

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

EDWARD STIVEN BARRERA GONZÁLEZ
MARÍA FERNANDA PÉREZ CÁCERES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2016-1

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

EDWARD STIVEN BARRERA GONZÁLEZ
MARÍA FERNANDA PÉREZ CÁCERES

Documento: Resultados proyecto de investigación.

Director: Ing. José Luis Díaz Arévalo
Codirector: Ing. Claudia Fernanda Navarrete López

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
ANTEPROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2016-1

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
OBJETIVOS	7
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
0 INTRODUCCIÓN	8
1 ESTADO DEL ARTE	9
2 MARCO TEORICO	11
2.1 EFECTO ENSO	11
2.2 INDICE DEL NIÑO OCEANICO (ONI)	12
2.3 DEPARTAMENTO DE BOYACÁ (ZONA DE ESTUDIO).....	12
3 METODOLOGÍA	15
4 RESULTADOS	16
4.1 CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO .	16
4.2 CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE VARIABLES COMPLEMENTARIAS	38

4.3 CORRELACIONES.....	44
CONCLUSIONES	57
DESARROLLOS FUTUROS	59
BIBLIOGRAFÍA	60

TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Precipitación estación Nuevo Colon.....	17
Tabla 2 Análisis Estadístico precipitación media estación Nuevo Colon	19
Tabla 3 Análisis estadístico Temperatura media estación Nuevo Colon	25
Tabla 4 Análisis estadístico Humedad relativa anual estación Nuevo Colon	29
Tabla 5 Análisis estadístico Evaporación media estación Nuevo Colon	34
Tabla 6 Índice Oceánico del Niño (ONI).....	45
Tabla 7 Muestra de organización de parámetros	46
Tabla 8 Correlaciones con Humedad relativa Periodos de La Niña.....	48
Tabla 9 Correlaciones con Humedad relativa Periodos de El Niño	49
Tabla 10 Correlaciones Temperatura periodo El Niño.....	51
Tabla 11 Correlaciones Temperatura periodo La Niña.....	52
Tabla 12 Resultados Sesgos de Correlación estación Nuevo Colon por Periodos	55

MAPAS

	Pág.
Mapa 1 Departamento de Boyacá.....	13
Mapa 2 Distribución espacial de Precipitación media anual estación Nuevo Colon	21
Mapa 3 Distribución espacial de temperatura máxima anual	23
Mapa 4 Distribución espacial de temperatura mínima anual	24
Mapa 5 Distribución espacial de la Humedad relativa media promedio.....	29
Mapa 6 Distribución espacial de Evaporación Total Anual	33
Mapa 7 Distribución espacial de Brillo Solar Total Mensual	38
Mapa 8 Distribución espacial de la Nubosidad Media Promedio	39
Mapa 9 Distribución espacial del Punto de rocío Promedio	40
Mapa 10 Distribución espacial de Recorrido del Viento Anual	41
Mapa 11 Distribución espacial de Tensión de Vapor Media Total	42
Mapa 12 Distribución espacial de Velocidad del Viento Anual	43

GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1 Precipitación Media Anual estación Nuevo Colon.....	18
Gráfica 2 Histograma precipitación media estación Nuevo Colon	20

Gráfica 3 Diagrama de bigotes precipitación estación Nuevo Colon	21
Gráfica 4 Temperatura media anual estación Nuevo Colon	22
Gráfica 5 Histograma temperatura media estación Nuevo Colon	23
Gráfica 6 Diagrama de bigotes Temperatura estación Nuevo Colon	26
Gráfica 7 Humedad relativa media Anual estación Nuevo Colon	27
Gráfica 8 Histograma Humedad relativa media mensual estación Nuevo Colon	28
Gráfica 9 Diagrama de bigotes Humedad relativa media estación Nuevo Colon	30
Gráfica 10 Evaporación total estación Nuevo Colon	31
Gráfica 11 Histograma Evaporación total estación Nuevo Colon	32
Gráfica 12 Diagrama de bigotes Evaporación media estación Nuevo Colon	35
Gráfica 13 Valores Medios Mensuales de las variables climatológicas de la estación Nuevo Colon	36
Gráfica 14 Valores Medios Mensuales de las variables climatológicas de la estación Tunguavita	36
Gráfica 15 Correlación Humedad relativa estación Nuevo Colon	47
Gráfica 16 Correlaciones Humedad relativa y ONI	50
Gráfica 17 Correlaciones Temperatura y ONI	53
Gráfica 18 Correlación Precipitación estación Nuevo Colon	54

RESUMEN

Las alteraciones del clima generan inundaciones y sequías que suelen impactar de forma característica a la población, las cuales causan pérdidas económicas significativas, afectando de manera directa la producción agrícola, industrial, ganadera, entre otros. Lo que conlleva a la ejecución de investigaciones asociadas al desarrollo de proyectos que describan y caractericen las condiciones ambientales del Departamento de Boyacá, con el fin de formar conocimiento e información que brinde apoyo a la toma de decisiones de dicho departamento, en labores como la planificación, la gestión y el uso sostenible del recurso hídrico; por esta razón, se origina el proyecto “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”, el cual se divide en cuatro partes, donde la primera busca la caracterización estadística del comportamiento climático del departamento de Boyacá, la segunda realiza un análisis descriptivo de la precipitación, la evaporación, la humedad relativa y la temperatura, la tercera elabora una caracterización espacio-temporal y la cuarta correlaciona los índices ONI (*Oceanic Niño Index*) con los cuatro parámetros climatológicos anteriormente mencionados.

Palabras clave: ENSO, ONI, correlaciones, Boyacá, variables climatológicas, estadística.

ABSTRACT

Climate changes generate floods and droughts that often characteristically impact the population, which cause significant economic losses, directly affecting agricultural, industrial, livestock production, among others. Which leads to the execution of research associated with the development of projects that describe and characterize the environmental conditions of the Department of Boyacá, in order to form knowledge and information that provide support for decision making of the department, in work and planning , management and sustainable use of water resources; For this reason, the project "climatological characterization and evaluation of the influence of ENSO climate variability type for variables originates: precipitation, evaporation, relative humidity and temperature in the Department of Boyacá, which is divided into four parts, where the first seeks the statistical characterization of climate behavior in the department of Boyacá, the second performed a descriptive analysis of precipitation, evaporation, relative humidity and temperature, the third produces a spatiotemporal characterization and fourth correlates the ONI index (Oceanic Niño Index) with the four climatological parameters mentioned above.

Keywords: ENSO, ONI, correlations, Boyacá, climatological variables, statistics.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia de la variabilidad climática tipo ENSO para las variables climatológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación) del departamento de Boyacá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar estadísticamente el comportamiento climático del departamento de Boyacá a partir de la información de tipo climatológico disponible.
- Realizar un análisis descriptivo de las variables (temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación).
- Elaborar una caracterización espacio-temporal de las variables climatológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación) presentes en el departamento de Boyacá.
- Correlacionar los índices ONI (anomalías) con cuatro variables climatológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación), para verificar si hay relación entre las variables

0 INTRODUCCIÓN

Este documento se ha desarrollado con el fin de mostrar la influencia que presenta la variabilidad climática tipo ENSO para las variables climáticas (temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación) presentes en el Departamento de Boyacá, mediante una serie de mapas, tablas y gráficas que describen el comportamiento de las variables climáticas con base al valor medio de datos mensuales y con registros máximos o iguales a treinta años.

Teniendo en cuenta lo anterior, los datos históricos han sido de vital importancia para la ejecución de este proyecto de investigación, aunque se muestra que en la mayoría de los casos fue fundamental complementarlos, dichos datos dan paso a una primera etapa, denominada caracterización estadística del comportamiento climático del Departamento de Boyacá, donde se encuentran tablas que describen la estadística de los parámetros junto con su respectiva caja de bigotes, gráficas donde se puede observar el comportamiento de las variables de cada estación a través de los meses y años; esta va acompañada de una segunda etapa donde se realiza el análisis estadístico de cada uno de los parámetros.

Como tercera etapa se genera la caracterización espacio-temporal, donde se detectan las alteraciones por encima y por debajo de la normal, esta etapa se da a conocer por medio de mapas con sus correspondientes análisis; luego como cuarta etapa se tienen las diferentes correlaciones de los índices ONI, lo que hace referencia a las anomalías con las cuatro variables climáticas.

Finalmente se establece una discusión teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este proyecto de investigación, los resultados que han arrojado otros trabajos e información teórica de algunas bibliografías encontradas.

1 ESTADO DEL ARTE

La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente cortos. Durante un año en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal. La Normal Climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años. A la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como Anomalía. La secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales, se conoce como variabilidad climática y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías [1].

Esta variabilidad esta atribuida directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables, por ende, implica consecuencias que todavía pocos asocian en su vida cotidiana. Algunas directas, como la inestabilidad del clima que trae largos periodos de sequía e intensos períodos de lluvias. Otras indirectas, como la menor calidad de la tierra, desplazamiento de poblaciones, extinción de especies, menor calidad de los productos agrícolas y la reducción de áreas de páramos [2], es decir, se presentan alteraciones en las actividades diarias de una sociedad a causa del comportamiento hidrológico y climatológico, presentándose grandes pérdidas a los distintos sectores económicos como el agrícola, ganadero y comercial; además de deterioros a las infraestructuras establecidas en dicho lugar como por ejemplo las viviendas y la infraestructura. Esta problemática puede retardar el desarrollo de una comunidad y a su vez opacar los resultados benéficos para la sociedad.

En Colombia se han construido cerca de 2200 puentes, más de 15000 kilómetros de vías terrestres, parte de los cuales cada año se someten a reparaciones por problemas relacionados con el agua, cerca de 600 municipios han experimentado inundaciones locales, el desabastecimiento de agua, las pérdidas de cultivos y la proliferación de enfermedades de origen hídrico que ocurren tanto en épocas de crecidas como de sequías hidrológicas (e.g., los daños en Colombia por efecto del El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) de 1997 – 1998 caracterizado por sequías en gran parte del país, cuyos daños ascendieron a 564 millones de dólares) [3]. Por otra parte, la fase fría del fenómeno ENOS: La Niña, está estrechamente asociada

con el aumento de lluvias y caudales en Colombia, que también juega un rol fundamental en la planificación y en las decisiones energéticas [3].

Las inundaciones y las sequías impactan de manera significativa a la sociedad; causan grandes pérdidas en la producción agrícola, energética, infraestructura, maquinarias y viviendas, afectan de forma indirecta la economía de las poblaciones.

Como consecuencia de lo anterior, la situación de Colombia, sin dejar de lado el marco regional en Boyacá, se caracteriza por un desconocimiento parcial sobre el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales. Para responder ante estas dificultades, es preciso hacer un gran esfuerzo por identificar, desarrollar, seleccionar y evaluar nuevas tecnologías, sin dejar de lado el intercambio y divulgación de la información, con el fin de responder a nuevas emergencias de variación climática tanto en sequías como en inundaciones, para prever cambios en los sectores domésticos, industriales y agropecuarios.

De acuerdo con lo anterior es válido resaltar que el propósito de este trabajo es el análisis de los parámetros climatológicos buscando dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Cómo es el comportamiento espacio-temporal respecto a la variabilidad climática en el departamento de Boyacá?, ¿Las variables climatológicas guardan correlación con el ENSO?

2 MARCO TEORICO

El clima se entiende como el resultado de la interacción de un conjunto de parámetros y condiciones atmosféricas tales como:

- **Temperatura:** Es el nivel de calor que alcanza el aire, medido en grados centígrados (°C) [4].
- **Precipitación:** Corresponde a la cantidad de agua, tanto en forma líquida como sólida, que cae sobre la superficie de la tierra y se mide en milímetros (mm) [5].
- **Humedad relativa:** La humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire. Humedad relativa se asume como la relación expresada en porcentaje (%), entre la tensión real del vapor de agua y la tensión de saturación a la misma temperatura [6].
- **Evaporación:** Se define como la cantidad de agua evaporada por unidad de tiempo y de superficie libre del líquido, se mide en (mm) [7].

2.1 EFECTO ENSO

Consiste en un fenómeno natural producido por la interacción de una componente oceánica y otra atmosférica en la región del Océano Pacífico Ecuatorial, donde la componente oceánica es El Niño el cual, hace referencia al calentamiento de la temperatura superficial del océano pacífico, mientras que el componente atmosférico es la diferencia entre a nivel del mar conocida como la Oscilación del Sur [8].

El ENSO se origina en el Océano Pacífico tropical cerca de Australia debido a un aumento en la temperatura de las aguas superficiales. Con el correr del tiempo este máximo de temperaturas se desplaza hacia el este hasta alcanzar la costa de Sur América, causando un enfriamiento relativo en las aguas de Pacífico occidental (cerca de Asia) [8].

