

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS VILLAVICENCIO
DOCUMENTO DE TRABAJO - PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
VII CONVOCATORIA INTERNA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
MODALIDAD: Proyectos Interinstitucionales en el marco de la articulación
entre Universidad – Empresa – Estado – Sociedad Civil

**Análisis del servicio ecosistémico de regulación de la temperatura en el
microclima urbano que es suministrado por el arbolado en tres zonas de
Villavicencio**

INVESTIGADOR PRINCIPAL.
Leydy Johanna Arboleda Montes

Geóloga

CC: 24.339.373, CvLAC:

https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000115799

CO-INVESTIGADOR.
Angélica María Bustamante Zapata

Ingeniería Ambiental, Especialista en Gerencia de Proyectos

CC: 1.010.173.426, CvLAC:

https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001259113

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN

Maria Camila Reyes, Katherine Sánchez Copete, Sebastián Felipe Morales; Anny Yulied
Martínez; Jeffersorn Zambrano; Kevin Velásquez Lasso y Luis Fernando Palacios

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL - GRUPO DE INVESTIGACIÓN GESTIÓN
AMBIENTAL USTA VILLAVICENCIO (GAUV); GrupLAC:

<https://scienti.colciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000016177>

RESUMEN

La propuesta de investigación que se presenta a continuación, busca reconocer la importancia de la presencia del arbolado urbano en los espacios públicos al aire libre en el municipio de Villavicencio, a través del análisis del servicio ecosistémico de regulación del microclima. Lo anterior, considerando el aumento de la temperatura que se ha observado a nivel global y que requiere del establecimiento de estrategias de adaptación al cambio climático en el contexto local, como ha sido establecido a través del ODS 13. Acción por el clima y el ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.

Para lograrlo, se han establecido tres fases de ejecución del proyecto y una fase de culminación de los productos de la investigación. La primera fase de

ejecución, busca analizar las variables que han caracterizado el clima urbano, durante los últimos 25 años; se emplearán los datos que arrojen las estaciones meteorológicas convencionales del IDEAM que están localizadas en la zona contigua al casco urbano del municipio de Villavicencio. Con ello se podrá realizar un diagnóstico con isolíneas a nivel de mesoescala. La siguiente fase de ejecución, busca realizar el diagnóstico de las variables de microclima urbano en tres zonas de estudio dentro del casco urbano. Se emplearán los datos que han arrojado las 3 estaciones vigentes del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire en Villavicencio desde su instalación, a fin de comparar cada una de las áreas seleccionadas entre sí y analizar sus diferencias. Para ello, se caracterizará cada zona de estudio en cuanto a su cobertura y arbolado urbano en un radio no mayor a 200 metros contiguos a cada estación. Además, algunas variables serán medidas in-situ, permitiendo caracterizar cada zona de estudio a lo largo de un día propio en época seca y uno en época de lluvia.

Por último, se estimarán algunos indicadores ambientales asociados a la vegetación, como la evapotranspiración, el cálculo de biomasa vegetal del arbolado urbano e indicadores de abundancia relativa y absoluta, del arbolado presente en cada área de estudio. Los cuales permitirán asociar los datos de temperatura con las otras variables meteorológicas registradas en cada estación y con las características del arbolado presente. Los resultados obtenidos, nos permitirán proponer algunas medidas para la regulación de la temperatura a nivel de microclima urbano. Finalmente, se elaborarán los productos de investigación como el informe final y un artículo con resultados de investigación.

PALABRAS CLAVE: servicios ecosistémicos, regulación temperatura, microclima urbano, arbolado urbano, evapotranspiración.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Con la incursión de la revolución industrial y el uso de combustible fósiles se ha acelerado el desarrollo de otras actividades como la deforestación, ganadería, minería y agricultura que son grandes impulsores del efecto invernadero, lo que produce un desbalance térmico del planeta Tierra, aumentando la temperatura que produce cambios y alteraciones en el clima de la Tierra y lo que conocemos como el cambio climático (Ambiente, 2007), debido a esto el país se articula para desarrollar en los territorios, diferentes alternativas ecológicas y sociales.

