

# **Estudio del Crecimiento Urbano con respecto al Efecto Isla de Calor para establecer Lineamientos de Gestión Energético Ambiental en Bogotá**

**Lady Viviana Gómez Forero**

Universidad de la Salle, Bogotá D.C., Colombia, viviana0810@gmail.com

**Cristian Camilo Castañeda Rodríguez**

Universidad Distrital F.J.C., Bogotá D.C., Colombia, ccamilocr@gmail.com

## **ABSTRACT**

The entitled project "Study of urban growth regarding to the heat island effect in order to establish energetic environmental management guidelines on Bogotá" intend to use tools such as Geographic Information Systems (GIS), remote sensing, and geostatistics to carry out a geographic analysis about environmental , socio-economic and urban infrastructure topics, in order to establish the causes of thermal pollution generated by the effect called urban heat island. In this sense, the following issues will be addressed: Assessment of the relationship between energy and the environment, focused on the analysis of socio-economic on land use variables and its economic activity, based on geostatistical processing of multispectral imagery, geographic databases and field visits. Formulation of action plans to mitigate the heat island effect in areas with greater accumulation of heat in the city, with the objective to look for the urban temperature decrease with energy and environmental management guidelines.

**Keywords:** Urban Heat Island, remote sensing, urban weather, land use, energetic environmental management.

## **RESUMEN**

El proyecto titulado "Estudio del crecimiento urbano con respecto al efecto isla de calor para establecer lineamientos de gestión energético ambiental en Bogotá" pretende usar herramientas como los Sistemas de Información Geográfico (SIG), Teledetección, y Geoestadística para realizar un análisis geográfico a nivel ambiental, socio económico y de infraestructura urbana, que permita establecer las causas de la contaminación térmica generada por el efecto llamado isla de calor urbano. En este sentido, se abordarán los siguientes temas: Evaluación de la relación entre energía y medio ambiente, enfocada al análisis socio-económico de de las variables uso del suelo y actividad económica, teniendo como base el procesamiento geoestadístico de imágenes multiespectrales, bases de datos geográficos y visitas a campo. Formulación de planes de acción que mitiguen el efecto isla de calor en las zonas con mayor acumulación de calor en la ciudad, con el objetivo de buscar la disminución de la temperatura urbana mediante lineamientos de gestión energética y ambiental.

**Palabras Clave:** Isla de calor urbano, teledetección, clima urbano, uso del suelo, gestión energético ambiental.

## **1. INTRODUCTION**

El actual cambio climático ha conducido a la creación de una serie de organizaciones mundiales, ligadas a instituciones educativas, gubernamentales y en algunos casos particulares, que se encargan de estudiar el clima en ciudades y zonas rurales. Estos estudios han servido como base a acuerdos internacionales firmados por las

naciones en dónde éstas se comprometen a generar políticas nacionales, regionales y locales, orientadas a la mitigación de la variabilidad climática y al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

El presente documento introduce un enfoque conceptual sobre el fenómeno denominado Efecto Isla de Calor Urbano sus causas y sus efectos y las alternativas para mitigar dicho fenómeno en la ciudad de Bogotá mediante políticas de gestión energético ambiental que deriven el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos, dado que los actuales sistemas económicos y sociales han generado un consumo exagerado de los recursos naturales, haciendo parte de grandes centros urbanos que demandan la sociedad moderna, generando contaminación, explotación y destrucción de los ecosistemas existentes.

Para llevar a cabo el presente trabajo de grado, se realizó un estudio del crecimiento urbano con el fin de establecer lineamientos de gestión energético ambiental de acuerdo a las zonas que se seleccionaron para el estudio y que presentan fenómeno isla de calor en la ciudad de Bogotá.

## **2. METODOLOGÍA**

El proceso metodológico desarrollado en el presente proyecto corresponde principalmente a uno de tipo deductivo, en donde se compilaron datos cuantitativos y cualitativos, que permitieron asociar y analizar información geográfica con respecto a la normatividad del suelo establecido por el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) y el PGA (Plan de Gestión Ambiental) de la ciudad de Bogotá. Con los resultados obtenidos del análisis planteado, se buscará proponer medidas de gestión que contrarresten el efecto de isla de calor, y que contribuyan al mejor manejo del medio ambiente en la ciudad.

### **2.1 ETAPA PRELIMINAR**

#### **REVISIÓN DE INFORMACIÓN**

Se realizó una revisión bibliográfica con el fin de comprender las situaciones asociadas al crecimiento poblacional, al uso del suelo y como su relación influye en el aumento de la temperatura, contribuyen al fenómeno de islas de calor en la ciudad (resultado hallado en la Etapa I).