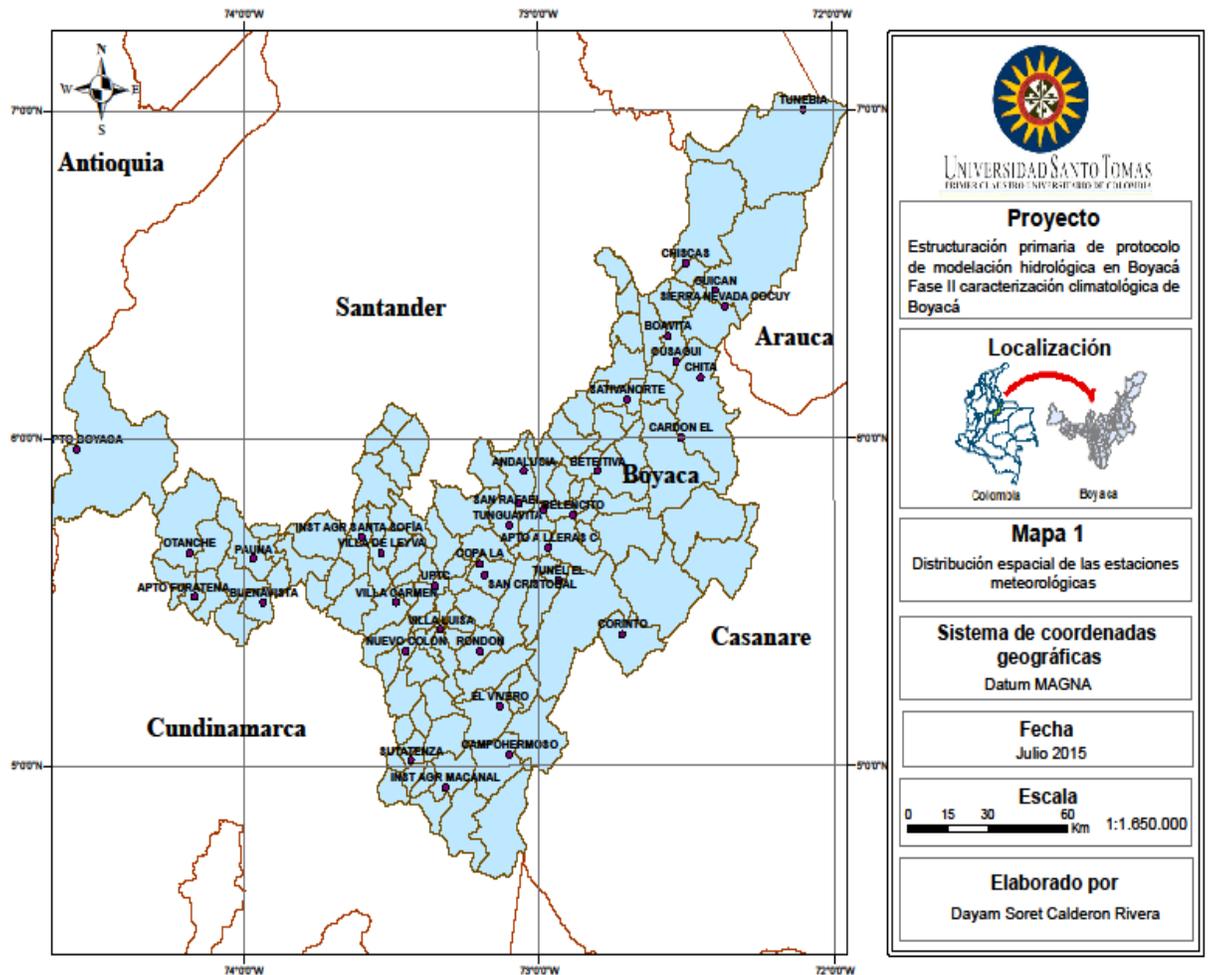
2.2 INDICE DEL NIÑO OCEANICO (ONI)

Este índice es calculado como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3-4. Valores positivos del ONI, mayores o iguales a 0,5 por 5 meses consecutivos o más indican la ocurrencia de un evento El NIÑO. Valores negativos del ONI, inferiores o iguales a -0,5 por 5 meses consecutivos o más indican la ocurrencia de un evento La NIÑA [9].

2.3 DEPARTAMENTO DE BOYACÁ (ZONA DE ESTUDIO)

El Departamento de Boyacá, se encuentra ubicado en el centro del país, en la cordillera oriental de los Andes, se caracteriza por tener una de las geomorfologías más accidentales del país, la elevación sobre el nivel del mar, se encuentra entre los 2510 msnm y los 3780 msnm. Cuenta con una superficie de 23.189 km². Geográficamente colinda por el Norte con los departamentos de Santander y Norte de Santander, por el Este con los departamentos de Arauca y Casanare, por el Sur con Meta y Cundinamarca y por el Oeste con Cundinamarca y Antioquia [10].

Mapa 1 Departamento de Boyacá



Fuente: Autoría propia

- **Hidrografía [11]:** El sistema hidrográfico de Boyacá está constituido por numerosos ríos y quebradas que nacen en la cordillera Oriental, afluentes directos o de alguno de los tributarios de los ríos Magdalena, Meta y Arauca; entre los ríos que confluyen a la cuenca del Magdalena están el Ermitaño, Negro, Minero, Suárez, Sutamanchán, Sáchica, Chíquiza, Iguaque, Arcabuco o Pómecca, Ubazá, Riachuelo, Moniquirá, Chicamocha, Chorrera, Tuta, Pesca, Tota, Saguera, Sasa, Cambas, Loblanco, Rechiminiga, Chitano, Susacón.

Entre los tributarios directos o secundarios del Meta cabe mencionar los ríos Garagoa, Funjita, FucheMueche, Lengupá, Guavio, UpíaCusiana, Siamá, Cravo Sur, Negro, Pisba, Focaria, Niuchía, Encomendero y Pauto; desembocan en el río Arauca o en alguno de sus afluentes los ríos Garrapato, Culebras, Orozco, Chuscal, La Unión, Rifles, Cubugón, Derrumbado, Támara, Cobaría, Royatá y Bojabá.

El departamento de Boyacá cuenta con numerosas lagunas de gran belleza natural, visitadas por numerosos turistas, deportistas náuticos y montañistas; entre ellas son notables las de Tota, Sochagota, Fúquene, que comparte con el departamento de Cundinamarca, el embalse de Chivor y las enmarcadas en las cimas de la sierra nevada del Cocuy como son Ocubi Grande, Chucas, Batanera y Laguna Grande de la Sierra.

Los ríos que corren por el territorio boyacense conforman cinco cuencas hidrográficas que llevan sus aguas a cinco ríos importantes como son: el Magdalena, el Suárez, el Chicamocha, el Arauca, el Meta y además por las sub-cuencas de los ríos Guavio, Cravo Sur, Lengupá, Upía, Cusiana y Pauto.

3 METODOLOGÍA

En concordancia con los objetivos propuestos y las características que conforman la presente propuesta de investigación, se describe a continuación la metodología de trabajo:

1. Identificación, recolección, clasificación y consolidación de la información básica del estado de arte mediante resúmenes bibliográficos y categorización de la información obtenida por medios físicos y electrónicos. Posteriormente al procedimiento indicado, se desarrollará un análisis de la información e interpretación de los conceptos que se van a emplear, referente al estado del arte y el manejo de los archivos, como block de notas, shape, entre otros.
2. Clasificación de 200 estaciones hidrometeorológicas de Boyacá que manejen las variables a estudiar para el presente estudio, seleccionando de entre ellas, aquellas que presenten datos o información representativa de los patrones hidrológicos y que conserve una serie de datos con mínimo 30 años continuos de registros a la escala de medición media mensual, debido a que es lapso tiempo para hablar de variabilidad climática.
3. Realizar un análisis descriptivo a los patrones espacio – temporales de las variables: temperatura, humedad relativa, brillo solar, evaporación, precipitación, velocidad del viento, nubosidad, punto de rocío, recorrido del viento y tensión de vapor. Mediante análisis descriptivo en Excel y las representaciones gráficas en ArcGis 10.1
4. Identificación de anomalías climáticas por eventos ENSO basado en indicadores, como son el índice Oceánico del Niño (del Inglés, ONI). La información de estos indicadores será descargada del enlace web del Centro de Predicción Climática de la Administración Océano – Atmosférico Nacional de los Estados Unidos (CPC, NOAA). Para determinar las relaciones entre los indicadores del ENSO y las variables hidrometeorológicas de estudio, se desarrollarán análisis de correlaciones.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO

Para el desarrollo de la caracterización estadística del comportamiento climático del departamento de Boyacá fue de gran importancia utilizar las bases de datos suministradas por el IDEAM, de las estaciones correspondientes al departamento de Boyacá de cada una de las variables climatológicas que serían estudiadas con el efecto ENSO (precipitación, humedad relativa, evaporación y temperatura) y de las variables que complementan la descripción del clima (recorrido y velocidad del viento, punto de rocío, brillo solar, nubosidad y tensión de vapor) a las que solo se les realiza el análisis espacio-temporal para observar sus comportamientos.

En diferentes años, los valores de las variables climatológicas (temperatura, precipitación, etc.) fluctúan por encima o por debajo de lo normal. La secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales, se conoce como variabilidad climática y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías [12].

Como ejemplo de lo elaborado se muestran los resultados de las variables a estudiar de la estación Nuevo Colon, la cual, presenta los registros más completos en cuanto a las demás estaciones, a continuación se encuentra la descripción estadística de cada parámetro con su respectivo análisis.

- **PRECIPITACIÓN**

Colombia por su posición territorial cerca de la línea del Ecuador, presenta épocas de lluvias y de sequías, y de igual manera varía de acuerdo a la altitud que se desea analizar, presentando comportamiento modal o bimodal, la primera con tendencia a la parte oriental del país y la segunda para la parte central.

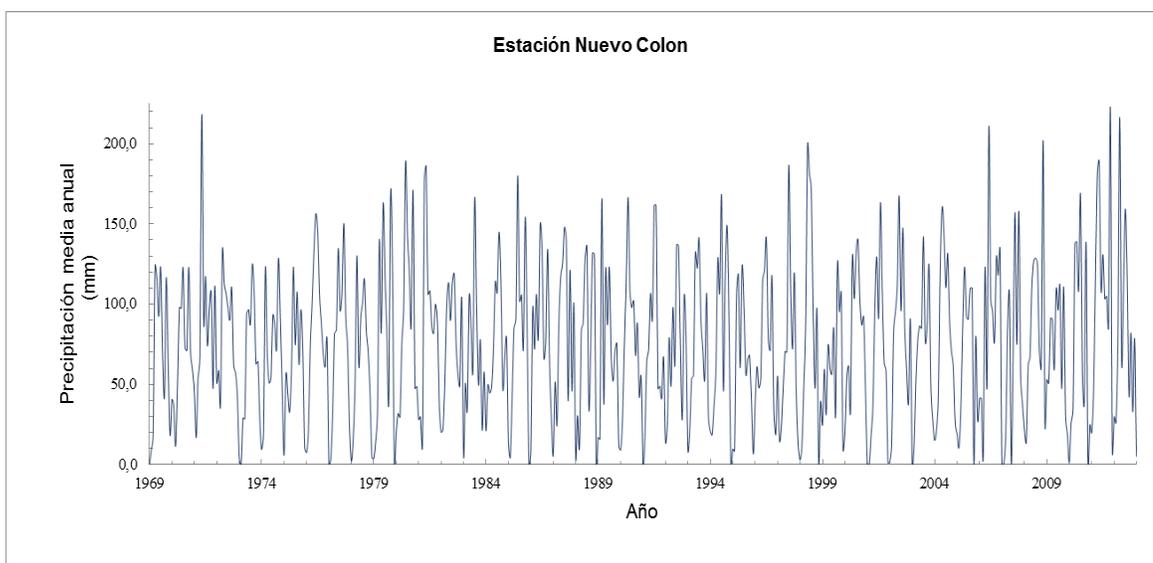
Tabla 1 Precipitación estación Nuevo Colon

