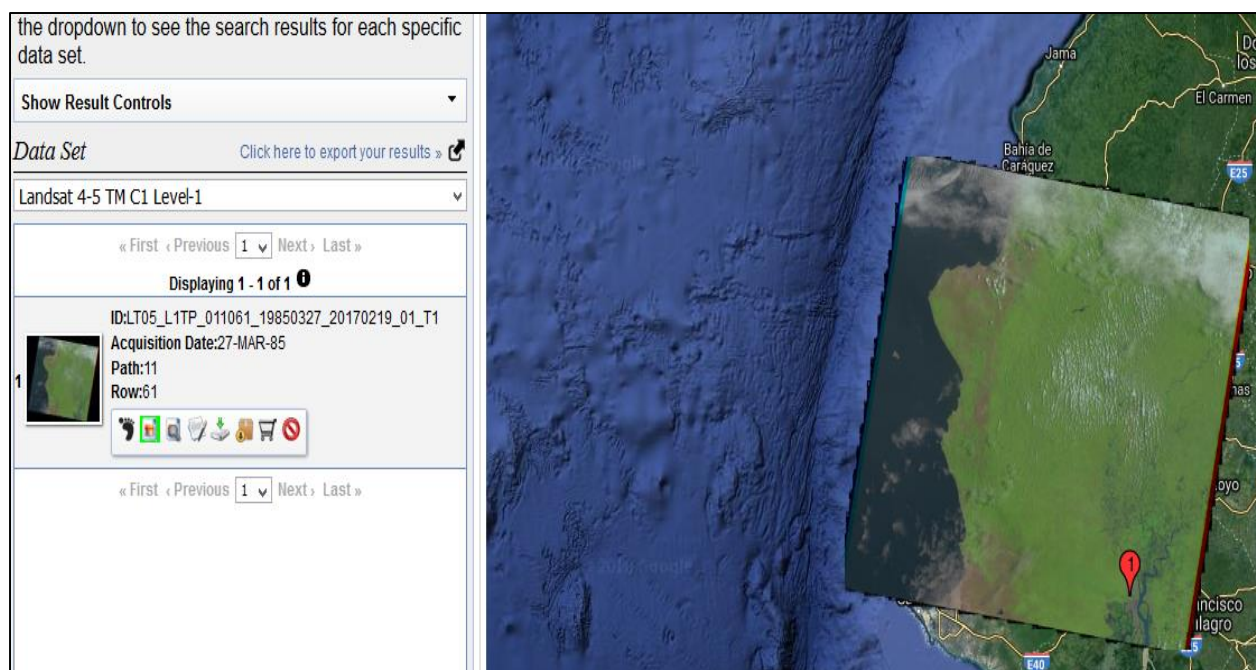


Figura 9 Descarga de Imagen Satelital del 27 de marzo de 1985

Para la descarga de las imágenes se verificó la disponibilidad y la baja nubosidad para las estaciones de invierno y verano, resultando seleccionadas las imágenes para las fechas y características, mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3

Características de imágenes utilizadas

SENSOR	FECHAS	HORA	(%) COBERTURA DE NUBES	ANGULO DE ELEVACION SOLAR (°)
LANDSAT_5	1985-03-27	15:03:16	23.00	53.9
	1990-02-21	14:54:11	18.00	48.98
LANDSAT_7	2000-11-23	15:23:11	3.00	58.11
	2005-05-29	15:22:27	29.00	53.27
	2010-10-02	15:25:06	19.00	63.52

4.2.2 Software Especializado

El estudio ha requerido la instalación de varios paquetes computacionales como Software ENVI 5.5, el ArcGis 9.3 con licencia académica, la aplicación libre Google Earth y la aplicación Panoply (versión libre), descargada del portal de NASA (<https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>) esta última nos permitió visualizar datos de vapor de agua.

4.2.2.1 Panoply

Es una aplicación de escritorio que traza de manera interactiva datos georreferenciados y otros datos codificados en los formatos de archivo netCDF, HDF y GRIB (*Figura 10*). Requiere de java y entre sus funciones se encuentran las siguientes:

- Corta y traza matrices georreferenciadas de latitud-longitud, latitud-vertical, longitud-vertical, tiempo-latitud o tiempo-vertical de variables multidimensionales más grandes.
- Superposición de contornos o máscaras en mapas de lon-lat.
- Guarde tramas en las imágenes de mapas de bits GIF, JPEG, PNG o TIFF o como archivos de gráficos PDF o PostScript.
- Exporte mapas de lon-lat en formato KMZ.

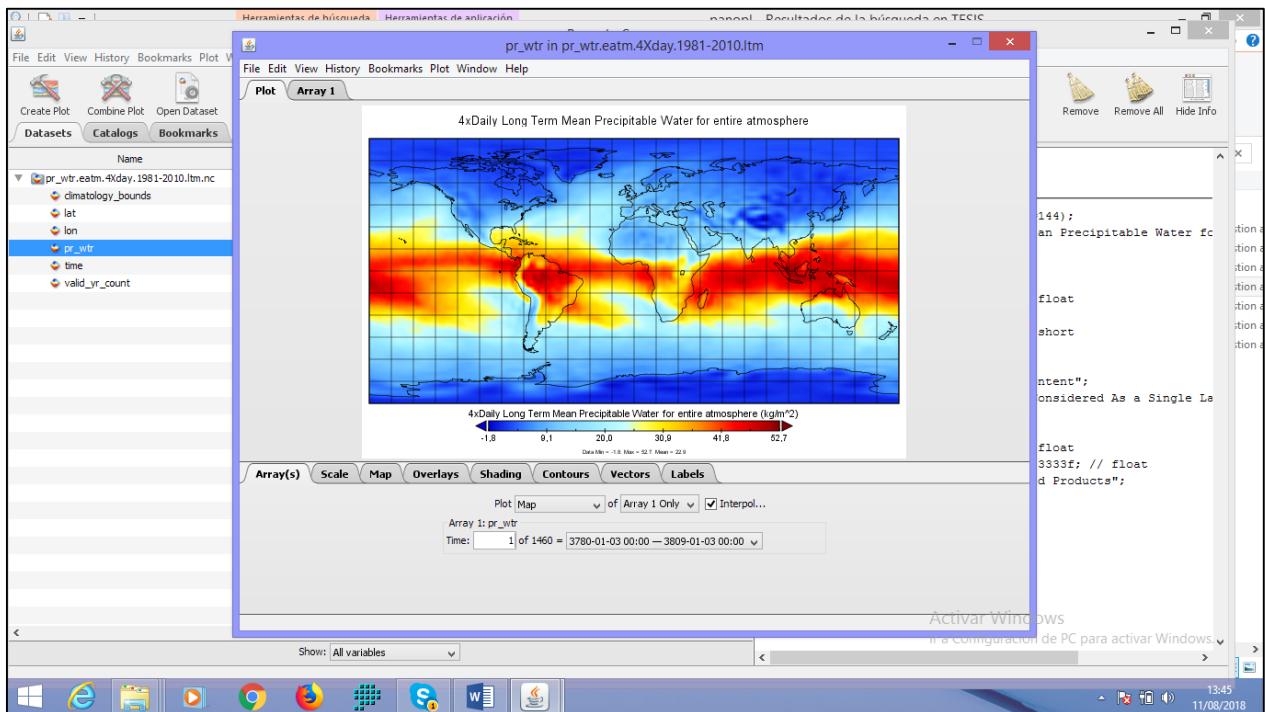


Figura 10 Herramienta Panoply Versión Libre
Fuente: (Software Panoply data viewer, 2017)

4.2.2.2 Google Earth

Google Earth ofrece el conjunto más completo de datos geospaciales disponibles de manera pública e incluye imágenes de alta resolución, capas en 3D para ciudades, mapas detallados de carreteras, imágenes panorámicas desde calles, imágenes históricas y puntos de interés importantes, como accidentes naturales, patrones climáticos y ubicaciones de empresas (*Figura 11*).

Google Earth Pro amplía el poder de Google Earth con funciones adicionales imprime imágenes en alta resolución para usarlas en sus presentaciones, afiches e informes; Importa los datos del sistema de información geográfica (GIS) y cree mapas de calor, además permite mostrar información importante de un lugar a los clientes y compañeros de trabajo sin necesidad de salir de la oficina (Google, 2009).

