

VALIDACIÓN DEL COMPORTAMIENTO CLIMATOLÓGICO PERIODO 2005-2020 DE LAS
VARIABLES PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CON
RESPECTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO DE LA
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ REALIZADO POR EL IDEAM EN EL AÑO
2004.

JUAN SEBASTIÁN RUIZ MUÑOZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2020

VALIDACIÓN DEL COMPORTAMIENTO CLIMATOLOGICO PERIODO 2005-2020 DE LAS
VARIABLES PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CON
RESPECTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO DE LA
CARACTERIZACIÓN CLIMATICA DE BOGOTÁ REALIZADO POR EL IDEAM EN EL AÑO
2004.

JUAN SEBASTIÁN RUIZ MUÑOZ

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil

Director

WILLIAM MATEO MUNAR MARTÍNEZ

Ingeniero Ambiental y Sanitario – Msc. Hidrosistemas

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2020



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, 11, Noviembre, 2020

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	10
2.	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	11
3.	ESTADO DEL ARTE.....	13
4.	MARCO TEÓRICO	19
5.	MARCO CONCEPTUAL	34
6.	MARCO LEGAL.....	36
	37	
7.	OBJETIVOS.....	38
	GENERAL.....	38
	ESPECIFICO	38
8.	LIMITACIONES.....	39
9.	METODOLOGIA.....	40
	9.1 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN	40
	9.1.1. Reconocimiento de información base caracterización climática IDEAM:	40
	9.1.2. Solicitud de información antes las entidades a cargo de las estaciones:	40
	9.1.3. Selección de información enviada por parte del IDEAM y la EAAB :	41
	9.2 MANEJO DE LA INFORMACIÓN	41
	9.2.1. Variable precipitación.....	41
	9.2.2. Variable la variable temperatura	41
	9.2.3. La variable humedad relativa.....	42
	9.3 ANALISIS DE LOS DATOS CLIMATOLOGICOS	42
	9.3.1. Análisis gráficos de las estaciones meteorológicas de la caracterización climática del IDEAM.....	42
	9.3.2. Análisis de las diferencias significativas de las variables precipitación, temperatura y humedad relativa en el Software estadístico R utilizando el test de Wilcoxon.....	43
10.	RESULTADOS	44
	10.1 PRECIPITACIÓN.....	44
	10.1.1 Número de días con precipitación.....	48
	10.2 TEMPERATURA	52
	10.3 HUMEDAD RELATIVA.....	55

11.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	58
	11.1 PRECIPITACIÓN.....	58
	11.2 TEMPERATURA	59
	11.3 HUMEDAD RELATIVA.....	61
12.	CONCLUSIONES	62
13.	BIBLIOGRAFIA	65

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación de las zonas climáticas (Semiseca y Semihumeda) en Bogotá.</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de las zonas climáticas (Ligeramente húmedas, Moderadamente húmedas y Húmedas) en Bogotá.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3. Clasificación de las zonas climáticas (Muy húmedas y Superhúmedas) en Bogotá.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 4. Estaciones meteorológicas seleccionadas para el área de estudio.</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 5. Distribución de variables climatológicas de cada estación de estudio.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 6. Clasificación tipos climáticos correspondientes al índice global de humedad.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 7. Clasificación variación estacional de humedad.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 8. Clasificación variación estacional de humedad.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 9. Clasificación Índices de eficiencia térmica.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 10. Clasificación concentración estival de la eficiencia térmica.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 11. Documentación legal normatividad ambiental en Colombia.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12. Promedios mensuales y anual de precipitación (mm) obtenidos en el Análisis de esta tesis.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 13. Promedios mensuales y anual de precipitación (mm) obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para la variable precipitación.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 15. Promedios mensuales y anual del número de días con lluvias obtenidos en el Análisis de esta tesis</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 16. Promedios mensuales y anual del número de días con lluvia obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 17. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para el número de días con lluvia.</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 18. Promedios mensuales y anual de temperatura en °C obtenidos en el Análisis de esta tesis</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 19. Promedios mensuales y anual de temperatura en °C obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 20. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para la variable temperatura.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 21. Promedios mensuales y anual de humedad relativa en % obtenidos en el Análisis de esta tesis</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 22. Promedios mensuales y anuales de humedad relativa en % obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 23. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para la variable humedad relativa.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 24. Promedios mensuales y anuales de precipitación y días con lluvia.</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 25. Promedios mensuales y anuales de temperaturas</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 26. Promedios mensuales y anuales de humedad relativa</i>	<i>61</i>

LISTA DE GRAFICAS

<i>Grafica 1.Promedios mensual de precipitación en mm para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2020 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.</i>	<i>44</i>
<i>Grafica 2.Promedios mensual del número de días con lluvias para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2020 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.</i>	<i>48</i>
<i>Grafica 3.Promedios mensual de temperatura en °C para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2020 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.</i>	<i>52</i>
<i>Grafica 4.Promedios mensuales de humedad relativa en % para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2017 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.</i>	<i>55</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas en el suroeste de Bangladesh para su análisis.</i>	
.....	18
<i>Figura 2. Mapa de Bogotá y sus alrededores, ubicaciones de estaciones climatológicas instaladas.</i>	
.....	21
<i>Figura 3. Localización general del área de estudio.</i>	30

1. INTRODUCCIÓN

Este documento se ha desarrollado con el fin de realizar la validación del estudio de la caracterización climática de Bogotá el cual fue realizado por parte del IDEAM (Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) en el año 2004. En este estudio el IDEAM tuvo en cuenta los registros multianuales de las variables climatológicas que se analizaron por medio de procesos estadísticos que permitieron establecer el comportamiento de cada una de estas variables. Como resultado del estudio realizado por esa entidad se presenta un informe el cual es una herramienta guía para conocer el comportamiento climático, análisis y distribución de las principales variables que predominan en la ciudad, para esto el IDEAM selecciono aquellas estaciones meteorológicas con registros de por lo menos de treinta (30) años de series de precipitación y un mínimo de diez (10) años en las demás variables climatológicas. En donde se establecieron 7 zonas climáticas las cuales comprenden desde la zona Semi seca hasta finalizar en la zona súper húmeda.

Para poder analizar y validar si se han presentado variaciones climatológicas desde el año 2004 hasta la fecha actual, en este proyecto se analizaron las variables climatológicas precipitación, temperatura y humedad relativa en el periodo 2005-2020 tomando como base la información suministrada por parte de las entidades EAAB (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá) y del IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales). Con los datos climatológicos que se obtienen de estas dos entidades se llevó a cabo un análisis estadístico para cada estación meteorológica desde el año 2005 hasta la fecha donde se tenga el último registro de información, esto permitió realizar un análisis donde se puede conocer los valores de promedios mensuales y anuales para cada variable climatológica, que permitieron llevar a cabo un análisis de esta información obtenida con el fin de corroborar si se han presentado variaciones climatológicas para cada una de estas siete (7) zonas climáticas presentes en la ciudad de Bogotá.

Por tal motivo los registros históricos climatológicos aportados por estas entidades han sido de vital importancia para el desarrollo de este trabajo de grado, ya que al acceder a esta información y realizar su respectivo análisis se puede conocer el comportamiento climático que ha presentado la ciudad en este periodo histórico 2005-2020.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La medición de fenómenos meteorológicos en la ciudad de Bogotá comenzó desde el año 1970, actualmente estas observaciones se realizan en estaciones pluviométricas, ambientales y climatológicas de la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) el IDEAM, la CAR, la EAAB y el FOPAE.

En el informe del año 2004 presentado por el Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM se realizó un estudio de las diferentes variables climatológicas las cuales son temperatura, humedad relativa, brillo solar, presión atmosférica, velocidad del viento y precipitación. Donde se tomaron los datos de las estaciones que tuvieran datos completos y fueran representativos para poder realizar un análisis estadístico que permitieran conocer el comportamiento que han tenido a lo largo de los años estas variables climatológicas. En el estudio realizado por esa entidad se tuvieron en cuenta veintiséis (26) estaciones climatológicas de la ciudad, analizando periodos de treinta (30) años para datos pluviométricos y de por lo menos diez (10) años para las demás variables, donde se pudo concluir y establecer siete (7) zonas climáticas. (IDEAM, 2004)

Para realizar la correcta caracterización que presenta el clima en una región determinada se hace uso de las normas climáticas dadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para lo cual esta organización dispone de la Guía de las practicas climatológicas y un Reglamento Técnico, los cuales recomiendan el uso de datos de periodos de por lo menos 30 años como referencia para realizar la caracterización climática en una región de interés. Dado que cuando se formuló por primera vez esta caracterización solo se disponía de 30 años de datos para la elaboración de este informe, por tal motivo se impulsó esta recomendación de 30 años como norma. Estas recomendaciones también se basan en estudios realizados con las normales climáticas y su sensibilidad para dar una caracterización climática ante los periodos cortos de duración y lo incompleto de los datos, por lo cual se establece este periodo y sigue aún en vigencia en El Reglamento Técnico de la Organización Meteorológica Mundial. (OMM, 2017)

Por lo tanto el IDEAM realizo un análisis de un periodo de tiempo de 30 años para variables de precipitación y de 10 años para las demás variables climatológicas (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, brillo solar, nubosidad) .

La importancia de validar la caracterización climática dada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Será de gran utilidad para conocer el comportamiento climático actual en la ciudad, ya que los estudios hidrológicos son la base para cualquier obra de ingeniería civil, por lo cual todas las obras que se desarrollen en la sabana de Bogotá necesitan tener un estudio de caracterización climática que se encuentre actualizado y es necesario comprobar la validez del estudio ya realizado por el IDEAM en el año 2004.

El desarrollo de este estudio será un proceso investigativo en el cual se analizarán las variables climatológicas de precipitación, temperatura y humedad relativa presentes en la ciudad verificando de esta manera las posibles variaciones que hayan presentados las zonas climatológicas a lo largo de estos años. Esta verificación se hará para un periodo de 15 años comprendiendo el periodo de 2005 a 2020 considerando medio periodo climatológico de los 30 años establecidos por la Organización Meteorológica Mundial.

3. ESTADO DEL ARTE

ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ Y CUENCA ALTA DEL RIO TUNJUELO

Como base principal para el desarrollo de esta investigación se tomó la caracterización climática de Bogotá que realizó el IDEAM en el año 2004, esta caracterización se llevó a cabo realizando procesos estadísticos de las variables de temperatura, humedad relativa, brillo solar, presión atmosférica, vientos y precipitación. A partir de los análisis realizados a lo largo del estudio se pudo obtener una caracterización climática de Bogotá mediante el método C.W Thornthwaite basándose en el análisis hídrico climático presentado a lo largo de los años de estudio de las 26 estaciones climatológicas representativas y que contaran con una información completa permitiendo de esta manera establecer siete (7) zonas climáticas para la ciudad de Bogotá. (IDEAM, 2004)

Tabla 1. Clasificación de las zonas climáticas (Semiseca y Semihumeda) en Bogotá.

ZONAS CLIMATICAS	ESTACIONES	DATOS
SEMISECA: C1 SIMBOLOS : C1,R,B1,A	Bosa Barreno	Presenta precipitaciones media anual de 600 a 700 mm, localizada al oeste de Bogotá. Teniendo el primer periodo seco comprendido del mes de diciembre a marzo y el segundo periodo seco comprendido del mes de junio a septiembre.
	Quibla	
	Techo	
	Santa Lucia	
SEMIHUMEDAS : C2 SIMBOLOS:C2,R,B1,C 2	Fontibón	Presenta precipitaciones media anual de 700 a 800 mm, correspondiente a las zonas centro-occidente, occidente y nor-occidente. Teniendo un periodo de lluvias bajas de diciembre a marzo y de junio a septiembre.
	Engativá	
	Aeropuerto el Dorado	
	El Cortijo	
	Guaymaral	
	Doña Juana	

Fuente: (Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelo, 2004)

Tabla 2. Clasificación de las zonas climáticas (Ligeramente húmedas, Moderadamente húmedas y Húmedas) en Bogotá.

ZONAS CLIMATICAS	ESTACIONES	DATOS
LIGERAMENTE HUMEDAS:B1 SIMBOLOS:B1,R,B1	Conejera Suba	Precipitaciones que oscilan entre 700 y 900 mm. Representada en una banda estrecha sentido norte-sur a lo largo del centro de la ciudad, teniendo un periodo seco del mes de diciembre a marzo.
	Esc.Col Ingeniería	
	Centro Nariño	
	Pasquilla	
	El Hato	
MODERADAMENTE HUMEDAS:B2	Contador	Caracterizado con precipitaciones entre 900 y 1000 mm extendida a lo largo del centro de la ciudad en el sentido norte-sur hacia el lado del oriente de la ciudad.
	Usaquén	
	Jardín Botánico	
	Ciudad Universitaria	
	San Diego	
HUMEDAS:B2	Cerro Suba	Caracterizado con precipitaciones entre 1000 y 1100 mm.
	Serrezuela	
	Quebrada la Vieja	
	Venado de Oro	
	Vitelma	

Fuente: (Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelo, 2004)

Tabla 3. Clasificación de las zonas climáticas (Muy húmedas y Superhúmedas) en Bogotá.

ZONAS CLIMATICAS	ESTACIONES	DATOS
MUY HUMEDAS:B4	Parte Alta Usaquén	Precipitaciones media anual que oscilan entre 1100 y 1300 mm.
	Guadalupe	
	San Francisco Salitre	
SUPERHUMEDAS:A	Torca	Precipitaciones media anual que oscilan entre 1200 y 1400 mm.
	El Verjón	
	Bocagrande	
	Salitre	
	Laguna de los Tunjos	

Fuente: (Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelo, 2004)

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL REGISTRO HISTÓRICO DE DATOS (2012-2019) DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN UN ÁREA PERIMETRAL AL EDIFICIO EL CUBO DE COLSUBSIDIO UBICADO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Este documento fue elaborado como trabajo de grado por el estudiante Juan David Vargas Bulla de la Universidad Católica de Colombia en el año 2020 del programa de ingeniería civil. En este trabajo se realizó la instalación de una estación meteorológica en el Edificio el cubo Colsubsidio con el fin de obtener información de las distintas variables meteorológicas que permitieran establecer si existía una posible relación entre los datos arrojados por las estaciones de interés que se encuentran cercal al edificio el cubo de Colsubsidio y validar si con el paso del tiempo este edificio aun cumple con las condiciones bioclimáticas para la cual fue diseñado. El edificio cuenta con certificación LEED de categoría oro fue construido en el año 2011 y cuenta con características estructurales y arquitectónicas especiales que le permiten tener un mayor aprovechamiento de la ventilación, luz natural y un ahorro significativo en el consumo del agua entre otras características, logrando un confort térmico el cual le hizo merecedor de dicha certificación LEED.

Con la estación instalada en el mes de agosto del año 2019 se llevó un registro de las variables temperaturas interiores y exteriores, humedad interior y exterior, presión barométrica, promedios de escorrentía, velocidad del viento y evapotranspiración por un tiempo de seis (6) meses. Donde su interés era analizar la veracidad de la información y poder hacer una comparativa con las otras estaciones activas en una zona cercana al área de estudio, analizando de esta manera dicha información para poder conocer los efectos que ha tenido la contaminación ambiental en los cambios climáticos presentados en la actualidad. Para esto se seleccionaron las estaciones meteorológicas donde se obtuvieran datos representativos de las variables de interés en las estaciones más cercanas y que se tuviera acceso a dicha información como lo son las estaciones: Ideam, Aeropuerto El Dorado, Jardín Botánico Y Universidad Nacional. Con base en la información obtenida de estas estaciones se realizó una serie de análisis estadísticos que permitieron analizar y conocer las características de cada variable corroborando la veracidad de los datos obtenidos de la estación que se instaló en el edificio El Cubo con respecto a las estaciones mencionadas anteriormente las cuales son operadas por el IDEAM entidad que permitió recolectar esta información. Finalmente después de realizar la recolección, análisis e interpretación de la información obtenida se evidencio que ninguna estación cuenta con un registro completo de datos lo que impidió realizar un análisis comparativo completo.