### **2.2 ETAPA I. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

#### **ELABORACIÓN DE MAPAS DE ISOTERMAS Y USO DEL SUELO.**

Se procesaron las imágenes satelitales del satélite Landsat 7, mediante el software Erdas 9.3 para la generación de mapas de isotermas. A su vez, se realizó una superposición de la información obtenida en conjunto con la información cartográfica en el software ArcGis 9.3 para establecer la relación existente entre acumulación de calor y el uso del suelo.

### **2.3 ETAPA II. VERIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN EN CAMPO**

#### **REALIZACIÓN DE RECORRIDOS**

A partir de la primera etapa, se realizó un recorrido en campo para evaluar en las zonas que se seleccionaron y que presentan mayor acumulación de calor, esto con el propósito de evaluar los factores que inciden en el fenómeno isla de calor.

### **2.4 ETAPA III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN FINAL DE LA INFORMACIÓN**

#### **2.4.1 DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Una vez obtenida toda la información base, se procedió a la elaboración de mapas temáticos que correlacionaron variables como el uso del suelo y la acumulación de calor. Para desarrollar este punto, se tomó la información de los mapas de isotermas generados a partir del procesamiento de las imágenes satelitales en el software Erdas 9.3 y

luego, se procedió a vectorizar dichos resultados en conjunto con la información del SIG (Sistema de Información Geográfica) en el software ArcGis 9.3. De esta manera, la migración de información raster (imágenes satelitales) hacia estructuras vectoriales (SIG) permitió un adecuado tratamiento cuantitativo de la información, para generar los sitios significativos con alto grado de temperatura, y la participación de los factores que influyen en la generación de las islas de calor en la ciudad de Bogotá.

#### 2.4.2 MEDIDAS PARA CONTRARRESTAR EL EFECTO DE ISLAS DE CALOR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Una vez conocida la situación actual de las áreas significativas que presentan este fenómeno, se procedió a establecer lineamientos de gestión energético ambiental, que permitieran hacer un mejor aprovechamiento del espacio, y un mejor uso de los recursos naturales, optimizando el uso del suelo, en donde éste se conciba como verdadero eje de mejoramiento continuo, contribuyendo a la regulación de las condiciones ambientales, reduciendo así los impactos negativos que se puedan generar sobre la calidad del hábitat.

### 3. ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

#### 3.1 SELECCIÓN DE LAS IMÁGENES

Para el presente proyecto se realizó un análisis histórico del clima para definir la ventana temporal en la que se iba a escoger las imágenes Landsat. A su vez, dicha selección tuvo en cuenta el periodo seco y lluvioso que presentaba Bogotá de manera significativa, antes de verse afectada por los fenómenos del Niño y la Niña y el cambio climático que se ha impulsado a partir del desarrollo de los últimos años en la ciudad. Así mismo se evaluó la calidad de las imágenes como fue la revisión del cubrimiento de nubosidad sobre la imagen, y más aún sobre el área de influencia, es decir, dentro del perímetro urbano de Bogotá.

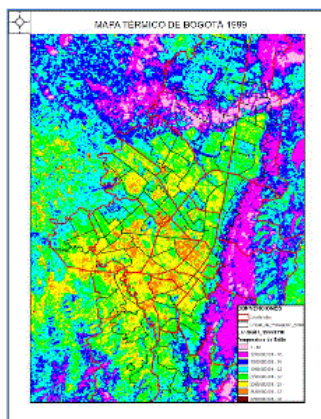
**Tabla 1: Escala temporal**

SENSOR	FECHA DE CAPTURA
LANDSAT 7 ETM+	16-Noviembre-1999
LANDSAT 7 ETM+	01-Febrero-2005
LANDSAT 7 ETM+	21-Febrero-2012

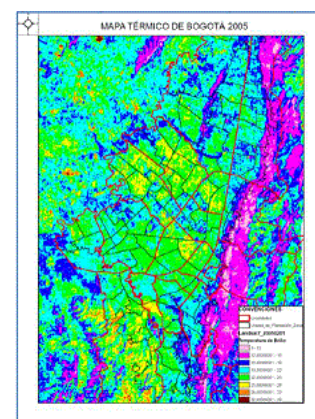
**Fuente:** Elaboración propia

#### 3.2 INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS

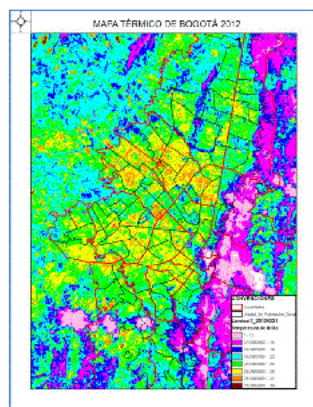
##### 3.2.1 TEMPERATURA DE BOGOTÁ EN LOS AÑOS 1999, 2005 Y 2012 A PARTIR DE IMÁGENES LANDSAT 7 ETM+