Para el municipio de Villavicencio, el Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquia (en adelante PRICCO) - Meta, como instrumento

de planeación, prevé (bajo un escenario de emisiones realista RCP 4,5), que para el año 2040 se presentará un incremento anual de aproximadamente 1,47°C en la temperatura máxima y de 1,49°C en la temperatura mínima, condición que también es prevista para los municipios aledaños de Restrepo y Cumaral(CIAT, Cormacarena, Corporinoquia, ECOPETROL, 2017). De presentarse esta situación, tendría incidencia para la población del municipio, quienes durante los últimos años han tenido que soportar temperaturas entre los 28 y los 32°C y una humedad relativa entre el 67 y el 83% (IDEAM, 2015).Así mismo, el PRICCO – Meta, señala que las condiciones climáticas dentro de las áreas urbanas son susceptibles a cambios, debido a factores como la concentración de personas en estas áreas y a la transformación del paisaje natural, pues dichos factores inciden sobre el balance energético en las urbes, el cual está condicionado por la temperatura, la humedad relativa, el suelo y el aire (CIAT, Cormacarena, Corporinoquia, ECOPETROL, 2017).

El Plan de Acción de Villavicencio, señala además que el municipio presenta un crecimiento descontrolado hacia la periferia de la ciudad, y aun cuando existen espacios vacíos en la ocupación dentro de las comunas, el municipio presenta déficit de zonas verdes y espacio público (espacio público natural y construido)(FINDETER, 2017), déficit frente al cual el PDM de Villavicencio “Unidos Podemos” 2016-2019, tiene como metas la recuperación del espacio público, y además la reducción de la huella ecológica de los habitantes de Villavicencio, mediante la “formulación y ejecución del plan de ornato de arboricultura urbana” (Concejo Municipal de Villavicencio, 2016), con el que se ha estado llevando a cabo el levantamiento de flora mediante inventario forestal(CMV, 2018). El déficit de espacio público natural genera gran incertidumbre para Villavicencio, al ser una ciudad intermedia (incluida dentro del programa de Ciudades emergentes y sostenibles (CES) del Banco Interamericano de Desarrollo – BID) (FINDETER, 2017), que presenta un acelerado crecimiento de población y por ende necesidades a ser satisfechas en aspectos como: movilidad, saneamiento básico y suministro de energía, pues se estima que hacia el año 2027 tendrá más de un millón de habitantes en el área urbana(Alcaldía de Villavicencio, 2015).

De cualquier forma, un aumento de temperatura en el municipio tendría como consecuencia el aumento en el uso de aparatos eléctricos refrigerantes, aires acondicionados y ventiladores, los cuales predominan en el sector residencial del municipio, para el cual se conoce que presenta una carga eléctrica de consumo que oscila entre los 19,9 MV y los 32,7 MV, pero además alcanza un consumo de 24MV desde la media noche hasta las 6:00 a.m., la cual se atribuye al uso de los aparatos eléctricos mencionados, además del alumbrado público(FINDETER, 2017).

Para Villavicencio, actualmente no se han propuesto medidas que realmente

conduzcan a disminuir dicha sensación de calor y lograr el confort térmico de los habitantes del municipio en los espacios abiertos existentes, aun cuando se prevé el aumento de temperatura, y es prioridad para el municipio brindar condiciones para la adaptabilidad al cambio climático que contribuyan al bienestar, la seguridad y la calidad de vida de la población(Alcaldía de Villavicencio, 2015). Sin embargo, se reconoce la importancia de incrementar la presencia de árboles a través de sistemas silvopastoriles en las actividades pecuarias, proponiéndose como medida mixta (mitigación-adaptación) frente al estrés térmico que pueden presentar los animales, durante las horas en las que se presenta mayor temperatura, medio día(CIAT, Cormacarena, Corporinoquia, ECOPETROL, 2017).

De esta manera es necesario preguntarse ¿De qué manera el arbolado urbano suministra el servicio ecosistémico de regulación de la temperatura en el microclima contiguo a las tres estaciones pertenecientes al Sistema de Vigilancia y Calidad del Aire de Villavicencio, Catumare, La Esmeralda y Cofrem?