Por otro lado se realizó el análisis únicamente del mes de enero teniendo en cuenta que para los parámetros con los que se diseñó el edificio El cubo se seleccionó este mismo mes pero del año 2007 ya que este mes presentó mayor registro de temperaturas a lo largo del año. En cuanto a las lecturas obtenidas en cada estación de interés del estudio incluyendo la del cubo Colsubsidio es evidente la diferencia de cada una de estas lecturas evidenciándose unos posibles microclimas como ya fue mencionado por el IDEAM en el estudio de la caracterización climática que hizo de Bogotá en el año 2004. Analizando los datos obtenidos en la estación del cubo Colsubsidio y del jardín botánico se encontró que los datos arrojados por la estación en el cubo son inferiores, con respecto a los datos climatológicos utilizados en el diseño en el año 2007 se observa una abaja variación a lo largo de los años, por lo tanto el edificio a la fecha cumple con las condiciones Bioclimáticas para la cual fue diseñado. (Universidad Católica de Colombia, 2020)

CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA TIPO ENSO PARA LAS VARIABLES: PRECIPITACIÓN, EVAPORACIÓN, HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

Este documento fue elaborado como proyecto investigativo en el año 2016 por estudiantes de la facultad de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas, en el cual se pretendía conocer y analizar los parámetros climatológicos precipitación, evaporación, humedad relativa y temperatura en el departamento con el fin de conocer la influencia que tiene la variabilidad tipo ENSO la cual corresponde a una caracterización de los fenómenos asociados al ciclo de El niño y el ciclo de La niña, en donde el primer ciclo se caracteriza por una fase cálida donde las temperaturas aumentan y el segundo ciclo se caracteriza por lo contrario bajas temperaturas acompañadas de grandes precipitación.

Este estudio se realizó con la información que se obtuvo de las estaciones meteorológicas presentes a lo largo del departamento de Boyacá, donde se dividió en cuatro fases la realización de este estudio siendo en la primera etapa donde se realiza una caracterización estadística de acuerdo a los datos obtenidos de las estaciones climatológicas que permitieron realizar una caracterización del comportamiento climático de la región, en la segunda etapa en las variables de interés como lo son precipitación, evaporación ,temperatura y humedad relativa se realizaron unos análisis descriptivos en cada una de estas variables que permitieron conocer el comportamiento a lo largo de los años seleccionados de interés en el estudio, en la tercera parte se realiza una caracterización espacio -

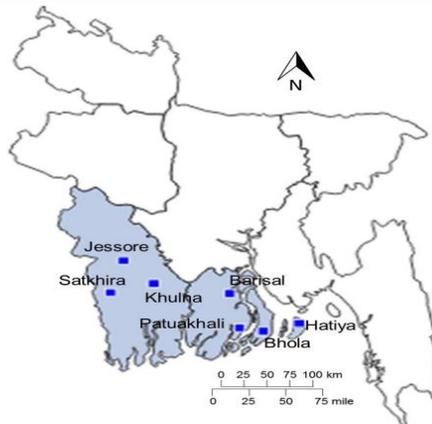
temporal de cada una de las variables mencionadas anteriormente y para finalizar en la última etapa se hace una correlación de los índices ONI con cada una de las variables climatológicas que se analizaron a lo largo del estudio el cual comprende un periodo de 1960 hasta el año 2010. Tomando como base del estudio los datos encontrados en las estaciones climatológicas representativas de la región como lo son: Surbata, Tunguavita, Chita, Sativa norte, Colon, Macanal y cardón, realizando un promedio mensual a lo largo de todos los años y un promedio anual que permitió conocer el comportamiento y variabilidad que presentó el clima de la región de Boyacá.

Finalmente después de realizar el estudio se concluye que el departamento de Boyacá presenta microclimas a lo largo de la región, estableciéndose una variabilidad en los datos arrojados en cada estación representativas de la región, presentando en algunas zonas valores de brillo solar entre 600 y 1800 horas anuales, la humedad relativa de la región presenta valores entre el 79 % al 83 %, el parámetro de precipitación fue el que presentó un mayor grado de correlación con el índice ONI viéndose muy influenciado por los fenómenos de El niño y La niña. (Universidad Santo Tomas, 2016)

CARACTERIZACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SUROESTE DE BANGLADESH: ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE TEMPERATURA, HUMEDAD, ÍNDICE DE CALOR Y PRECIPITACIONES

Este es un estudio realizado por el departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Utah de los Estados Unidos de América. Donde estas investigaciones realizadas identificaron a Bangladesh en su zona suroeste como uno de los siete (7) países más vulnerables del mundo por efectos del cambio climático siendo los sectores más impactados la agricultura, la escasez del agua y la creciente disminución de los caudales de los ríos. Este estudio se realiza con el objeto de identificar las tendencias que se pueden presentar a mediano y largo plazo en las variables climatológicas como lo son la temperatura mensual, estacional y anual, el índice de calor, la humedad relativa y la precipitación que se presenta en el sur-oeste de la región de Bangladesh, esta investigación recolecta la información presente de siete (7) estaciones meteorológicas de la región suroeste.

Figura 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas en el suroeste de Bangladesh para su análisis.



Fuente: (Characterization of climate change in southwestern Bangladesh., 2018)

Para los respectivos análisis hicieron uso del método de tendencia no paramétrica de Mann-Kendall y el método de pendiente 10 de sen ,aplicándose en datos de series de tiempos de las estaciones meteorológicas con el fin de detectar las tendencias presentadas en las doce (12) variables climáticas que fueron seleccionadas , comprendidas en el periodo 1960-2010. Una vez finalizados los análisis los resultados arrojan unas tendencias crecientes en las temperaturas mínimas,máximas y medias diarias en la mayoría de las estaciones analizadas, como resultado de esto los meses de verano se están volviendo más calurosos con un aumento significativo con unas temperaturas superiores a los 35°C, presentándose un aumento de temperatura en una tasa de 0,14 a 0,24°C por década esto afecta la producción ganadera y algunos cultivos como el arroz , posteriormente en la variable humedad relativa se muestra una tendencia creciente en las escalas anuales y estacionales, el índice de calor el cual indica cómo se presenta este nivel de temperatura en el cuerpo humano arrojando unos resultados de incomodidad en la población, la variable de precipitación presenta unas variaciones significativas en los patrones de precipitación mensual con unos valores de precipitación de 6, 720 mm por año. El realizar un estudio y análisis de estas variables es de gran importancia ya que permite planificar y realizar una correcta gestión de los recursos hídricos que es una de las principales preocupaciones debido a los bajos niveles en que se encuentran los ríos.

La precipitación anual promedio de la región aumento pero no son tendencias nada significativas en comparación con el creciente aumento de las temperaturas, el análisis sugiere una asignación y planificación de los recursos ya que a medida que las lluvias se vuelven más variables estas pueden ocasionar fallas y cambios sistémicos en la agricultura. (University of Utah, 2018)

4. MARCO TEÓRICO

ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ

Este estudio fue realizado por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales “IDEAM” y el Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias “FOPAE” en el año 2004, encontrándose una necesidad de conocer el comportamiento del clima de la ciudad de sus diferentes variables meteorológicas como temperatura, humedad, brillo solar, presión atmosférica, vientos y precipitación.

Para el desarrollo de este estudio realizaron el inventario de las estaciones meteorológicas existentes a la fecha en donde encontraron un registro de 103 estaciones entre climatológicas y pluviométricas que corresponden a las entidades EAAB, CAR, FOPAE, IDEAM y SDA. Encontrando estaciones que no contaban con los registros necesarios de información o inclusive ya se encontraban inactivas ,seleccionando finalmente un total de 26 estaciones teniendo en cuenta aquellas que tuvieron un registro de por lo menos treinta (30) años de series de precipitación y por lo menos diez (10) años en las demás variables climatológicas .

En el desarrollo de este estudio utilizaron la información arrojada por cada estación seleccionada algunas estaciones como las ubicadas hacia los cerros orientales zona característica de bastante humedad que presentaban registros solo de la variable de precipitación, por otro lado se tiene como estación de referencia debido a su completa y actualizada información la estación del aeropuerto el dorado ya que por la importancia de ubicación fue la estación que presento unos registros 24 horas al día la cual es operada por el IDEAM. De acuerdo a la información obtenida de cada estación se llevaron a cabo una serie de procesos estadísticos que permitieron conocer el comportamiento de cada una de las variables a lo largo de los años, con base en los resultados de los análisis estadísticos realizados se establecieron los meses que a lo largo de los años han sido característicos por presentar el registro de mayores temperaturas como lo son los meses de diciembre, enero y febrero. Por otro lado los meses de junio julio y agostos fueron representativos por la velocidad de sus vientos, los meses de septiembre ,octubre y noviembre son los meses que a lo largo de los años de estudio se caracterizaron por ser meses de las mayores precipitaciones .El desarrollo de este estudio tuvo un interés en analizar las diferentes variables climatológicas de la ciudad de Bogotá a lo largo de un periodo de 30 años para las variables de precipitación y 10 años

en las demás variables para poder realizar una caracterización del clima que permitiera analizar las distribuciones horarias para las variables que permitiera establecer y ajustar las tendencias climatológicas, realizando una caracterización en la cual se definen 7 zonas climáticas presentes en la ciudad bajo el método de clasificación C.W Thornthwaite el cual establece zonas Semiseca hasta llegar a zonas súper húmedas. (IDEAM, 2004)

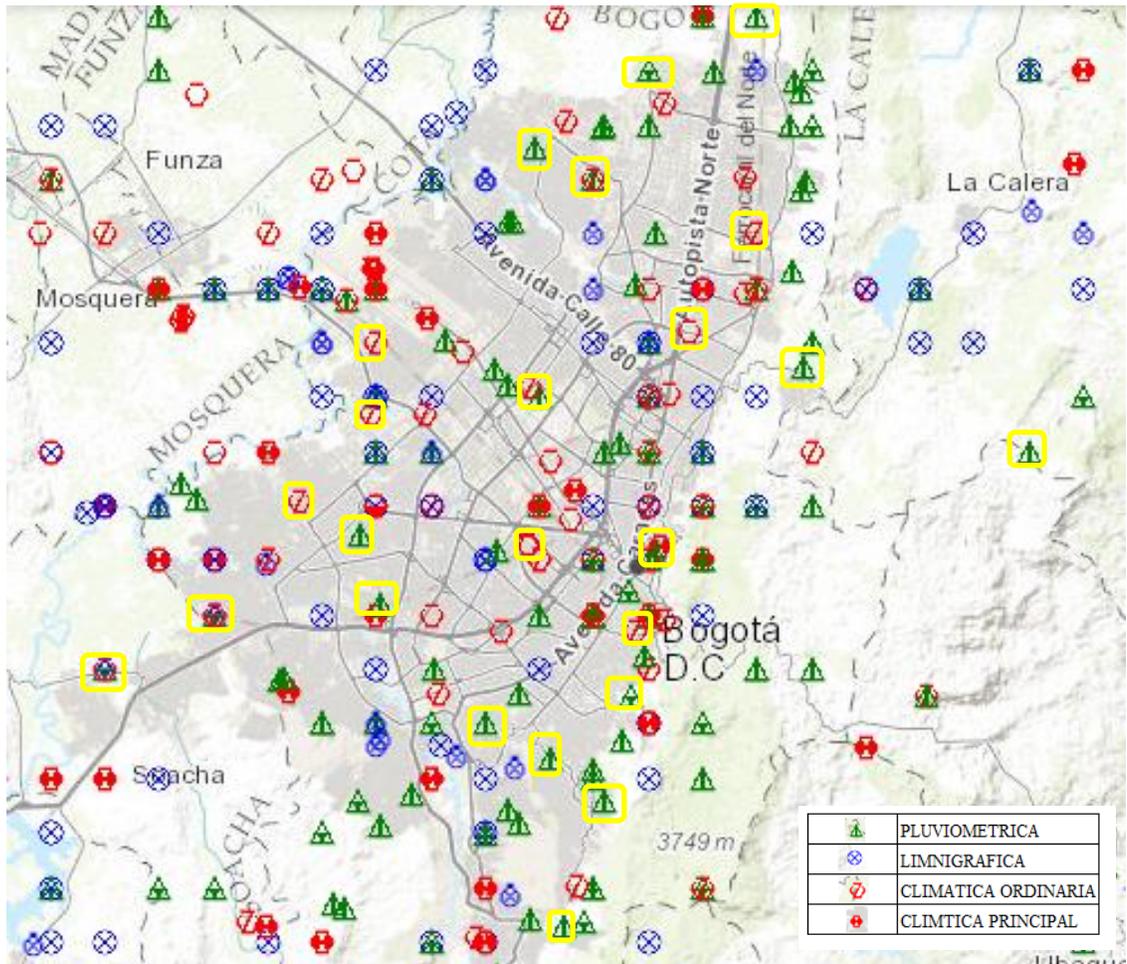
A continuación se muestra la tabla de las 26 estaciones seleccionadas.

Tabla 4. Estaciones meteorológicas seleccionadas para el área de estudio.

No	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	CAT.	ELEVACIÓN	CODIGO	ENTIDAD
1	APTO. EL DORADO	04°42' 20,4" N	74° 09' 24,0" W	CP	2547	2520579	IDEAM
2	APTO. GUAYMARAL	04°49' 2,7" N	74° 04' 10,2" W	CP	2585	2120559	CAR
3	BOCAGRANDE SALITRE	04°20' 8,9" N	74° 08' 6,5" W	PG	3475	2120019	EAAB
4	BOSA BARRENO NO2	04°36' 45,5" N	74° 11' 05,9" W	PG	2578	2120154	EAAB
5	CERRO DE SUBA	04°43' 7,2" N	74° 05' 7,2" W	PG	2664	2120031	EAAB
6	CONTADOR	04°42' 26,5" N	74° 02' 32,0" W	PG	2597	2120065	EAAB
7	DOÑA JUANA	04°30' 02,9" N	74° 08' 14,6" W	CP	2859	2120630	CAR
8	EL BOSQUE	04°28' 19,8" N	74° 04' 58,3" W	PM	3168	2120085	CAR
9	EL DELIRIO	04°33' 9,7" N	74° 03' 33,4" W	PG	2946	2120013	EAAB
10	EL GRANIZO	04°37' 29,0" N	74° 03' 30,0" W	PG	3125	2120032	EAAB
11	EL HATO	04°23' 12,5" N	74° 10' 38,5" W	PG	3157	2120020	EAAB
12	EL VERJON	04°34' 50,7" N	74° 01' 20,6" W	PG	3269	2120024	EAAB
13	ESCUELA COL. DE INGENIERIA	04°47' 01,0" N	74° 02' 45,4" W	CP	2582	2120605	IDEAM
14	GRANJA SAN JORGE	04°30' 20,5" N	74° 11' 21,3" W	CO	2920	2120572	IDEAM
15	HACIENDA LAS VEGAS	04°39' 41,8" N	74° 09' 05,1" W	CO	2563	2120623	IDEAM
16	JARDIN BOTANICO	04°39' 56,9" N	74° 05' 57,1" W	CO	2574	2120571	IDEAM
17	LA REGADERA	04°24' 13,1" N	74° 08' 31,7" W	CP	3008	2120509	EAAB
18	SAN FRANCISCO SALIT. K9	04°35' 0,10" N	74° 02' 24,5" W	PG	3186	2120008	EAAB
19	SAN DIEGO	04°36' 42,3" N	74° 03' 52,1" W	PG	2720	2120003	EAAB
20	SAN LUIS	04°38' 30,0" N	74° 02' 26,1" W	PG	2930	2120040	EAAB
21	SANTA LUCIA	04°34' 10,0" N	74° 07' 0,9" W	PG	2618	2120052	EAAB
22	TORCA	04°47' 20,2" N	74° 02' 10,5" W	PM	2579	2120077	CAR
23	UNIV.NACIONAL OMN.	04°38' 17,3" N	74° 05' 20,3" W	CP	2576	2120622	IDEAM
24	USAQUÉN SANTA ANA	04°41' 19,9" N	74° 01' 31,0" W	PG	2690	2120111	EAAB
25	VENADO DE ORO	04°35' 53,3" N	74° 03' 54,0" W	CO	2757	2120558	IDEAM
26	VITELMA	04°34' 31,0" N	74° 04' 18,8" W	CP	2802	2120524	EAAB

Fuente: (Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelo,2004)

Figura 2. Mapa de Bogotá y sus alrededores, ubicaciones de estaciones climatológicas instaladas.