**Figura 1: Mapa Térmico de Bogotá 1999**



**Figura 2: Mapa Térmico de Bogotá 2005**



**Figura 3: Mapa Térmico de Bogotá 2012**

**Fuente:** Elaboración propia mediante el software ArcGis 9.3

### 3.2.2 RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS E INTENSIDAD DE LA ISLA DE CALOR.

Las mediciones de temperaturas para la ciudad de Bogotá fueron realizadas en condiciones de cielo despejado del mes de febrero (ver figuras 2 y 3), a excepción de una de las mediciones, hecha para el año 1999 (ver figura 1) que corresponde al mes de noviembre (época lluviosa). De esta manera, el presente estudio revela que la temperatura del aire en Bogotá, al igual que en muchas otras ciudades del mundo, ha venido aumentando conforme a los factores locales (ver figura 5), es decir, condiciones particulares del diseño urbano, uso del suelo, población, contaminación y desaparición progresiva de zonas verdes, se han desenvuelto durante los últimos años.

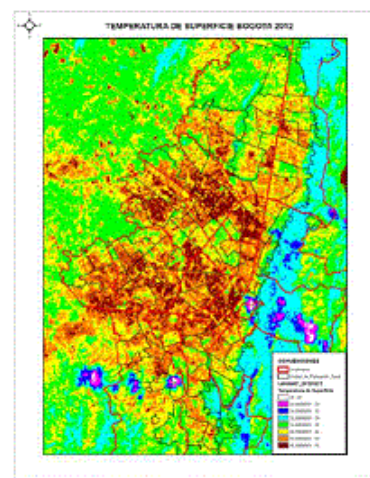
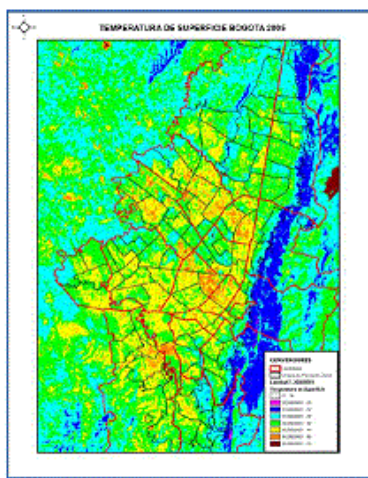
Los patrones de temperatura de brillo o también conocida como temperatura del aire, presentados en los mapas térmicos de los años 2005 y 2012 (figuras 2 y 3), siguen en buena medida las tendencias registradas en otros estudios realizados en el mundo, es decir, en general la temperatura atmosférica del territorio urbano ha venido aumentando con los años, y mostrando mayores valores hacia las áreas centrales de la ciudad y menores en las zonas periféricas. Además de ello, se logra identificar que la distribución de las temperaturas más altas se condensan en las zonas predominantemente industriales de la ciudad, ubicadas principalmente en las UPZ (Unidades de Planeamiento Zonal) de las localidades de Fontibón y Puente Aranda, expandiéndose el efecto cañón hacia las localidades de Engativá, Kennedy y Centro, las cuales han sufrido fuertes procesos de desarrollo urbano en lo que se refiere a los procesos de incremento de la población, aumento en el número de industrias y actividad comercial.

Otra causa tangible del aumento de temperatura en estas localidades, corresponde a la gran magnitud del tráfico vehicular y el movimiento de población como consecuencia de las actividades económica presentes en dichas zonas, desencadenando contaminación atmosférica, otro elemento sumado en la generación de islas de calor en esta parte de la ciudad. Sin embargo, el efecto del fenómeno isla de calor no solamente es atribuido por variables provenientes de la actividad antropogénica o también llamadas variables controlables, sino que además hay otro tipo de factores que se les denomina variables incontrolables, las cuales se refieren a las variaciones del clima, condiciones atmosféricas que como su nombre lo indica, hasta el momento no ha sido posible controlarlas por procesos científicos o tecnológicos.