VALORES MEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)														
NUEVO COLON NUEVO COLON														
Latitud: 05°21'N			Estación: Nuevo Colon						Departamento: BOYACÁ					
Longitud: 73°27'W			Codigo de Estación: 35075010						Municipio: NUEVO COLON					
Elevación: 2438 m.s.n.m			Tipo de Estación: CP						Corriente: GACHANECA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom	No. Faltantes
1969		9	18	123,8	115,4	92,3	123,2	70,5	42,5	116,5	66,1	18,5	72,3	1
1970	40,5	36,8	11,4	48,2	98	97,3	122,8	73,2	71,3	123	70,3	59,6	71,0	0
1971	45,2	16,8	54,1	67	218,3	88,7	117,4	74,2	97,4	107,4	47,4	111,5	87,1	0
1972	51,3	58,8	37,3	133,2	113,1	106,6	97,4	90,3	110,3	62,3	57,4	43,5	80,1	0
1973	5		29,2	28,5	93,6	96,7	87,8	124,9	107,6	62,9	64,3	28,2	66,2	1
1974	9,3	18,3	122,7	68,3	50,8	53,9	93,1	87,7	72,1	128,6	91,2	46,2	70,2	0
1975	5,8	56,1	43,9	33	60,6	123,2	74,7	107,7	62,3	96,6	72,2	10,9	62,3	0
1976	7,4	19,3	72,1	100,7	133,2	156,5	145	106	87,2	68,4	60,9	78,1	86,2	0
1977	0	3,3	32,4	81,5	84,2	134,9	96,1	106,9	150,3	92	73,4	24,7	73,3	0
1978	2,2	16,2	51,6	130,3	61,2	91,3	100,8	115,8	83,9	70,1	44,2	4,4	64,3	0
1979	3,8	14,6	33,2	139,9	82	162,8	118	82,9	38,8	169,8	120,6	0,2	80,6	0
1980	18,9	32	29,7	75,6	97,9	188,6	143,2	120,1	85,6	170,8	47,6	48,9	88,2	0
1981	28,1	29,9	11,4	177,1	186,2	106,2	108,5	85,8	81,8	100,1	89,6	37,2	86,8	0
1982	20,3	21,7	52,4	101,1	113,5	89,8	113,1	118,8	75,9	56,7	49,3	103,9	76,4	0
1983	5,1	50,5	33,9	104,6	85,6	58,9	166,3	96,2	49,5	77,7	21,6	57,9	67,3	0
1984	21	49,6	44,6	48	72,3	114	107,2	145	112,9	47,7	65,8	78,7	75,6	0
1985	13,8	4,4	42,6	85,2	90,7	180,1	101,9	105,9	72	154,3	87		85,3	1
1986	7,9	97	71,9	106,3	78,2	149,8	134	66,6	76,4	134,3	63,9	29,4	84,6	0
1987	5,6	51,5	24,7	87,8	116,9	125,6	148,2	139,3	39,8	121,3	45,9	100,5	83,9	0
1988	4,7	30,6	10,8	83,5	88	127,5	135,9	35,4	71,6	132	131		77,4	1
1989	17,1	16	165,8	38	122	87,1	123	66,1	51,9	70,4	75,5	11,7	70,4	0
1990	9,1	26,8	72,4	115,3	166,6	108,6	97,8	102	68	88	42,4	54,8	79,3	0
1991	0,2	16,3	63,9	71,7	106,7	90,6	161,6	161,5	47,5	49,1	41,4	66,9	73,1	0
1992	13,9	24,3	79	48,9	98	61,7	137,1	136,4	73	28,3	105	80,4	73,8	0
1993	9,2	21,6	53,9	55,6	131,9	122,4	140,9	90,4	72,2	53	106,7	29,7	74,0	0
1994	20,8	18,7	37,1	58,6	128,1	107	167,5	46,5	117,6	148,8	89,9		85,5	1
1995	9,9	8,5	104,4	118,6	60,3	123,5	98,8	56,4	65,2	68,1	40,3	6,6	63,4	0
1996	37,9	61,1	47,7	53,8	114,6	120,7	140,7	77,9	71,4	117,5	34,2	18,7	74,7	0
1997	55,3	15,1	23,2	48,5	70,7	70,2	186,3	109,6	72,1	119,4	45,8	12,6	69,1	0
1998	2,9	11,2	47,4	87,2	198,9	181,2	172	98,7	47,6	97	0	39,2	81,9	0
1999	24,7	59,6	31	74,2	59,6	56,5	85,1	29,5	125,3	95,2	107,1	9,6	63,1	0
2000	20,2	55,3	61,4	33,2	129	103,4	132,3	140,1	102,9	86,9	92,2	47,3	83,7	0
2001	0,3	18,3	24,7	37,6	96,3	129,6	91,4	163,4	107,7	63,3	58,3	1,2	66,0	0
2002	1,7	12,1	82,2	95,1	111,7	167,5	96	147,6	85,9	59,1	38	90,5	82,3	0
2003	0	12	52,7	78,4	86,6	85,1	142,1	76,6	87,2	124,5	49	27,5	68,5	0
2004	15,1	21,6	42,9	124,3	160,5	144,2	110,3	131,6	88,8	70,8	60,9	25,6	83,1	0
2005	19	10,6	33,5	84,4	123,3	92,6	90,6	109,9	110,1		79,9	28	71,1	1
2006	41,3	4,5	83,1	122,9	48,5	210,6	103,6	96	76,5	129,3	118	134	97,4	0
2007	0,6	16,8	36,1	83,5	106,3		71,4	157,2	74,9	158	54,8	38,1	72,5	1
2008	22,3	14,1	62,1	67,1	110,5	127	128,8	125,3	72	60,5	201,9	25,2	84,7	0
2009	53,1	50,7	91,1	90,5	59,1	109,2	96,2	111,2	47,4	110,9	30,6	18,7	72,4	0
2010	1,3	26,1	34,6	137,5	139	108,3	168,5	56	37,3	138,5		24,7	79,3	1
2011	19,9	44,6	115,6	181,6	189	108,9	131	103,4	105	86,2	222,2	8,3	109,6	0
2012	30	26,1	75,7	216,5	64,5	108	159,5	114,1	42,5	82,1	32,9	78,5	85,9	0
2013	5,5	47,5	75	143,8	129,9	75,4	103,9	116,8	56,2	88	133,3	16,5	82,7	0

Fuente: IDEAM

En la tabla anterior se especifican características de la estación como lo son: localización, altura, código de estación, nombre de la estación, zona o región en donde esta se encuentra, seguido de esto se muestran los registros de datos de precipitación desde el año 1969 hasta el año 2013, para un total de 45 años, con 8 datos faltantes correspondientes a: enero de 1969, febrero de 1973, diciembre de 1985 – 1988 - 1994, octubre de 2005, junio de 2007 y noviembre de 2010.

Gráfica 1 Precipitación Media Anual estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

En la gráfica anterior se logra observar una gran varianza en el transcurso de los años, es de destacar las grandes precipitaciones (iguales o mayores a 200mm) los cuales fueron presentes en los años 1971 en el mes de marzo, agosto de 2011 y febrero de 2012, la mayoría de las altas precipitaciones se dan en los meses de febrero, marzo, abril, julio y agosto, mientras que, los picos más bajos se generan en los meses de diciembre, enero y algunos en febrero, esto es debido a los tiempos del fenómeno del niño y de La niña: las altas precipitaciones en el tiempo del fenómeno de La niña mientras que las precipitaciones bajas o casi nulas en el transcurso del fenómeno de El niño.

Tabla 2 Análisis Estadístico precipitación media estación Nuevo Colon

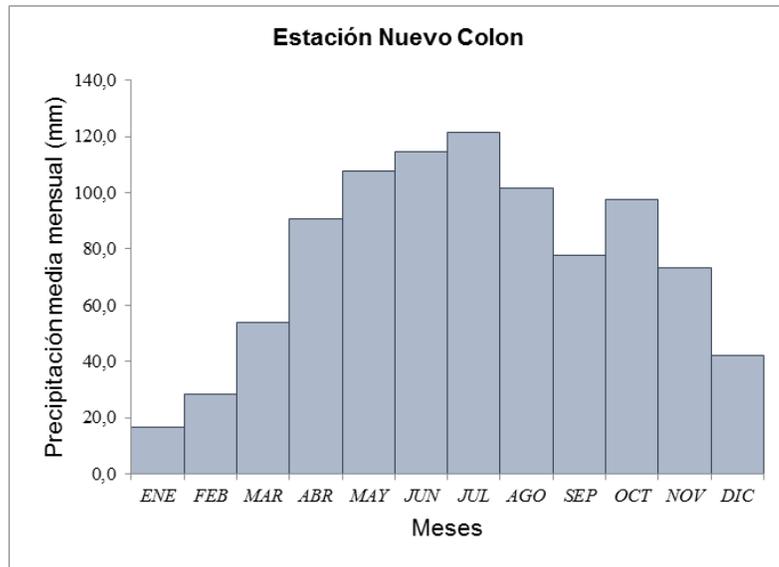
ANÁLISIS ESTADÍSTICO													
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Medio	16,53	28,54	53,88	90,90	107,81	114,64	121,58	101,72	77,68	97,40	73,41	42,30	77,20
Máximo	55,30	97,00	165,80	216,50	218,30	210,60	186,30	163,40	150,30	170,80	222,20	134,00	222,20
Mínimo	0,00	3,30	10,80	28,50	48,50	53,90	71,40	29,50	37,30	28,30	0,00	0,20	0,00
Obs.	44	44	45	45	45	44	45	45	45	44	44	42	379
Faltantes	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	3	5
%Faltantes	1,7%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,9%	3,6%	1,1%
Frec.min	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Frec.max	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Amplitud	55,30	93,70	155,00	188,00	169,80	156,70	114,90	133,90	113,00	142,50	222,20	133,80	222,2
Cuartil1	4,925	14,98	33,2	58,6	82	91,13	97,8	77,9	62,3	68,325	45,875	18,55	42,6
Mediana	11,85	21,60	47,40	84,40	106,30	108,45	118,00	105,90	73,00	93,60	64,10	29,55	72,20
Cuartil3	21,3	45,3	72,1	118,6	128,1	128,0	140,9	120,1	88,8	123,4	90,2	59,2	107,0
Varianza	244	404	1001	1760	1607	1310	804	1051	660	1267	1819	1102	2016
Desv.Estandar	15,6	20,1	31,6	42,0	40,1	36,2	28,4	32,4	25,7	35,6	42,6	33,2	44,9
C.Asimetria	1,08	1,22	1,34	0,84	0,87	0,64	0,38	-0,15	0,51	0,30	1,61	0,96	0,35
C.Variación	0,95	0,70	0,59	0,46	0,37	0,32	0,23	0,32	0,33	0,37	0,58	0,78	0,58
Curtosis	0,30	1,54	2,53	0,75	0,61	0,27	-0,68	-0,32	0,13	-0,72	3,67	0,24	-0,39
Desv.Abs.media	12,40	16,13	23,85	32,73	30,56	27,83	23,79	25,67	19,97	29,75	30,75	26,77	36,99

Fuente: Autores

La descripción estadística nos permite verificar el comportamiento que tiene el registro de datos como un conjunto, y si esta soportada para ser estudiada o ser descartada, respecto a información faltante o a datos que se encuentren no acordes con el conjunto.

De acuerdo a la relación entre tendencia central y simetría de la distribución se deduce que se tiene un sesgo *negativo*, debido a que la mediana es menor a la media, sin embargo, al momento de sacar la forma del sesgo, esta nos arroja como resultado un sesgo *positivo*, debido a que el valor del coeficiente de asimetría es mayor a 0, además del sesgo también se logra observar que la curtosis es menor a 3, lo que nos indica que su distribución es platocurtica, es decir, las distribuciones son menos puntiagudas que la normal.

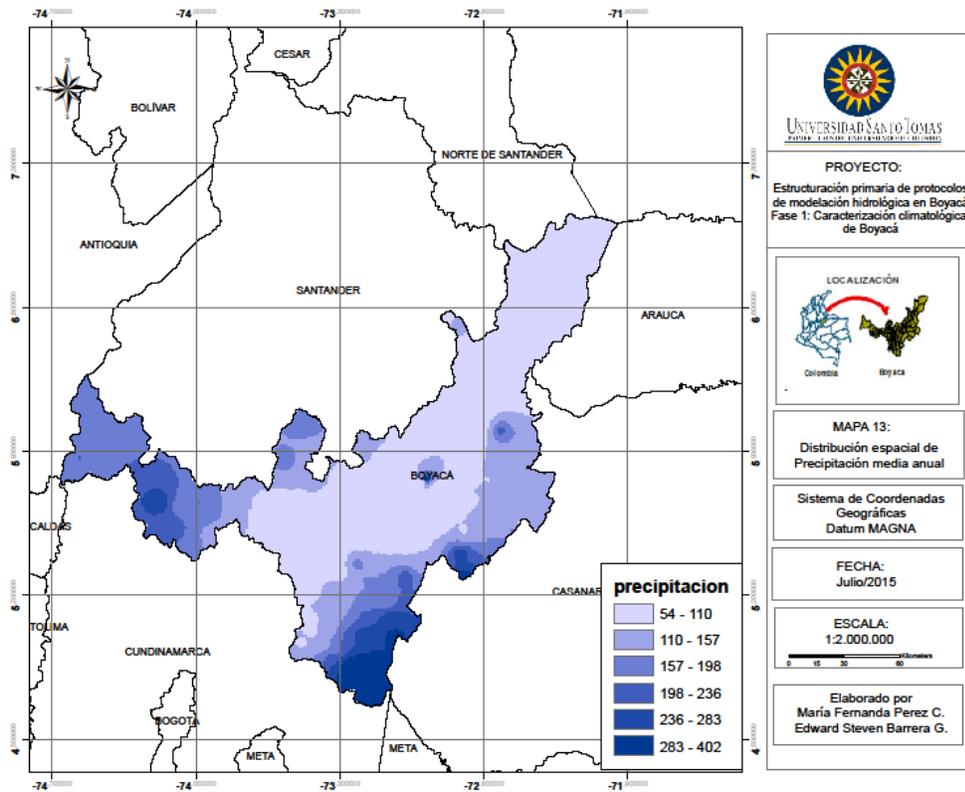
Gráfica 2 Histograma precipitación media estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

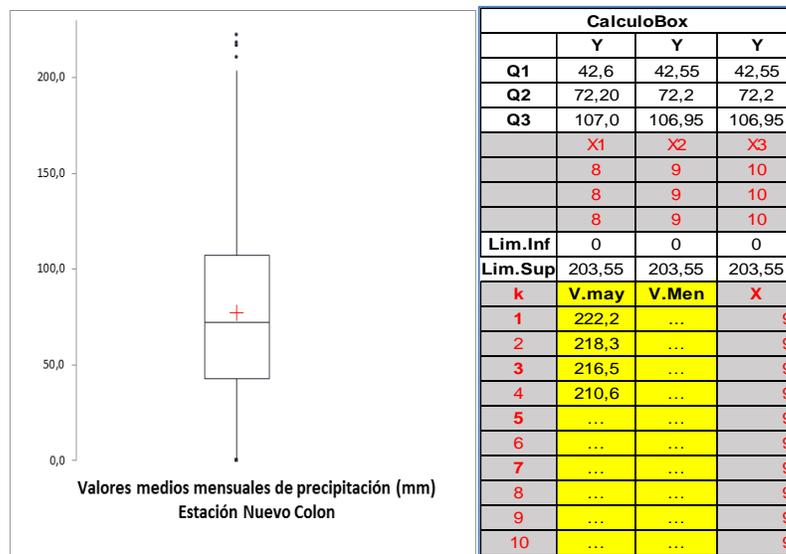
El histograma anterior representa la frecuencia de ocurrencia de la precipitación media mensual de la estación Nuevo Colon, donde se esperaría un comportamiento bimodal, contrario, en este caso se registran mayores lluvias en el mes de julio con un total de 121,8 mm, por otro lado, se presentan registros de precipitación bajos en los meses de diciembre, enero y febrero, aunque el fenómeno de La niña se mantiene constante con porcentajes altos del mes de abril al mes de noviembre.