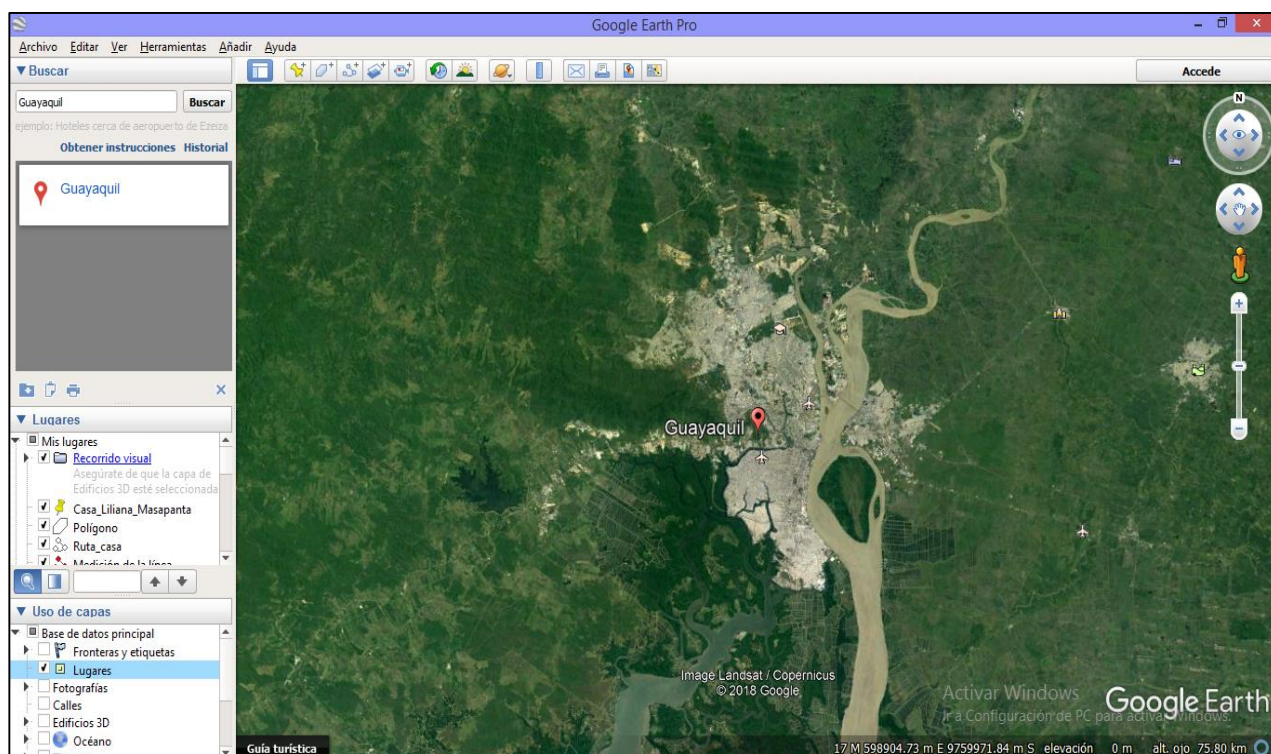


Figura 11 Imagen Satelital del Area de Estudio
Fuente. (Google Earth, 2018)

4.2.2.3 Software ENVI

Por otro lado el ENVI, es un software para procesar y analizar imágenes geoespaciales, soporta imágenes obtenidas de varios satélites y sensores aero transportados, incluyendo pancromáticos, multiespectrales, hiperspectrales, radar, lidar,

térmico y más. El software, además, cuenta con herramientas de pre proceso automático que permite obtener información fácil y rápida, a través de flujos de trabajos. Esta herramienta es utilizada por varios profesionales, científicos, investigadores y analistas de todo el mundo.

El programa puede desplegar grandes conjuntos de datos y metadatos, comparar visualmente cada una de las imágenes, crear representaciones 3D, generar gráficos de dispersión, explorar firmas espectrales y más (*Figura 12*).

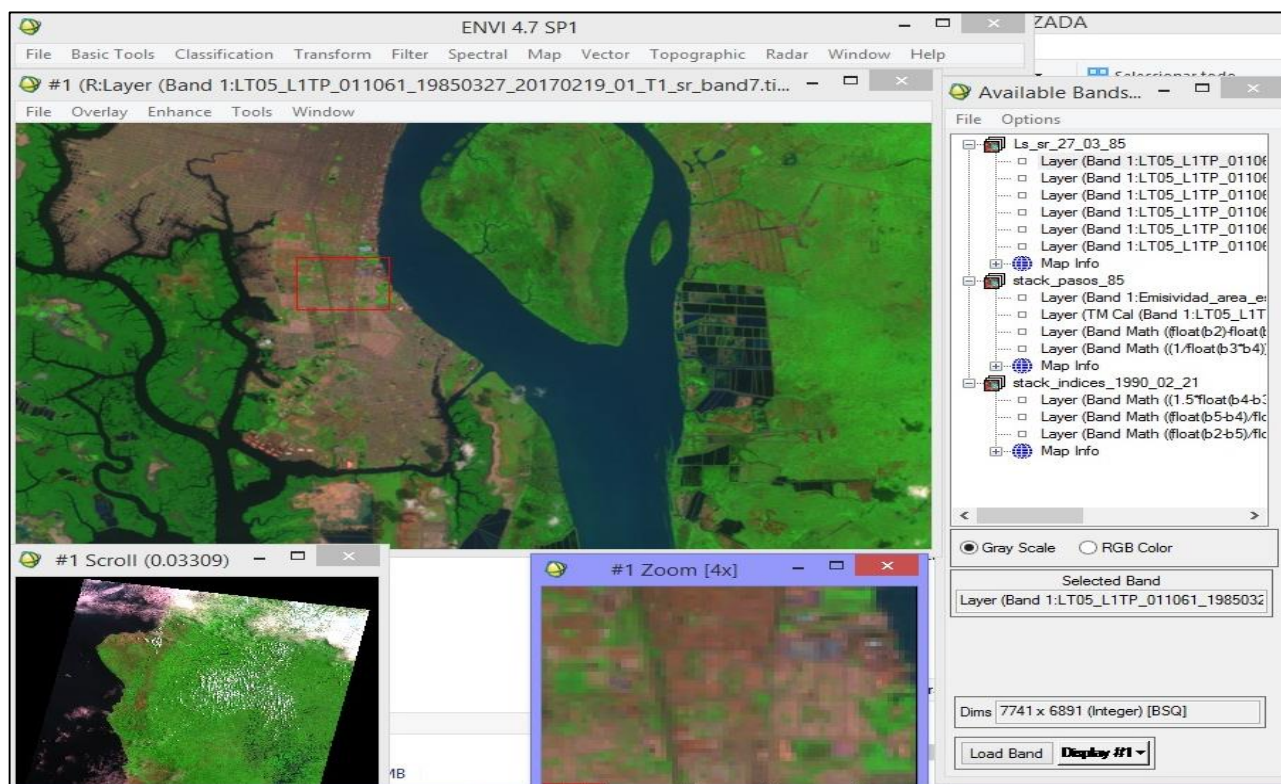


Figura 12 Interfase de imagen del área de estudio 27-03-1985

4.2.1.1 Software ARCGIS

El Arcgis es un software de sistemas de Información geográfica, desarrollada y mejorada por la compañía propietaria ESRI (Environmental Systems Research Institute) desde hace más de 30 años. Desde sus inicios, con el primer ArcInfo basado en comandos y después con el éxito de ArcView y el formato shapefile, ESRI ha seguido evolucionando adaptándose e incorporando los avances tecnológicos (*Figura 13*).

La tecnología ARCGIS está compuesta de una gama escalable de productos software que comparten la misma arquitectura de componentes (ArcObjects) y que permiten crear, administrar, manipular, editar, analizar y distribuir la información geográfica. Cada uno de los productos está pensado y diseñado para ejecutar cada una de las fases de un proyecto SIG. Entre todas estas herramientas encontramos funcionalidades que permiten:

- Crear datos geográficos con digitalización asistida.
- Dibujar y editar entidades en un mapa.
- Trabajar con dispositivos móviles actualizando los datos en tiempo real.
- Sintetizar datos de diferentes fuentes.
- Almacenar la información en una base de datos geográficos.
- Realizar operaciones de análisis espacial.
- Diseñar y calcular redes.
- Automatizar geoprocetos.
- Crear visualizaciones de propiedades espaciales en 2D y 3D.

- Maquetar mapas y controlar la salida de datos.
- Publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario.

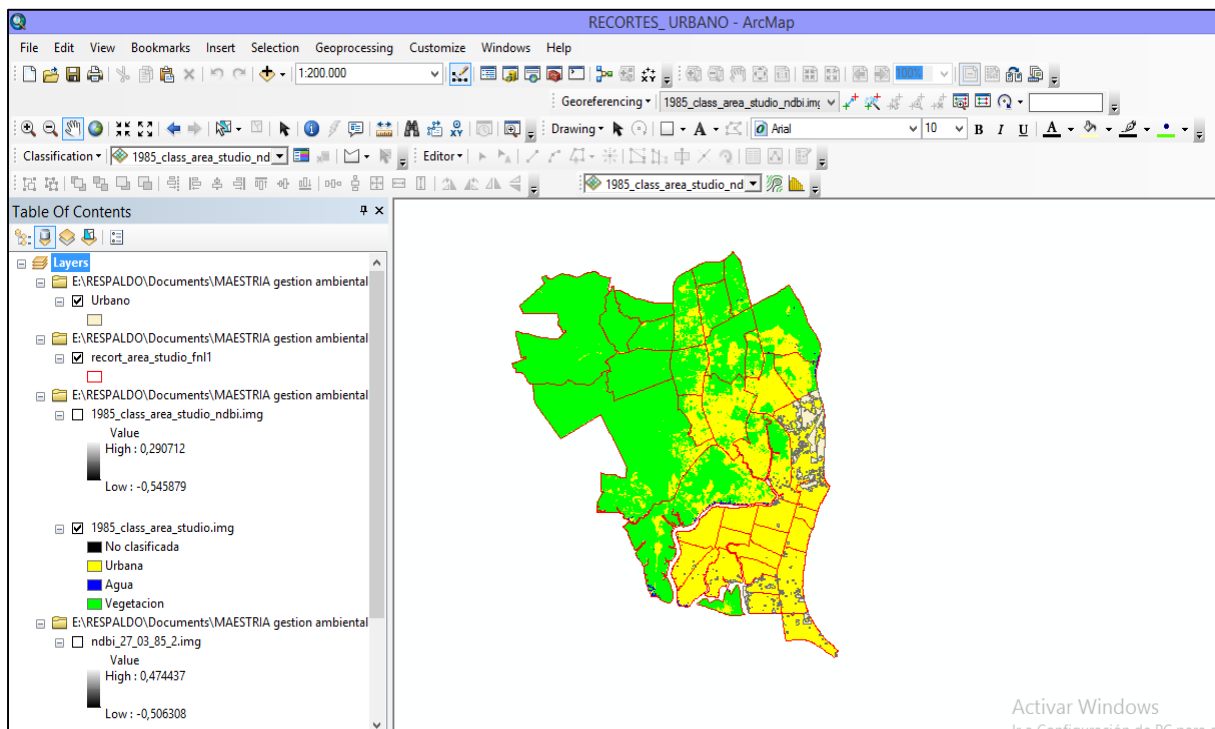


Figura 13 Procesamiento de imágenes, ARCGIS
Fuente:(ARGIS, 2014)

4.3 METODOLOGÍA

El Flujoograma mostrado en la *Figura 14*, presenta la secuencia de pasos realizados en el estudio para el logro de los objetivos planteados. Este inicia desde la descarga de imágenes, hasta la creación de una serie temporal de imágenes para lograr la identificación de áreas urbanizadas, la isla de calor, y la relación entre ellas.