Para Colombia, dentro de los escenarios del calentamiento global, muchos estudios realizados muestran que las últimas décadas se han caracterizado por tendencias crecientes de la temperatura media del aire, y que muchos de los valores máximos han tenido ocurrencia durante los eventos del fenómeno del Niño-ENOS (León Aristizabal, 2000). Este hecho se evidencia con los resultados arrojados en el mapa térmico de la ciudad de Bogotá para el año 1999, dado que este año se vió afectado por los efectos del fenómeno del niño del período registrado entre 1997 y 1998. Dicho período se caracterizó por la ocurrencia de fuertes precipitaciones del orden de 1183,90 mm anuales (PA). De esta manera, se ve que el aumento en la temperatura promedio de la superficie de la Tierra, tiene una

relación directa con el incremento en la evaporación de los cuerpos de agua superficiales ocasionando una mayor frecuencia de las lluvias generadas. Es precisamente esta interacción entre el aumento de temperatura y los efectos del fenómeno del niño lo que explican que la temperatura registrada sobre la superficie de la ciudad de Bogotá para 1999, sea mayor que la presentada en años posteriores, presentando una variabilidad climática significativa.

Por otro lado, teniendo en cuenta las correcciones atmosféricas, debido a los efectos de absorción y emisión de las regiones del espectro electromagnético, es importante tener en cuenta factores como el vapor de agua, cuya concentración en la atmósfera es altamente variable tanto espacial como temporalmente. Para atmósferas secas la transmittancia del vapor de agua puede llegar al 95%, en tanto que para atmósferas tropicales entre el 30 al 40 %. Así, parte de la radiancia emitida por la superficie terrestre es absorbida por el vapor de agua, que a su vez actúa como emisor de radiación térmica hacia el satélite, determinada por la temperatura a que se encuentra en la atmósfera conocida como *temperatura de brillo*. Como esta temperatura es menor que la *temperatura de la superficie terrestre*, el efecto de la atmósfera representa una disminución en la radiancia que llega al sensor. Es decir, la temperatura observada por el satélite es menor que la temperatura de la superficie, como se puede observar en los mapas térmicos de superficie para Bogotá en los años 2005 y 2012 (ver figuras 4 y 5).



**Figura 4: Temperatura de Superficie Bogotá 2005    Figura 5: Temperatura de Superficie Bogotá 2012**

**Fuente:** Elaboración propia mediante el software ArcGis 9.3

### 3.3 CRECIMIENTO URBANO Y USO DEL SUELO EN BOGOTÁ

Las ciudades en el mundo crecen de manera distinta dependiendo del contexto y las circunstancias. En el caso de las ciudades colombianas, el desarrollo se dio a partir del centro desde el cual la urbanización se va expandiendo a medida que se requiere. Adicionalmente, los procesos de densificación han sido determinados por la falta de planeación, gracias a la necesidad de relación centro-rededor creada a partir de la expansión territorial. En este tipo de ciudades, el proceso de expansión se suele presentar de dos maneras (ángel, et al., 2010): uno es el producido con los asentamientos ilegales (por lo general en las zonas periféricas de la ciudad), el otro es el generado por los propietarios de tierras que esperan oportunidades mediante la especulación de precios del suelo en los cuales solo pueden desarrollarse proyectos de estratos medios y altos, hecho por el cual, los procesos de densificación y de expansión continúan se ven reflejados en las siluetas amorfas que presentan dichas urbanizaciones.

En el caso de Bogotá, la ciudad tiene una forma en mancha que fue obteniendo desde principios del siglo xx debido a los caminos regionales que la fueron modelando, al sistema del ferrocarril y al crecimiento de los barrios periféricos con el paso de los años se han producido muchos cambios en el modo como se estructura la ciudad de Bogotá, sin embargo los procesos de urbanización continúan siendo liderados en un gran porcentaje por intereses particulares que van en contravía con lo que una buena planificación podría brindar (ángel, et al., 2010).