Mapa 2 Distribución espacial de Precipitación media anual estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

Gráfica 3 Diagrama de bigotes precipitación estación Nuevo Colon



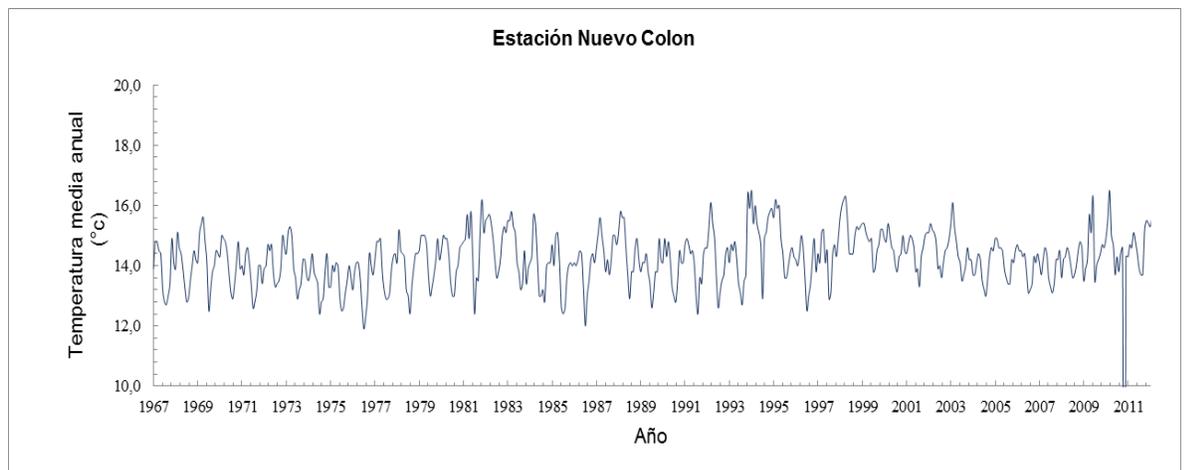
Fuente: Autores

Como se puede observar se tienen cuatro (4) datos que se encuentran por encima del límite superior, siendo estos, datos atípicos; el diagrama de cajas nos indica que el bigote inferior contiene el 25% de los datos más concentrados que el 25% de los datos mayores (bigote superior). La caja nos muestra que debido a su larga longitud, es dispersa la distribución de los datos, la mediana se encuentra por debajo de la media aritmética, llevándonos a la conclusión de que la distribución está sesgada a la derecha, es decir los datos tienden a concentrarse hacia los valores bajos de la variable.

- **TEMPERATURA**

Los registros suministrados referentes a temperatura eran las mínimas, medias y máximas presentadas mensualmente en cada una de las 35 estaciones climatológicas que reportaron estos parámetros.

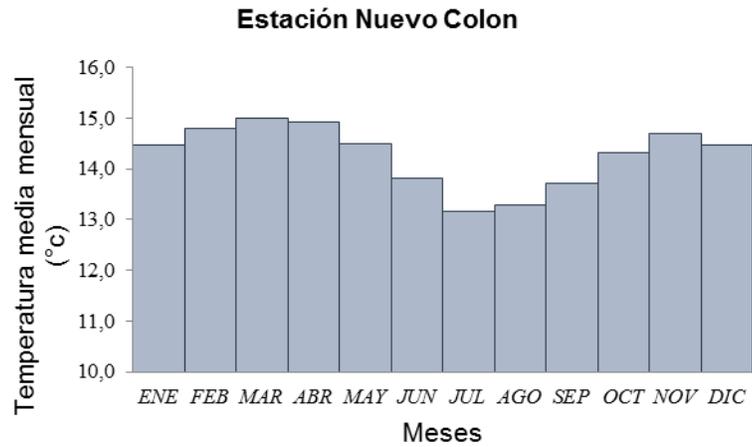
Gráfica 4 Temperatura media anual estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

Esta estación se encuentra ubicada en la provincia Márquez, con una altitud de 2500 m.s.n.m. en el centro sur del departamento, la temperatura oscila entre los 13°C y los 17°C, con la máxima histórica reportada de 29,4°C en marzo de 2005, y una mínima histórica de 1,2°C en abril de 1967.

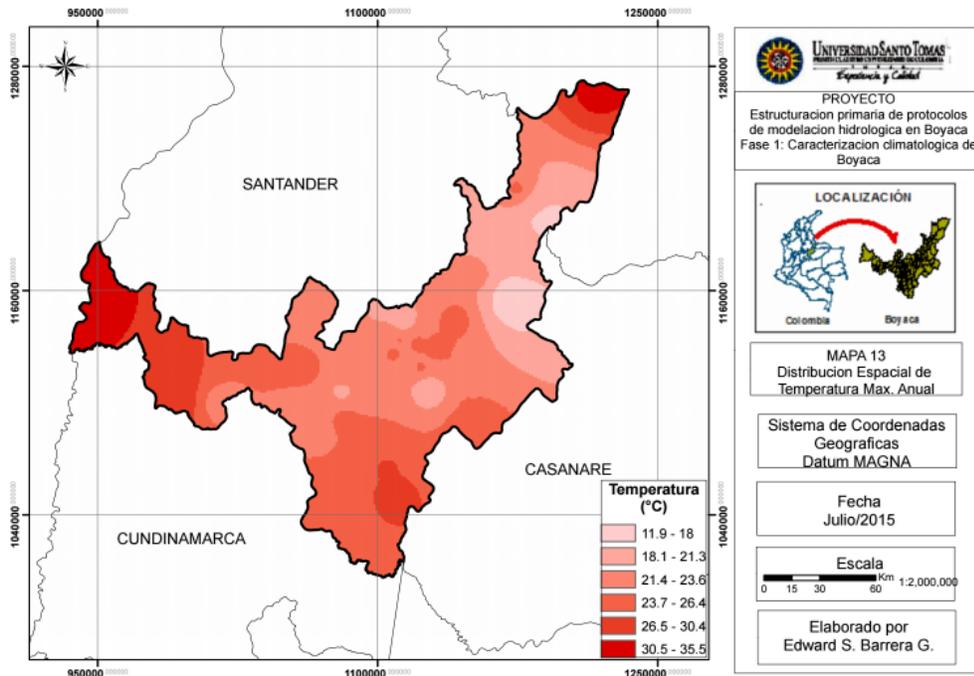
Gráfica 5 Histograma temperatura media estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

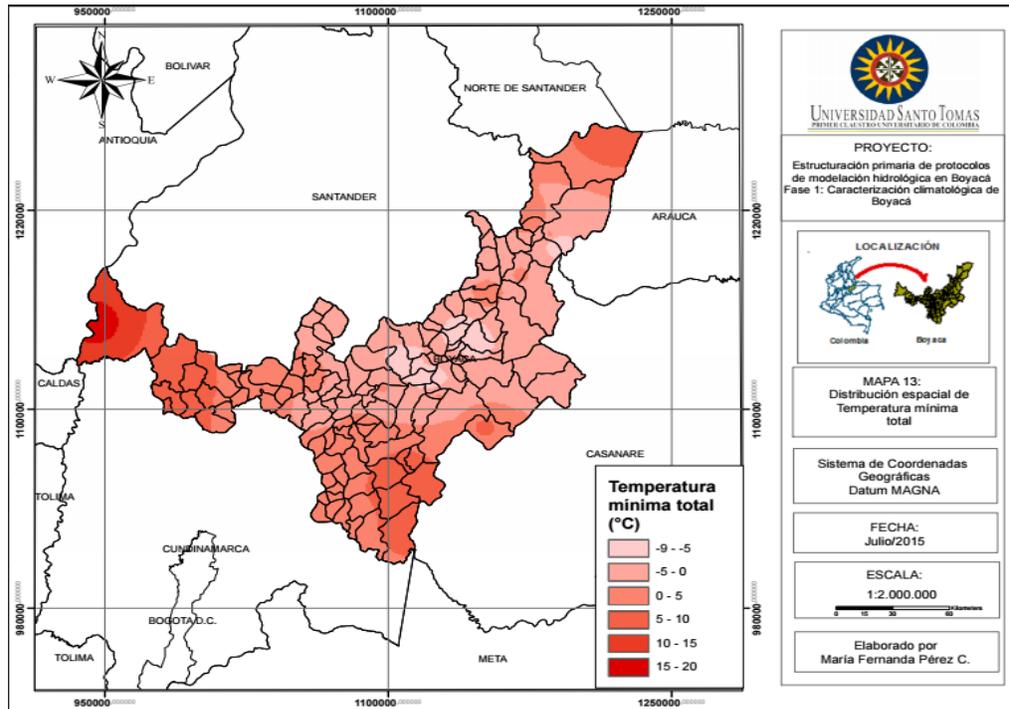
En el histograma anterior podemos observar un comportamiento bimodal para la variable, los registros de las temperaturas medias mayores, se tienen en los meses de marzo y noviembre respectivamente, mientras que los meses de julio y agosto reportan las temperaturas medias mensuales más bajas.

Mapa 3 Distribución espacial de temperatura máxima anual



Fuente: Autores

Mapa 4 Distribución espacial de temperatura mínima anual



Fuente: Autores

Boyacá tiene una altitud mínima de 145 m.s.n.m. en Puerto Boyacá, y una máxima de 5380 m.s.n.m. en la Sierra Nevada del Cocuy, lo que se representa gráficamente con el comportamiento de la temperatura, en la parte oriental del departamento se presentan las temperaturas mínimas donde se encuentra la Sierra Nevada del Cocuy.

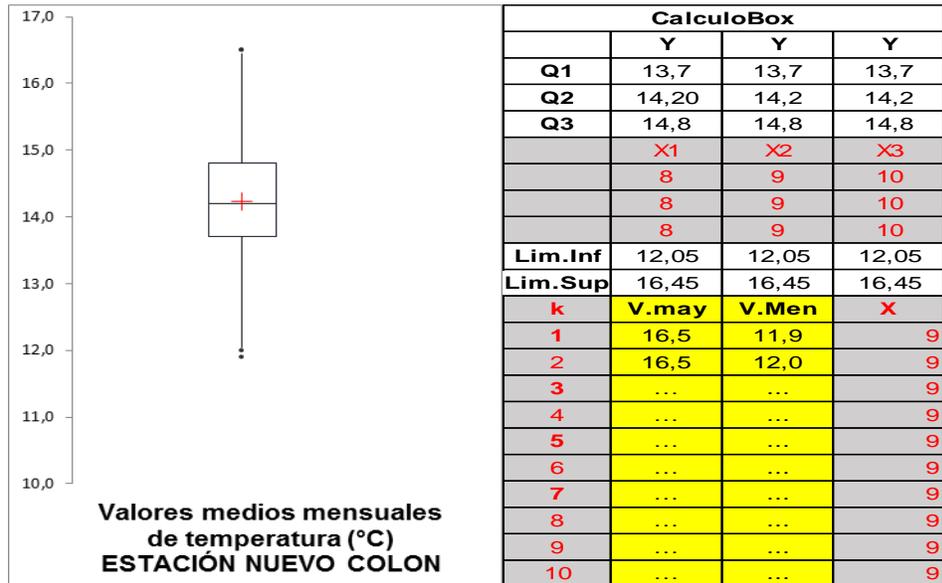
Tabla 3 Análisis estadístico Temperatura media estación Nuevo Colon

ANÁLISIS ESTADÍSTICO													
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Medio	14,48	14,78	14,99	14,92	14,50	13,81	13,16	13,28	13,70	14,32	14,69	14,47	14,24
Máximo	16,50	16,20	16,50	16,30	15,80	16,30	14,40	14,90	15,10	15,60	16,40	15,90	16,50
Mínimo	13,20	13,70	13,80	13,80	13,60	12,60	11,90	12,30	12,80	13,40	13,40	13,30	11,90
Obs.	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	45	46	551
Faltantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
%Faltantes	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,2%
Frec.min	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1
Frec.max	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Amplitud	3,30	2,50	2,70	2,50	2,20	3,70	2,50	2,60	2,30	2,20	3,00	2,60	4,6
Cuartil1	14,1	14,1	14,425	14,53	14,2	13,4	12,8	12,9	13,4	14	14,2	14,1	13,7
Mediana	14,40	14,85	14,95	14,90	14,45	13,70	13,00	13,20	13,60	14,25	14,60	14,40	14,20
Cuartil3	14,9	15,2	15,4	15,2	14,8	14,1	13,6	13,7	14,0	14,6	15,0	14,7	14,8
Varianza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Desv.Estandar	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8
C.Asimetría	0,54	0,13	0,32	0,41	0,38	1,13	0,17	0,58	0,72	0,44	0,90	0,49	0,00
C.Variación	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06
Curtosis	0,28	-0,81	-0,74	0,28	0,42	3,42	-0,60	0,54	0,52	0,05	1,04	0,22	-0,12
Desv.Abs.media	0,55	0,56	0,55	0,40	0,36	0,48	0,50	0,43	0,40	0,39	0,48	0,45	0,66

Fuente: Autores

Análisis. De acuerdo a la relación entre tendencia central y simetría de la distribución se deduce que se tiene un *sesgo negativo*, debido a que la mediana es menor a la media, sin embargo, al momento de sacar la forma del sesgo, esta nos arroja como resultado un *sesgo positivo*, debido a que el valor del coeficiente de asimetría es mayor a 0, además del sesgo también se logra observar que la curtosis es menor a 3, lo que nos indica que la distribución es una distribución platocurtica, es decir, las distribuciones son menos puntiagudas que la normal.

Gráfica 6 Diagrama de bigotes Temperatura estación Nuevo Colon



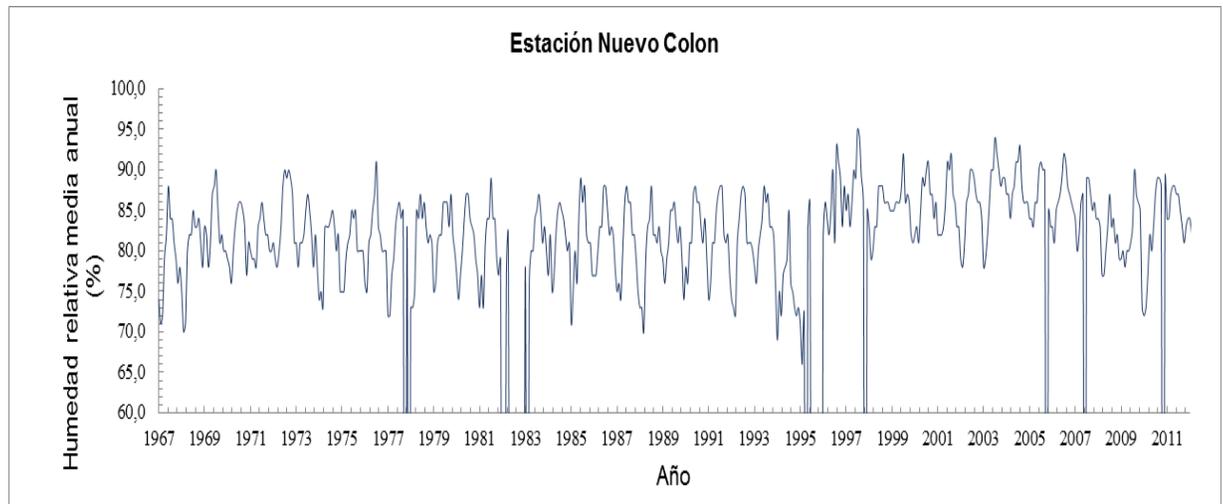
Fuente: Autores

En el diagrama de cajas se presentan dos (2) datos por debajo del límite inferior y dos (2) por encima del límite superior, siendo estos, datos atípicos; el diagrama de cajas nos indica ambos bigotes tienen la misma longitud. La caja nos muestra que la mediana se encuentra por debajo de la media aritmética, llevándonos a la conclusión de que es un diagrama sesgado a la derecha, es decir los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución.