Fuente: (IDEAM-Instituto de Hidrología, 2020)

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES VARIABLES

En el desarrollo del estudio de la caracterización climática de Bogotá para el análisis de las diferentes variables climatológicas se hizo uso de fórmulas estadísticas que permitieran analizar el comportamiento del clima a lo largo de los años de estudio, a continuación se presentaran los análisis estadísticos realizados para cada variable. Realizando un promedio mensual y anual a lo largo de los años de interés de estudio. (IDEAM, 2020)

Tabla 5. Distribución de variables climatológicas de cada estación de estudio.

ESTACIONES	VARIABLE CLIMATOLOGICA	ANALISIS ESTADISTICO
Arpto. El Dorado	TEMPERATURA	Media
Arpt. Guaymaral		Máxima absoluta
Esc. Col. Ingeniería		Mínima absoluta
Granja San Jorge		Máxima media
Hda Las Vegas		Mínima media
Jardín Botánico		
Univ. Nacional		Grafica resultados
Venado de Oro		
Arpto. El Dorado	HUMEDAD RELATIVA	Promedio mensual y anual
Arpto. Guaymaral		
Esc. Col. Ingeniería		
Granja San Jorge		
Hda Las Vegas		
Jardín Botánico		
Obs. Mete Nal		
Venado de Oro		
Vitelma		
Regadera		
Arpto. El Dorado	BRILLO SOLAR	Promedio mensual y anual
Arpto. Guaymaral		
Doña Juana		
Esc. Col Ingeniería		
Granja San Jorge		Graficas resultados
Univ. Nacional		
Venado de Oro		
Vitelma		
Arpto. El Dorado	EVAPORACIÓN	Promedio mensual y anual
Arpto. Guaymaral		
Doña Juana		
Esc. Col. Ingeniería		Graficas resultados
Vitelma		
Arpto. El Dorado	PRECIPITACIÓN	Promedio mensual y anual de precipitación
Bocagrande Salitre		
Bosa Barreno		
Cerro de Suba		

El Bosque		Promedio mensual y anual de lluvia máxima en 24 horas
El Delirio		
El Granizo		
El Hato		
El Verjón		
Granja San Jorge		Numero de día con lluvias
Jardín Botánico		
La Regadera		
San Francisco Salitre		
San Diego		
San Luis		Grafica resultados
Santa Lucia		
Torca		
Univ. Nacional		
Usaquén Santa Ana		
Venado de Oro		
Vitelma		

Fuente: (Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelo ,2004)

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA MÉTODO C.W THORNTHWAITE

El método de clasificación se calcula a partir de datos climatológicos, no hace uso de consideraciones previas sobre el tipo de vegetación presente en la zona de estudio su enfoque esta en calcular los índices el grado de sequía y el grado de humedad de una región permitiendo definir los déficits o excedentes anuales de agua, para lo cual se hace uso de unos parámetros ya establecidos y unas fórmulas que permitan determinar la respectiva clasificación climática de la región. (Climatología Practico, 2012)

La clasificación está estructurada en cuatro índices que expresan las características climáticas del lugar en conjunto.

B4: Que corresponde al índice global de humedad

r: Es la variación estacional conocida como VEH

A': Es el índice de eficiencia térmica que corresponde a la evapotranspiración potencial ETP

a' : Es la concentración estival de la eficiencia térmica

Es importante definir previamente algunos conceptos para poder entender el significado de las formulas a presentar a continuación y su uso:

n: Es la necesidad que tiene la vegetación de agua anualmente

d: Correspondiente a los déficits mensuales de agua totales que se presentan a lo largo del año.

Para el respectivo cálculo de **d** se hace uso de la siguiente formula:

$$d = ETP - ETR \quad \text{ECUACIÓN 1 (Ecuación para el cálculo de los déficits mensuales)}$$

Donde el termino ETR es el correspondiente a la evapotranspiración real la cual se refiere a la cantidad de agua que puede evapotranspirarse por otro lado el ETP que hace referencia a la evapotranspiración potencial que son ilimitadas las disponibilidades de agua.(Evapotranspiración real (ETR) media anual. (Geoportal, 2005)

S: Correspondiente al total anual de excedentes mensuales

$$S = RR - ETR \quad \text{ECUACIÓN 2 (Ecuación para el cálculo total de excedentes mensuales)}$$

In: El índice de humedad permite determinar un balance entre las perdidas por evapotranspiración potencial y los aportes hídricos que se dan por precipitación (Geoportal, 2005)

$$In = 100 * \frac{S}{n} \quad \text{ECUACIÓN 3 (Ecuación para el cálculo del índice de humedad)}$$

Ia: El índice de aridez es una característica cualitativa del clima ,este índice permite medir el grado de insuficiencia o suficiente correspondiente a la variable precipitación (IDEAM, 2019)

$$Ia = 100 * \frac{d}{n} \quad \text{ECUACIÓN 4 (Ecuación para el cálculo del índice de aridez)}$$

Índice global de humedad (Im) : Es una relación entre el índice global de humedad (In) y el índice de aridez (Ia)

$$Im = In - 0.6 * Ia \quad \text{ECUACIÓN 5 (Ecuación para el cálculo del índice global de humedad)}$$

EL ÍNDICE DE HUMEDAD SE CLASIFICA EN 9 TIPOS CLIMÁTICOS QUE VA DESDE EL ÁRIDO AL SUPERHUMEDO

Tabla 6. Clasificación tipos climáticos correspondientes al índice global de humedad.

TIPO CLIMATICO	LETRA	IM
Per húmedo	A	$Im > 100$
Húmedo	B4	$100 > Im > 60$
	B3	$80 > Im > 60$
	B2	$60 > Im > 40$
	B1	$40 > Im > 20$
Sub-Húmedo a Húmedo	C2	$20 > Im > 0$
Seco a Sub-Húmedo	C1	$0 > Im > -20$
Semiárido	D	$20 > Im > -40$
Árido	E	$40 > Im > -60$

Fuente: (Clasificaciones climáticas Thornthwaite, 2012)

Para el cálculo de la variación estacional de la humedad, la cual se clasifican en 10 tipos correspondiente a 5 variaciones para climas húmedos y 5 para climas secos:

Tabla 7. clasificación variación estacional de humedad.

SIMBOLO	LA/H	SIGNIFICADO
R	$La < 16,7$	Solo para climas húmedos (a, b, c2). Poco o ningún déficit en cualquier estación.
D	$Lh > 10$	Solo para climas secos (c1, d, e). Poco o ningún excedente en cualquier estación.
S		Variación estacional de humedad de carácter moderado, siendo el verano la estación más seca.
	$16,7 < La < 33,3$	En climas húmedos (a, b, c2). Déficit estival moderado.
	$10,0 < Lh < 20,0$	En climas secos (c,d,e). Excedente invernal moderado.
W		Variación estacional de humedad de carácter moderado, siendo el invierno la estación más seca.

	16,7<La<33,3	En climas húmedos (a, b, c2). Déficit invernal moderado.
	10,0<Lh<20,0	En climas secos (c,d,e). Excedente estival moderado.

Fuente: (Clasificaciones climáticas Thornthwaite, 2012)

Tabla 8. clasificación variación estacional de humedad.

SIMBOLO	LA/H	SIGNIFICADO
S2		Fuerte variación estacional de humedad, siendo el verano la estación más seca.
	La> 33,3	En climas húmedos; gran déficit estival.
	Lh>20,0	En climas secos; gran déficit invernal.
W2		Fuerte variación estacional de humedad, siendo el invierno la estación más seca.
	La> 33,3	En climas húmedos; gran déficit invernal.
	Lh>20,0	En climas secos; gran déficit estival.

Fuente: (Clasificaciones climáticas Thornthwaite, 2012)

El Índice de eficiencia térmica (A') es el tercer símbolo de clasificación por el método c.w Thornthwaite se establece a partir de los valores de ETP, clasificándose en 9 tipos.

Tabla 9. clasificación Índices de eficiencia térmica.

ETP (mm)	SIMBOLO	TIPO DE CLIMA
N>1140	A'	Mega termal
1140>N>997	B4'	Cuarto Meso termal
997>N>885	B3'	Tercer Meso termal
885>N>712	B2'	Segundo Meso termal
712>N>570	B1'	Primer Micro termal
570>N>427	C2'	Segundo Micro termal
427>N>285	C1'	Primer Micro termal
285>N>142	D'	Clima de Tundra

142>N	E'	Clima de Hielo
-------	----	----------------

Fuente: (Clasificaciones climáticas Thronthwaite, 2012)

El ultimo símbolo correspondiente a la concentración estival de la eficiencia térmica, el cual se halla con el cociente entre la EPT de los meses de verano sobre la de todo el año.

Tabla 10. Clasificación concentración estival de la eficiencia térmica.

ETP(VERANO)/ETP(ANUAL)*100	SIMBOLO
Valores menores A 48,0	A'
Entre 48,0 Y 51,9	B4'
Entre 51,9 Y 56,3	B3'
Entre 56,3 Y 61,6	B2'
Entre 61,6 Y 68,0	B1'
Entre 68,0 Y 76,3	C2'
Entre 76,3 Y 88,0	C1'
Valores mayores a 88,0	D'

Fuente: (Clasificaciones climáticas Thronthwaite, 2012)

FÓRMULAS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar la distribución de las diferentes variables que permitieron realizar la clasificación y caracterización climática de Bogotá fueron empleadas formulas estadísticas para conocer por medio de estos análisis el comportamiento de las variables a lo largo de los años de estudio, a continuación se presentan las fórmulas utilizadas.

CALCULO DE TEMPERATURA MEDIA

Se entiende por temperatura media a los promedios estadísticos que se realizan con los registros que se tienen entre las temperaturas máximas y mínimas registradas ya sean a lo largo del día, mes y año. (Junta Andalucía, 2014)

Para el cálculo de la temperatura media mensual se suman todos los datos que se obtuvieron todos los días del mes y se dividen entre el número del día del mes.

$$Tm = \frac{\sum T1+T2+T3...+TN}{N \text{ DIAS MES}} \quad \text{ECUACIÓN 6 (Ecuación para el cálculo de la temperatura media mensual)}$$

Dónde:

T: Corresponde a los valores de las temperaturas registradas a lo largo del mes

N días mes: Son la cantidad total de los días del mes que se registraron datos

PROMEDIO ANUAL

Se realiza la suma de las temperaturas media de cada mes del año y se divide entre los 12 meses que tiene el año

$$Pma = \frac{\sum Tm1+Tm2...TM12}{12} \quad \text{ECUACIÓN 7 (Calculo de los promedios anuales)}$$

TEMPERATURA ABSOLUTA MÁXIMA Y MÍNIMA

Es la temperatura más alta y más baja registrada a lo largo del mes de estudio de interés ,en la cual después se realiza un promedio de cada temperatura máxima y mínima registrada que corresponda al mismo mes a lo largo del periodo de los años de estudio, cada cálculo se realiza por aparte para la temperatura máxima absoluta y a la temperatura mínima absoluta. Esto con el fin de conocer las temperaturas registrada en ese mes específico permitiendo conocer el promedio de las temperaturas máximas y mínimas absoluta a lo largo del año. (Junta Andalucía, 2014)

TEMPERATURA MEDIA MÁXIMA Y MÍNIMA

Se obtiene realizando la media entre los diferentes registros de temperaturas tanto mínimas como medias tanto mensuales como anuales a lo largo de todos los años de estudio. El realizar los cálculos estadísticos mencionados anteriormente permitió conocer las características climatológicas

que se han presentado a lo largo de cada mes en los años de estudio. Conociendo las distribuciones horarias que permitan ajustar los pronósticos climatológicos para cada mes del año. (Slideshare, 2016)

ATLAS CLIMATOLÓGICO DE COLOMBIA

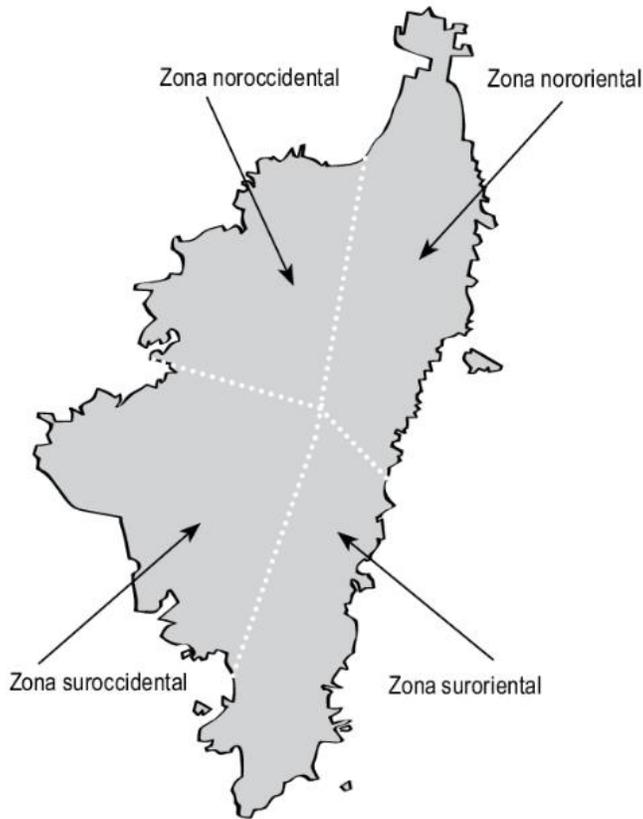
Este atlas fue desarrollado en el año 2005 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, con el fin de proporcionar una herramienta de fácil accesibilidad de estudiantes, técnicos e individuos de las más diversas especialidades. Permitiendo conocer y analizar las variables climatológicas y meteorológicas que se encuentran presentes a lo largo del país, presentándose unos conceptos previos que permitan una mayor comprensión de los temas para algunas personas desconocidas que son abordados a lo largo del estudio, para más adelante adentrarse en las distribuciones espacio-temporal de las variables del clima del país.

Para poder conocer y entender cada aspecto relacionado con el atlas climatológico de Colombia el IDEAM dividió este documento en cuatro partes. En la primera parte se realiza la descripción de las redes de medición que son operadas por esta entidad y se hace una descripción previa de conceptos necesarios que permitan la correcta comprensión del documento. La segunda parte se explica la influencia que tienen los fenómenos del Niño y de la Niña en el comportamiento climático del país, para lo cual previamente se analizan cada una de las variables que son más representativas de la climatología nacional siendo estas: temperaturas máximas, medias, mínimas y medias, precipitaciones tanto totales y del número de días de lluvia, humedad relativa, radiación, brillo solar, velocidad de los vientos. En la tercera parte se analizan los aspectos departamentales conociendo y caracterizando el comportamiento climatológico correspondiente a cada departamento analizando mediante procesos estadísticos cada una de las variables mencionadas anteriormente, realizando también mapas para una completa descripción y análisis. Por último en la cuarta parte se explican los temas de contaminación atmosférica, meteorología marina, pronóstico del tiempo y el cambio global, haciendo una explicación y presentación de las normas vigentes, ubicación de las estaciones encargadas de monitorear, conceptos importantes, cálculos. En el apartado del cambio global se abordan los cambios que han presentado la atmósfera y el clima en el periodo del siglo xx. (IDEAM, 2005)

LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL

La ciudad de Bogotá se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca a una elevación sobre el nivel del mar entre 2510 msnm y 3780 msnm, la delimitan dos unidades fisiográficas una zona montañosa que tienen inicio en el altiplano, se prolonga hasta el límite del distrito y una zona plana ubicada al norte y que comprende el altiplano de Bogotá. (IDEAM, 2004)

Figura 3. Localización general del área de estudio.



Fuente: (Solicitud información mapa,2020)

PRUEBA DE SUMA DE RANGO TEST DE WILCOXON

De acuerdo a los servicios de datos de investigación + ciencias de la biblioteca de la Universidad de Virginia ubicada en los Estados Unidos de América el test de Wilcoxon es una versión no paramétrica de la prueba t de dos muestras. En el cual hace dos supuestos de dos grupos de datos tienen igual varianza y tienen interdependencia, no hace la suposición de que los datos tienen una

distribución conocida. Por lo tanto no trata con parámetros por lo cual se le llama que no es una prueba paramétrica.