OBJETIVO GENERAL

Analizar el servicio ecosistémico de regulación de la temperatura en el microclima urbano que es suministrado por el arbolado en tres zonas de Villavicencio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la evolución de los cambios de cobertura y de variables climáticas durante los últimos 25 años en tres zonas urbanas de microescala en el municipio de Villavicencio (Meta), a partir del análisis de imágenes satelitales y de los datos de las estaciones climatológicas del IDEAM.
- Caracterizar las zonas de estudio a través de variables microclimáticas y del arbolado urbano, mediante la obtención de registros del Sistema de Vigilancia y Calidad del Aire de Villavicencio y medidas dasométricas del arbolado presente.
- Analizar la variabilidad característica del microclima urbano y su relación con la temperatura en las zonas de estudio a partir de indicadores ambientales.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente el cambio climático hace parte de las políticas públicas en todo el mundo, principalmente de aquellos países que firmaron el Acuerdo de París cuyo objetivo es reforzar la respuesta mundial frente al cambio climático, así como la apuesta por el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza (CMNUCC, 2015). Para ello se promueven diferentes instrumentos orientados

a lograr mayor resiliencia al clima y el desarrollo de bajas emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, Colombia no es ajena en implementar en su legislación el plan de trabajo en el territorio y, es ahí donde se desarrolla la Política Nacional del Cambio Climático que incluye varias líneas estratégicas, entre las que se encuentra el Desarrollo Urbano bajo en carbono y resiliente al clima (MADS, 2017).

Para la gestión del cambio climático es necesaria la identificación, evaluación y recomendación de la implementación de medidas de mitigación asociadas a las viviendas, la infraestructura urbana, los espacios naturales en las ciudades y las emisiones asociadas a ellas, donde esta política en sus líneas de acción intenta promover la conservación de la estructura ecológica principal y el manejo del paisaje, a través de la construcción y mantenimiento de espacios públicos urbanos verdes (MADS, 2017).

La siguiente propuesta, pretende articularse con este tipo de estrategias para adaptar y conocer de qué manera se comportan las variables climáticas a nivel local en tres microclimas diferentes en el municipio de Villavicencio, que de una u otra forma pueden llegar a sufrir los impactos negativos por efecto del cambio climático global, como son el aumento de la temperatura y de la intensidad y frecuencia de eventos extremos de precipitaciones y sequías (CIAT, Cormacarena, Corporinoquia, ECOPETROL, 2017). De esta manera, se propone analizar el servicio ecosistémico de regulación del microclima urbano en sectores específicos de la ciudad en los que se cuenta con la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, las cuales registran a diario la concentración de emisiones y el comportamiento de las variables meteorológicas, en la ciudad de Villavicencio como son la Esmeralda, Cofrem y Catumare. A partir de esta información y la información suministrada por la interpretación espacial de la cobertura vegetal, se pretende comparar e identificar el microclima presente, así como la composición del arbolado urbano a través de sus medidas dasométricas en 200 metros a la redonda, con el fin de analizar el servicio ecosistémico de regulación de temperatura del clima urbano por medio de indicadores ambientales y su relación con los cambios en las variables meteorológicas, especialmente la temperatura, a fin de identificar las características de cada área, en presencia o ausencia de árboles.

MARCO TEÓRICO

- **Regulación térmica del microclima urbano**

Los servicios ecosistémicos que están presentes en la generación y renovación de la fertilidad del suelo, la purificación del aire, la regulación del clima, la moderación de temperaturas extremas, la desintoxicación y descomposición de residuos, así como la mitigación de las inundaciones y sequías, se clasifican en: i) Servicios de provisión, ii) Servicios de regulación, iii) Servicios culturales y

iv) Servicios de soporte, los cuales se describen a continuación (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) (De Groot, Wilson, & Boumans, 2002):

Figure 1. Servicios ecosistémicos

TIPO	DEFINICIÓN	SERVICIOS
SERVICIOS DE PROVISIÓN	Productos obtenidos de los ecosistemas.	Recursos genéticos, bioquímicos, fibras, leña, agua dulce y alimentos.
SERVICIOS DE REGULACIÓN	Beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas.	Regulación del clima y suelo, control de inundaciones y enfermedades, regulación y saneamiento del agua y la polinización de cultivos.
SERVICIOS CULTURALES	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas.	Actividades recreativas, educativas y turísticas, contemplación estética, espiritual, identidad de sitio y herencia cultural.
SERVICIOS DE SOPORTE	Servicios necesarios para la producción de otros servicios de los ecosistemas.	Formación de suelos, ciclo de nutrientes y producción primaria.

Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005).