- **HUMEDAD RELATIVA**

Para ésta estación se encontraron registros desde el año de 1967 hasta el año 2012, con un total de 24 datos faltantes.

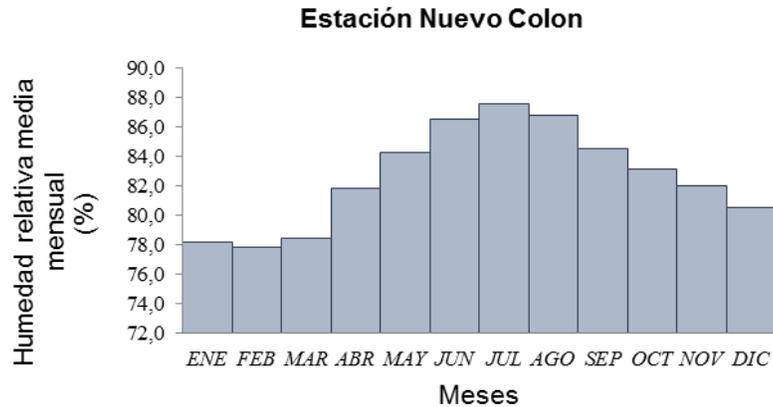
Gráfica 7 Humedad relativa media Anual estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

En la gráfica se observa una alta variabilidad temporal para la variable humedad relativa, concentrándose un poco más para valores entre el 75% y 94% ; es decir se tienen altos niveles de humedad en la zona de la Provincia Márquez donde se encuentra la estación Nuevo Colon, es de aclarar que los años que no tienen valor de humedad relativa, son los meses en los cuales no se obtuvieron datos; Los picos altos de humedad relativa se tienden a dar entre los meses de mayo y junio, mientras que los valores más bajos registrados se dan entre los meses de diciembre a febrero.

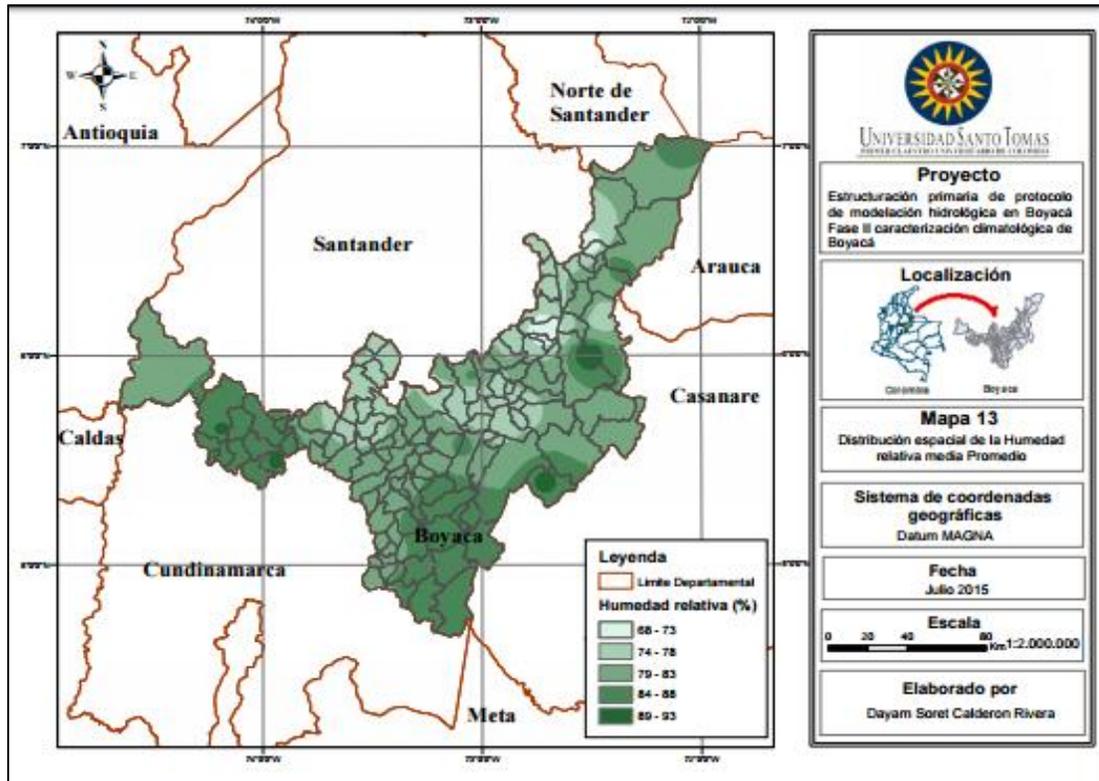
Gráfica 8 Histograma Humedad relativa media mensual estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

En el histograma anterior se puede observar que la mayoría de la humedad relativa se tiene entre los meses de mayo y septiembre, teniendo el mayor porcentaje de humedad relativa en el mes de julio, mientras que se tienen registros de valores bajos en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Se puede relacionar la temporada de lluvias (fenómeno de La niña) con los altos valores de humedad relativa, en cambio en el transcurso de sequía (fenómeno de El niño) se registran valores bajos de humedad relativa, es decir, las variables precipitación y humedad relativa son directamente proporcionales.

Mapa 5 Distribución espacial de la Humedad relativa media promedio



Fuente: Autores

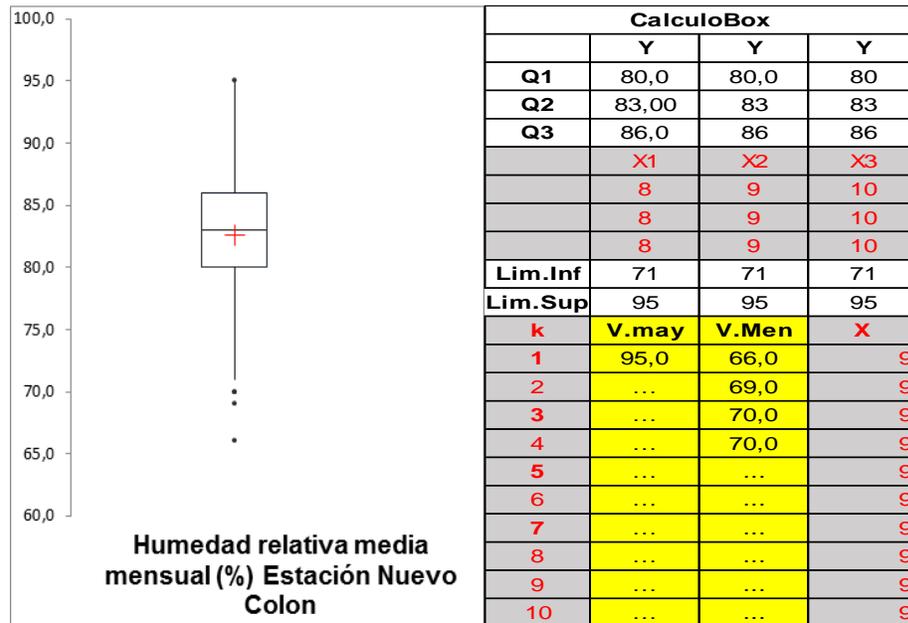
Tabla 4 Análisis estadístico Humedad relativa anual estación Nuevo Colon

ANÁLISIS ESTADÍSTICO													
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Medio	78,20	77,84	78,48	81,89	84,27	86,52	87,57	86,77	84,57	83,12	82,02	80,58	82,57
Máximo	87,00	87,00	87,00	88,00	90,00	91,00	95,00	94,00	92,00	89,00	89,00	89,00	95,00
Mínimo	69,00	66,00	70,00	76,00	78,00	79,00	81,00	76,00	75,00	73,00	72,00	73,00	66,00
Obs.	45	44	46	45	45	44	44	44	44	42	42	43	528
Faltantes	1	2	0	1	1	2	2	2	2	4	4	3	24
%Faltantes	2,2%	4,3%	0,0%	2,2%	2,2%	4,3%	4,3%	4,3%	4,3%	8,7%	8,7%	6,5%	4,3%
Frec.min	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Frec.max	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1
Amplitud	18,00	21,00	17,00	12,00	12,00	12,00	14,00	18,00	17,00	16,00	17,00	16,00	29,0
Cuartil1	74	75	76	80	83	85	86	84,75	82	81	80	78	80,0
Mediana	78,00	77,50	79,00	81,00	84,00	87,00	87,00	86,00	83,50	82,50	82,00	80,00	83,00
Cuartil3	82,0	82,0	81,0	84,0	86,0	88,0	90,0	89,0	87,0	86,0	83,8	83,5	86,0
Varianza	21	21	17	9	8	7	9	12	12	11	10	16	24
Desv.Estandar	4,6	4,6	4,1	3,0	2,8	2,7	2,9	3,5	3,5	3,4	3,2	4,0	4,9
C.Asimetria	-0,01	-0,06	-0,25	0,17	0,10	-0,59	0,39	-0,15	0,10	-0,33	-0,58	0,20	-0,37
C.Variación	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
Curtosis	-1,06	-0,19	-0,60	-0,63	-0,27	0,15	0,15	0,82	0,13	0,46	1,40	-0,33	-0,03
Desv.Abs.media	3,90	3,75	3,39	2,38	2,22	2,20	2,35	2,80	2,87	2,76	2,31	3,16	3,85

Fuente: Autores

De acuerdo a la relación entre los estadísticos de tendencia central y forma de la distribución, se deduce un sesgo negativo, debido a que el valor del coeficiente de asimetría es menor a 0, además del sesgo también se logra observar que la curtosis es menor a 3, lo que nos indica que el apuntamiento de la curva de distribución corresponde con una distribución platicurtica, es decir, las distribuciones son menos apuntadas que la distribución normal.

Gráfica 9 Diagrama de bigotes Humedad relativa media estación Nuevo Colon



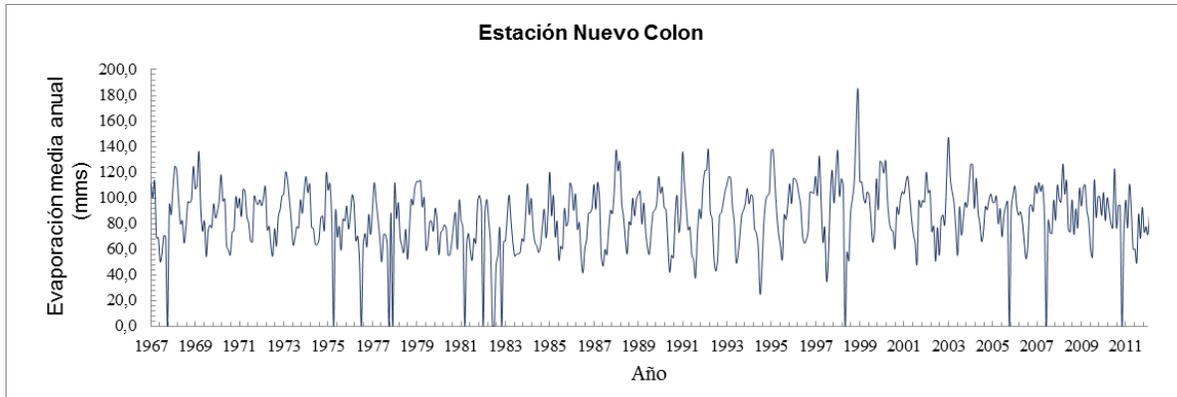
Fuente: Autores

En el diagrama de cajas se generan cuatro (4) datos por debajo del límite inferior y uno (1) por encima del límite superior, siendo estos, datos atípicos; el diagrama de cajas nos indica que el bigote superior contiene el 25% de los datos más concentrados que el 25% de los datos menores (bigote inferior). La caja nos muestra que debido a su corta longitud, no es dispersa la distribución de los datos, la mediana se encuentra por encima de la media aritmética, llevándonos a la conclusión de que es un diagrama sesgado a la izquierda, es decir los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución.

- **EVAPORACIÓN**

La evaporación es un proceso físico por el cual el agua de una superficie húmeda, o de una superficie de agua libre, es introducida en el aire en forma de vapor a una temperatura por debajo del punto de ebullición [13].