Esta prueba plantea que en dos grupos de datos las medianas difieren por lo tal un grupo de datos al realizar la gráfica se desplaza hacia la izquierda y otro se desplazara a la derecha. Al realizar la ejecución del test se observa si el valor de P- valué es menor que 0.05 de ser así se establece que el grupo de datos tienen diferencias significativas y que las medianas de las dos distribuciones difieren, La ejecución de este test de Wilcoxon se ejecuta en un software estadístico llamado R-Project el cual es un lenguaje de alta programación que realiza análisis estadísticos (University of Virginia, 2020)

SOFTWARE PROYECTO R PARA COMPUTACIÓN ESTADISTICA

De acuerdo a la Universidad de Salamanca el software estadístico R es un lenguaje y un entorno de gráficos estadísticos, el cual proporciona distintas variables estadísticas como lo son :

- Pruebas estadísticas clásicas.
- Modelado lineal y no lineal.
- Análisis de serie de tiempo.
- Análisis de agrupamiento.
- Análisis de clasificación.

Este software de modelamiento estadístico proporciona una ruta de código abierto para realizar con facilidad el diseño de gráficos y realizar estimaciones como es el caso del test de Wilcoxon permitiendo realizar gráficos de buena calidad, incluyendo toda la simbología matemática y formulas si son necesarias, este software es de libre ejecución y se realiza su compilación en plataformas como UNIX y similares. (University of Salamanca, 2016)

TIPOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Estaciones Climatológicas: Este tipo de estaciones miden variables climatológicas como lo son la temperatura, humedad y lluvias, para realizar estas mediciones poseen un pluviómetro, psicrómetro y fluviógrafo.

Estaciones Pluviométricas : Son las encargadas de medir la cantidad de precipitación (lluvia) en un periodo de tiempo determinado como unidad de medida en milímetros, para realizar esta medición este tipo de estaciones está dotada con un pluviómetro el cual realiza el registro de información.

Estaciones Hidrológicas: Son las encargadas de medir los niveles que se presentan en los cuerpos de agua.

Estaciones Hidrometereológicas: Son las encargadas de realizar las observaciones pertinentes de las variables de temperatura, humedad, niveles de cauces y precipitaciones.(IDEAM,2004)

ENTIDADES A CARGO DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Secretaria Distrital de Ambiente (SDA): Esta entidad cuenta con un total de 13 estaciones fijas de medición de la calidad del aire las cuales se encuentran ubicadas en distintos puntos de la ciudad y son las encargadas de realizar las mediciones y de ser necesario emitir alerta ante los posibles aumentos de material particulado que puedan afectar en cierta manera la calidad de vida y salud de las personas. Esta red de estaciones también realizan las mediciones de las variables meteorológicas humedad relativa, velocidad y dirección del viento, precipitación, temperatura y presión barométrica. (IDIGER, 2020)

Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) : Cuenta con un total de 92 estaciones en la ciudad de Bogotá , las cuales por separado cada una de estas miden parámetros limnitograficos encargados de medir los niveles de las corrientes hídricas, pluviométricas las cuales recolectan los datos de precipitación que se registran a lo largo de la ciudad y climatológicas que son las encargadas de medir las variables de precipitación , velocidad y dirección del viento, brillo solar y temperatura. (IDEAM, 2020)

Corporación Autónoma Regional (CAR) : Entidad a cargo de 10 estaciones en la ciudad de Bogotá entre las que se registran mediciones de parámetros climatológicos ,pluviométricos y limnitograficos que permiten medir de esta manera variables de precipitación , temperatura, humedad y nivel de las corrientes hídricas. (CAR, 2017)

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) : Conformada por 83 estaciones meteorológicas encargadas de realizar las mediciones pluviométricas ,climatológicas convencionales y climatológicas automáticas, permitiendo medir variables de precipitaciones. (EAAB, 2019)

Fondo de previsión y Atención de Emergencias (FOPAE): Esta entidad actualmente cambio su nombre a Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio climático (IDIGER) , la cual tiene a cargo 16 estaciones entre pluviométricas ,limnigrafica y climatológicas, encargadas de registrar datos de precipitaciones, temperaturas ,humedades y nivel de las corrientes hídricas. (IDIGER, 2020)

5. MARCO CONCEPTUAL

RED METEOROLÓGICA

Las redes meteorológicas son estaciones de gran importancia ya que estas estaciones permiten registrar y medir las diversas variables meteorológicas, donde sea posible estudiar el cambio climático del planeta en un periodo determinado, en Colombia y más particularmente en la ciudad de Bogotá se cuenta con diversas estaciones meteorológicas a lo largo de la ciudad. (IDEAM, 2019)

RED CLIMATOLÓGICA EN BOGOTÁ

A lo largo de la ciudad se presentan diversas estaciones climatológicas que permiten medir variables meteorológicas para poder realizar un seguimiento y respectivo análisis que se presente en el clima en un periodo de tiempo de interés. Las variables que tuvieron acceso a la información son temperatura, brillo solar, velocidades de viento, evaporación, humedad del aire entre otras, particularmente para el desarrollo de este trabajo investigativo los datos climatológicos de las estaciones que se seleccionaron son de gran importancia y el pilar más importante para poder realizar dicho estudio, ya que sin el acceso a esta información sería casi imposible realizar esta investigación. (IDEAM, 2019)

Una red climatológica es aquella que permiten conocer diversas características climáticas de una zona en particular, el tener una red de estaciones que suministren datos verídicos y confiables es de gran importancia ya que esta información arrojada por cada estación es la información base que se utiliza para poder realizar un seguimiento a los diversos fenómenos del clima en un espacio-temporal que garantice un grado de certidumbre de la toma de decisiones política-económica, social y ambiente. (IDEAM, 2019)

Los registros de información meteorológica son datos que han sido obtenidos por un personal capacitado para el manejo, mantenimiento y control de las estaciones climatológicas, generalmente las actividades mencionadas anteriormente son realizadas por diverso personal. Los datos confiables nos permiten realizar la evaluación de las diferentes variables climatológicas con el fin de que se conviertan en una herramienta indispensable para interpretar los diferentes cambios que ha tenido el ambiente en una región a lo largo de un periodo determinado, teniendo información actualizada y cada vez más precisa basándose en unas series hidrometereológicas históricas la cual permite llevar

a cabo una interpretación por medio de uso de software y análisis estadísticos que ayuden a mejorar los conocimientos climáticos de la región. (IDEAM, 2019)

¿QUÉ ES HOMOGENIZACIÓN DE DATOS?

Es de mucha importancia realizar la homogenización de los datos de interés en el estudio ya que permiten tener unos datos de alta calidad, que garanticen que las series de tiempo de las distintas estaciones climatológicas representen señales asociadas al sistema climático en la zona correspondiente y no a otros factores como lo son errores humanos, desplazamiento de la estación, errores propios técnicos de la estación. (SICE, 2016)

6. MARCO LEGAL

Colombia desde el año 1973 realiza su primera implementación de normatividad ambiental, esto resulto con motivo de la reunión de Estocolmo de 1972, con el paso de los años se ha visto una gran necesidad de enfocar múltiples esfuerzos en preservar los recursos naturales, el bienestar de las personas. Por lo cual las diversas normatividades que se han venido creando e implementando desde el año 1973 hasta el año actual tienen como fin crear lineamientos que garanticen que se haga un correcto uso y aprovechamiento de los recursos naturales, de no ser así se han creado multas económicas y de carácter sancionatorio que serán impuestas para las personas y entidades que no hagan un buen uso de los recursos naturales y contribuyan a su deterioro. En la tabla 11 se podrán conocer las normatividades ambientales que se han creado a lo largo de estos años en el país

Tabla 11.Documentación legal normatividad ambiental en Colombia.

TIPO DE REGLAMENTACIÓN	DESCRIPCIÓN	FUENTE
LEY 23 DE 1973	Se realiza su expedición con el fin de controlar y prevenir la contaminación del medio ambiente, buscando de esta manera la restauración, el mejoramiento y la conservación de los recursos naturales. Esto con el fin de proteger el bienestar y la salud de todas las personas que habitan en el territorio nacional.	(Congreso de Colombia,1973) (Congreso de Colombia, 1973)
LEY 99 DE 1993	Ley por la cual se crea el ministerio de ambiente, se realiza una reorganización del sector publico encargado del manejo y correcta gestión del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Se reorganiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones.	(Ministerio del interior,2017) (Ministerio del Interior, 1993)
LEY 306 DE 1996	Ley 306 del 5 de agosto de 1996 por medio de la cual se aprueba la enmienda de Copenhague al protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono	(Ministerio de ambiente,1996) (Ministerio de Ambiente, 1996)
RESOLUCIÓN 453 DE 2004	Donde se adoptan principios, requisitos y criterios estableciéndose el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de	(Congreso de Colombia,2004) (Congreso de Colombia, 2004)

	efecto invernadero que optan al mecanismo de desarrollo limpio,MDL.	
DECRETO 623 DE 2011	Realiza la clasificación de las áreas de contaminación ambiental Clase I, Clase II y Clase III de Bogotá D.C, así como se adoptan las medidas necesarias para la reducción de contaminación de las fuentes fijas en el Distrito Capital.	(Alcaldia mayor de Bogota,2011) (Bogotá, 2011)
LEY 1450 DE 2011 NIVEL NACIONAL	Donde se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, donde se autoriza a los municipios mayores a 30.000 habitantes para establecer tasas por uso de áreas de alta congestión, de alta contaminación o alta infraestructura	(Congreso de la Republica de colombia,2011) (Republica, 2011)
LEY 1972 DE 2019	Por medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y al medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles y se dictan otras disposiciones.	(Ministerio de Salud,2019) (Ministerio de Salud, 2019)

Fuente: Elaboración propia.

7. OBJETIVOS

GENERAL

Validar los cambios en el comportamiento climatológico de las variables de precipitación, temperatura y humedad relativa durante el periodo 2005-2020, con respecto a los resultados del estudio de caracterización climática de Bogotá realizado en el IDEAM en el año 2004.

ESPECIFICO

- Analizar la información climatológica de una estación representativa por cada una de las 7 zonas climatológicas establecidas por el IDEAM. Para el periodo 2005-2020 y las variables meteorológicas de estudio.
- Realizar las estimaciones climatológicas de la información consultada a fin de que sea comparable con los resultados obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM en 2004.
- Establecer si existen diferencias significativas en el comportamiento de las variables meteorológicas, entre los periodos 2005-2020, con respecto a los definidos en el estudio de caracterización climática de Bogotá, 2004.

8. LIMITACIONES

En las zonas climáticas presentes actualmente para la variable temperatura se pudo acceder a tres estaciones climatológicas las cuales son: Aeropuerto el Dorado ,Venado de Oro y Jardín Botánico se descartó una cuarta estación climatológica la cual es la estación Escuela Colombiana de Ingeniería correspondiente a la zona climática ligeramente húmeda, debido a que la información presente para esta estación solo registraba datos hasta el año 2007, en la variable precipitación se tuvo acceso a 3 estaciones a cargo del IDEAM y 4 estaciones a cargo de la EAAB . Donde las estaciones ubicadas hacia los cerros de la ciudad presentan un mayor índice de humedad siendo estas las estaciones que solo cuentan con información de precipitaciones, por lo cual solo será posible analizar la relación y diferencia de las variables que existan entre las estaciones que presenten la información correspondiente de las variables de interés.

Adicionalmente las entidades encargadas del control y seguimiento de información de las 7 estaciones establecidas para esta investigación son la Empresa de Acueducto de Bogotá “EAAB” y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales “IDEAM”. Donde la información histórica de los registros de las diferentes variables de los 15 años de estudios del periodo 2005 al año 2020, tienen una dificultad en el acceso, a su vez que presentan información incompleta para algunos días donde no se registra ningún tipo de información por lo cual se deberá descartar aquella información que no presente unos datos sólidos y confiables para la correcta realización de la investigación y actualización de datos planteada. Siendo la limitación más relevante el acceso de la información por las diferentes entidades encargadas de operar las estaciones climatológicas, pero esta limitación se sobrelleva de tal manera que permita finalizar un trabajo de excelente calidad.

9. METODOLOGIA

9.1 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

9.1.1. Reconocimiento de información base caracterización climática IDEAM: Para poder entender la caracterización climática que fue realizada por el IDEAM en el año 2004 se analiza el documento donde se obtiene la información de las siete (7) zonas climáticas establecidas y las estaciones meteorológicas respectivas de cada zona, posteriormente se seleccionaron siete (7) estaciones climáticas y se procede a realizar la solicitud de los registros de las variables climatológicas comprendidos en el periodo 2005-2020, para poder realizar una correcta caracterización y conocer la variación que ha presentado el clima en una región determinada es necesario evaluarlo para un mínimo de 10 años, este caso realizamos el estudio para medio periodo climatológico correspondiente a 15 años.

9.1.2. Solicitud de información antes las entidades a cargo de las estaciones: Se realiza la solicitud en la página del IDEAM (correspondiente al siguiente enlace de atención ciudadana <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/pqrs>) en el cual se explica el fin de acceder a esta información con motivo de tener los parámetros de las series mensuales de las estaciones Aeropuerto el Dorado , Jardín Botánico , Venado de Oro, Escuela Colombiana de Ingeniería .Se realiza la selección de estas estaciones las cuales se encuentran a cargo por esta entidad y las cuales son las estaciones más representativas correspondiente para cada zona climática como lo son la zona Semihumeda, zona Moderadamente húmeda, zona húmeda y zona ligeramente húmeda.

Posteriormente se realiza una solicitud en la página de la EAAB (correspondiente al siguiente enlace de atención ciudadana <https://www.acueducto.com.co/wasap02/pqrs-web/index.xhtml>) generándose el código de solicitud E-2020-10071395 el cual fue respondido al correo institucional por parte del Ingeniero de Hidrología del acueducto aplicada Fabio Rubiano Sánchez (frubiano@acueducto.com.co) el cual procede a enviar la información de las series mensuales del periodo comprendido de 2005- 2020 de las estaciones Santa Lucia, El Hato, San Francisco Salitre y El Verjón.

9.1.3. Selección de información enviada por parte del IDEAM y la EAAB : De acuerdo a la información enviada por parte del IDEAM se recibe información de las variables temperatura (mínima diaria, media diaria, máxima diaria), precipitación (diaria del día meteorológico) y humedad relativa. Realizando la verificación de la información se realiza el descarte del uso de los datos de la estación meteorológica Escuela Colombiana de Ingeniería ya que solo presentaba registros hasta el año 2007 por lo cual era insuficiente para poder realizar unos correctos análisis y comprobar si había presentado alguna variabilidad en las variables de temperatura, precipitación, humedad relativa y brillo solar. Finalmente de la información enviada por parte de esta entidad se selecciona la información de las estaciones Aeropuerto el Dorado, Jardín Botánico, Venado de Oro para las variables de temperatura, precipitación y humedad relativa, descartando los datos enviados para la variable brillo solar de las 3 estaciones ya que presentaban registro de información hasta el año 2006.

De la información enviada por la EAAB las estaciones son pluviométricas por lo cual solo registran datos de precipitaciones para las estaciones Santa Lucia, El Hato, San Francisco Salitre y El Verjón, para estaciones mencionadas solo fue posible realizar el análisis de esta variable climatológica.

9.2 MANEJO DE LA INFORMACIÓN

9.2.1. Variable precipitación : De acuerdo a la información enviada por parte de las entidades EAAB (Empresa de acueducto de Bogotá) y el IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales) de los registros climatológicos que realizaron en las estaciones Santa Lucia, Aeropuerto internación el Dorado, El Hato, Jardín Botánico , Venado de oro, San Francisco salitre y El Verjón. Se procede a registrar la información de manera organizada de cada año por cada mes de enero a diciembre en el periodo 2005-2020 para realizar finalmente un cuadro resumen con el registro de los promedios mensuales y anuales de precipitación y el número de días con lluvia para de esta manera realizar el promedio mensual y anual del número de días con lluvias.

9.2.2. Variable la variable temperatura: De acuerdo a la información enviada por parte del IDEAM de los registros climatológicos presentes en las estaciones Aeropuerto internacional el Dorado, Jardín Botánico y Venado de oro. Se procede a registrar la información de acuerdo a sus

registros diarios por cada año por cada mes de enero a diciembre en el periodo 2005 a 2020, es preciso aclarar que en algunos años para algunos meses el registro de información no fue continua presentándose en algunos casos registro de información de solo 10 a 15 días de los 31 días del mes, estos vacíos de información solo se presentan en algunos pocos meses en general presenta una información completa.