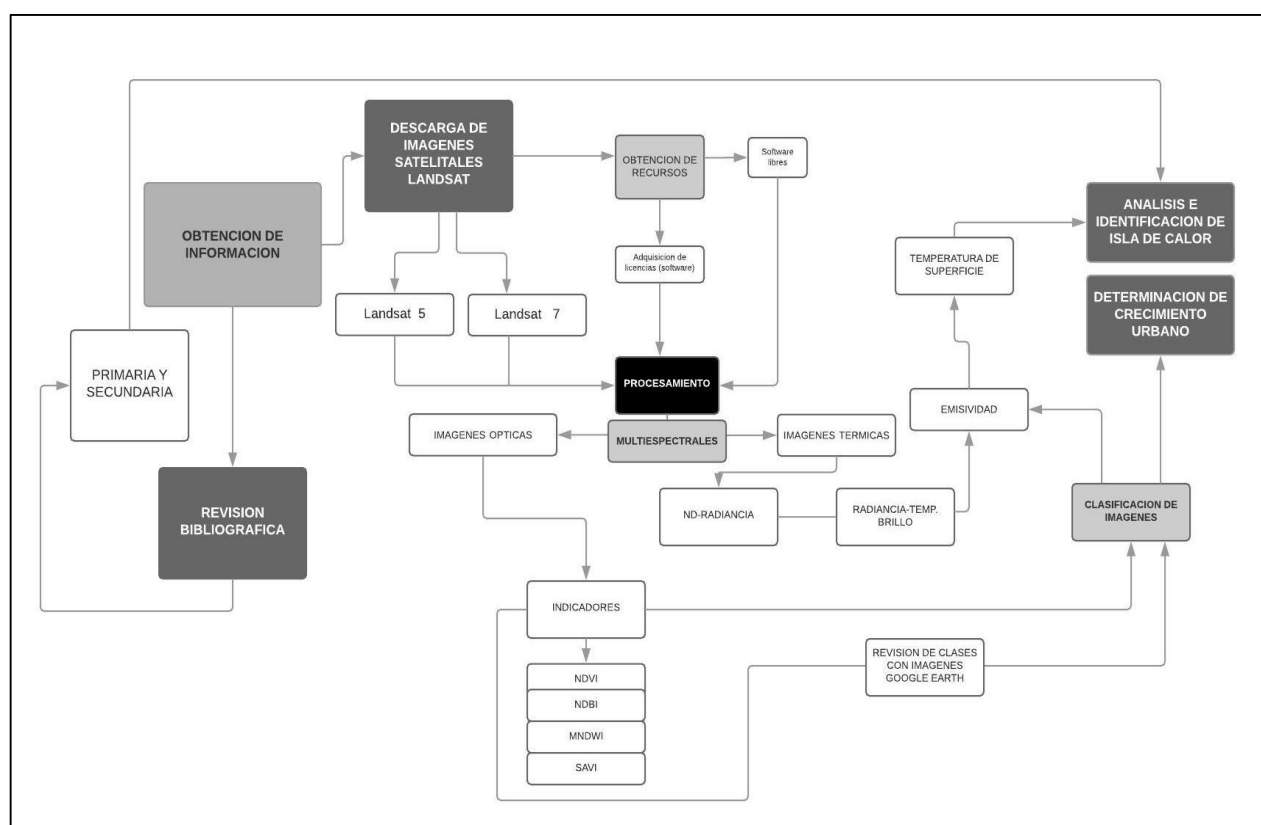


Figura 14 Flujo grama de proceso

Las fases de trabajo se indican a continuación:

- 1.- Pre procesamiento de bandas ópticas
- 2.- Calculo de Índices Espectrales

3.- Clasificación supervisada de imágenes

4.- Procesamiento de Banda Térmica

5.- Emisividad

6.- Temperatura

7.- Análisis Estadístico

4.3.1 Pre procesamiento de Bandas Ópticas

El pre procesamiento digital, se realizó con el fin de mejorar y extraer la información de cada una de las imágenes. Para los cálculos de variables de radiancia y reflectancia se utilizó la información contenida dentro del archivo de metadato de cada imagen, esta información facilitó la corrección de cada una de las bandas térmicas.

Para las bandas ópticas que en la actualidad son proporcionadas por la NASA corregidas atmosféricamente y corregidas en valores de reflectancia el pre procesamiento consistió en el cálculo de los índices espectrales, para ello fue necesario realizar una composición de bandas (layer stacking), descartando la correspondiente al infrarrojo térmico, Posteriormente se realizó el recorte del área del área de estudio.

En el caso de la banda térmica se convirtieron los niveles digitales en valores de radiancia y el cálculo de temperatura brillo. Finalmente para los cálculos de emisividad, temperatura y análisis estadísticos fue necesario la utilización de varias herramientas de

análisis espacial (reclasify, raster calculator, zonal statistic. etc.) y la conversión de las imágenes a formatos compatibles con el Arcgis.

4.3.2 Cálculo de Índices Espectrales

Para facilitar la extracción de la información fue necesario realizar el cálculo de índices espectrales. De acuerdo a lo indicado por Meera, S.Parthiban,Nagaraj Thummalu, Christy.A (2015). El procesamiento digital de imágenes de datos satelitales proporciona herramientas para analizar la imagen a través de diferentes algoritmos e índices matemáticos las características de reflectancia, y los índices han sido ideados para resaltar las características de interés en la imagen.

Para esta investigación se calcularon los siguientes índices NDVI, SAVI, NDBI, MNDWI.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): El Índice de vegetación de diferencia normalizada, en una imagen satelital Landsat se genera a partir de las bandas roja (Tercera) y banda infrarroja cercana (cuarta) usando la ecuación (1). Representa apropiadamente la cobertura y la salud de la vegetación en el área de estudio. El NDVI varía de -1 a +1. Los valores positivos son representativos de vegetación verde saludable, mientras que los valores negativos de NDVI indican cobertura no vegetativa (Aakriti Grover , Ram Babu Singh, 2015).

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = (\text{IRC} - \text{R}) / (\text{IRC} + \text{R})$$

Donde:

NDVI= El Índice de vegetación de diferencia normalizada

R= Banda 3 (Rojo visible)

IRC= Banda 4 (Infrarrojo cercano)

Para el Cálculo con imágenes Landsat se utiliza la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde la banda cuatro (IRC) es la reflectancia espectral del canal infrarrojo cercano y la banda 3 (RED) representa la reflectancia en el canal rojo del visible. Esta fórmula indica que existe una relación inversa entre el valor de reflectancia de ambas bandas, por lo que se uso es posible para discriminación de cubiertas vegetales.

NDBI (Normalized Difference Built Index): Índice de diferencia de construcción normalizada. Es un índice utilizado para mapeo automático de áreas urbanas/urbanizadas usando imágenes Landsat TM que ofrecen una operación fácil. (Sumbrimarian, 2017). El índice NDBI fue desarrollado para detectar áreas construidas, con alta respuesta en las bandas del infrarrojo medio que el infrarrojo cercano (García, Pérez, 2016).

este índice se expresa en valores de -1,0 a 1,0, indicando presencia de cubiertas vegetales donde los valores son menores de cero (valores negativos) y los mayores de cero (valores positivos) son indicadores de cubiertas edificadas y suelos desnudos.

Para el cálculo utilizamos la siguiente ecuación:

$$NDBI = (IRM - IRC) / (IRM + IRC).$$

Donde:

NDBI= Índice de diferencia de construcción normalizada

IRM= Banda 5 (Infrarojo medio)

IRC= Banda 4 (Infrarojo cercano)

Para el Cálculo con imágenes Landsat se utiliza la siguiente expresión:

$$NDBI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index): Índice de Vegetación Ajustado al Suelo. Este índice incorpora una constante de suelo, la cual se usa de acuerdo con vegetación de baja, intermedia o alta densidad. Está preparado para minimizar los efectos del fondo de suelo sobre la señal de vegetación al incorporar un factor L de ajuste del suelo constante en el denominador de la ecuación NDVI (Huete, 1988).

Para el caso de estudio se utilizó $L \approx 0,5$ para rangos intermedios de cobertura de vegetación recomendado por Zhang, J., Zhang, L., Zhang, M., Watson (2009).

Para el cálculo de SAVI se utiliza la expresión siguiente:

$$SAVI = \frac{IR - R}{IR + R + L} (1 + L)$$

Donde:

SAVI: Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

IR = Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al infrarrojo cercano

R = Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al rojo

L = 0,5 para vegetación de densidad intermedia.

Para Landsat se utiliza en forma

$$SAVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3 + 0.5} (1 + 0.5)$$

(Ecuación 3)

MNDWI (Modified Normalized Difference Water *Index*): Índice de diferencia de agua normalizada. Es un índice adecuado para eficiente para distinguir agua (Xu, 2006). El índice establece un umbral que permite aislar los cuerpos de agua de las demás coberturas y es además, uno de los índices menos sensibles a la influencia de la vegetación o a la presencia de material en suspensión (Ji et al., 2009).

El Índice de Agua Normalizado Modificado es el resultado de una operación aritmética de los valores espectrales de dos o más bandas.