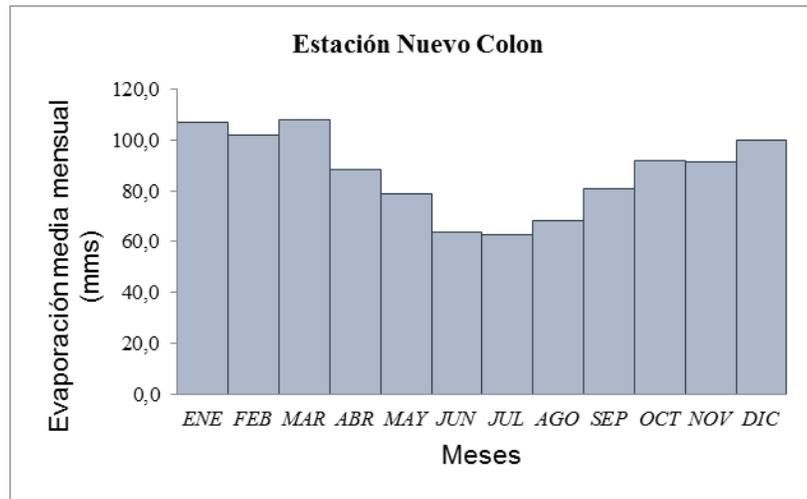
Gráfica 10 Evaporación total estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

La grafica anterior nos muestra el comportamiento de la variable evaporación media (mm) desde el año 1967 al 2011, evidenciando valores medios entre 36 mm y 150 mm de evaporación media anual; es decir se tienen altos niveles de evaporación en la Provincia Márquez donde se encuentra la estación Nuevo Colon. Es de aclarar que los años que no tienen valor de evaporación media anual, son los meses en los cuales no se obtuvo datos; los picos altos de evaporación se dan en los meses enero y febrero, mientras que los datos más bajos registrados se dan en los meses junio, julio.

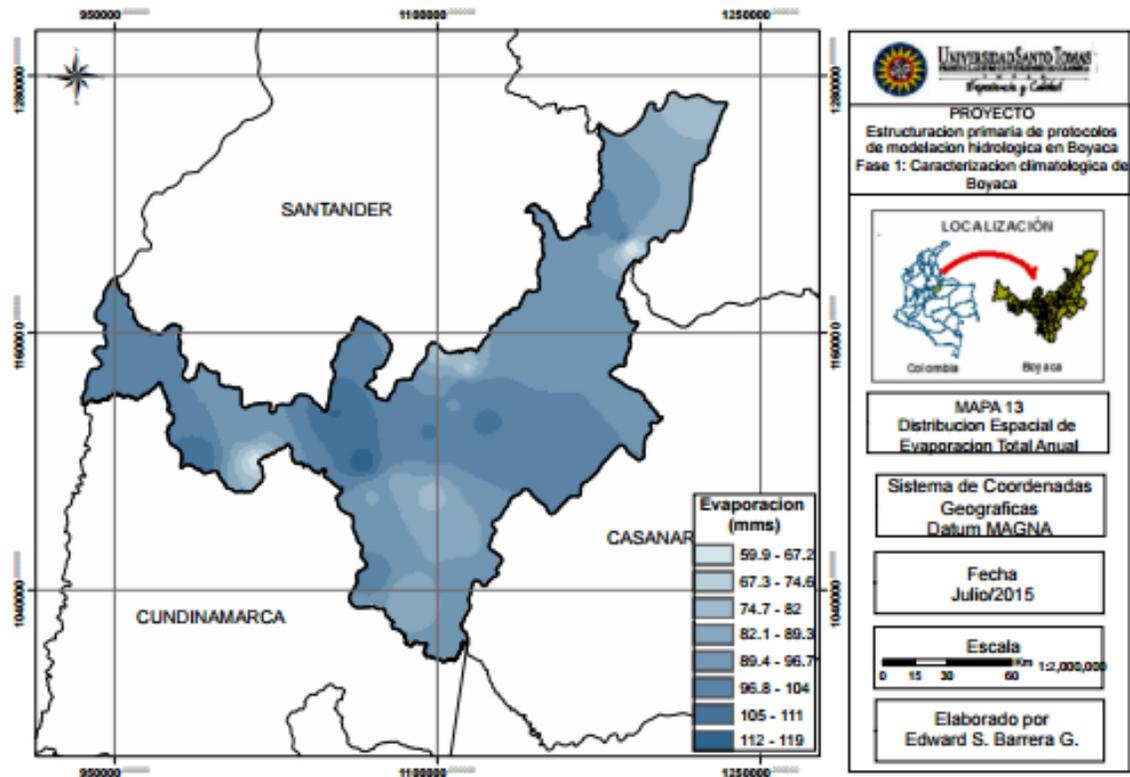
Gráfica 11 Histograma Evaporación total estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

El histograma anterior presenta un comportamiento bimodal, los mayores registros de la evaporación se tienen en los meses de marzo y diciembre, mientras que los menores valores de registro se reportan para los meses junio y julio. Por esta razón es posible relacionar la temporada de lluvias (fenómeno de La niña) con los bajos valores de evaporación, por otro lado, en el transcurso de sequía (fenómeno de El niño) se registran valores altos de evaporación media, por ende, los valores obtenidos para ésta variable son inversamente proporcionales a las variables precipitación y humedad relativa.

Mapa 6 Distribución espacial de Evaporación Total Anual



Fuente: Autores

Se quiso ver el comportamiento que tenían las variables en conjunto en la misma estación, y observar la tendencia que presentaban entre ellas, sin evaluar y analizar las unidades de medida.

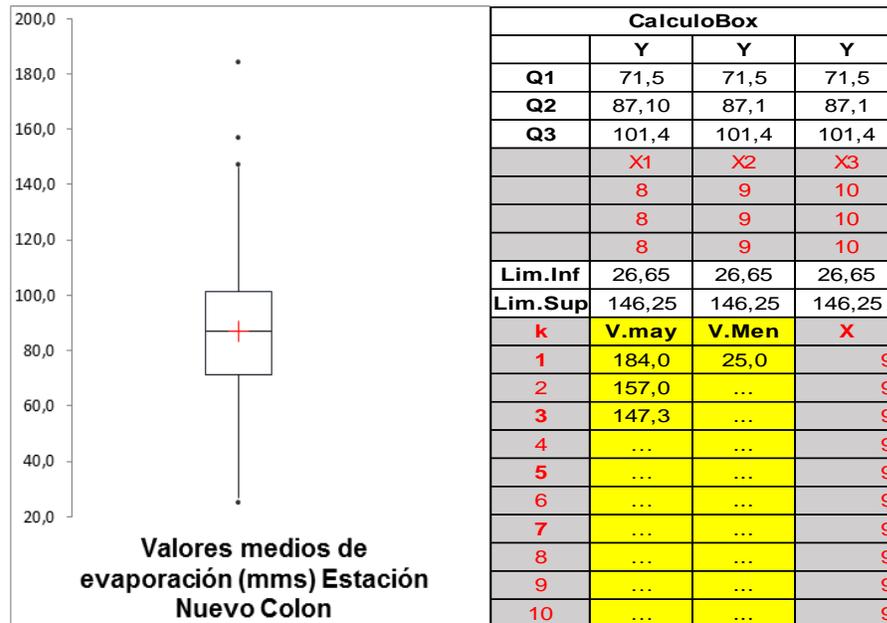
Tabla 5 Análisis estadístico Evaporación media estación Nuevo Colon

ANÁLISIS ESTADÍSTICO													
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Medio	106,94	101,93	108,15	88,32	78,95	63,49	62,62	68,48	80,70	91,86	91,30	99,84	87,10
Máximo	147,30	137,80	137,20	115,30	113,30	102,40	122,80	113,70	101,40	121,70	157,00	184,00	184,00
Mínimo	55,80	72,70	74,80	63,60	54,40	42,10	25,00	37,90	55,40	61,90	60,00	51,90	25,00
Obs.	45	46	45	45	45	44	44	46	46	43	43	45	537
Faltantes	1	0	1	1	1	2	2	0	0	3	3	1	15
%Faltantes	2,2%	0,0%	2,2%	2,2%	2,2%	4,3%	4,3%	0,0%	0,0%	6,5%	6,5%	2,2%	2,7%
Frec.min	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Frec.max	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Amplitud	91,50	65,10	62,40	51,70	58,90	60,30	97,80	75,80	46,00	59,80	97,00	132,10	159,0
Cuartil1	98,3	90,53	99,6	76,8	71,7	55,33	54,23	57,175	72,625	86,95	85,1	87,2	71,5
Mediana	107,50	102,20	108,50	90,80	78,60	61,95	59,55	67,25	81,00	91,60	91,90	102,50	87,10
Cuartil3	116,8	112,0	115,8	97,6	84,4	70,0	69,1	76,7	88,3	98,1	97,2	108,6	101,4
Varianza	337	207	211	169	141	139	261	222	133	139	222	414	452
Desv.Estandar	18,4	14,4	14,5	13,0	11,9	11,8	16,2	14,9	11,5	11,8	14,9	20,3	21,3
C.Asimetría	-0,35	0,02	-0,06	-0,09	0,58	0,88	1,07	0,61	-0,11	-0,07	1,66	1,19	0,24
C.Variación	0,17	0,14	0,13	0,15	0,15	0,19	0,26	0,22	0,14	0,13	0,16	0,20	0,24
Curtosis	0,93	-0,35	-0,08	-0,86	0,84	1,35	3,75	0,80	-0,56	0,89	8,37	5,98	0,38
Desv.Abs.media	13,34	11,50	11,28	10,97	8,84	9,15	11,57	11,60	9,35	8,56	9,63	13,99	17,16

Fuente: Autores

De acuerdo a la relación entre tendencia central y simetría de la distribución se deduce que se tiene un sesgo negativo, debido a que la mediana es menor a la media, sin embargo, al momento de determinar la forma del sesgo, esta nos arroja como resultado un sesgo positivo, debido a que el valor del coeficiente de asimetría es mayor a 0, además del sesgo también se logra observar que la curtosis es menor a 3, lo que nos indica que la distribución es una distribución platocurtica, es decir, las distribuciones son menos puntiagudas que la normal.

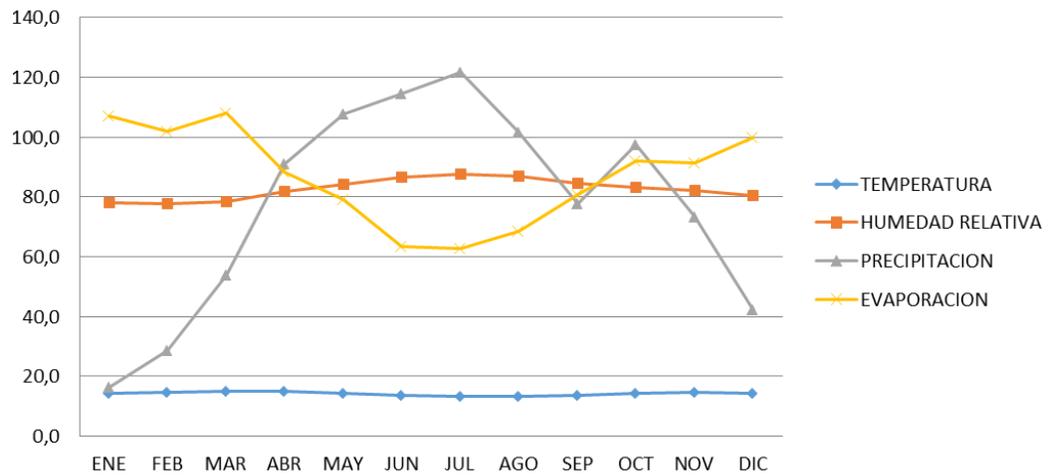
Gráfica 12 Diagrama de bigotes Evaporación media estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

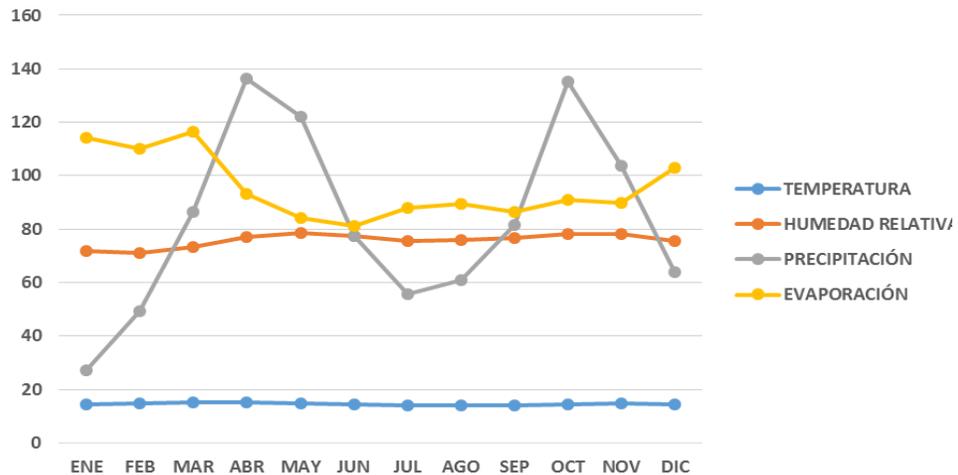
En el diagrama de cajas se presenta un (1) dato por debajo del límite inferior y tres (3) por encima del límite superior, siendo estos, datos atípicos; el diagrama de cajas nos indica que ambos bigotes tienen la misma longitud. La caja nos muestra que la mediana se encuentra sobre el nivel de la media aritmética, llevándonos a la conclusión de que es un diagrama simétrico, es decir los datos se distribuyen de igual forma en ambos lados de estas medidas.