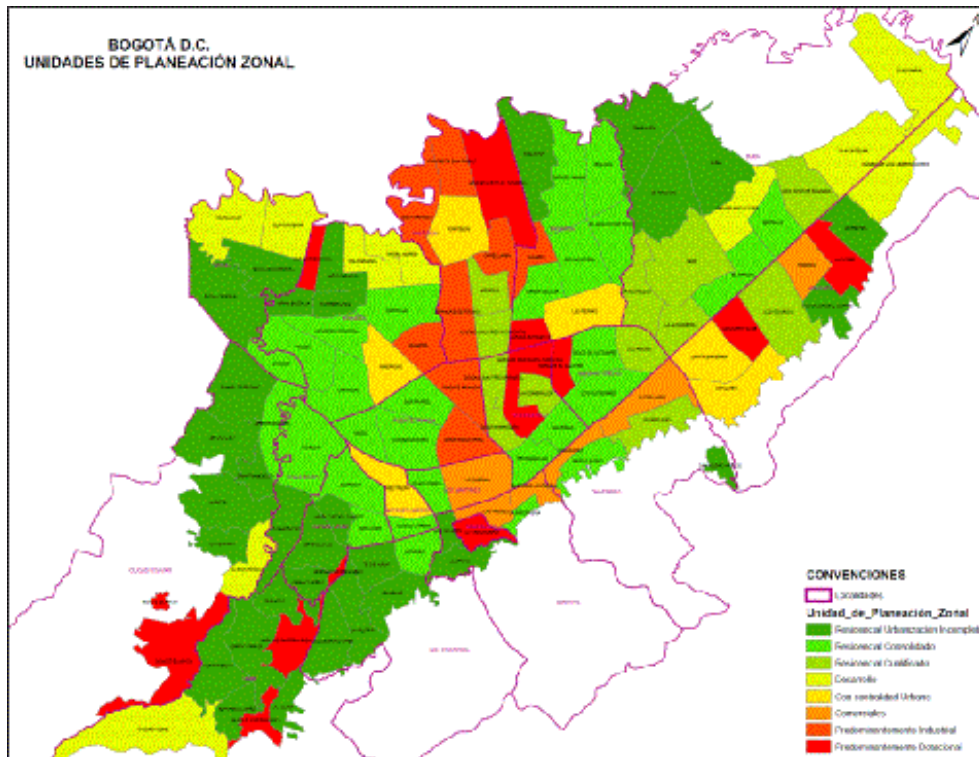
### 3.3.1 DIVISIÓN POLÍTICA

A partir de la promulgación del decreto 619 de 2000, por medio del cual se adopta el plan de ordenamiento territorial de Bogotá, la ciudad capital se encuentra dividida en 117 unidades de planeamiento zonal – UPZ. La UPZ es “uno de los instrumentos de gestión urbana previstos en el POT para abordar el planeamiento de escala intermedia en el territorio distrital, que posibilita una adecuada articulación y precisión entre las directrices generales adoptadas en el modelo de ordenamiento territorial y la planificación y gestión zonal y vecinal. Como ya se mencionó, las imágenes satelitales muestran que las zonas de la ciudad de Bogotá donde el fenómeno Isla de Calor se ha ido generando a lo largo del tiempo, corresponden a las localidades de Fontibón, Puente Aranda, y que el fenómeno se extiende hacia las localidades de Engativá y Centro. Sin embargo para la etapa de resultados y formulación de lineamientos, en el recorrido en campo se determinaron dos zonas muestra, Fontibón y Puente Aranda, las cuales constituyen el mayor aumento de temperatura entre los años 1999 y 2012.

**Tabla 2: Clasificación de las Unidades de Planeamiento Zonal para las Localidades de Fontibón, y Puente Aranda**

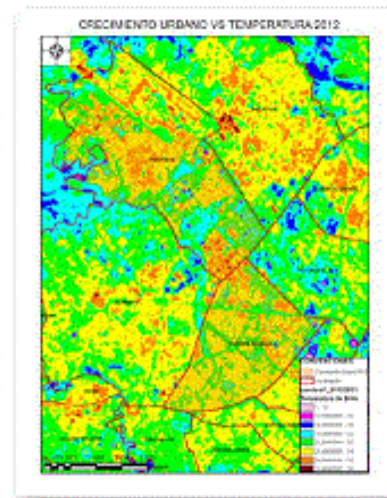
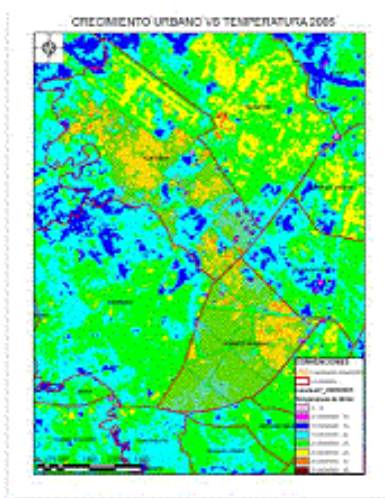
LOCALIDAD	UPZ	CLASIFICACIÓN	ÁREA TOTAL (Ha)
FONTIBÓN	75 Fontibón	Con Centralidad Urbana	496
	76 Fontibón San Pablo	Predominantemente Industrial	360
	77 Zona Franca	Predominantemente Industrial	490
	110 Ciudad Salitre Occidental	Residencial Cualificado	226
	112 Granjas de Techo	Predominantemente Industrial	477
	114 Modelia	Residencial Cualificado	262
	115 Capellanía	Predominantemente Industrial	272
PUENTE ARANDA	117 Aeropuerto El Dorado	Predominantemente Dotacional	744
	40 Ciudad Montes	Residencial Consolidado	446
	41 Muzú	Residencial Consolidado	253
	43 San Rafael	Residencial Consolidado	329
	108 Zona Industrial	Predominantemente Industrial	347
	111 Puente Aranda	Predominantemente Industrial	356