Donde:

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

$$MNDWI = \frac{B2-B5}{B2+B5}$$

(Ecuación 4)

MNDWI: Índice de diferencia de agua normalizada

Green: Banda Verde (banda 2)

MIR: Banda infrarroja de onda corta (Banda 5)

4.3.3 Clasificación Supervisada

La Clasificación supervisada, consistió en definir las categorías o clases de las imágenes, seleccionando regiones de interés (ROI), Una vez generadas las capas raster correspondientes a las espectrales, estas fueron combinadas en un solo archivo que fue clasificado para la determinación de diferentes usos de suelo, para este fin se aplicó la clasificación supervisada en el Software ENVI 5.5, el mismo definió cada una de las clases de las imágenes, tomando muestras pequeñas, definiendo el color, cantidad de píxeles y número de muestras por polígonos. Durante esta fase fue necesario tomar las imágenes históricas del Google Earth de los diferentes periodos, con la finalidad de verificar el uso de suelo por cada imagen.

Los ROI establecidos sirven como polígonos de entrenamiento en el proceso de clasificación supervisada de cada imagen, en este trabajo se utiliza el método de la máxima probabilidad. En nuestro estudio las clases seleccionadas fueron suelo urbano, vegetación y agua.

4.3.4 Procesamiento de Bandas Térmica

El procesamiento de la banda térmica inició desde la conversión de números digitales a radiancia (*Figura 15*).

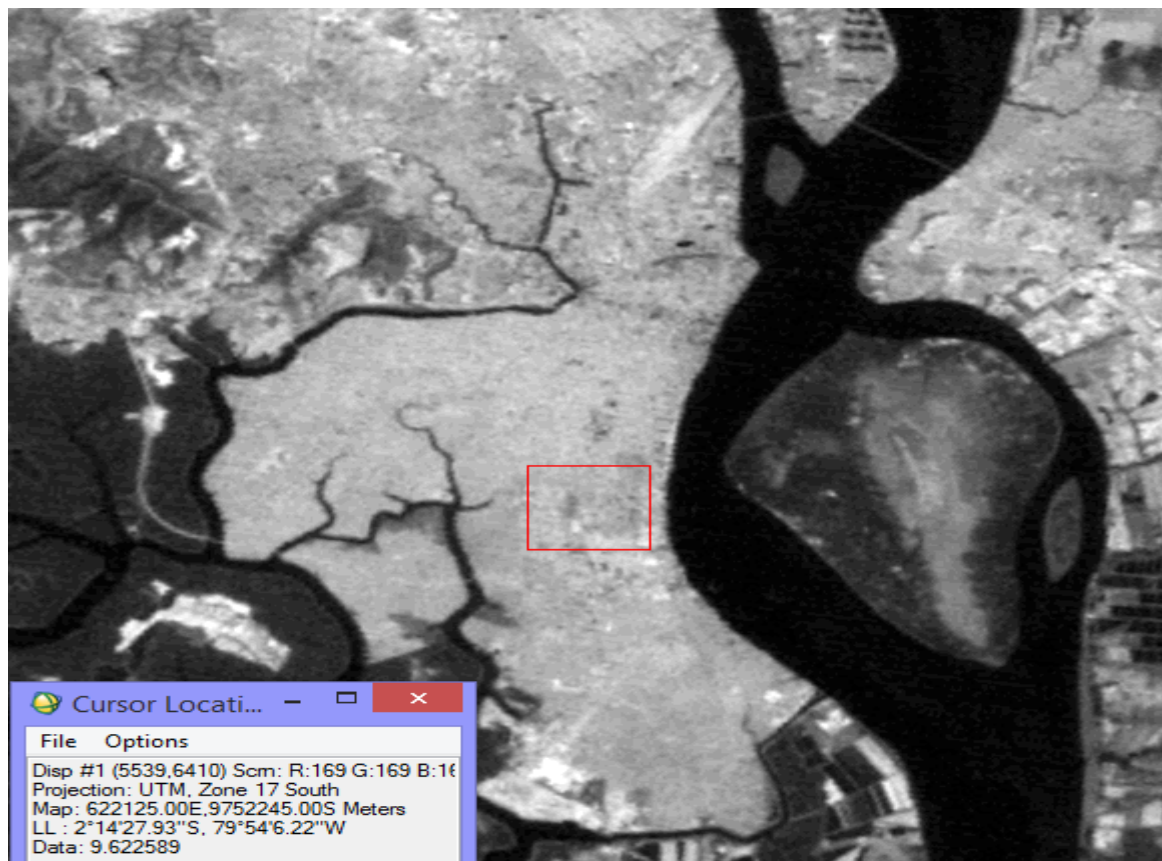


Figura 15 Imagen procesada muestra valores de radiancia del 23-11-2000

Los sensores registran la energía reflejada de la Tierra para la conveniencia del almacenamiento de datos guardados en forma de números digitales. Para la estimación de los valores DN no tienen unidad y cualquier connotación física, deben convertirse a radiancia, luego a temperatura de brillo en el sensor (superior de la atmósfera) y, además,

a la temperatura superficial terrestre (LST-Land Surface Temperature) para extraer un análisis cuantitativo a partir de datos de teledetección remota (Ghulam, 2010).

En el caso de este estudio los ND de la imagen se transformaron a radiancia, utilizando la herramienta preprosesing del Software ENVI.

Una vez con la radiancia calibrada utilizamos la fórmula de Planck (Ecuación 5), para cálculo de la temperatura brillo en K.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{I_\lambda} + 1\right)} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

T= temperatura brillo

K1= 607.76 (L5)

K2= 1260.56 (L5)

I_λ = Radiancia espectral

Los valores correspondientes a Landsat 7 para K1=666.09, K2=1282.71

4.3.5 Emisividad

La emisividad es básicamente la capacidad de emisión de un objeto o superficie, en comparación con la de un cuerpo negro a la misma temperatura. El efecto de la emisividad de la superficie terrestre en las mediciones satelitales se pueden generalizar en tres categorías: (1) la emisividad causa una reducción de la radiancia emitida en la superficie; (2) las superficies no negras reflejan el resplandor, y (3) el anisotropía de

reflectividad y emisividad puede reducir o aumentar el resplandor total de la superficie (Prata, 1993 y Weng, 2009). Por cuanto en la superficie terrestre no son cuerpos negros y tienen la capacidad emisora es necesario considerar su emisividad. Es necesario tomar en cuenta que la falta de tal información de las condiciones de la superficie puede inducir a errores de hasta 3 K en este parametro (Sobrino et al., 2003, 2004a, 2004c; Sòria y Sobrino, 2006; Coll et al., 2005).

Para la emisividad se utilizó el Software Arcgis y el método de los umbrales de Sobrino et al., (2000) donde considera el índice NDVI, para este proceso se utilizó la herramienta de análisis de imágenes para determinar los valores de emisividad para cada categoría

Los valores utilizados para categoría fueron

ε Urbano: 0.92

ε Vegetación: 0.988

ε Agua: 0.985

4.3.6 Determinación de Temperatura de Superficie Terrestre (LST)

La metodología para determinación de LST fue la de Jiménez-Muñoz y Sobrino (2009). Esta diseñada para trabajar con las bandas térmicas con un ancho de banda de 0,5 y 1,5 μm .

La estimación de LST se realiza utilizando las siguientes expresiones:

$$T_s = \gamma \left[\frac{1}{\varepsilon} (\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3 \right] + \delta \quad \text{(Ecuación 6)}$$

$$\begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w^2 \\ w \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

T_s = Temperatura de la superficie terrestre

L_{sen} = Radiancias Recibidas del sensor

$$\gamma = \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma L_{sen}} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

$$\delta = T_{sen} - \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

$\gamma\delta$ = parámetros para la estimación de TST

T_{sen} = temperatura de brillo

L_{sen} =radiancias recibidas por el sensor

b_γ = igual a 1256 K, y 1277 respectivamente para L5B6, y L7B6

Para Landsat 5 fueron consideradas los siguientes coeficientes

$$\begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.08735 & -0.09553 & 1.10188 \\ -0.69188 & -0.58185 & -0.29887 \\ -0.03724 & 1.53065 & -0.45476 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w^2 \\ w \\ 1 \end{bmatrix}$$

Mientras que para Landsat 7 se consideraron

$$\begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.07593 & -0.07132 & 1.08565 \\ -0.61438 & -0.70916 & -0.19379 \\ -0.02892 & 1.46051 & -0.43199 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w^2 \\ w \\ 1 \end{bmatrix}$$

De acuerdo a lo indicado por Jiménez-Muñoz et al. (2009), este algoritmo monocanal, proporciona buenos resultados bajo condiciones atmosféricas, puesto se utiliza datos próximos de vapor de agua. Cabe mencionar que se ha utilizado el modelo de las funciones atmosféricas ψ_1, ψ_2, ψ_3 , con los coeficientes calculados en base a la distribución de vapor de agua en la atmosfera que contiene la base de datos TIGR61.

4.3.7 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico fue necesario la utilización de los archivos raster de los mapas de cambios de urbanización y temperatura, además de la herramienta Zonal Statistics del Software ArcGis, donde los resultados obtenidos se interrelacionan dando como resultados tablas que muestran parámetros estadísticos, en este caso fueron necesarios el cálculo de temperatura media, mínima, máxima y rango, debido a la facilidad de diferentes opciones de cálculo estadístico.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Distribución de áreas urbanizadas

La extensión de las áreas urbanizadas en el área de estudio a través del periodo 1985-2010 estimada a partir de las imágenes Landsat clasificadas se presenta en la Tabla 5, mientras que la Figura 16 permite apreciar el avance de la urbanización en términos relativos (% del total de área de estudio) durante el mismo periodo.

Tabla 4

Tipos de uso de suelo en área de estudio en ha.