Gráfica 13 Valores Medios Mensuales de las variables climatológicas de la estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

Gráfica 14 Valores Medios Mensuales de las variables climatológicas de la estación Tinguavita



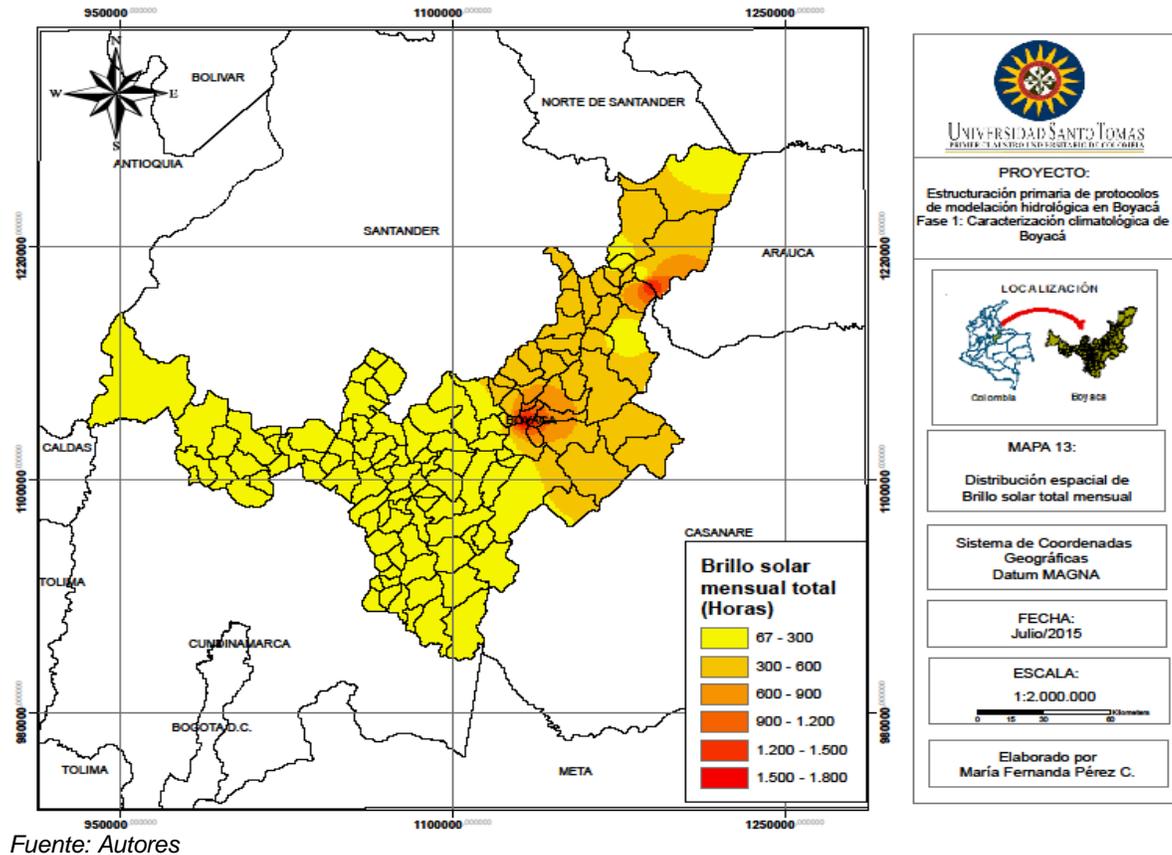
Fuente: Autores

Para la elaboración de las dos graficas anteriores se tuvieron en cuenta las variables temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación representadas por datos adimensionales, de la estación que estamos utilizando como ejemplo a lo largo del documento que es Nuevo Colon y de la estación Tinguavita que se quiso tomar como muestra para demostrar que en gran parte del departamento de Boyacá dichas variables se comportan de

la misma forma con el pasar de los meses, por ende se puede concluir que la precipitación es inversamente proporcional a la evaporación y directamente proporcional a la humedad relativa, mientras que la variable temperatura se presenta entre 13 y 17 en este caso °C. Esta relación es importante al momento de aplicar medidas preventivas, puesto que se determinan los periodos aptos para la preparación antes de la temporada de lluvias (fenómeno de La niña).

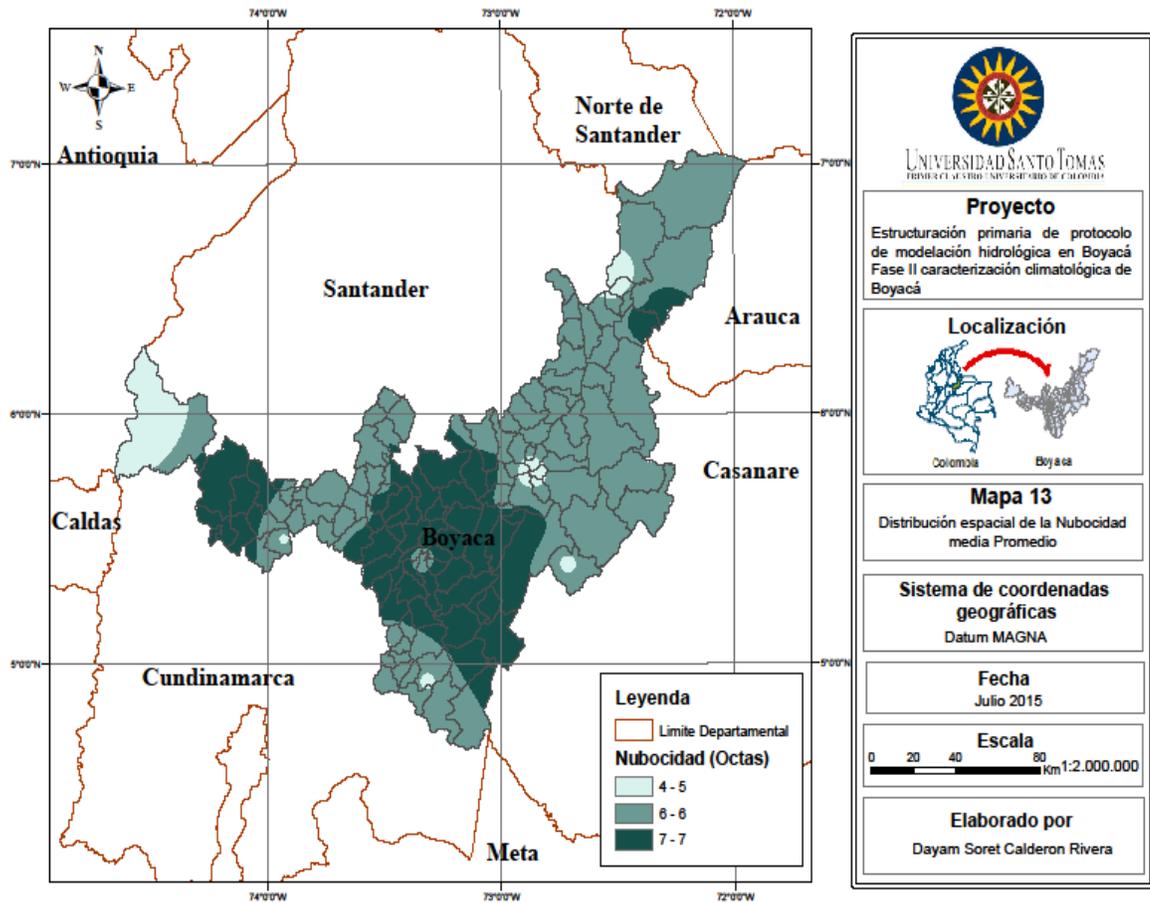
4.2 CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE VARIABLES COMPLEMENTARIAS