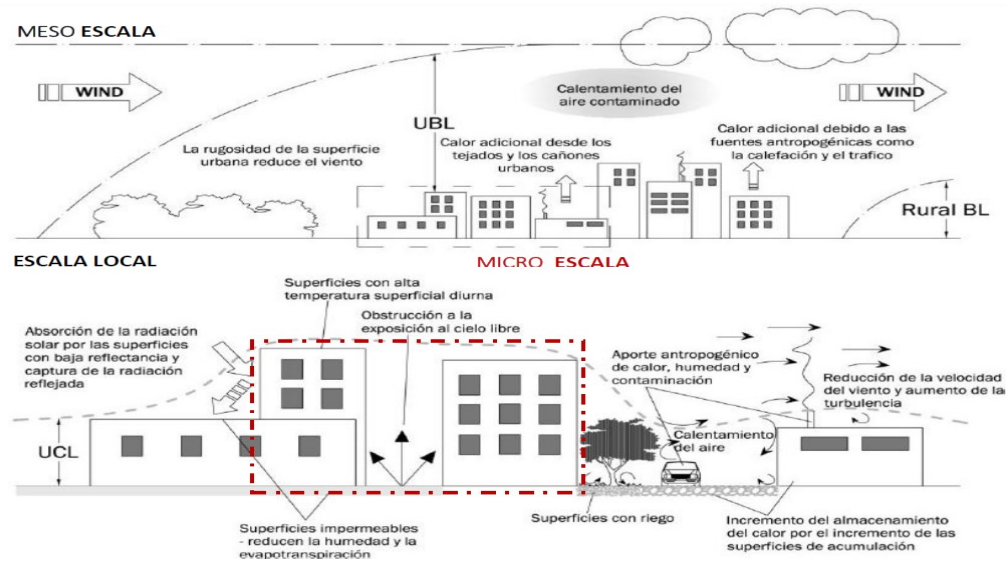
La vegetación presente en las zonas urbanas pueden afectar directa o indirectamente la calidad del aire a nivel local y regional, a continuación se mencionan las cuatro formas principales en las que la vegetación incide en la calidad del aire (Gonzalez de Canales, 2002):

- 1- Reducción de la temperatura y efectos microclimáticos
- 2- Disminución de los contaminantes atmosféricos
- 3- Emisión de compuestos orgánicos volátiles
- 4- Efectos energéticos en las construcciones

- **Componentes del microclima urbano**

Según la clasificación de las escalas atmosféricas de Oke, existe una meso escala horizontal del clima de una ciudad completa entre 10 a 200 km, escala local entre 100 m a 50 km donde se comprenden los fenómenos climáticos en conjunto con las edificaciones y sus calles donde se comprende la dinámica del aire vertical, y por último se tiene la microescala que se refiere a las variaciones presentes entre 1 cm y 1000 m, en esta última se puede observar con más precisión las variaciones del clima urbano y su influencia sobre el confort térmico a través del volumen de aire contenido en la calle, (Tumini, 2012), (Figura 2)

Figure 2. Escalas espaciales para el estudio de fenómenos climáticos en la atmósfera urbana.



Tomado de(Tumini, 2012)

Las variables que inciden en la variación del microclima urbano son: Las superficies de cobertura, que se relacionan a la presencia de vegetación o asfalto y tiene en cuenta propiedades como la porosidad y almacenamiento de humedad, otra es el Calor antropogénico, el cual está relacionado con las actividades como el transporte, calefacción o enfriamiento y por último, está la morfología urbana, la cual está condicionada por el microclima de un cañón urbano, la radiación incidente, la temperatura del aire y la velocidad del viento(Tumini, 2012).

- **Valoración ecológica del servicio de regulación térmica suministrado por el arbolado urbano.**

La vegetación presente en una zona de estudio puede ser evaluada a través de las siguientes variables: i) Diámetro a la altura del pecho (DAP), ii) Determinación de diferentes alturas (h), iii) Determinación del diámetro de la copa de los árboles, iv)cálculo del área basal y volumen(Pérez Bravo, Reyes Quintana, & Ríos Albuérne, 2017). La vegetación permite la caracterización del clima de una zona, a través de la determinación de la evapotranspiración (ET) y, su estimación puede ser a través de medidas *in situ* o por percepción remota, contribuyendo en el cálculo del balance energético Tierra - atmósfera(Sánchez & Carvacho, 2006).

Dentro de la ET es posible calcular la Evapotranspiración potencial – ETP, que corresponde a “la máxima cantidad de agua que una superficie totalmente cubierta de vegetación y que no padece de falta de agua puede liberar a la atmósfera en las condiciones atmosféricas del momento en que

se realiza el cálculo” (Sánchez & Carvacho, 2006) y la ET (o Evapotranspiración real – ETR), que es “la cantidad efectiva de agua que es devuelta a la atmósfera, en función de las condiciones atmosféricas, vegetacionales y de humedad del suelo del momento” (Sánchez & Carvacho, 2006).