Con base en la información suministrada se analizan los registros de las temperaturas máxima media y máxima absoluta, temperaturas mínima media y mínima absoluta por cada mes de cada año del periodo 2005-2020, identificando de esta manera los promedios mensuales y anuales de las temperaturas registradas en cada mes.

9.2.3. La variable humedad relativa : De acuerdo a la información enviada por parte del IDEAM del registro de mediciones de humedad relativa que realizaron en las estaciones Venado de oro y Jardín Botánico, Se procede a registrar y organizar la información de acuerdo a sus registros diarios por cada año de cada mes de enero a diciembre comprendido en el periodo 2005-2020 realizando de esta de esta manera los análisis estadísticos que permiten conocer el registro de los promedios mensuales y anuales que se presentaron de humedad relativa en este periodo comprendido por 15 años en la ciudad de Bogotá.

9.3 ANALISIS DE LOS DATOS CLIMATOLOGICOS

9.3.1. Análisis gráficos de las estaciones meteorológicas de la caracterización climática del IDEAM : Una vez realizados los respectivos cuadros de resumen tanto de las variables de temperaturas, máximas medias y máximas absolutas, temperatura mínima absoluta y mínima media para con base en esto poder realizar los promedios de temperaturas mensuales y anuales de la información obtenida de este estudio y la que se encuentra en la caracterización realizada por el IDEAM en las estaciones Aeropuerto el Dorado, Jardín Botánico y Venado de Oro, se realiza una gráfica por cada cuadro resumen con el fin de identificar visualmente las posibles variaciones que pudo tener la temperatura a lo largo de estos 15 años en comparación con el registro de los valores de temperatura por parte de la caracterización climática de Bogotá, Posteriormente se realizan las gráficas de los promedios de precipitación mensual y anual obtenidos en la realización de este estudio y los datos de la caracterización del IDEAM para las estaciones Santa Lucia, Aeropuerto el

Dorado, El Hato, Jardín Botánico, Venado de Oro, San Francisco Salitre y El Verjón. Después se realiza la gráfica para el cuadro resumen de los números con días con lluvia para las estaciones Santa Lucia, Aeropuerto el Dorado, Jardín Botánico y El Verjón de igual manera se realiza la gráfica para el cuadro resumen de estas mismas estaciones pero de la caracterización climática realizada por el IDEAM. Por último se organiza y se tabula la información de los registros diarios presentes en las estaciones Venado de Oro y Jardín botánico para poder realizar los análisis estadísticos que permitan conocer los promedios mensuales y anuales que se presenta de humedad relativa en estas dos estaciones climatológicas.

9.3.2. Análisis de las diferencias significativas de las variables precipitación, temperatura y humedad relativa en el Software estadístico R utilizando el test de Wilcoxon : Con los cuadros de resumen obtenidos para las variables precipitación, temperatura y humedad relativa se procede a ingresar la información de los datos obtenidos en el desarrollo de este estudio y el realizado en la caracterización climático por el IDEAM en el software R, esto con el fin de conocer por medio de este software si existentes cambios significativos en los valores obtenidos en comparación con los obtenidos por el IDEAM del estudio de caracterización climática de Bogotá en el año 2004, permitiendo de esta manera dar las respectivas sugerencias donde se tiene como parámetro que si el valor de p- valúe es menor a 0.05 se evidenciarían diferencias significativas en las medianas de la comparaciones de estos datos siendo estas distintas donde un grupo de datos se desplaza hacia la izquierda y otro hacia la derecha, de esta manera se podría presentar o no un cambio significativo en los valores de precipitación , temperatura y humedad relativa de las estaciones seleccionadas en las 7 zonas climáticas planteadas por el IDEAM.

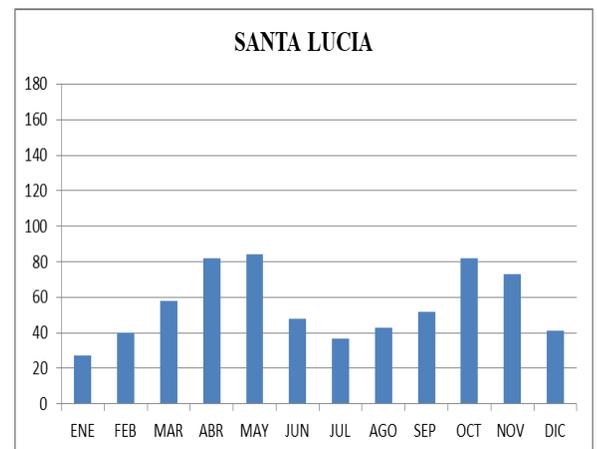
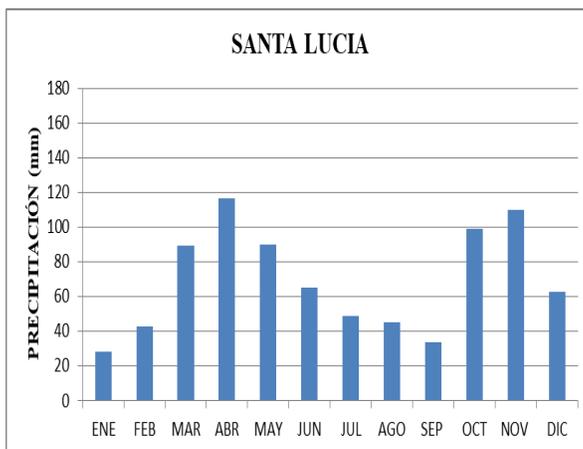
10. RESULTADOS

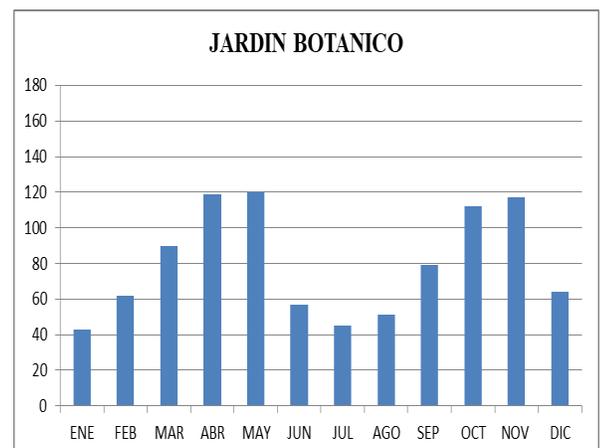
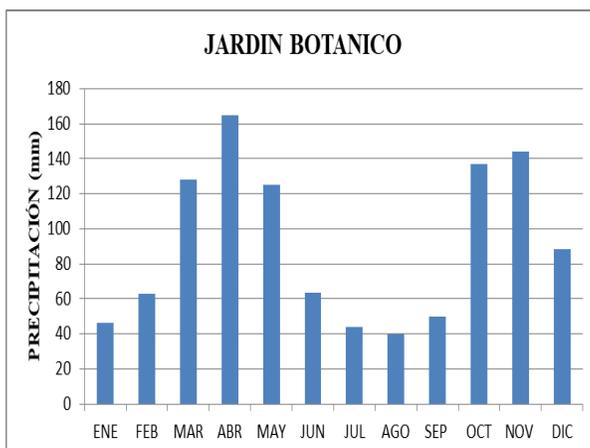
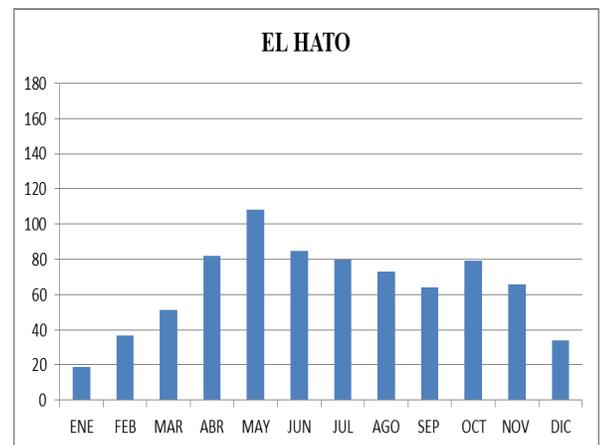
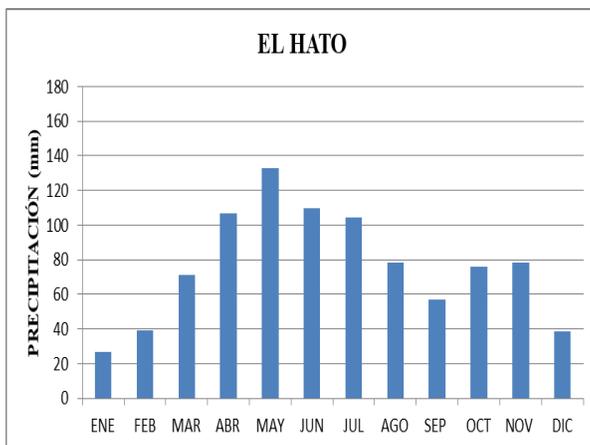
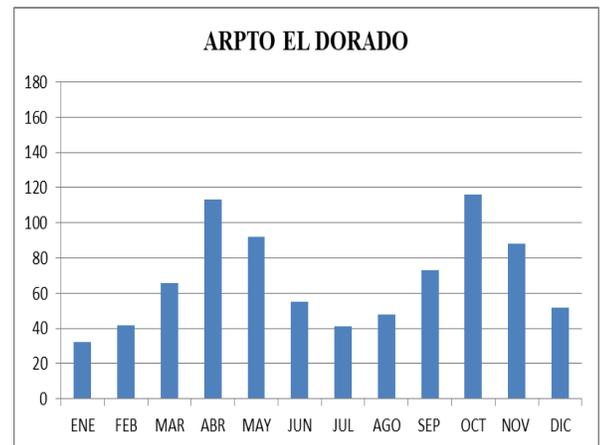
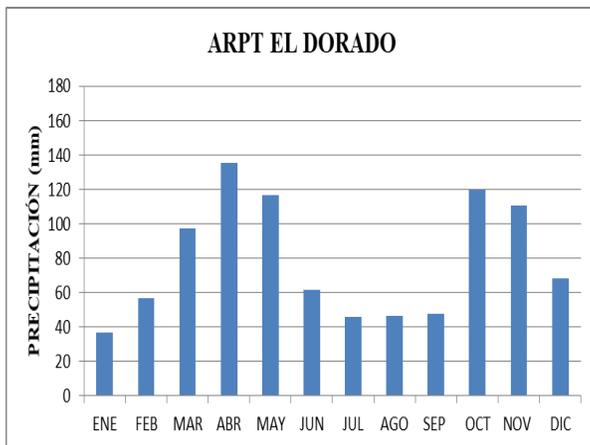
Se realizaron los respectivos análisis de las variables meteorológicas precipitación, temperatura y humedad relativa, esto con el fin de analizar los posibles cambios que pudieron presentar en estas variables en el periodo 2005-2020 en comparación con los valores obtenidos en la caracterización climática de Bogotá realizada por el IDEAM en el año 2004. Para esto se realizó los respectivos análisis donde se presentaron los resultados obtenidos mediante tablas y graficas que permitieron identificar si se presentaron cambios significativos en las variables mencionadas anteriormente.

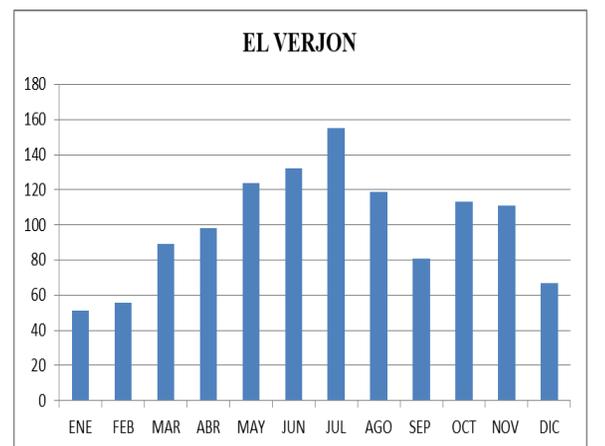
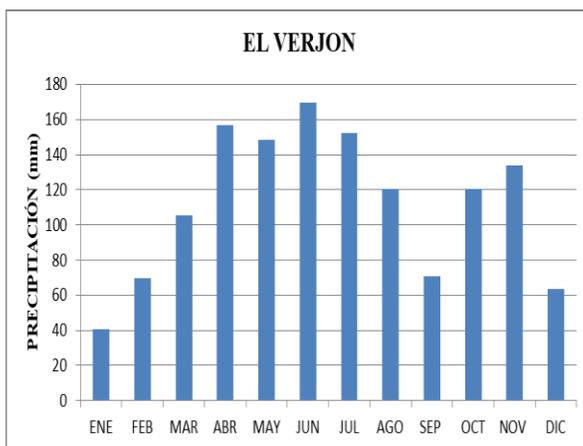
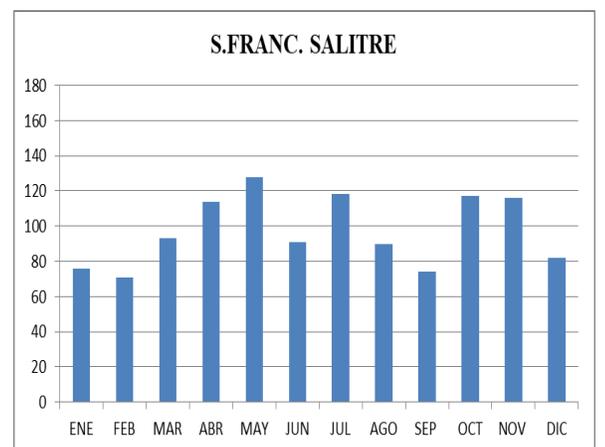
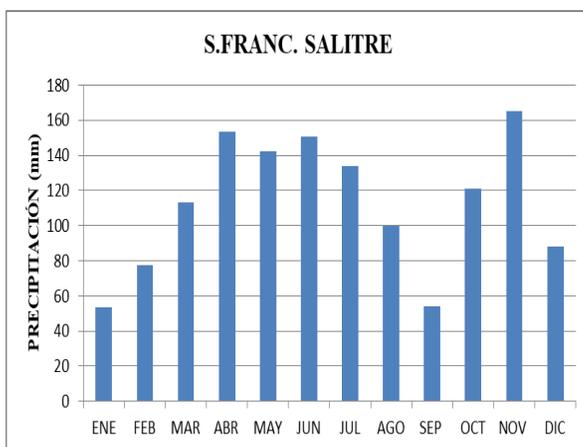
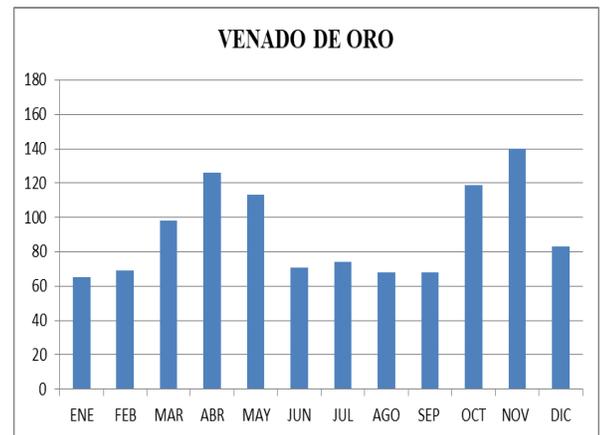
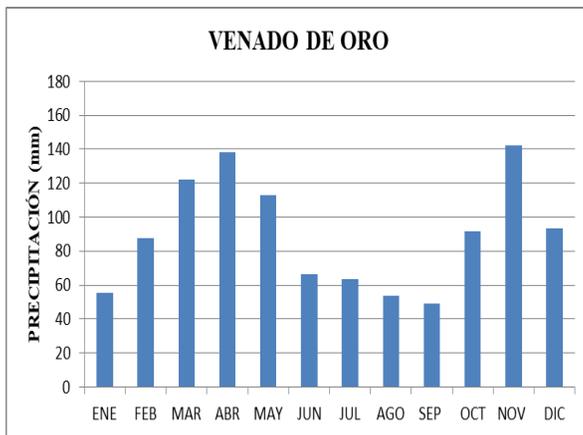
10.1 PRECIPITACIÓN

Se realizó la agregación de las series de precipitación a escala mensual, se estimaron los promedios multianuales de la variable meteorológica para el periodo 2005-2020 de 7 estaciones climáticas correspondientes a cada zona climática establecida por el IDEAM. En la gráfica 1 se puede observar los registros multianuales para cada una de las estaciones representativas de las zonas climáticas establecidas por el IDEAM en 2004 (panel derecho) y el análisis realizado a partir de la metodología planteada para el análisis del periodo 2005-2020.