USO DE SUELO	1985	1990	2000	2010
Urbano	7571,97	10888,10	16136,50	15802,20
Vegetación	12155,00	8612,91	3573,99	2907,72
Agua	151,20	377,10	167,67	1168,20

Tabla 5

Tipos de uso de suelo en área de estudio (% del área total).

USO DE SUELO	1985	1990	2000	2010
Urbano	38,09	54,77	81,18	79,50
Vegetación	61,15	43,33	17,98	14,63
Agua	0,76	1,90	0,84	5,88
TOTAL	100	100	100	100

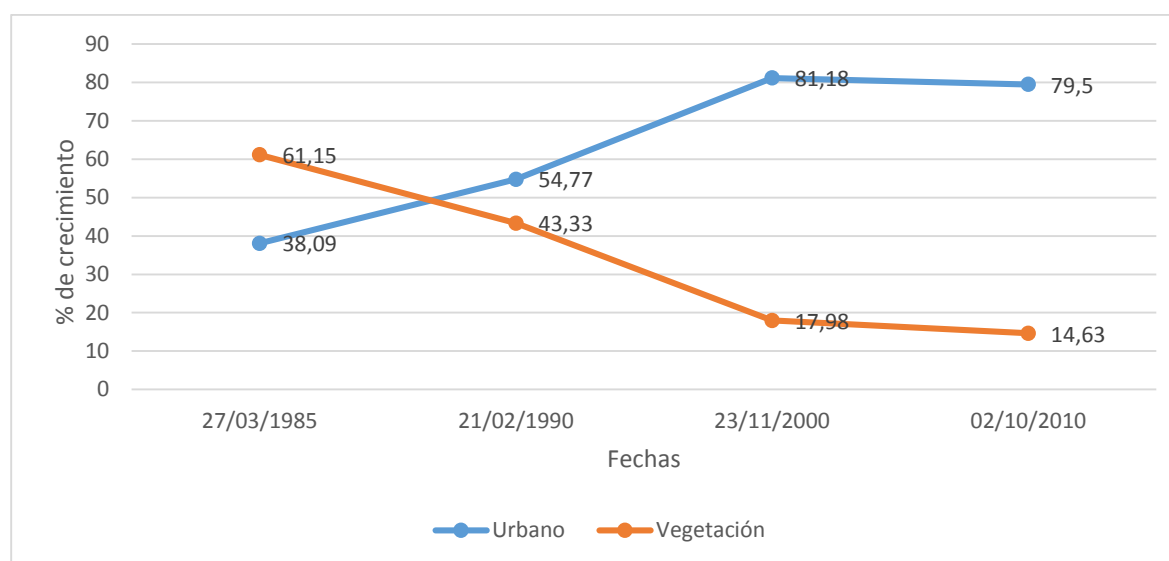


Figura 16 Superficie urbana y de vegetación en el área de estudio por años (% del área total).

Los resultados muestran un incremento considerable del área urbana desde 7571,97 ha en 1985 hasta 15802,2 ha en 2010, representando un incremento en este indicador de 8230.23 ha (Tablas 5 y 6). Estos resultados confirman lo expuesto en varios estudios sobre evolución urbana que indican el crecimiento urbanístico en las últimas décadas. Así Rodríguez (2002), señala que desde mediados del siglo veinte, América Latina pasó a ser el continente más urbanizado, mientras que Sosa y Waters (2006) en su estudio de los procesos de crecimiento urbano en Ecuador hablan del crecimiento dramático de Quito y Guayaquil, en gran parte debido a la migración rural-urbana. Es necesario tomar en cuenta que la falta de tal información de las condiciones de la superficie puede inducir a errores de hasta 3 K en este método (Sobrino et al., 2003, 2004a, 2004c; Sòria y Sobrino, 2006; Coll et al., 2005).

La tendencia del continuo crecimiento de áreas urbanizadas durante todo el periodo analizado (Figura 16) fue más notoria hasta el año 2000 (81,18 % respecto a 1985), lo que significa la tasa de crecimiento anual por encima de 8%. En los mapas de uso de suelo correspondientes (Figura 19), se observa que en este periodo la ciudad se ha extendido desde la parte central hacia las áreas aledañas como Monte Sinaí (34), Paraíso de la Flor (33), Nuevo Guayaquil (35), Nueva Prosperina (31), Fortín Monte Bello (27), Bastión Popular I y II (28,29) y Mucho Lote (30). En el mapa de uso de suelo correspondiente al año 2000 las áreas urbanizadas ocupan más de 80% de la superficie, con una pequeña área en el noroeste de la ciudad con predominio de cobertura vegetal.

Este resultado también concuerda con lo indicado por la Agenda Civil del Buen Vivir (2012), que resalta que la Ciudad de Guayaquil está en el proceso de un crecimiento acelerado desde hace más de medio siglo, y en gran parte del territorio se asientan invasiones irrespetando normas legales, propiedades del Estado, y degradando el medio ambiente con talas de manglar y relleno de esteros.

Las *Figura 17* y *Figura 18* permiten apreciar las direcciones y ritmos del crecimiento urbano para el periodo estudiados, es así que para el año de 1985 ocupa las áreas del centro de la ciudad, con un avance evidente hacia la parte noroeste entre 1985 y 1990, ocupando parte de las áreas de Guayacanes (19), Mucho Lote (30), Bastión Popular 2 (28), Florida (25). El periodo 1990-2000 es de avance más significativo de urbanización, el área urbanizada llega a ocupar más que doble del espacio de 1985, las nuevas urbanizaciones e invasiones se extienden en la zona norte y noroeste de la ciudad, en áreas como Montebello (27), Nueva Prosperina (31), Fortín (32), Nuevo Guayaquil (35),

Paraíso de la Flor (33), Monte Sinaí (34). Con respecto a los años 2000 al 2010 el desarrollo urbano se estabiliza en el área de estudio, mismo que puede deberse al desarrollo de políticas de planificación y desarrollo urbano.

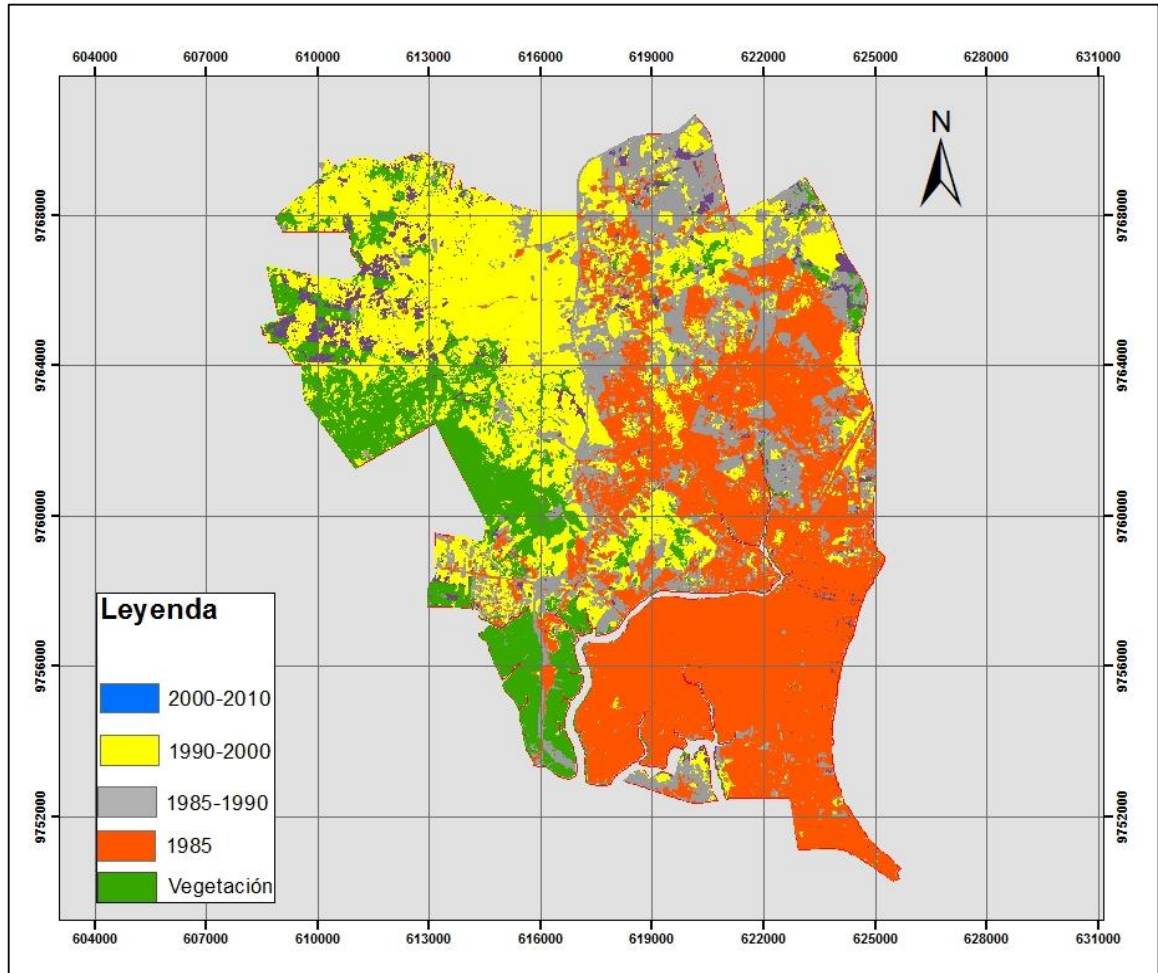


Figura 17 Mapa de Crecimiento Urbano por Periodos desde 1985 al 2000

5.1.2 Distribución de temperatura de superficie Terrestre

Las *Figura 18 y 19* muestran la distribución de temperatura de superficie estimada desde las imágenes Landsat en varios momentos del periodo 1985-2010. En 1985 los valores mínimos de temperaturas están por debajo de 12°C y las máximas por encima de 24°C, estando visible la Isla de Calor Urbana en la zona céntrica de la ciudad. Este mismo patrón se observa en la imagen de 1990 donde las temperaturas mínimas son inferiores a 17°C, mientras que las máximas son superiores a 28°C. La ICU aumenta de tamaño y se extiende a áreas como Kennedy (21), Urdesa (38), y Alborada (37). Para el año 2000 las temperaturas mínimas se encuentran en las zonas de Bellavista (20), parte de los Ceibos (22) y Guayacanes (19), y las temperaturas máximas superiores a 41°C, se concentran en el casco céntrico de la ciudad de Guayaquil, y con el transcurso de los años la isla de calor se distribuye hacia la parte norte donde se ubican los sectores como Monte Sinaí, Nuevo Guayaquil, Paraíso de La Flor, Fortín, Nueva Prosperina, y en gran parte de Los Ciebos, Para el año 2005, debido a problemas en el Software del sensor de Landsat 7, las imágenes presentan fallas.