Fuente: Alcaldía de Bogotá



**Figura 6: Unidades de Planeación Zonal de la ciudad de Bogotá**

Fuente: Elaboración propia mediante el software ArcGis 9.3



**Figuras 7: Crecimiento Urbano y temperatura de brillo de las Localidades de Fontibón y Puente Aranda-Bogotá, 2005 y 2012**

**Fuente:** Elaboración propia mediante el software ArcGis 9.3

#### **4. LINEAMIENTOS DE GESTION ENERGETICO AMBIENTAL CONFORME AL ANALISIS ESPACIO TEMPORAL EN LA CIUDAD DE BOGOTA**

1. Revegetalización de aceras, andenes, separadores viales, recuperando el pasado concepto de espacios públicos con cobertura vegetal.
2. Política de preservación y reforestación de Bogotá.
3. Tecnologías de creación de techos verdes sobre las estructuras de las estaciones de gasolina.
4. Implementación de energía geotérmica para generación y transmisión de electricidad en primera medida para las UPZ de tipo comercial y predominantemente industrial.
5. Instalación de paneles solares en estaciones de gasolina como la empresa comercializadora de combustibles BIOMAX con su programa ECORESPONSABLE.
6. Mantenimiento a la infraestructura urbana de los sectores industrial y comercial, en cuanto a fachadas, techos, y demás ornamentación utilizada, teniendo en cuenta colores claros como el verde, y el blanco, evitando colores oscuros como el negro.
7. Recuperación y el mantenimiento adecuado de las Rondas de los Ríos y de los Humedales que aún conservan espejo de agua y la ordenación de sus usos, través de políticas tangibles, proyectos con la comunidad que promuevan la protección de los recursos hídricos de la capital colombiana.
8. Registro y evaluación de los usos del suelo en lotes baldíos de la ciudad, con el propósito de un tratamiento adecuado de los mismos, dentro del marco de función ecológica regional de la ciudad.
9. Reglamentación de los horarios permitidos para el tránsito de transporte de carga dentro de la movilidad capitalina.
10. Estimulación del sector automotriz para la promoción, adquisición y venta de vehículos híbridos y totalmente eléctricos en la ciudad.
11. Reforma al Sistema de Pico y Placa, para evitar congestiones y malgasto de combustible que genere mayor contaminación atmosférica.
12. Fortalecimiento del Sistema Integrado de movilidad distrital, en donde se logre recuperar el tren de cercanías de la ciudad de Bogotá, recuperando un patrimonio histórico con miras a obtener un sistema masivo.
13. Promoción y patrocinio de estudios científicos y de investigación de tipo local, para hacer un continuo monitoreo de las temperaturas emanadas en sitios críticos de la ciudad.
14. Establecimiento de puntos de alquiler de bicicletas sobre la mayor cobertura de la ciudad, como estaciones de transmilenio, centros comerciales, entre otros.

15. Gestión de la Información del Distrito, a través de la IDECA-Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital como ente proveedor de la información en la generación de los diferentes planes de gestión socioeconómica y cultural.
16. Creación de un Plan de Gestión Energético que establezca políticas de uso eficiente de la energía para la ciudad de Bogotá.
17. Innovación tecnológica en los edificios residenciales, comerciales, y de grandes industrias par el ahorro de energía y agua y fortalecimiento de las campañas para la gente en el tema de ahorro de los recursos.

## 5. CONCLUSIONES

La planeación ordenada y estructurada en la expansión de una ciudad asegura que sus habitantes mejoren las condiciones de calidad de vida, se disminuya el consumo energético y se reduzcan emisiones de gases de efecto de invernadero generadas por consumos excesivos de sistemas de aires acondicionados en ciudades donde se cuenten con cambios estacionales, para ciudades ubicadas en zonas tropicales el uso adecuado de materiales permite una mejor reflexión de la radiación solar disminuyendo considerablemente el calor en las zonas densamente pobladas. Teniendo en cuenta que la densidad poblacional de Bogotá es de 4270 personas por kilómetro cuadrado y la tasa media anual de crecimiento exponencial es del 1,48%, podemos notar que la cifra es significativa con respecto al resto de departamentos e incluso, con respecto a Cundinamarca. El crecimiento de la población y el número de habitantes en una ciudad influyen claramente en el aumento de temperatura, ya que este aumento se encuentra ligado al calor antropogénico, por ende, la intensidad de isla de calor esta correlacionado con el crecimiento de la población y la ocupación del suelo, lo cual se evidencia en el presente estudio, donde la temperatura disminuye a medida en el límite urbano de la ciudad.