Gráfica 1. Promedios mensual de precipitación en mm para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2020 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.







■ PRECIPITACIÓN

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los análisis realizados para cada estación donde se presentó al costado izquierdo los resultados obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y al costado derecho los datos que obtuvo el IDEAM en la caracterización climática de Bogotá en el año 2004 se extrajeron los datos y se presentan en un cuadro resumen presentado en la tabla 12 correspondiente para cada estudio por aparte.

Tabla 12. Promedios mensuales y anual de precipitación (mm) obtenidos en el Análisis de esta tesis.

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL PRECIPITACIÓN (mm) (ANÁLISIS TESIS)													
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Santa Lucía	28	43	89	116	90	66	49	45	34	99	110	63	832
Arpt El Dorado	37	57	97	135	117	62	46	47	48	120	111	68	944
El Hato	27	39	71	107	133	110	105	78	57	76	78	38	918
Jardín Botánico	46	63	128	165	125	64	44	40	50	137	144	89	1095
Venado de Oro	56	87	122	138	113	67	63	54	49	92	142	94	1078
S.Franc. Salitre	53	78	113	153	142	150	134	100	54	121	165	88	1353
El Verjón	41	70	106	157	148	170	152	120	71	121	134	64	1352

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Promedios mensuales y anual de precipitación (mm) obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004.

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL PRECIPITACIÓN (mm) (ESTUDIO IDEAM)													
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Santa Lucía	27	40	58	82	84	48	37	43	52	82	73	41	667
Arpt El Dorado	32	42	66	113	92	55	41	48	73	116	88	52	819
El Hato	19	37	51	82	108	85	80	73	64	79	66	34	778
Jardín Botánico	43	62	90	119	120	57	45	51	79	112	117	64	950
Venado de Oro	65	69	98	126	113	71	74	68	68	119	140	83	1093
S.Franc. Salitre	76	71	93	114	128	91	118	90	74	117	116	82	1169
El Verjón	51	56	89	98	124	132	155	119	81	113	111	67	1195

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y los que obtuvo el IDEAM en el año 2004 para la caracterización climática de Bogotá se realiza la comparación utilizando el Software estadístico R mediante el test de Wilcoxon, esto con el fin de establecer si existen diferencias

significativas en el comportamiento de esta variable en cada una de las zonas climáticas evaluadas, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 14.

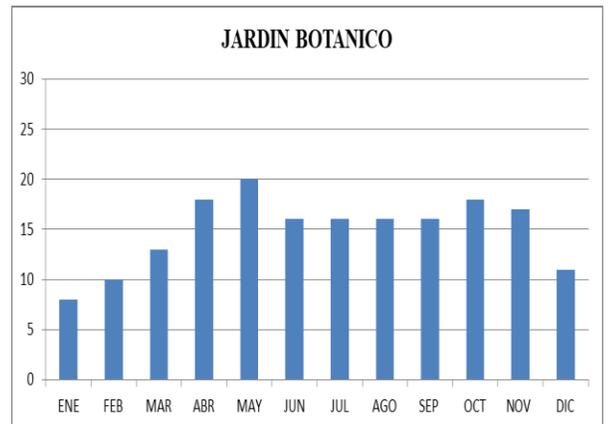
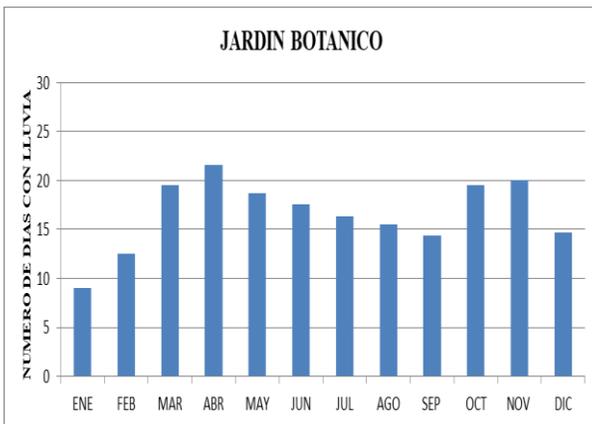
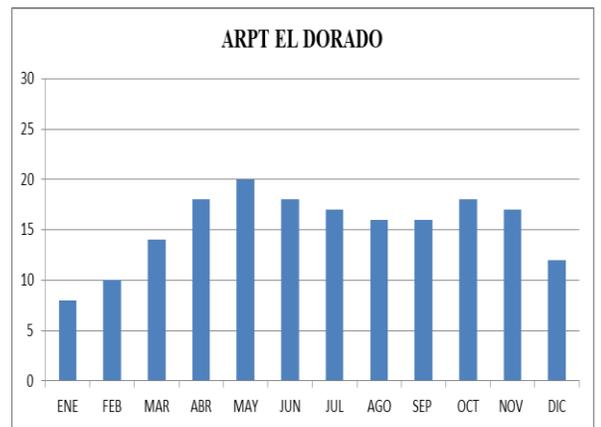
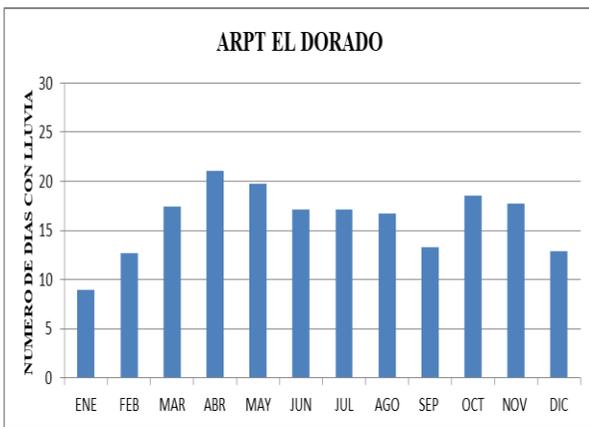
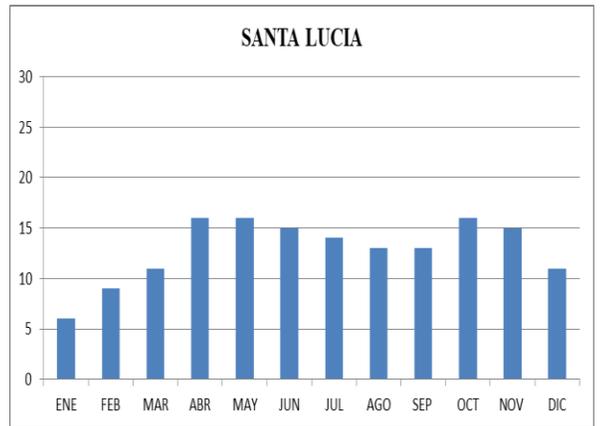
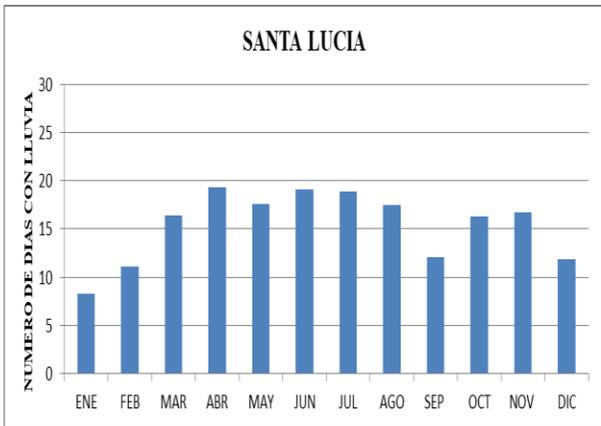
Tabla 14. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para la variable precipitación.

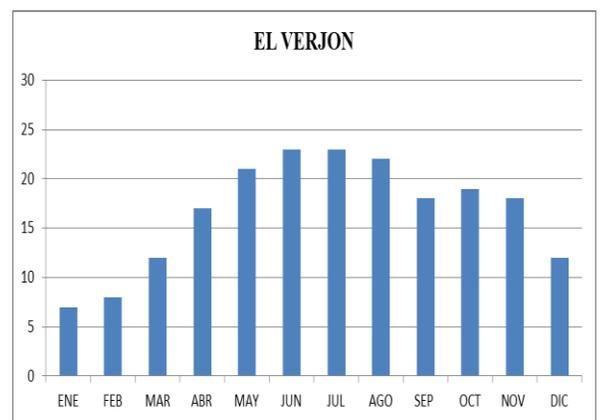
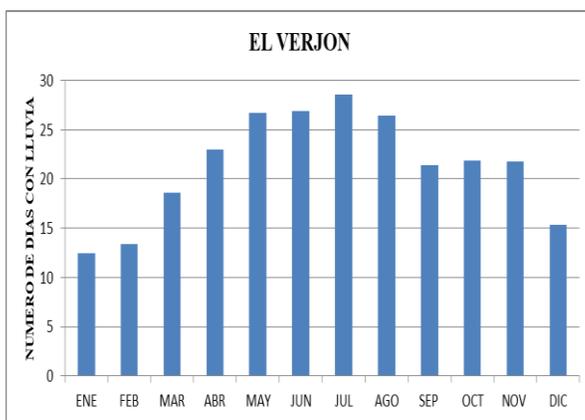
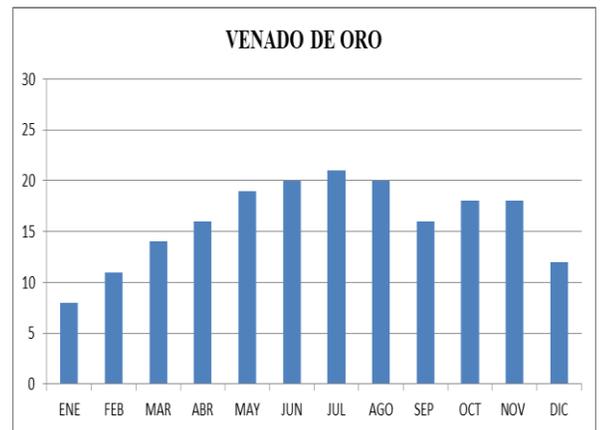
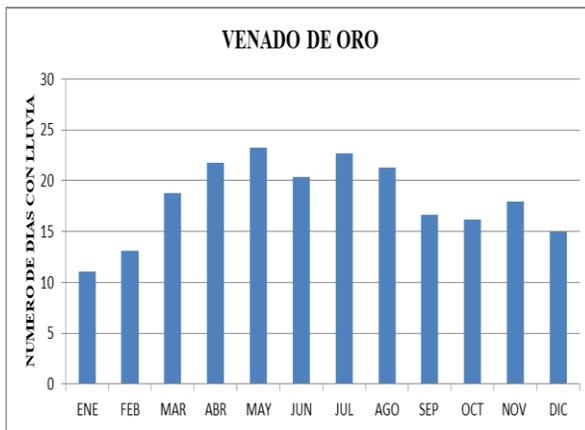
ESTACIÓN	VARIABLE	P -VALUE
Santa Lucia	Precipitación (MM)	0.008754057
Arpt el Dorado	Precipitación (MM)	0.019149898
El Hato	Precipitación (MM)	0.00772638
Jardín Botánico	Precipitación (MM)	0.054476294
Venado de Oro	Precipitación (MM)	0.582774542
S. Franc. Salitre	Precipitación (MM)	0.04633273
El Verjón	Precipitación (MM)	0.042568164

Fuente: Elaboración propia.

10.1.1 Número de días con precipitación: Al igual que el análisis realizado para la precipitación mensual agregada a partir de la precipitación diaria, se realizó el respectivo análisis del número de días con precipitación. En el panel izquierdo de la gráfica 2, se presentan los datos obtenidos en el estudio realizado para el periodo 2005-2020 del número de días con lluvia correspondiente a 5 zonas climáticas. En el panel derecho se presentan los resultados para las mismas estaciones meteorológicas para los promedios mensuales multianuales del número de días con precipitación obtenidos por el IDEAM en el estudio de la caracterización climática de Bogotá en el año 2004

Grafica 2. Promedios mensual del número de días con lluvias para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2020 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.





■ NUMERO DE DIAS CON LLUVIA

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los análisis realizados para cada estación donde se presentó al costado izquierdo los resultados obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y al costado derecho los datos que obtuvo el IDEAM en la caracterización climática de Bogotá en el año 2004 se extrajeron los datos y se presentan un cuadro resumen correspondiente para cada estudio por aparte.

Tabla 15. Promedios mensuales y anual del número de días con lluvias obtenidos en el Análisis de esta tesis

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL NUMERO DE DIAS CON LLUVIA (ANALISIS TESIS)													
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Santa Lucia	8	11	16	19	18	19	19	17	12	16	17	12	185
Arpt El Dorado	9	13	17	21	20	17	17	17	13	19	18	13	193
Jardín Botánico	9	13	20	22	19	18	16	15	14	20	20	15	200
Venado de Oro	11	13	19	22	23	20	23	21	17	16	18	15	218
El Verjón	12	13	19	23	27	27	29	26	21	22	22	15	256

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Promedios mensuales y anual del número de días con lluvia obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL NUMERO DE DIAS CON LLUVIA (ESTUDIO IDEAM)													
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Santa Lucia	6	9	11	16	16	15	14	13	13	16	15	11	155
Arpt El Dorado	8	10	14	18	20	18	17	16	16	18	17	12	184
Jardín Botánico	8	10	13	18	20	16	16	16	16	18	17	11	179
Venado de Oro	8	11	14	16	19	20	21	20	16	18	18	12	193
El Verjón	7	8	12	17	21	23	23	22	18	19	18	12	200

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y los que obtuvo el IDEAM en el año 2004 para la caracterización climática de Bogotá se realiza la comparación utilizando el Software estadístico R mediante el test de Wilcoxon, esto con el fin de establecer si existen diferencias significativas en el comportamiento de esta variable en cada una de las zonas climáticas evaluadas, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para el número de días con lluvia.