El patrón de temperatura para el 2010 es distinto comparado con otros momentos analizados, pues las temperaturas mínimas se observan en áreas como Atarazana (17), Kennedy (21), Urdesa (38), y las máximas se localizan en áreas como Monte Sinaí (34). Las diferencias en los patrones de distribución de temperatura de superficie de esta imagen frente a otras probablemente se deben a la variabilidad climática, observado también por otros investigadores como Baño (2017) que reconoce que situación que pudo presentarse debido a cambios atmosféricos a escala regional o global, por la

presencia de modificaciones en los movimientos de masas de aire, producto de la ocurrencia de los fenómenos del niño o la niña.

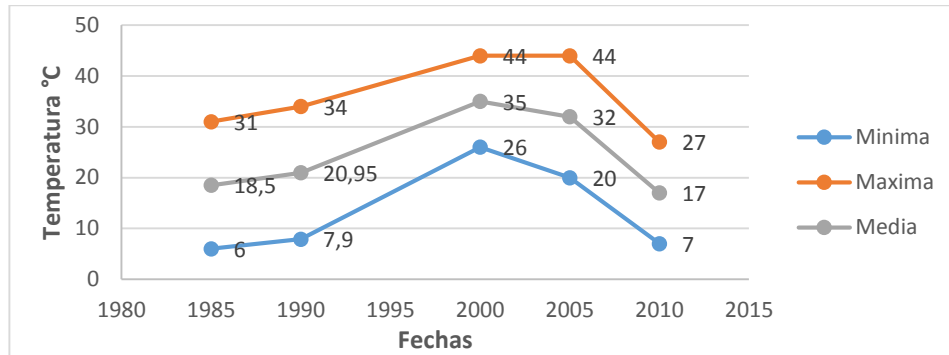
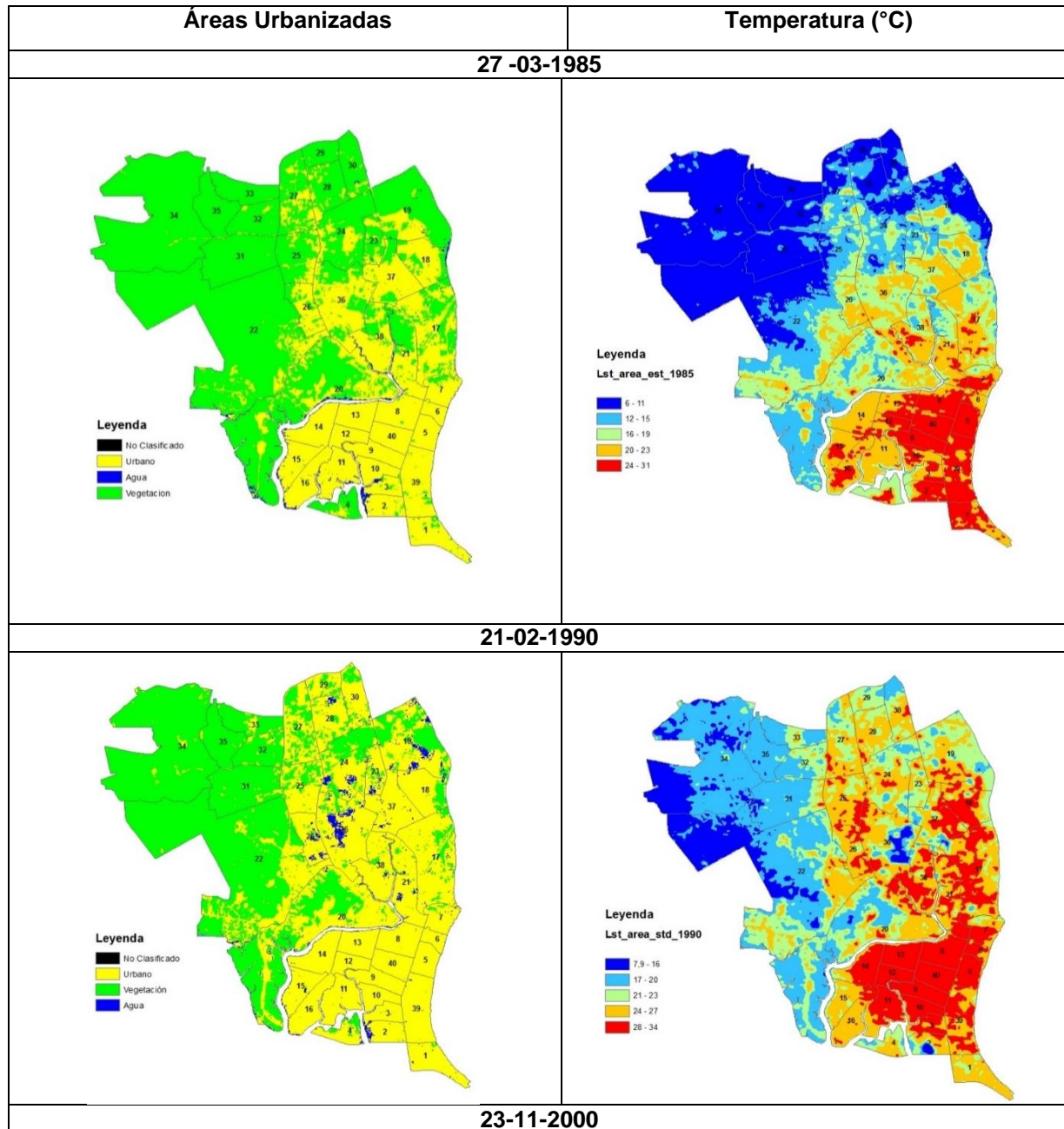


Figura 18 Evolución de temperaturas de superficie en el área de estudio a partir de imágenes Landsat.

5.1.3 Relación entre temperatura de Superficie y el área urbanizada

La serie temporal de mapas de temperatura y cobertura de superficie que se presenta a continuación, visualiza la relación entre estas variables (*Figura 19*).