Así mismo, el análisis de los patrones de vegetación urbana, como parte de la ocupación del suelo en la ciudad de Bogotá, se presenta de manera prácticamente artificial, utilizándose como ornamentación en las vías, separadores, entradas y terrazas de edificaciones asociadas al proceso de expansión urbana. Este hallazgo, muestra el papel central que juega las zonas verdes a la hora de mitigar los efectos de la ICU (Islas de Calor Urbanas), ya que se evidencia claramente que en las áreas donde se arroja un mayor efecto de isla de calor, se encuentran desprovistas de vegetación o en su defecto se hallan especies no nativas que poco aportan al secuestro de carbono y en cambio si esterilizan el suelo como ocurre en las localidades de Fontibón y Puente Aranda principalmente.

Actualmente en Bogota se observa un crecimiento desmesurado sin ninguna planificación u organización territorial que tenga en cuenta los recursos naturales y la construcción de infraestructura amigable con el medio ambiente. El Número de Predios Nuevos entre el 2010 y 2011 fue de 80.000 viviendas y existiendo un superávit de 280.000 unidades de vivienda, lo cual ha conllevado al uso desmesurado de recursos y energía supliendo las diferentes necesidades, de aseo, alimentación, transporte, entre otros.

De esta manera, es indispensable tener en cuenta que el área industrial juega un papel importante para el desarrollo de una ciudad, sin embargo, es una realidad que se necesita mantener la mayoría de los procesos de producción las 24 horas del día. En la mayoría de los casos estas empresas no apagan las plantas y su ciclo es continuo. Si bien es cierto existe un despilfarro de uso de energía. No obstante, la implementación de criterios bioclimáticos tanto en la construcción de las mismas ayudarían a contrarrestar el fenómeno isla de calor, características estructurales a tener en cuenta, como lo son la orientación del sol para aprovechar de mejor manera la radiación solar, la instalación de lucernarios en el techo para aprovechar la luz cenital, el buen aislamiento, además de la implementación de tecnología más limpia y eficiente tanto para la producción misma como para el uso racional de energía.

La información que se ha obtenido puede servir para alimentar modelos dinámicos espacialmente explícitos que permitirán generar escenarios futuros realistas con los cuales enfrentar el crecimiento urbano durante el próximo siglo y estudiar el cambio climático local y la ecología urbana a través del uso de políticas adecuadas de gestión energética y ambiental que no solo disminuyan el fenómeno UHI (Urban Heat Islands - ICU) sino que además sean orientados al desarrollo sostenible de la ciudad mejorando la calidad de vida de las personas.



El análisis de las imágenes satelitales obtenidas mediante Landsat nos ha permitido estudiar el cambio térmico de las diferentes localidades en Bogotá que constituyen el efecto de isla de calor a lo largo de algunos años. De forma complementaria, el análisis de los patrones de vegetación urbana utilizados, La información que hemos obtenido puede servir para alimentar modelos dinámicos espacialmente explícitos que permitirán generar escenarios futuros realistas con los cuales enfrentar el crecimiento urbano durante el próximo siglo y estudiar el cambio climático local y la ecología urbana.

Como consecuencias, se ha encontrado que las islas de calor aumentan las amenazas a la salud pública por acrecentar directamente la temperatura e indirectamente los niveles de concentración de ozono a nivel del suelo. Las personas de alto riesgo por el calor extremo son los ancianos, los niños y las personas con enfermedades respiratorias preexistentes. Las personas que viven en casas con techos oscuros y sin aire acondicionado también pueden ser más vulnerables que la población en general.

Es necesario comenzar a promover energías alternativas a nivel regional, no solo en las industrias, sino también en las casas, apagar la luz cuando no la usemos, colocar bombillas de ahorro energético, ya que duran ocho veces más que las convencionales y consumen solo un 20% de la electricidad que necesitan las incandescentes. Hacer mas uso de transportes públicos que los alternativos como andar en bicicleta, consumir productos locales, pues esto reduce el costo energético de su transporte, entre otros planes de mitigación al efecto ICU como los señalados a partir de los lineamientos mencionados en el apartado 4, para el caso puntual de la ciudad de Bogotá.