Uno de los métodos empleados para la determinación de la Evapotranspiración Potencial (ETP) (Ecuación1), consiste en el uso de la fórmula de Penman, en la que se pueden emplear los datos obtenidos de estaciones meteorológicas (Sánchez & Carvacho, 2006):

Ecuación1. Método de estimación de la Evapotranspiración potencial

$$ETP = 0,017 \times R_n \times W + (1 - W) \times 0,265 \times (1 + 0,0062 \times U_2) \times (e_a - e_d)$$

donde :

ETP	:	evapotranspiración potencial, expresada en mm/día
R _n	:	radiación neta, expresada en cal/cm2/día
W	:	(0,414 + 0,0125 × T _m)
T _m	:	temperatura media del aire, expresada en °C
U ₂	:	recorrido del viento, expresado en km/día
(e _a - e _d)	:	déficit de presión de vapor, expresado en mb

Tomado de: (Sánchez & Carvacho, 2006)

La biomasa aérea es otro indicador que puede ser empleado para evaluar la importancia de la vegetación arbórea en un lugar. Uno de los métodos de estimación biomasa aérea que puede emplearse, es el utilizado para bosques naturales, donde se debe tener en cuenta la zona de vida donde se ubique el bosque. En dichos métodos se emplean de manera diversa las variables independientes de altura, DAP y densidad de la madera, este último específico para cada especie identificada (Álvarez et al., 2011). El cálculo se puede realizar a través de ecuaciones alométricas o a través de software de uso libre.

MARCO METODOLÓGICO

AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Villavicencio hace parte del departamento del Meta, ubicado en el piedemonte de la cordillera oriental, posee temperaturas promedio de 28 a 30 grados centígrados, y tiene una altitud media de 467 m.s.n.m. La Corporación Autónoma Regional CORMACARENA, dispuso de la Red de Monitoreo de

Calidad del Aire donde se recolecta diariamente información sobre las variables meteorológicas y los contaminantes atmosféricos (Informando, 2018), a continuación, una breve descripción de las mismas:

- Estación La Esmeralda: Adquiere la información de las concentraciones generales del área urbana de Villavicencio, en este sector se encuentra localizada en la comuna 1 y posee una de las PTAP de la ciudad.
- Estación Cofrem: Adquiere la información de las concentraciones más altas debido a las fuentes móviles de la ciudad.
- Estación Catumare: Adquiere la información de las concentraciones más altas debido a las fuentes industriales de la ciudad y se encuentra en la comuna 8.

Figure 3. Estaciones del Sistema de Vigilancia y Calidad del Aire de Villavicencio



Estación La Esmeralda – SVCAV
(Comuna 1)



Estación Cofrem – SVCAV
(Comuna 5)



Estación de Catumare – SVCAV (Localidad No. 8)

METODOLOGIA

A continuación, se ilustra la ruta metodológica propuesta para el diseño del proyecto de investigación, análisis del servicio ecosistémico de regulación de la temperatura en el microclima urbano, suministrado por el arbolado urbano existente en tres zonas de Villavicencio, (Figure 4) y posteriormente se

describe cada fase en las actividades correspondientes:

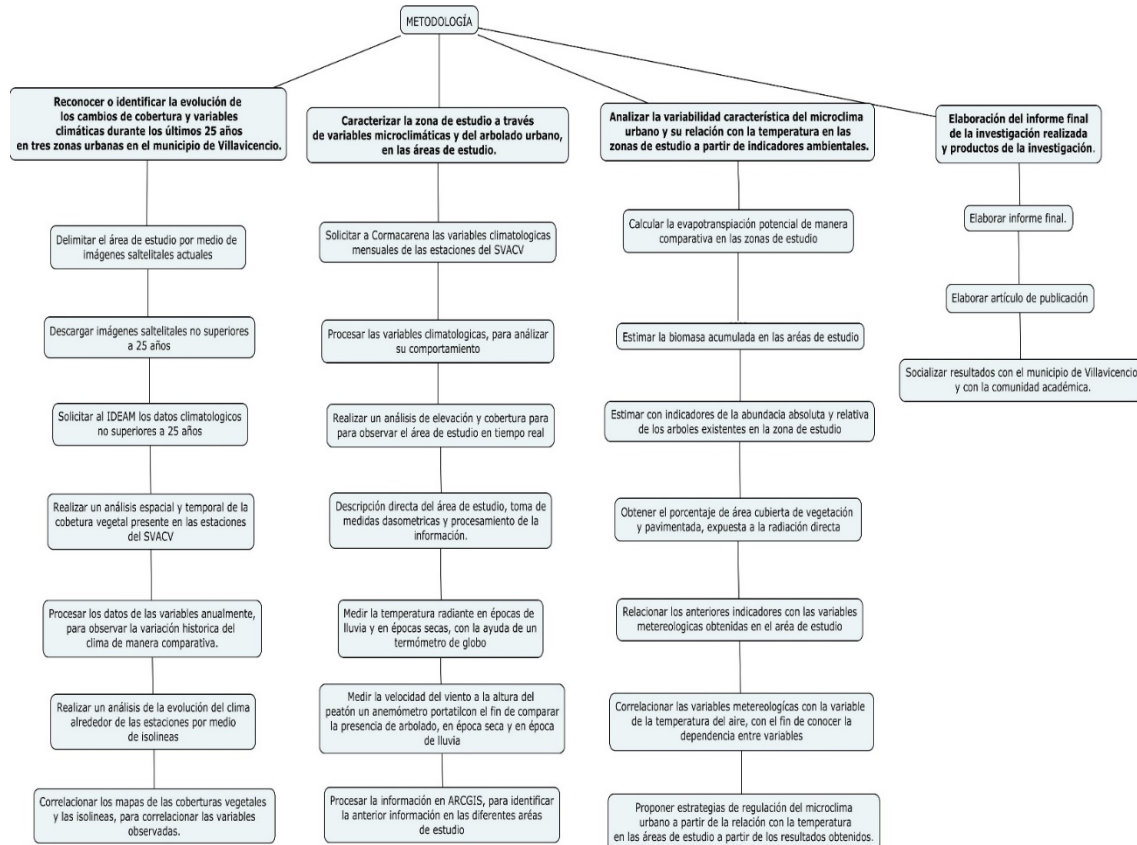


Figure 4. Esquema metodológico

Fase I: Reconocer o identificar la evolución de los cambios de cobertura y variables climáticas durante los últimos 25 años en tres zonas urbanas en el municipio de Villavicencio.

1. Delimitar espacialmente el área de estudio a través de imágenes satelitales actuales.
2. Descargar imágenes satelitales del área de estudio de acuerdo a la disponibilidad, en un lapso de tiempo no superior a 25 años, para superponer con las imágenes satelitales actuales en el software ArcGIS.
3. Solicitar al IDEAM los datos climatológicos de las estaciones disponibles en la zona de estudio de los últimos 25 años (de tipo mensual por año), entre los que se encuentran temperatura del aire, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica y radiación solar.
4. Realizar un análisis espacial y temporal de los cambios de cobertura que han presentado las zonas contiguas a las estaciones del SVCAV (La Esmeralda, Catumare y Cofrem), en una extensión de 200 metros a la redonda.
5. Procesar los datos de las variables a nivel mensual plurianual, para analizar el comportamiento histórico del clima en cada época del año de manera comparativa.

6. Realizar un análisis de la evolución de las variables meteorológicas durante los últimos 25 años en las zonas contiguas a las estaciones del SVCAV, en una extensión de 200 metros a la redonda a través de isolíneas.
7. Superponer los mapas de coberturas e isolíneas de las zonas de estudio, con el fin de correlacionar espacialmente las variables analizadas.

Fase II: Caracterizar la zona de estudio a través de variables microclimáticas y del arbolado urbano, en las áreas de estudio.

1. Solicitar ante CORMACARENA los registros mensuales desde la instalación de las tres estaciones del SVCAV de las variables ambientales temperatura del aire, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica y radiación solar.
2. Procesar la información de las variables, para analizar su comportamiento desde la instalación de las estaciones SVCAV por mes.
3. Realizar un análisis de elevación y cobertura con dron con el fin de caracterizar cada área de estudio en tiempo real.
4. Describir el área de estudio mediante observación directa, incluyendo la cobertura del suelo y la existencia de árboles. Se georreferenciará la localización de cada individuo arbóreo, se tomarán los datos de placa y se tomarán medidas dasométricas que permitan su identificación y procesamiento de la información.