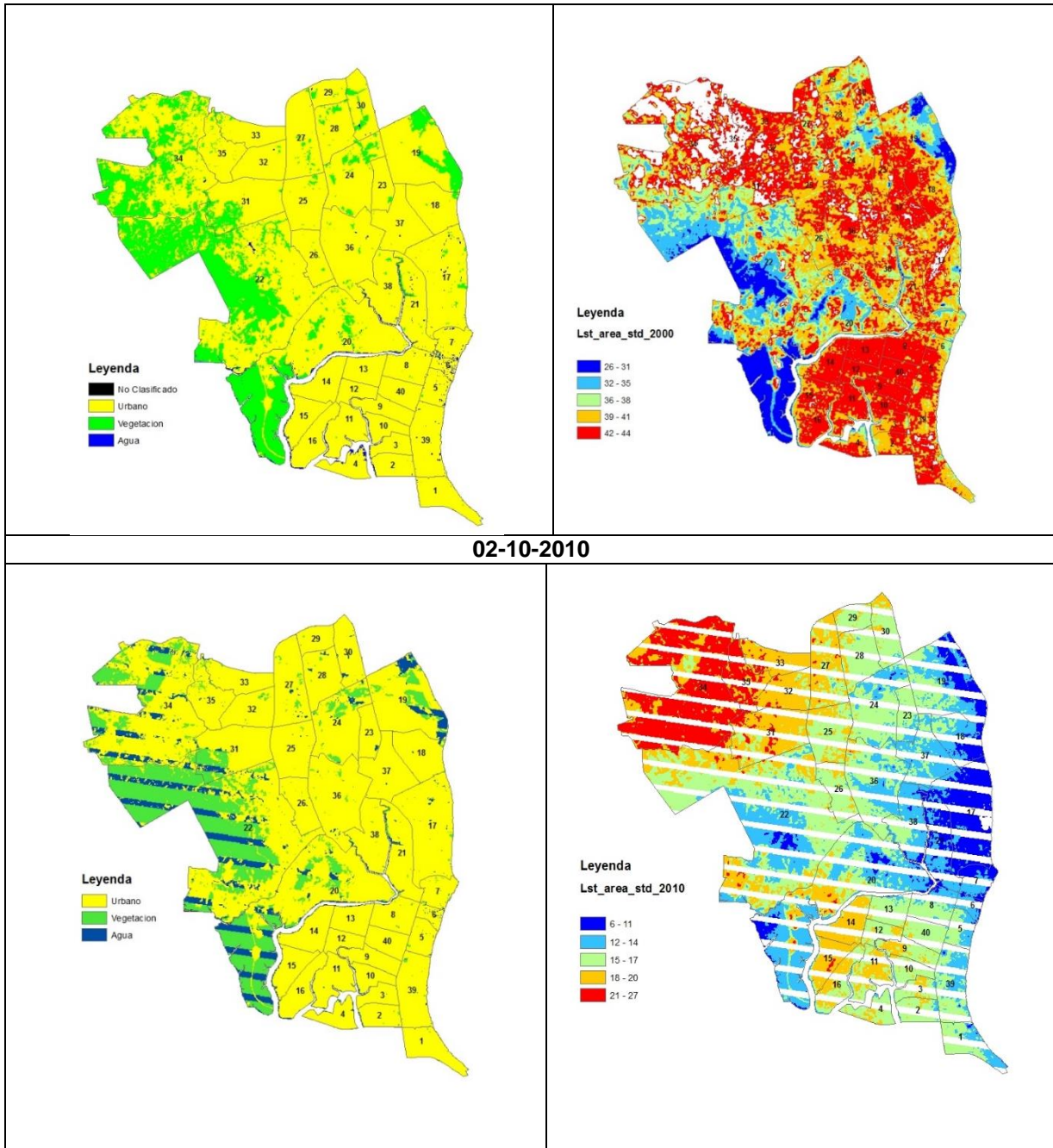


Figura 19 Comportamiento espectral de IC y Evolución del Área Urbana

El análisis de las imágenes permite hablar de la existencia de la Isla de Calor en el periodo de estudio y su relación con el desarrollo del área urbanizada, la isla de calor en 1985 se concentra en la zona céntrica, en áreas como La Chala (12), Venezuela (40), Garay (8), Venezuela (40), antepara (9) Cristo del Consuelo (10), Para los años 1990 el patrón continua con una tendencia de avance de la Isla de Calor y desarrollo de crecimiento urbano para las áreas ubicadas en la zona norte como Mapasingue (26), Martha Roldós (36), Alborada (37), Sauces (18). En el 2000 la Isla de Calor y el crecimiento ha sido más pronunciado sobre todo en el área de expansión urbana de los sectores de Montesinaí (34), Paraíso de la Flor (33), Fortín (32), Nvo. Guayaquil (35), Nva. Prosperina (31).

La Tabla 6, presenta las estadísticas descriptivas de la distribución de temperaturas en el área analizada, con el fin de comparar el comportamiento de esta variable en las áreas urbanizadas con el de agua y vegetación.

Tabla 6*Estadísticas Descriptivas de coberturas y temperaturas de superficie.*

27/03/1985					
Coberturas	Área (ha)	T.Max (°C)	Rango	Media	s
Urbano	7571.97	31	23	21,41	3,16
Vegetación	12154.95	27	21	11,93	3,63
Agua	151.2	26	17	16,21	2,50
21/02/1990					
Urbano	10863.99	33,55	23,56	25,69	3,52
Vegetación	8596.98	29,84	21,97	18,03	3,09
Agua	362.52	30,78	15,06	23,29	2,49
23/11/2000					
Urbano	15983.37	50	29	40,86	2,98
Vegetación	3556.26	30	30	34,22	4,71
Agua	150.03	22	22	34,28	3,82
02/10/2010					
Urbano	10982.43	27	24	16,34	3,31
Vegetación	2893.05	26	24	15,21	3,24
Agua	5948.01	25	24	2,91	4,98

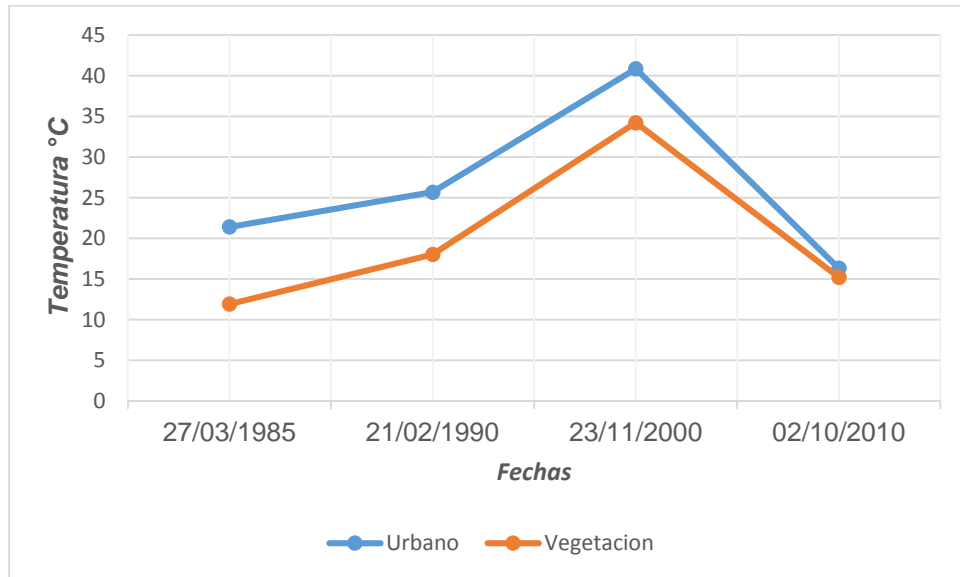


Figura 20 Temperatura Promedio (°C) por coberturas del periodo 1985 al 2010 de la Ciudad de Guayaquil

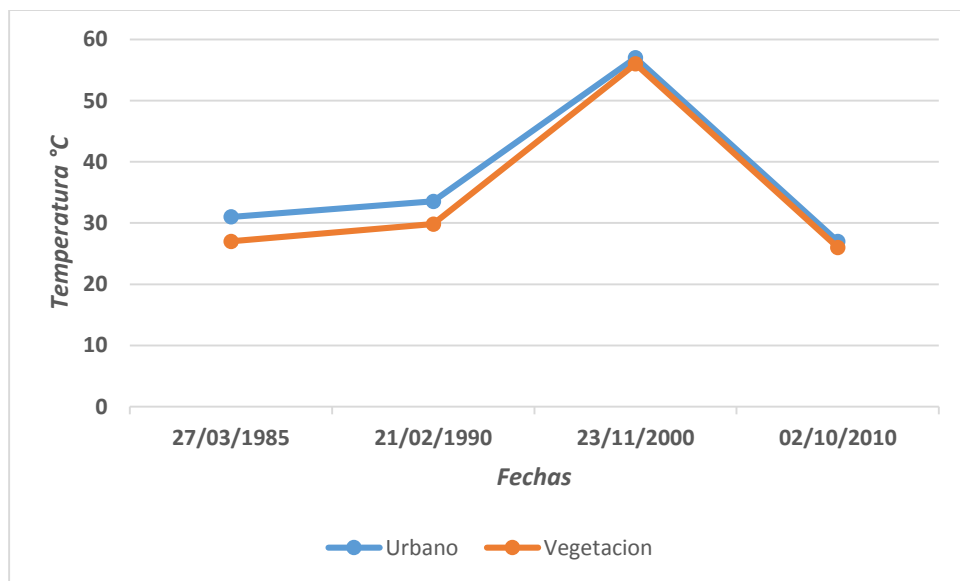


Figura 21 Temperatura Máxima (°C) por coberturas del periodo 1985 al 2010 de la Ciudad de Guayaquil

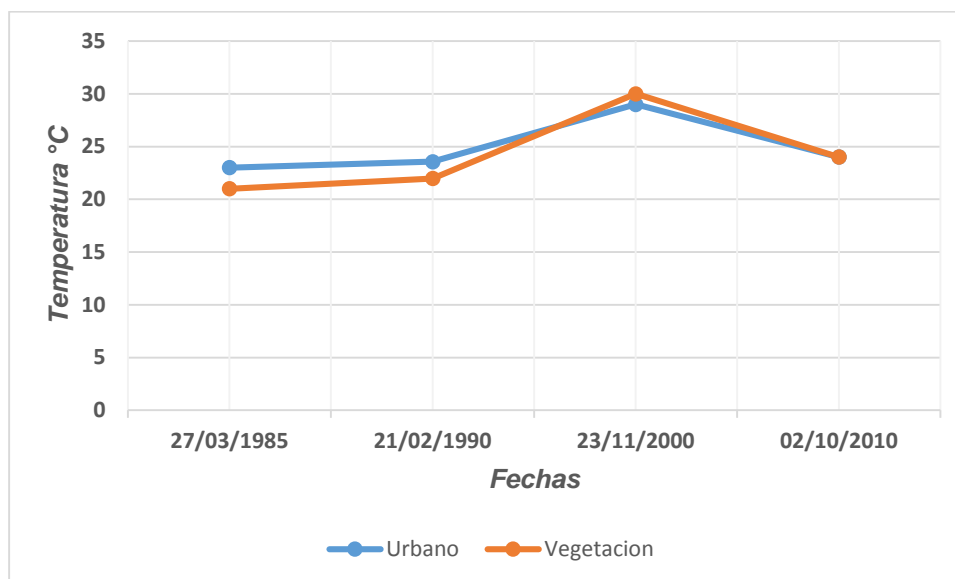


Figura 22 Rangos de temperatura (°C) por coberturas para el periodo 1985 al 2010 de la ciudad de Guayaquil

Los valores de temperatura promedio más altas tanto para las áreas urbanizadas como para la vegetación han sido observadas en la imagen correspondiente a noviembre de 2000, cuando para las áreas urbanizadas superaron los 40° (Figura 20). Por otro lado, en la imagen del octubre 2010, los valores de la temperatura promedio son los más bajos de todas las fechas analizados, superando marginalmente los niveles de temperaturas medias para las áreas urbanizadas a las de vegetación. En todas las fechas las áreas urbanizadas muestran las temperaturas promedio más altas de otras clases de suelo, aunque las diferencias entre los promedios de temperaturas de áreas urbanizadas y de vegetación en la serie de imágenes disminuyen de una fecha a otra, lo que podría tener su explicación en la variabilidad climática o efectos de las temperaturas de la isla de calor sobre las áreas de vegetación adyacentes o interurbanas.