## REFERENCES

- Administración de Parques Nacionales. (2005). *Sistema de Información de Biodiversidad, Buenos Aires*. Recuperado el 15 de 07 de 2012, de [http://www.sib.gov.ar/archivos/Protocolo\\_img\\_Landsat.pdf](http://www.sib.gov.ar/archivos/Protocolo_img_Landsat.pdf).
- Alzate, B. E. (29 de 09 de 2006). *UNIDAD 4 INTRODUCCION AL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES SATELITALES*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2012, de UNIDAD 4 INTRODUCCION AL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES SATELITALES: [www.elgeomensor.cl/.../index.php?file...procesamiento...satelitales.pdf](http://www.elgeomensor.cl/.../index.php?file...procesamiento...satelitales.pdf).
- Ángel, L., Ramírez, A., & Domínguez, E. (2010). Isla de calor y cambios espacio-temporales de la temperatura en la ciudad de bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, XXXIV (131), 173-183.
- Bird, L., & Molinelli, J. (2001). *EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SUS CONSECUENCIAS*. Recuperado el 1 de Octubre de 2012, de EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SUS CONSECUENCIAS: <http://www.alianzageografica.org/leccioncalentglobal.pdf>
- Comunidad Andina. (2009). *Prevención y reducción de riesgos a través d elos instrumentos de planificación territorial en Bogota Colombia* (Primera ed.). Lima, Peru.
- Contraloría de Bogotá. (2006). *Colección de estudios 2006*. Bogotá.
- Contraloría de Bogotá,D.C. (2006). *Informe de balance social y el impacto de las políticas públicas en el Distrito Capital 2006*. Bogotá.
- El Tiempo. (s.f.). *Tu tiempo.net*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2012, de Tu tiempo.net: [http://www.tutiempo.net/clima/Bogota\\_Eldorado/1999/802220.htm](http://www.tutiempo.net/clima/Bogota_Eldorado/1999/802220.htm)
- Giannaros, T. M., & Melas, D. (2012). Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research* , 103-120.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2007). *Fundamentos físicos de teledetección*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

- Kleerekoper, L., van Esch, M., & Baldiri Salcedo, T. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. (E. Worrell, Ed.) *Resources, Conservation and Recycling* , 30-38.
- Kolokotroni, M., & Giridharan, R. (2008). Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. *Solar Energy* , 986-998.
- León Aristizabal, G. E. (2000). Variabilidad y tendencias de la temperatura del aire en las cuatro principales ciudades de Colombia. *Meteorología Colombiana* (2), 81-86.
- Memon, R. A., Leung, D. Y., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of. *Journal of Environmental Sciences* , 120-128.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Politica nacional para humedales de Colombia* (Primera ed.). Bogota, Colombia: Panamericana Formas e Impresos.
- Mirzaei, P., & Haghghat, F. (2010). Approaches to study Urban Heat Island - Abilities and limitations. *Building and Environment* , 2192-2201.
- NASA. (11 de Marzo de 2011). *Landsat 7 Science Data Users Handbook*. Recuperado el 2012 de 24 de Julio, de Landsat 7 Science Data Users Handbook: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/>
- OKE, T. (1987). *Boundary Layer Climates* (Segunda ed.). New York, Estados Unidos: Methuen.
- Priyadarsini, R., Hien, W. N., & David, C. K. (2008). Microclimatic modeling of the urban thermal environment of Singapore to mitigate urban heat island. *Solar Energy* (82), 727-745.
- Red de Desarrollo sostenible de Colombia*. (01 de Octubre de 2012). Recuperado el 01 de Octubre de 2012, de [www.rds.org.co/gestion](http://www.rds.org.co/gestion)
- Rosenfeld, A. H., Akbari, H., Bretz, S., & Fishman, B. L. (1995). Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. *Energy and Buildings* , 255-265.
- Sailor, D. J., & Dietsch, N. (2007). The urban heat island Mitigation Impact Screening Tool (MIST). *Environmental Modelling & Software* , 1529-1541.
- Sarricolea, P., Aliste, E., Castro, P., & Escobedo, C. (2008). Análisis de la máxima intensidad de la isla de calor urbana nocturna de la ciudad de Rancagua (Chile) y sus factores explicativos. *Revista de Climatología*, VIII, 71-84.
- Sensores Remotos y Principios de Percepción Remota 1975 Bogotá, Colombia, CIAF TELEDETECCION AMBIENTAL, La Observación de la Tierra desde el Espacio*, 2010, Barcelona, España, Editorial Planeta, S.A.
- The climate of London deduce from meteorical observations made in the metropolis and at varios places around it*. 1833LondresUnited KingdomSherbourn Lane
- Verón, E. (2010). Estimación de la Isla de Calor en Santa Teresita, Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Geográfica de América Central* (45), 129-148.
- Wypych, S. (07 de Agosto de 2012). *El clima en las ciudades*. Recuperado el 07 de Agosto de 2012, de [www.atmosphere.mpg.de](http://www.atmosphere.mpg.de)

### **Authorization and Disclaimer**

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*