Se solicitará ante la Secretaría de Medio Ambiente del municipio los datos de los inventarios forestales vigentes de las áreas contiguas a las estaciones del SVCAV a través del Convenio 0973 de 2016 (vigente con la Alcaldía del Municipio) y el Radicado No. 1300-17. 12/1740 en relación con el apoyo institucional al presente proyecto, así como el apoyo en la identificación de las especies presentes en el arbolado mencionado.

5. Medir la temperatura radiante de las superficies características de cada zona de estudio con la ayuda de un termómetro de globo en varios puntos durante el día, con el fin de comparar superficies en una misma área y respecto a las otras zonas de estudio, en un día típico de época seca y en un día típico de época de lluvia.
6. Medir la velocidad del viento a la altura del peatón con la ayuda de un anemómetro portátil en varios puntos de cada área de estudio, con el fin de comparar esta variable en una zona con presencia de arbolado o en su ausencia, en una misma área y respecto a las otras zonas de estudio, en un día típico de época seca y en un día típico de época de lluvia.
7. Los datos obtenidos serán espacializados en software ArcGIS con el fin

de conocer las características de cada una de las áreas de estudio en la actualidad.

Fase III: Analizar la variabilidad característica del microclima urbano y su relación con la temperatura en las zonas de estudio a partir de indicadores ambientales.

1. Calcular la evapotranspiración potencial en el área de estudio, con el fin de conocer de manera comparativa cómo se comportan las estaciones según el componente arbóreo existente.
2. Estimar la biomasa acumulada por el arbolado urbano existente en cada área de estudio con el fin de compararlas entre sí.
3. Estimar con indicadores la abundancia relativa y la abundancia absoluta de los árboles existentes en cada área de la zona de estudio.
4. Obtener el porcentaje de área cubierta por vegetación y área pavimentada en el área expuesta a la radiación directa.
5. Relacionar los indicadores empleados con los datos promedio de cada mes, de las variables meteorológicas obtenidas en cada área de estudio.
6. Correlacionar los datos de variables meteorológicas mensuales de cada estación, con la variable de temperatura del aire, para reconocer dependencia entre variables.
7. Correlacionar los datos obtenidos mediante los indicadores ambientales con los datos de temperatura mensuales de cada estación, a fin de identificar la dependencia entre variables.
8. Proponer estrategias de regulación del microclima urbano a partir de la relación con la temperatura en las áreas de estudio a partir de los resultados obtenidos.

Fase IV. Elaboración del informe final de la investigación realizada y productos de la investigación.

1. Elaborar informe final
2. Elaborar artículo de publicación
3. Socializar resultados con el municipio de Villavicencio y con la comunidad académica.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la Tabla 1 que aparece a continuación, se presenta el cronograma de actividades del proyecto, en un periodo de 18 meses, de los cuales 12 meses corresponden a la ejecución del proyecto, Fases I, II y III y, los 6 meses finales serán empleados para la entrega de productos e informe final.

Tabla 1. Cronograma de actividades por fase del proyecto

[illegible][illegible][illegible][illegible]

PRESUPUESTO

Tabla2. Descripción de rubros y costo de insumos para la ejecución del proyecto

RUBRO	SUBTOTAL (\$)	TOTAL (\$)	APORTANTE
Equipos y software		\$10.826.000	
- Hipsómetro (x1)	\$2.300.000	\$2.300.000	USTA
- Termómetro de globo (x1)	\$2.500.000	\$2.500.000	Financiado
- Anemómetro portátil (x2)	\$500.000	\$500.000	Financiado
- GPS Garmin (3 equipos)	\$1.842.000	\$5.526.000	USTA
- Uso de ArcGIS 10.4.1. en computadores USTA	Licencia USTA	\$ 0	USTA
- Software para cálculo de biomasa vegetal	Software libre	\$ 0	No aplica
- Software para análisis estadístico (SPSS, Excel o R).	Licencia USTA	\$ 0	USTA
- Computadores (6)	\$5.214.000	\$5.214.000	USTA
Información		\$ 10.000.000	
- Datos de inventario forestal en la zona de estudio e identificación de especies en la zona de estudio.*	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	Alcaldía de Villavicencio
- Imágenes satelitales	Acceso libre	\$ 0	No aplica
- Datos de variables ambientales SVCAV	Acceso libre	\$ 0	CORMACARENA
Materiales.		\$950.000	
Cinta métrica	\$150.000	\$150.000	USTA
Papelería (Libretas de campo y lapiceros)	\$100.000	\$100.000	Financiado
Camisa para el trabajo en campo y socialización con la institución participante (x10).	\$700.000	\$700.000	Financiado
Participación en evento Nacional			
- Inscripción y viáticos	\$2.000.000	\$2.000.000	Financiado