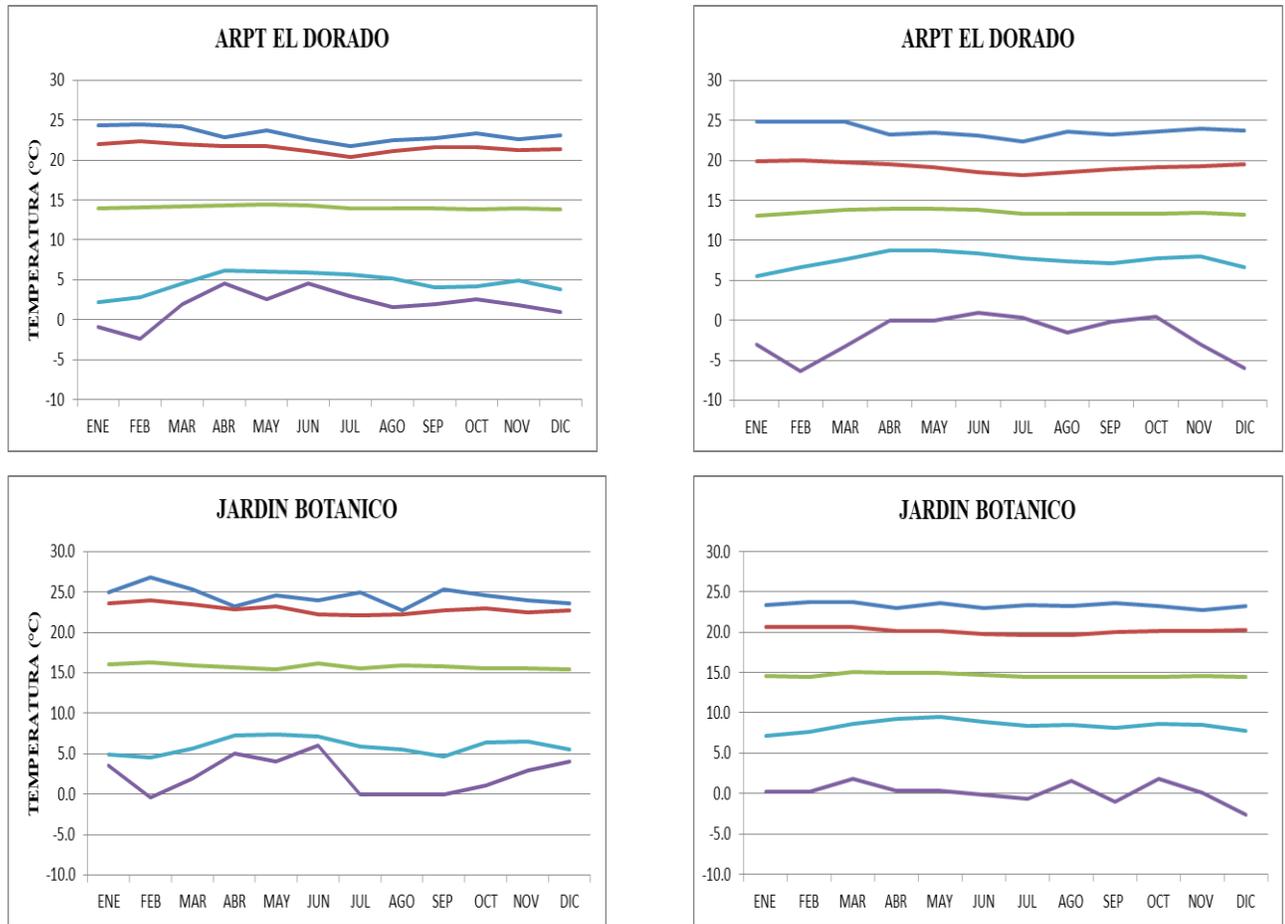
ESTACIÓN	VARIABLE (PRECIPITACION)	P -VALUE
aSanta Lucia	Días con lluvia	0.003532559
Arpt El Dorado	Días con lluvia	0.06223753
Jardín Botánico	Días con lluvia	0.02017256
Venado de Oro	Días con lluvia	0.011037656
El Verjón	Días con lluvia	0.00159178

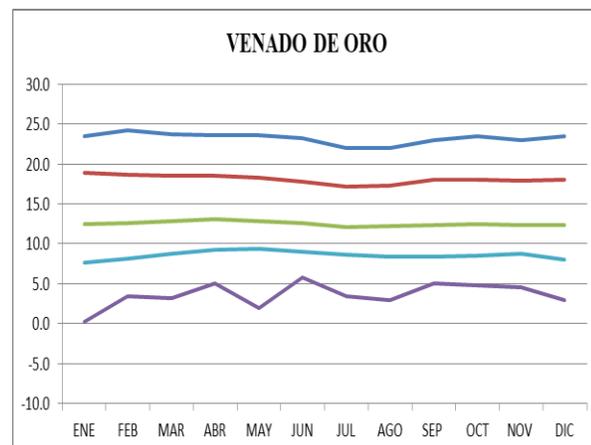
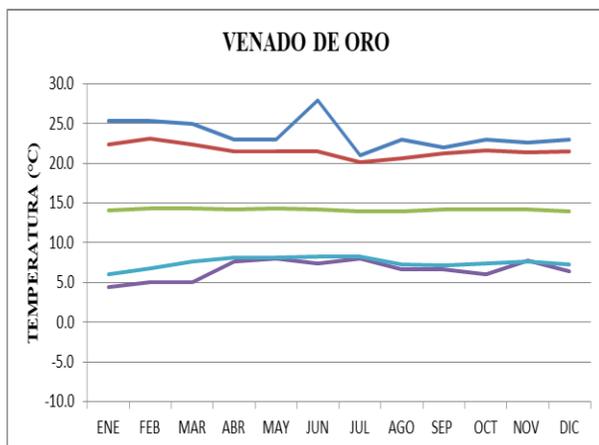
Fuente: Elaboración propia.

10.2 TEMPERATURA

Se realizó la agregación de temperatura a escala mensual, se estimaron los promedios multianuales de temperaturas mínimas, medias y máximas mensuales y de igual manera se estimaron las temperaturas máximas y mínimas absolutas mensuales para el periodo 2005-2020 de 3 estaciones climáticas correspondientes a cada zona climática establecida por el IDEAM en la gráfica 3 se pueden observar los comportamientos de los registros multianuales para cada una de las estaciones representativas de las zonas climáticas establecidas por el IDEAM en el 2004 (panel derecho) y el análisis realizado a partir de la metodología planteada para el análisis del periodo 2005-2020 presentada en el panel izquierdo.

Grafica 3. Promedios mensual de temperatura en °C para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2020 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.





Fuente: Elaboración propia.

Con base en los análisis realizados para cada estación donde se presentó en el panel izquierdo los resultados obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y en el panel derecho los datos que obtuvo el IDEAM en la caracterización climática de Bogotá en el año 2004 se extrajeron los datos y se presentan un cuadro resumen correspondiente para cada estudio por aparte.

Tabla 18. Promedios mensuales y anual de temperatura en °C obtenidos en el Análisis de esta tesis

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DE TEMPERATURA °C (ANALISIS TESIS)														
ESTACIÓN	TEMPERATURA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
El Dorado	Media	13.9	14.1	14.2	14.3	14.4	14.3	14.0	14.0	14.0	13.8	13.9	13.8	14.1
	Máxima ABS	24.4	24.5	24.2	22.9	23.8	22.6	21.7	22.5	22.8	23.4	22.6	23.1	24.5
	Mínima ABS	-0.9	-2.4	1.9	4.5	2.6	4.5	3	1.6	1.9	2.6	1.8	0.9	-2.4
	Máxima media	22.0	22.4	22.1	21.8	21.8	21.1	20.4	21.1	21.7	21.6	21.3	21.4	23.2
	Mínima media	2.2	2.8	4.6	6.2	6.1	5.9	5.7	5.2	4.0	4.2	5.0	3.8	1.2
J. Botánico	Media	16.0	16.3	15.9	15.6	15.4	16.1	15.6	15.9	15.8	15.5	15.5	15.4	15.8
	Máxima ABS	25.0	26.8	25.4	23.2	24.6	24.0	25.0	22.8	25.4	24.6	24.0	23.6	26.8
	Mínima ABS	3.6	-0.4	2.0	5.0	4.0	6.0	0.0	0.0	0.0	1.1	3.0	4.0	-0.4
	Máxima media	23.6	24.0	23.5	22.9	23.2	22.3	22.1	22.3	22.8	23.0	22.5	22.7	24.5

	Mínima media	4.9	4.6	5.7	7.3	7.4	7.1	5.9	5.6	4.6	6.4	6.6	5.5	6.0
Venado de Oro	Media	14.1	14.4	14.3	14.2	14.3	14.2	14.0	13.9	14.2	14.2	14.2	14.0	14.1
	Máxima ABS	25.4	25.4	25.0	23.0	23.0	28.0	21.0	23.0	22.0	23.0	22.6	23.0	28.0
	Mínima ABS	4.4	5.0	5.0	7.6	8.0	7.4	8.0	6.6	6.6	6.0	7.8	6.4	4.4
	Máxima media	22.4	23.1	22.4	21.5	21.5	21.6	20.2	20.6	21.3	21.7	21.3	21.5	23.5
	Mínima media	6.0	6.8	7.6	8.2	8.1	8.3	8.3	7.3	7.2	7.4	7.7	7.3	7.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Promedios mensuales y anual de temperatura en °C obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DE TEMPERATURA °C (ESTUDIO IDEAM)														
ESTACIÓN	TEMPERATURA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
El Dorado	Media	13.1	13.5	13.8	14.0	14.0	13.8	13.3	13.3	13.3	13.4	13.5	13.2	13.5
	Máxima ABS	24.9	24.8	24.9	23.2	23.5	23.1	22.4	23.6	23.3	23.6	24	23.8	24.9
	Mínima ABS	-3	-6.4	-3.2	0	0,7	1	0.4	-1.5	-0.2	0.5	-3	-6.0	-6.4
	Máxima media	19.9	20.0	19.8	19.5	19.2	18.6	18.2	18.5	18.9	19.1	19.3	19.5	19.2
	Mínima media	5.6	6.6	7.7	8.7	8.8	8.4	7.8	7.4	7.2	7.8	8.0	6.6	7.5
J. Botánico	Media	14.6	14.5	15.1	14.9	14.9	14.7	14.5	14.4	14.5	14.4	14.6	14.4	14.6
	Máxima ABS	23.4	23.8	23.8	23.0	23.6	23.0	23.4	23.2	23.6	23.2	22.8	23.2	23.8
	Mínima ABS	0.2	0.2	1.8	0.4	0.4	-0.1	-0.6	1.6	-1.0	1.8	0.1	-2.6	-2.6
	Máxima media	20.7	20.7	20.6	20.2	20.1	19.8	19.6	19.6	20.0	20.1	20.2	20.3	20.2
	Mínima media	7.2	7.7	8.6	9.3	9.5	8.9	8.4	8.5	8.1	8.6	8.5	7.8	8.4
Venado de Oro	Media	12.5	12.6	12.8	13.1	12.9	12.6	12.1	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.6
	Máxima ABS	23.5	24.2	23.8	23.6	23.6	23.3	22.0	22.0	23.0	23.5	23.0	23.5	24.2
	Mínima ABS	0.2	3.4	3.2	5.0	2.0	5.8	3.4	3.0	5.0	4.8	4.6	3.0	0.2
	Máxima media	18.9	18.7	18.6	18.6	18.3	17.8	17.2	17.3	18.0	18.1	17.9	18.0	18.1
	Mínima media	7.7	8.2	8.7	9.3	9.4	9.0	8.6	8.4	8.4	8.5	8.7	8.0	8.6

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y los que obtuvo el IDEAM en el año 2004 para la caracterización climática de Bogotá se realiza la comparación utilizando el Software estadístico R mediante el test de Wilcoxon, esto con el fin de establecer si existen diferencias significativas en el comportamiento de esta variable en cada una de las zonas climáticas evaluadas, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 20.

Tabla 20. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para la variable temperatura.

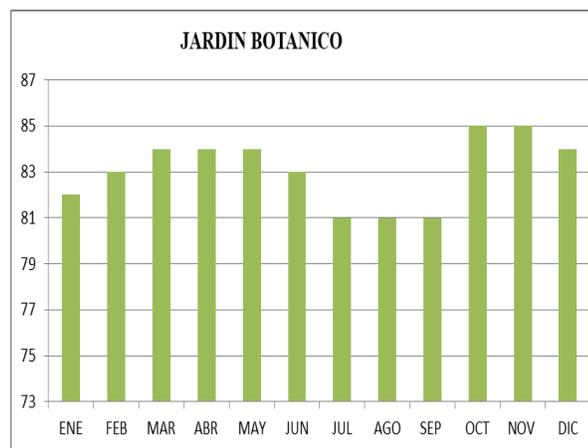
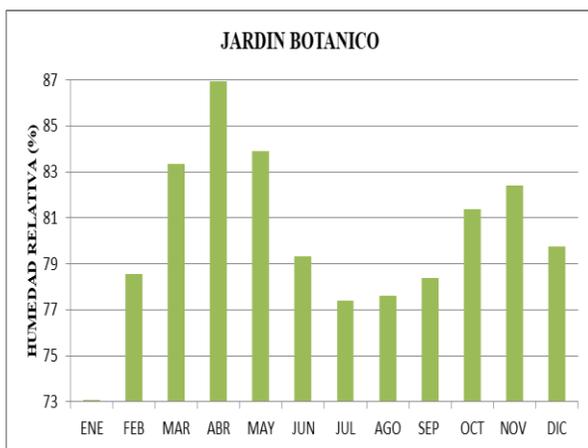
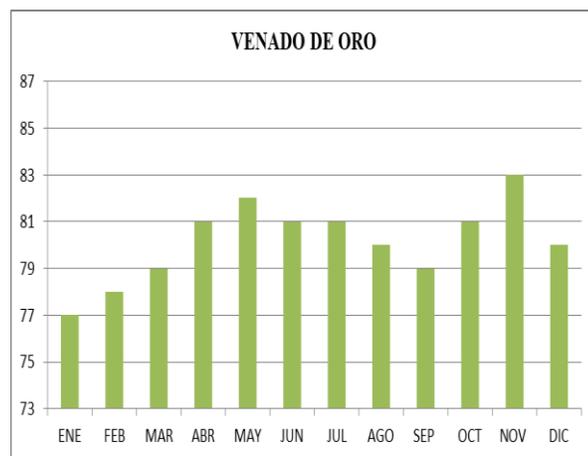
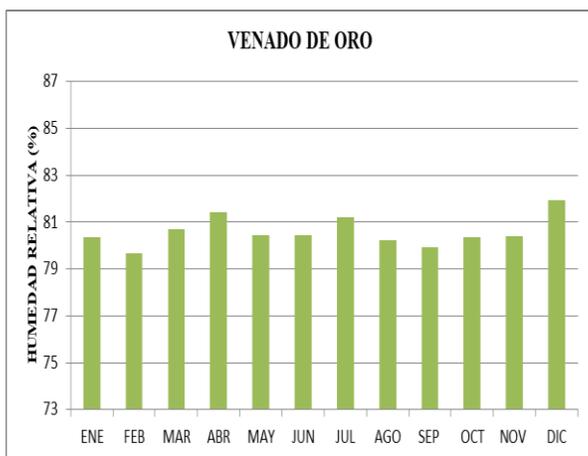
ESTACIÓN	TEMPERATURA	P -VALUE
El Dorado	Media	0.001613087
	Máxima ABS	0.003219034
	Mínima ABS	0.001634576
	Máxima media	0.001645389
	Mínima media	0.000244141
Jardín Botánico	Media	0.001656248
	Máxima ABS	0.002631126
	Mínima ABS	0.021484375
	Máxima media	0.001645389
	Mínima media	0.001656248
Venado de Oro	Media	0.001639977
	Máxima ABS	0.262472035
	Mínima ABS	0.001656248
	Máxima media	0.001650813
	Mínima media	0.001639977

Fuente: Elaboración propia.

10.3 HUMEDAD RELATIVA

Se realizó la agregación de las series de humedad relativa a escala mensual, se estimaron los promedios multianuales de la variable meteorológica para el periodo 2005-2017 de 2 estaciones climáticas correspondientes a dos zonas climáticas establecidas por el IDEAM. En la gráfica 4 se pueden observar los registros multianuales para 2 estaciones representativas del estudio climático realizado por el IDEAM en el año 2004 (panel derecho) y el análisis realizado a partir de la metodología planteada para el análisis del periodo 2005-2017 presentada en el panel izquierdo.

Gráfica 4. Promedios mensuales de humedad relativa en % para el estudio de este proyecto durante el periodo 2005-2017 y el obtenido por el IDEAM en el año 2004.



■ HUMEDAD RELATIVA

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los análisis realizados para cada estación donde se presentó al costado izquierdo los resultados obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y al costado derecho los datos que obtuvo el IDEAM en la caracterización climática de Bogotá en el año 2004 se extrajeron los datos y se presentan un cuadro resumen correspondiente para cada estudio por aparte.

Tabla 21. Promedios mensuales y anual de humedad relativa en % obtenidos en el Análisis de esta tesis

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA % (ANALISIS TESIS)													
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Venado de Oro	80	80	81	81	80	80	81	80	80	80	80	82	81
J. Botánico	73	79	83	87	84	79	77	78	78	81	82	80	80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Promedios mensuales y anuales de humedad relativa en % obtenidos en el estudio realizado por el IDEAM-2004

PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA % (ESTUDIO IDEAM)													
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Venado de Oro	77	78	79	81	82	81	81	80	79	81	83	80	80
J. Botánico	82	83	84	84	84	83	81	81	81	85	85	84	83

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el estudio de este trabajo de grado y los que obtuvo el IDEAM en el año 2004 para la caracterización climática de Bogotá se realiza la comparación utilizando el Software estadístico R mediante el test de Wilcoxon, esto con el fin de establecer si existen diferencias significativas en el comportamiento de esta variable en cada una de las zonas climáticas evaluadas, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 23.

Tabla 23. Resultados test de Wilcoxon obtenidos en el desarrollo de esta tesis y el estudio realizado por el IDEAM, para la variable humedad relativa.