Las temperaturas máximas mostrados en la Figura 21 siguen el patrón similar al de las temperaturas medias. Son notorios los niveles por encima de 55`C observados en las áreas urbanas en noviembre de 2000. Aunque este hecho puede ser resultado de las condiciones climáticas generales excepcionalmente calurosas en esta concreta fecha, posiblemente el avance descontrolado de la urbanización en la década correspondiente ha tenido su contribución, siendo una de las expresiones del cambio climático.

Para comparar la intensidad de la ICU en las imágenes correspondientes a diferentes fechas, hemos calculado las diferencias entre las temperaturas promedio de los circuitos en las zonas de las temperaturas más elevadas y las áreas con las temperaturas más bajas ubicadas en las áreas de cobertura vegetal. A pesar de variar los valores absolutos de la temperatura de fecha a fecha, la intensidad de ICU alrededor de 14` ha demostrado bastante estabilidad. Es interesante notar, que el circuito de Nuevo Guayaquil ha pasado de ser una zona de vegetación con temperaturas bajas en 1985 y 1990 a convertirse en el centro de nueva isla de calor en 2000, con la intensidad más alta que la isla de calor con el centro en la parte histórica de la ciudad (circuito de Antepará) cuya intensidad en esta fecha fue de aproximadamente 12`. Esto nos lleva a considerar que las nuevas islas de calor en las áreas de invasiones desprovistas de vegetación son lugares con las condiciones climáticas más perjudiciales para la salud de las personas.

Como han indicado varios autores, la salud de los ciudadanos en áreas urbanas pueden verse afectada por los aumentos de temperatura tanto de día, como de noche (Fernández, 2009). Una ola de calor acentuada con una isla térmica puede provocar temperaturas muy severas, con el consecuente riesgo, especialmente para niños o

ancianos. Asimismo, un mayor calor estable en las ciudades puede facilitar la expansión de insectos que transmiten enfermedades.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- En el análisis de las imágenes satelitales se comprobó que en el periodo analizado, la zona urbana aumentó de un área inicial de 7571.97 ha. en el año de 1985 a 15802,2 ha, para el año 2000, lo que constituye un porcentaje de 43.08% con respecto al inicio del periodo. Las zonas de crecimiento se ubicaron al Norte de la ciudad de Guayaquil en áreas como Monte Sinaí (34), Nuevo Guayaquil (35), Paraíso de la Flor (33), Fortín (32), Nueva Prosperina (31), Florida (25), Monte Bello (27), bastión Popular (28), Mucho Lote (30) y Juan Montalvo (24).
- De la serie temporal de imágenes, se concluye que el crecimiento más significativo dentro del periodo de estudio sucedió en los años de 1985 al 2000 y aparentemente se estabilizó para el 2010, que parece deberse a aplicación de leyes y normas enfocadas a ordenamiento territorial en la ciudad de Guayaquil.
- El análisis de la distribución espacial, por medio de la serie de imágenes temporales, muestran el aumento de temperatura al inicio del periodo de estudio (1985), principalmente en Garay (8), Venezuela (40), Antepara (9), Chile (5) y Centenario (39), el mismo patrón de incremento de temperatura continúa para los años 1990 al 2000 donde se observa que la isla de calor se extiende a la zona norte. Sin embargo para el año 2010 la isla de calor se acentúa en Monte Sinaí (34), mientras que para el resto del área de estudio las temperaturas son

relativamente bajas, este comportamiento anómalo responde a los fenómenos climáticos para esta fecha.

- Los mapas temáticos de temperatura y áreas urbanas permitió confirmar la existencia de Islas de Calor Urbana y la relación con el crecimiento de áreas urbanizadas en el periodo 1985 al 2010, esto fue posible debido a la elaboración de secuencias de mapas y su interrelación.
- Se confirmó la viabilidad de las imágenes satelitales para el monitoreo de áreas urbanizadas e Isla de Calor, lo que facilitaría la toma de decisiones dirigidas al proceso de ordenamiento Territorial y mitigación de cambio climático.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para próximos estudios de procesos de urbanización, sería necesario considerar en las series temporales de imágenes, además de imágenes Landsat, satelitales compatibles de características similares a Sentinel 2A y Sentinel 2B.
- Los resultados de este estudio de análisis de Islas de Calor y cambios de la Urbanización, podrían tomarse como referencia para próximas decisiones de planificación territorial (usos de suelo) en la ciudad de Guayaquil y evitar que el desarrollo poblacional comprometa los recursos naturales.
- Se recomienda la utilización de la teledetección para monitoreo de ciudades, con el fin de implementar planes que favorezcan al desarrollo de ciudades verdes, logrando temperaturas bajas en áreas urbanas, mejorando la calidad de vida de la población y minimizando los efectos del cambio climático. Es

necesario considerar de acuerdo a la EPA (2011) una de la estrategias es plantar árboles en caras oeste y este de los edificios con el fin de mantener bajas temperaturas y evitar Isla de Calor Urbano.

- Se recomienda considerar los resultados de esta investigación, por parte de las instituciones que regulen y controlen el crecimiento urbano de Guayaquil, con el fin conservar áreas naturales cercanas a las ciudades.

BIBLIOGRAFÍA

- A, F. C. (2001). *El satélite Landsat*. España: Universidad de Valladolid.
- Agency, E. S. (2014). Obtenido de <http://www.esa.int>(2016). *análisis multitemporal de la expansión urbana de la ciudad de Popayan, Cauca entre los años 1989,2002 y 2014*. Manizales: Universidad de Manizalez.
- Anzoategui, B. A. (2007). *Estudio sobre la expansión Urbana de la Ciudad de Monteria Utilizando Imágenes de satélite*. España: Universidad de Cordova.
- Avalos, K. (2012). *Percepcion remotay sus aplicaciones a la evluacion de la calidad del agua*. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de mexico.
- Camara, A. (2005). *Metodo Contextual para fusion de datos*. Mexico: Universidad autonoma de Mexico.
- Castellanos, G. y. (2016). *Obtención de Imágenes Índice de Vegetación Savi A*. San Luis: Tecnicatura Universitaria en Geoinformática. .
- Coch-Roura H, S. A. (2014). *Efectos de la Morfología de las Calles en el Fenómeno de la Isla de Calor*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Cordova, K. (2012). *Geotecnología espacial aplicada al estudio del fenomeno de islas de termicas urbanas*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Diaz, F. Q. (2014). *Aproximacion de sistemas de Percepcion remota*. Bogota: Universidad Sergio Arboleda.
- E., S. E. (2012). *Estimación de Temperatura Superficial en el Valle de Aburrá Mediante Técnicas de Percepción Remota*. Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Fernández, H. G. (2013). *caracterización de islas frescas urbanas-IFU en la ciudad Santiago de CALI-COLOMBIA*. Colombia: Universidad del Valle.
- Galvez, J. (2014). *criterios para la planificacion y el diseño de corredores fluviales urbanos para la mitigacion de la isla de calor*. España: Universidad de granada.
- Garrido, A. (2013). *Análisis de susceptibilidad de corrientes de derrubios en la zona del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. España: Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica.
- Gonzalez, J. (2017). *la percepcion remota (6ta Ed)*. Obtenido de <http://haciaelespacio.aem.gob.mx>

- Grove, A., & Singh, R. (2015). *Análisis de Isla de calor urbano(UHI) en relación con el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI): un estudio comparativo de Delhi y Mumbai*. doi:10.3390/environments2020125: volumen 2.
- Jaramillo, D. (2016). *Análisis Multitemporal de la Expansión Urbana del Municipio de Santiago de Cali, Colombia*. Colombia: Universidad de Manizales.
- Jiménez-Muñoz J., S. J. (2010). *Obtención de la temperatura de la superficie terrestre a partir de la serie histórica Landsat*. España: Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona.
- José M. Cuadrat Prats, S. M.-S. (2005). *Los efectos de la urbanización en el clima*. España: Universidad de Zaragoza.
- K, G. (2015). *Análisis Espacio Temporal de la Isla de Calor Urbana de Zagreb a Partir de Imágenes Landsat*. España: Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio.
- L. Yang, F. Q.-X.-J. (2016). *Research on Urban Heat-island Effect*. China: Tongji University.
- McPherson, G. (1994). *Coolin Urban Heat Island with sustainable landscape*. United States: department of agriculture.
- Meera, G., Parthiban, S., Naaraj, T., & Cristy, A. (2015). *Ndvi: Detección del cambio de vegetación usando sensores remotos y GIS un caso de estudio del distrito de vellore*. volumen (57) 3-4 doi: doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415.
- Monterroso, F. (2013). *Guía Práctica de clasificación de Imágenes Satelitales*.
- P., S. (2012). *La isla de calor urbana de superficie y sus factores condicionantes: El caso del área metropolitana de Santiago*. España: Universidad de Barcelona.
- Poveda-Gonzalez, E. (2015). *Análisis Multitemporal De La Expansión Urbanística Del Municipio De La Calera, Cundinamarca, Colombia*. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Programs, U. E. (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. U.S: Climate Protection Partnership Division in the U.S.
- Romero, H. (2016). *Patrones y Factores de crecimiento espacial de la Ciudad de Chile, y sus efectos en la generación de islas de calor urbana de superficie*. Chile: Universidad de Concepción.
- udla. (2014). *Características generales de la Demografía en el Ecuador*. Ecuador: Revista para la Docencia de Ciencias Económicas y administrativas en el Ecuador.

- Valle, A. d. (2005). *Apuntes de optoelectrica* . Mexico: Tecnologico de estudios superiores de Ecatepec.
- Vivek K, P. K. (2015). *Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation*. India: ISRO Satellite Centre,.
- Vlassova, L. (2016). *Land Surface Temperature (LST) estimated from Landsat images: applications in burnt areas and tree-grass woodlands (dehesas)*. España: Universidad de Zaragoza.