TOTAL COSTO PROYECTO	\$23.776.000	
APORTES USTA	\$13.776.000	
APORTES ALCALDÍA DE VILLAVICENCIO	\$10.000.000	
TOTAL SOLICITADO PARA FINANCIAMIENTO	\$5.800.000	

PRODUCCIÓN PROGRAMADA E IMPACTO ESPERADO

Tabla 3. Descripción de productos a obtener del proyecto

CATEGORÍA COLCIENCIAS	PRODUCTO ESPERADO	DESCRIPCIÓN
Productos de nuevo conocimiento	Artículos de investigación	1 artículo de investigación
Productos resultado de actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación	Innovaciones en procesos y procedimientos	Actualización en la medida de los datos del arbolado urbano existente en la zona de estudio (DAP y altura), en el período 2019-2020
Productos resultado de actividades de Apropiación Social del Conocimiento	Circulación de conocimiento especializado	Participación en evento nacional o internacional.
Productos de actividades relacionadas con la Formación de Recurso Humano para la CTEI	Trabajo de grado de Pregrado	Dirección de trabajos de grado de pregrado, se diferencian los trabajos con reconocimiento de los aprobados (Mínimo 3)

Bibliografía

Alcaldía de Villavicencio. (2015). *Alcaldía de Villavicencio*. Obtenido de Alcaldía de Villavicencio:
<http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionYControl>

I/POT_2015_Componente%20General%20POT.pdf

Álvarez et al., I. (2011). *Selección y validación de modelos para la estimación de la biomasa aérea en los bosques naturales de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13548/Modelos+alometricos+Carbono.pdf/cc9e929f-50c2-4f6c-90d9-0a9affc20e3c>

CIAT, Cormacarena, Corporinoquia, ECOPETROL. (2017). *CORMACARENA*. Obtenido de CORMACARENA: <http://www.cormacarena.gov.co/planificacion.php#Pricco>

CMNUCC. (2015). *Acuerdo de París*. Organización de las Naciones Unidas. París: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

CMV. (2018). *Contraloría Municipal de Villavicencio*. Obtenido de Contraloría Municipal de Villavicencio: http://contraloriavillavicenciometa.micolombiadigital.gov.co/sites/contraloriavillavicenciometa/content/files/000193/9635_informe-ambiental-vigencia-2017.pdf

Concejo Municipal de Villavicencio. (2016). *Centro de Estudios de la Orinoquia - CEO, Universidad de los Andes*. Obtenido de CEO - Uniandes: <https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/Plan%20de%20Desarrollo%20de%20Villavicencio%202016-2019.PDF>

De Groot, R., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408.

FINDETER. (2017). *Financiera del Desarrollo - FINDETER (MinHacienda)*. Obtenido de Financiera del Desarrollo - FINDETER (MinHacienda): <https://www.findeter.gov.co/documentos/202183/villavicencio/>

Gonzalez de Canales, C. (2002). *Beneficios del arbolado urbano*. Madrid.

IDEAM. (2015). *IDEAM*. Obtenido de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Informando. (25 de Enero de 2018). Estaciones para la medición de la calidad del aire en Villavicencio. *Informando. Noticias de verdad, verdad*. Obtenido de Informando. Noticias de verdad, verdad: <https://www.informando.com.co/es/noticias/estaciones-para-la-medicion-de-la-calidad-del-aire-en-villavicencio>

- MADS. (2017). *Política Nacional del Cambio Climático*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Pérez Bravo, Y. L., Reyes Quintana, R., & Ríos Albuérne, C. (2017). Variables dasométricas relacionadas con la productividad de *Acacia mangium* Willd. *Revista Centro Agrícola*, 14-21.
- PNUMA. (2007). *Informe Anual del PNUMA 2007*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi: ONUN/Servicios de la Sección de Publicaciones.
- Sánchez, M., & Carvacho, L. (2006). Estimación de evapotranspiración potencial, ETP, a partir de imágenes NOAAVHRR en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. *Revista de geografía Norte Grande*(36). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022006000200003>
- Tumini, I. (2012). *El microclima urbano. Estudios de caso en Madrid*. Madrid: Escuela Técnica de Arquitectura de Madrid.