ESTACIÓN	VARIABLE	P -VALUE
Venado de oro	Humedad relativa (%)	0.535197965
Jardín Botánico	Humedad relativa (%)	0.005977268

Fuente: Elaboración propia.

11. ANALISIS DE RESULTADOS

11.1 PRECIPITACIÓN

El análisis de la variable meteorológica precipitación en el área de estudio para Bogotá se tomó para un periodo de 2005-2020, con base en la información suministrada por parte de la EAAB y el IDEAM para un periodo de 15 años definido como medio periodo climatológico.

Tabla 24. Promedios mensuales y anuales de precipitación y días con lluvia

ZONA CLIMATICA	ESTACIÓN METER.	VARIABLE	PROMEDIOS	RESULTADO TESIS	RESULTADO IDEAM
Semiseca	Santa Lucia	Precipitación (mm)	Promedio Max	116	84
			Promedio min	28	27
			Test Wilcoxon	0.00875	
		Días con lluvia	Promedio Max	19	16
			Promedio min	8	6
			Test Wilcoxon	0.00353	
Semihumeda	Aeropuerto el Dorado	Precipitación (mm)	Promedio Max	117	37
			Promedio min	116	32
			Test Wilcoxon	0.01914	
		Días con lluvia	Promedio Max	21	20
			Promedio min	9	8
			Test Wilcoxon	0.06223	
Ligeramente húmeda	El Hato	Precipitación (mm)	Promedio Max	133	108
			Promedio min	27	19
			Test Wilcoxon	0.00772	
Moderadamente húmeda	Jardín Botánico	Precipitación (mm)	Promedio Max	165	120
			Promedio min	40	43
			Test Wilcoxon	0.05447	
		Días con lluvia	Promedio Max	22	20
			Promedio min	9	8
			Test Wilcoxon	0.02017	
Húmeda	Venado de Oro	Precipitación (mm)	Promedio Max	138	126
			Promedio min	49	65
			Test Wilcoxon	0.58277	
		Días con lluvia	Promedio Max	23	21
			Promedio min	11	8
			Test Wilcoxon	0.01103	

Muy húmeda	San Francisco salitre	Precipitación (mm)	Promedio Max	153	128
			Promedio min	53	71
			Test Wilcoxon	0.04633	
Súper húmedas	El Verjón	Precipitación (mm)	Promedio Max	170	155
			Promedio min	41	51
			Test Wilcoxon	0.04256	
		Días con lluvia	Promedio Max	29	23
			Promedio min	11	7
			Test Wilcoxon	0.00159	

Fuente: Elaboración propia.

11.2 TEMPERATURA

El análisis de la variable meteorológica de temperatura en el área de estudio para Bogotá se tomó para un periodo de 2005-2020 para las estaciones meteorológicas Aeropuerto el Dorado, Jardín Botánico y Venado de oro. Correspondiente a las zona Semihúmeda, moderadamente húmeda y húmedas correspondientemente. Teniendo en cuenta los registros diarios obtenidos en estas tres estaciones y suministrado por el IDEAM, en esta variable meteorológica solo fue posible analizar estas 3 zonas climáticas ya que de las 7 estaciones a las cuales se tuvo acceso de información solo las 3 estaciones mencionadas anteriormente presentaban un registro completo y actualizado de esta variable .

Tabla 25. Promedios mensuales y anuales de temperaturas

ZONA CLIMATICA	ESTACIÓN METER.	VARIABLE	PROMEDIOS	RESULTADO TESIS	RESULTADO IDEAM
Semi húmeda	Aeropuerto el Dorado	Temperatura media	Promedio Max	14.4	14
			Promedio min	13.8	13.1
			Test Wilcoxon	0.00161	
		Temperatura máxima media	Promedio Max	22	20
			Promedio min	20.4	18.2
			Test Wilcoxon	0.00164	
		Temperatura mínima media	Promedio Max	6.2	8.8
			Promedio min	1.2	5.6
			Test Wilcoxon	0.00024	
		Temperatura	Promedio Max	24.5	24.9

		máxima abuso.	Promedio min	21.7	22.4
			Test Wilcoxon	0.00321	
		Temperatura mínima abuso.	Promedio Max	4.5	1
			Promedio min	-2.4	-6.4
			Test Wilcoxon	0.00163	
Moderadamente húmeda	Jardín Botánico	Temperatura media	Promedio Max	16.3	15.1
			Promedio min	15.4	14.4
			Test Wilcoxon	0.00165	
		Temperatura máxima media	Promedio Max	24	20.7
			Promedio min	22.1	19.6
			Test Wilcoxon	0.00164	
		Temperatura mínima media	Promedio Max	7.4	9.5
			Promedio min	4.6	7.2
			Test Wilcoxon	0.00165	
		Temperatura máxima abuso.	Promedio Max	26.8	23.8
			Promedio min	22.8	22.8
			Test Wilcoxon	0.00263	
		Temperatura mínima abuso.	Promedio Max	6	1.8
			Promedio min	-0.4	-2.6
			Test Wilcoxon	0.02148	
Húmeda	Venado de Oro	Temperatura media	Promedio Max	14.4	13.1
			Promedio min	13.9	12.1
			Test Wilcoxon	0.001639977	
		Temperatura máxima media	Promedio Max	23.1	18.9
			Promedio min	20.2	17.2
			Test Wilcoxon	0.001650813	
		Temperatura mínima media	Promedio Max	8.3	9.4
			Promedio min	6	7.7
			Test Wilcoxon	0.001639977	
		Temperatura máxima abuso.	Promedio Max	28	24.2
			Promedio min	22	22
			Test Wilcoxon	0.262472035	
		Temperatura mínima abuso.	Promedio Max	8	5.8
			Promedio min	4.4	0.2
			Test Wilcoxon	0.001656248	

Fuente: Elaboración propia.

11.3 HUMEDAD RELATIVA

El análisis de la variable meteorológica de humedad relativa en el área de estudio para Bogotá se tomó para un periodo de 2005-2017, información suministrada por parte del IDEAM .

Tabla 26. Promedios mensuales y anuales de humedad relativa

ZONA CLIMATICA	ESTACIÓN METER.	VARIABLE	PROMEDIOS	RESULTADO TESIS	RESULTADO IDEAM
Húmeda	Venado de Oro	Humedad relativa (%)	Promedio Max	82	83
			Promedio min	80	77
			Test Wilcoxon	0.535197965	
Moderadamente húmeda	Jardín Botánico	Humedad relativa (%)	Promedio Max	87	85
			Promedio min	73	81
			Test Wilcoxon	0.005977268	

Fuente: Elaboración propia.

12. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES DE LA VARIABLE PRECIPITACIÓN PARA LAS 7 ZONAS CLIMÁTICAS

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron para la variable precipitación se encontró que esta variable tuvo cambios significativos en 5 de las 7 zonas climatológicas establecidas por el IDEAM donde se presentan cambios significativos de precipitación donde en algunas zonas al realizar la comparación con los valores obtenidos en la caracterización climática que realizó el IDEAM en el año 2004, se presentan unas variaciones del delta de precipitación de hasta 45 mm con respecto a los valores obtenidos en la caracterización climática de Bogotá.

Las zonas climáticas de esta variable meteorológica que no presentaron un cambio significativo a tener en cuenta fue la zona Húmeda correspondiente a la estación meteorológica Venado de oro y la zona moderadamente húmeda correspondiente al Jardín Botánico, esta estación presenta valores sin mayor diferencia en comparación con los obtenidos por el IDEAM en la caracterización climática que realizó. Donde se observa un delta de diferencia con respecto al valor máximo de precipitación registrado de 12 mm el cual se obtuvo en el mes de abril, este análisis es respaldado por el realizado en el test de Wilcoxon donde se presentó un valor de P-valor por encima de 0.05 lo cual indica que no se presentó una diferencia significativa en estas zonas climáticas.

Durante el proceso de organización de la información para cada una de estas zonas climáticas se pudo evidenciar que ninguna estación presenta un registro completo en sus registros diarios de todos los meses en el periodo de análisis correspondiente 2005-2020, donde las estaciones que presentaron un mayor registro completo son las estaciones pertenecientes a la empresa de acueducto de Bogotá (EAAB) a cargo de las estaciones meteorológicas en las zonas Semiseca, ligeramente húmeda, muy húmeda y súper húmeda caracterizándose por ser las zonas que presentan un mayor porcentaje de información completa hasta el año 2020 en comparación con las estaciones meteorológicas a cargo del IDEAM de las zonas climáticas Semi húmeda, moderadamente húmeda y húmeda, siendo la zona moderadamente húmeda correspondiente a la estación Jardín Botánico la cual presenta días y meses con un mayor porcentaje donde no se registran datos completos, esto pudiendo incidir en alguna variación en los resultados obtenidos para esta zona.

Lo cual nos indica que se presenta una diferencia significativa en 5 de las 7 zonas climáticas establecidas por el IDEAM en el año 2004 por lo cual se sugiera un estudio a profundidad en estas

zonas climáticas con el fin de determinar si se presentó una redistribución de las zonas climáticas establecidas en ese entonces y un aumento en los valores registrados de dicha variable para cada zona climática.

CONCLUSIONES DE LA VARIABLE TEMPERA PARA 3 ZONAS CLIMÁTICAS

Durante el proceso de análisis de la variable de temperatura se encontraron diferencias significativas en las 3 zonas climáticas que se pudieron evaluar debido al acceso de información y registro completo de datos, las cuales fueron las zona Semiseca correspondiente a la estación Aeropuerto el Dorado, la zona Moderadamente húmeda correspondiente a la estación meteorológica Jardín Botánico y por último en la zona húmeda correspondiente a la estación Venado de Oro. Donde se presentan unos valores de temperatura máxima absoluta de 24.5 °c en comparación con los valores obtenidos por parte del ideam de 24.9 °C presentándose una diferencia de 0.4°C esto para zona Semihumeda pero en general en los valores que se obtuvieron de los análisis y de las respectivas comparaciones con los obtenidos por el IDEAM en el año 2004. Se observan diferencias significativas ya que la máxima diferencia que se presento fue de 2°C evaluando cada una de las temperaturas.

Como en el caso de la variable precipitación en los datos que se obtuvieron por parte del IDEAM estas tres estaciones presentan algunos días y meses en los cuales no en general pero si en algunos años presentan información incompleta, lo cual puede incidir pueda variar un poco los resultados obtenidos en este estudio. Ya que en algunos registros no se presentaba ningún tipo de información. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio en comparación los que obtuvo el IDEAM se concluye que no se presentan cambios significativos en esta variable por lo cual la temperatura es un indicador a tener en cuenta para que el IDEAM plantee la posibilidad de realizar una actualización del estudio ya realizado de una manera más detallada y a profundidad, esto con el fin de actualizar las zonas climáticas que así lo requieran.

CONCLUSIONES DE LA VARIABLE HUMEDAD RELATIVA PARA 2 ZONAS CLIMÁTICAS

Por último la variable meteorológica humedad relativa se pudo evaluar en dos zonas climatológicas las cuales fueron las zonas moderadamente húmedas correspondiente a la estación Jardín Botánico la cual según el análisis realizado en el test de Wilcoxon presenta diferencia significativas al

registrar un valor de p-valor por debajo del 0.05 y en la zona húmeda correspondiente a la estación Venado de Oro al realizar el test de Wilcoxon no se observaron diferencias significativas al obtenerse un valor de p-valor por encima de 0.05, estos resultados se obtienen al realizar la comparación con los valores que obtuvo el IDEAM en el año 2004 para estas mismas zonas climáticas. Presentándose una variación correspondiente en la zona climática moderadamente húmeda de 3 % de humedad relativa y en la zona húmeda no se presentan diferencias. Por lo cual se concluye que esta variable humedad relativa es un indicador a tener en cuenta por parte del IDEAM para considerar realizar una actualización y verificación de las zonas climáticas propuestas en dicho estudio en el año 2004.

13. BIBLIOGRAFIA

- Climatología Practico. (2012). *Clasificaciones climáticas Thronthwaite*. Recuperado el 2 de 10 de 2020, de <http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/practico%20climatologia%202012/Practico%205/>
- Junta Andalucía. (2014). *Sistema de indicadores ambientales de Andalucía*. Recuperado el 6 de 10 de 2020, de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/rediam/indicadores/2014/CL03_2014
- Universidad Catolica de Colombia. (2020). *Análisis comparativo del registro histórico de datos (2012-2019), de las estaciones metereologicas en un area perimetral el edificio El Cubo de colsubsidio ubicado en la ciudad de Bogota*. Recuperado el 10 de 09 de 2020, de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2851/2016edwardbarrera.pdf?sequence=4&is>
- Universidad Santo Tomas. (2016). *Caracterización climatológica y evaluación de la influencia de la variabilidad climatica tipo enso en el departamento de Boyaca*. Recuperado el 2 de 10 de 2020, de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2851/2016edwardbarrera.pdf?sequence=4&is>
- University of Salamanca. (2016). *The R Project for Statistical Computing*. Recuperado el 5 de 11 de 2020, de <https://diarium.usal.es/jose/2016/04/11/r-the-r-project-for-statistical-computing/>
- University of Utah. (2018). *Characterization of climate change in southwestern Bangladesh*. Recuperado el 20 de 10 de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/327868153_Characterization_of_climate_change_in_sout
- University of Virginia. (2020). *The Wilcoxon Rank Sum Tes*. Recuperado el 10 de 11 de 2020, de <https://data.library.virginia.edu/the-wilcoxon-rank-sum-test/>
- Bogotá, A. M. (2011). *Decreto 623 de 2011*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=27299&cadena=c>
- CAR. (2017). *Boletín infomativo*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de https://www.car.gov.co/uploads/boletines/BOLETIN_CAR_2016/web/Boletin/boletin.html
- Congreso de Colombia. (1973). *Ley 23 de 1973*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf

- Congreso de Colombia. (2004). *Resolución 453 de 2004*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=27299&cadena=c>
- EAAB. (2019). *Presentación Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogota*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b8d430042a1e.pdf>
- Geoportal. (2005). *Evaporación real media anual*. Recuperado el 2 de 10 de 2020, de https://sig.mapama.gob.es/Docs/PDFServiciosProd2/RECHID_ETR.pdf
- IDEAM. (2004). *Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelo*. Recuperado el 20 de 09 de 2020, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATICA+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa>
- IDEAM. (2005). *Atlas climatológico de Colombia*. Recuperado el 7 de 10 de 2020, de <http://webinformatica.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019711/preliminares.pdf>
- IDEAM. (2019). *Glosario meteorológico*. Recuperado el 5 de 10 de 2020, de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gic>
- IDEAM. (2020). *Catálogo nacional de estaciones IDEAM*. Recuperado el 2 de 10 de 2020, de <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Cat-logo-Nacional-de-Estaciones-del-IDEAM/hp9r-jxuu/data>
- IDEAM. (2020). *Evaluación del recurso hídrico*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/ia>
- IDIGER. (2020). *Sire*. Recuperado el 05 de 11 de 2020, de <https://www.sire.gov.co/web/sab/informacion-hidrometeorologica>
- Ministerio de Ambiente. (1996). *Ley 306 de 1996*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1996/ley_0306_1996.pdf
- Ministerio de Salud. (2019). *Ley 1972 de 2019*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Forms/DispForm.aspx?ID=5696
- Ministerio del Interior. (1993). *Ley 99 de 1993*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de <https://www.mininterior.gov.co/la-institucion/normatividad/ley-99-de-1993>
- OMM. (2017). *Directrices de la Organización Meteorológica Mundial*. Recuperado el 20 de 09 de 2020, de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4167
- Republica, C. d. (2011). *Ley 1450 de 2011*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1450_2011.html
- SICE. (2016). *Redes meteorológicas España*. Recuperado el 2 de 11 de 2020, de [https://www.sice.com/sites/Sice/files/201610/MA_REDES_METEOROLOGICAS_ESP_\(2\).pdf](https://www.sice.com/sites/Sice/files/201610/MA_REDES_METEOROLOGICAS_ESP_(2).pdf)

Slideshare. (2016). *Terminología de meteorología e instrumentos para medir temperatura*. Recuperado el 6 de 10 de 2020, de <https://www.slideshare.net/CristianJosimarMndez/terminologa-de-meteorologa-e-instrumentos-para-medir-temperatura>