Mapa 7 Distribución espacial de Brillo Solar Total Mensual



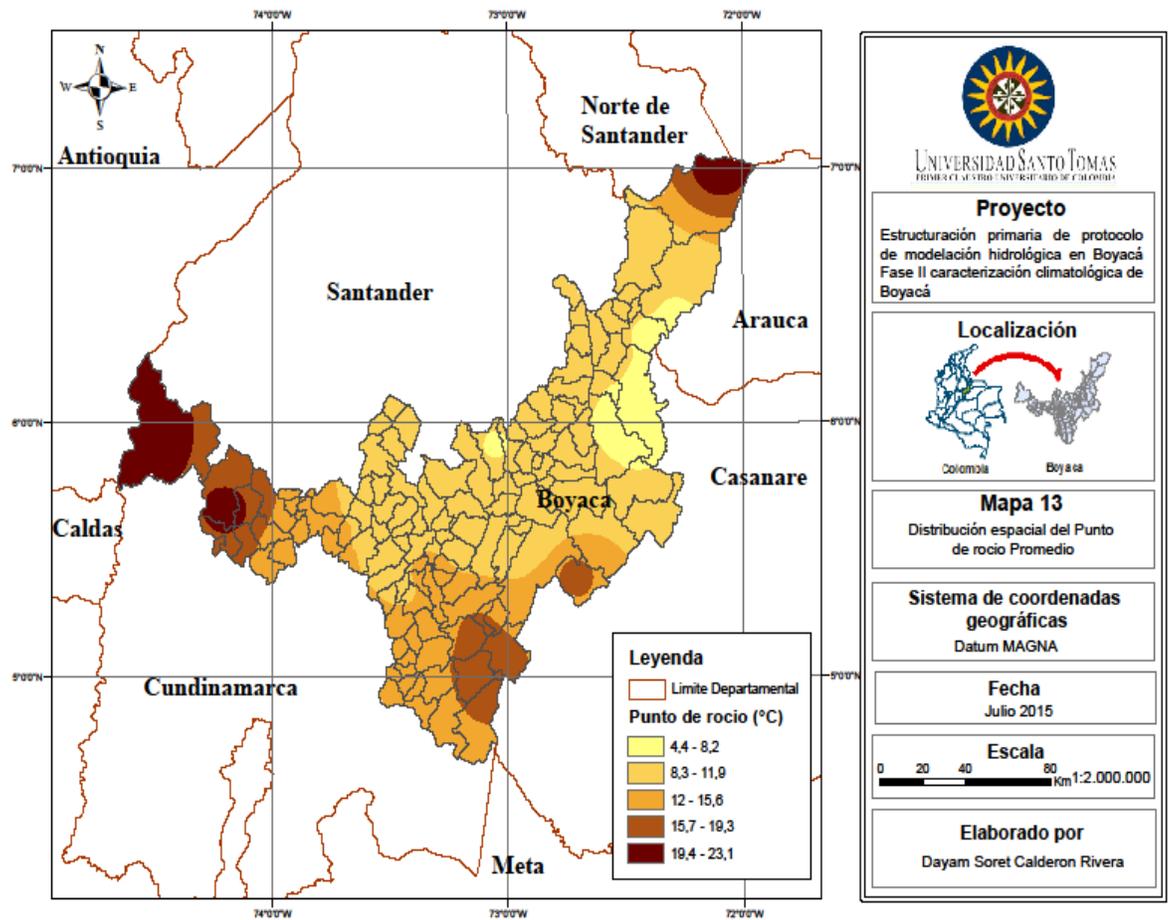
Fuente: Autores

Mapa 8 Distribución espacial de la Nubosidad Media Promedio



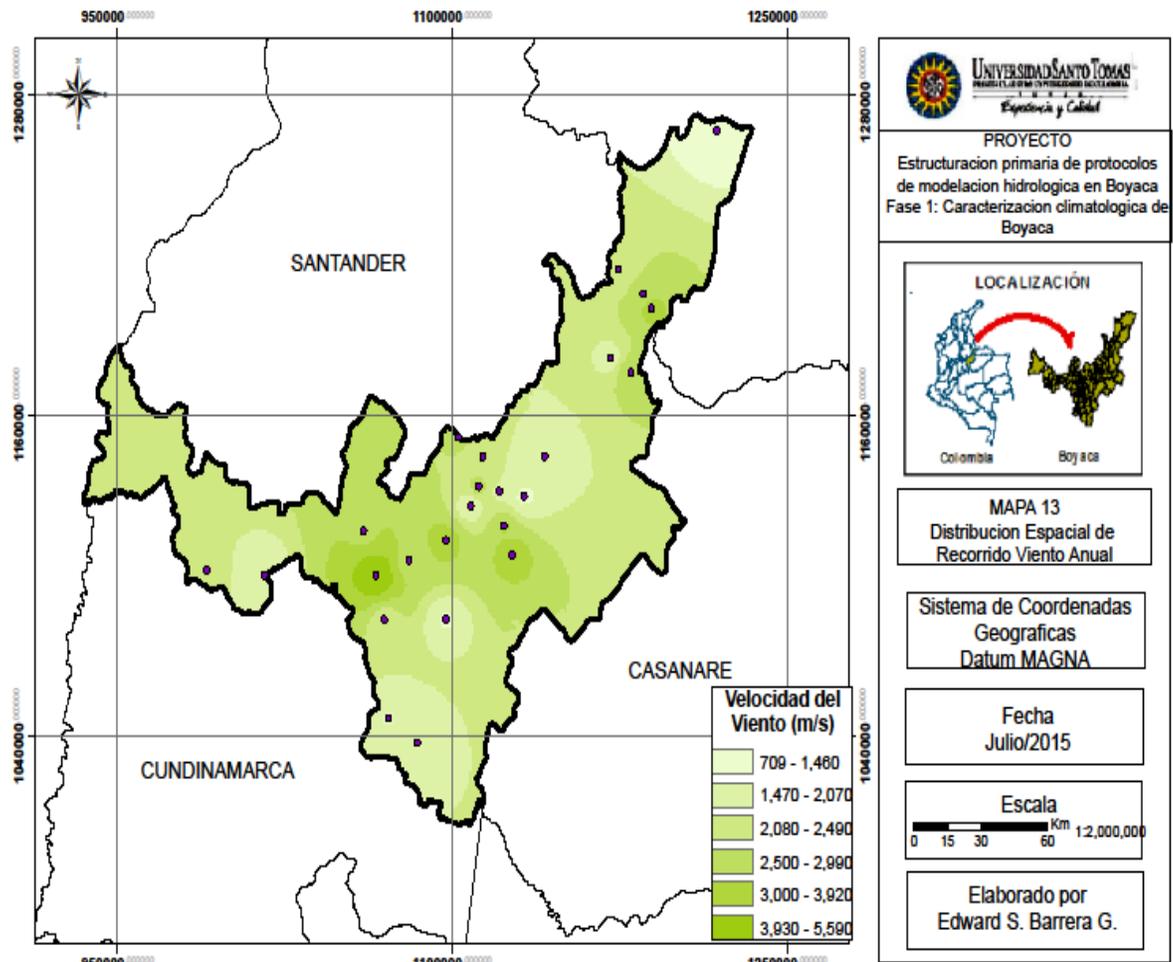
Fuente: Autores

Mapa 9 Distribución espacial del Punto de rocío Promedio



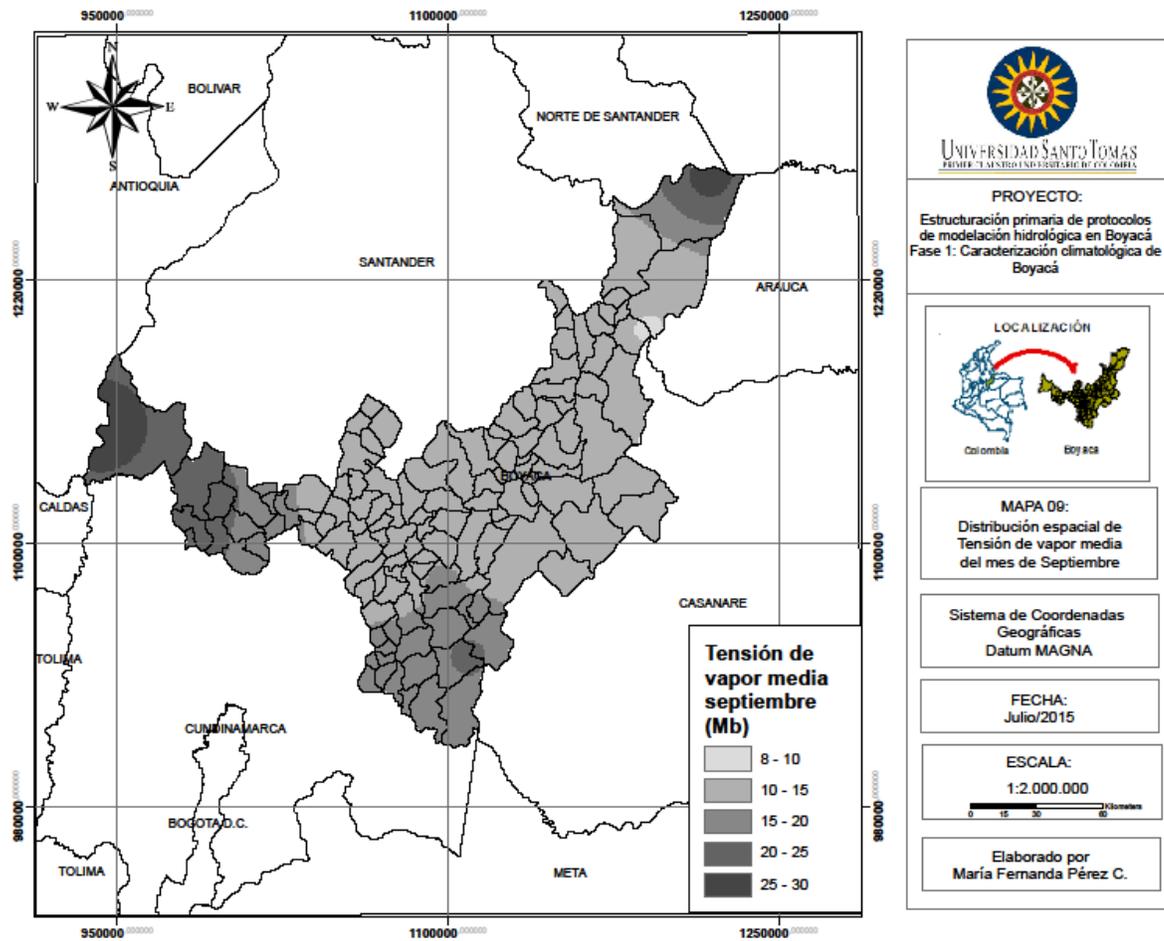
Fuente: Autores

Mapa 10 Distribución espacial de Recorrido del Viento Anual



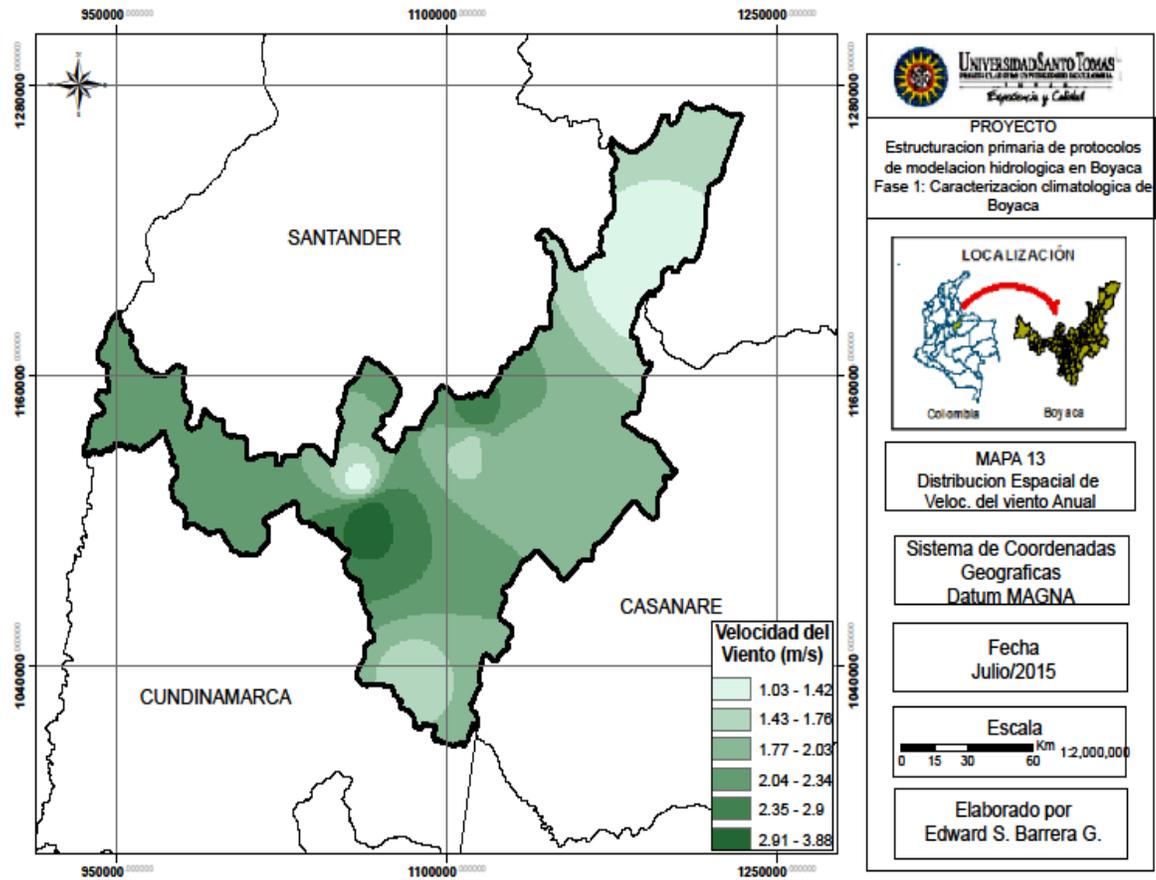
Fuente: Autores

Mapa 11 Distribución espacial de Tensión de Vapor Media Total



Fuente: Autores

Mapa 12 Distribución espacial de Velocidad del Viento Anual



Fuente: Autores

4.3 CORRELACIONES

Para el desarrollo de las correlaciones, primero se llenaron los datos faltantes siguiendo el método de la media, ya que, a pesar de que no eran muchos los faltantes fue de gran importancia para calcular las anomalías estandarizadas de cada conjunto de datos de las 27 estaciones climáticas y de las 105 pluviométricas que reportaran al menos 30 años continuos de información.

- **Anomalías**

La anomalía de una determinada variable de estudio, no es más que su diferencia respecto de la normalidad, la irregularidad respecto a la situación esperada. En cuanto a su cálculo, la anomalía de un determinado valor perteneciente a una serie de datos, será dicho valor menos la media y dividido por la desviación estándar de todo el conjunto de datos:

$$Anomalía = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Donde:

- * x El valor dado dentro de la serie de datos
- * μ El valor promedio de la serie de datos correspondiente
- * σ El valor de desviación típica de dicha serie de datos. [14]

- **Media Móvil**

Luego de obtener las anomalías es necesario generar promedios móviles, del dato del mes anterior, del mes valorado y del mes siguiente, con el objetivo de suavizar las fluctuaciones presentadas, con este método se está suponiendo que todas las observaciones de la serie de tiempo son igualmente importantes para la estimación del parámetro a pronosticar [15]

$$\text{Promedio Móvil} = \frac{\sum (n \text{ valores de datos más recientes})}{n}$$

- **Índice Oceánico del Niño - ONI**

Este índice es calculado como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3-4. De acuerdo con este índice, en condiciones El Niño (La Niña), el ONI debe ser igual o superior (igual o inferior) a medio grado Celsius de anomalía, durante un periodo no inferior a cinco meses consecutivos. [16]

Tabla 6 Índice Oceánico del Niño (ONI)

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.7	-1.5	-1.3	-1.4	-1.3	-1.1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0
1951	-1.0	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	0.2	0.4	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6
1952	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	0.0
1953	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
1954	0.5	0.3	-0.1	-0.5	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.2	-1.1	-1.1	-1.1
1955	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.4	-1.8	-2.0	-1.9
1956	-1.3	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-0.8
1957	-0.5	-0.1	0.3	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.2	1.5
1958	1.7	1.5	1.2	0.8	0.6	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4

Fuente: Pagina NOAA

El Niño se presenta cuando se registran valores positivo del ONI mayores o iguales a $+0.5^{\circ}\text{C}$, durante cinco meses consecutivos; La Niña, caracterizada por valores negativos del ONI menores o iguales a -0.5°C , durante cinco meses consecutivos; y una fase Neutra cuando los valores del índice están entre -0.5°C y 0.5°C .

- **Sesgos o rezagos**

Para correlacionar las anomalías de las variables y del índice ONI, se utilizó un rezago de 1 y 2 meses, además de correlacionarlo sin ningún sesgo, con el objetivo de identificar los mayores valores de correlación en cada una de las 3 corridas.

A continuación representaremos la metodología realizada en algunas estaciones y parámetros.

○ **Humedad relativa**

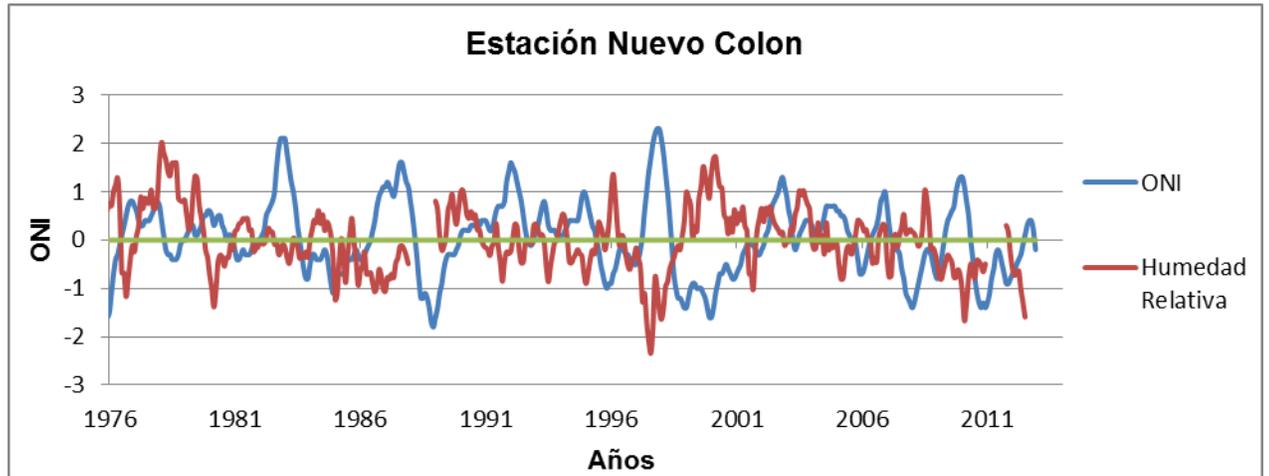
Tabla 7 Muestra de organización de parámetros

AÑO	ONI	COLON	MEDIA MOVIL	SESGO 1	SESGO 2
1966,0	1,30				
1966,1	1,00				
1966,2	0,90				
1966,3	0,60				
1966,3	0,30	-1,30			
1966,4	0,20	-0,83	-0,74		
1966,5	0,20	-0,10	-0,49	-0,74	
...				-0,49	-0,74
2011,7	-0,70	-0,30	-0,34		-0,49
2011,7	-0,90	-0,39	-0,15	-0,34	
2011,8	-0,90	0,23	0,20	-0,15	-0,34
2011,9	-0,80	0,74	0,72	0,20	-0,15
2012,0	-0,70	1,19	0,92	0,72	0,20
2012,1	-0,60	0,84	0,84	0,92	0,72
2012,2	-0,50	0,48	0,81	0,84	0,92
...				0,81	0,84
2013,3	-0,20	1,41	1,97		0,81
2013,4	-0,20	2,56	1,50	1,97	
2013,5	-0,20	0,52	1,54	1,50	1,97
2013,6	-0,20			1,54	1,50
2013,7	-0,20				1,54
2013,7	-0,20				
2013,8	-0,20				
2013,9	-0,30				

Fuente: Autores

La tabla anterior ilustra la organización de la información y los valores del ONI, de las anomalías de la variable en este caso la de Humedad Relativa en la estación Nuevo Colon, el promedio del mes anterior, del mismo mes y el mes siguiente, y los sesgos de 1 y 2 meses.

Gráfica 15 Correlación Humedad relativa estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

Al graficar el valor de las anomalías estandarizadas y los datos del ONI vemos el comportamiento que presentan estos índices; se observa una correlación negativa entre esos valores, mientras son positivos las anomalías del ONI negativas son las anomalías de la variable humedad.

Para obtener el valor de las correlaciones se separaron los periodos en donde se reporta valores de El Niño (color rojo) y valores de La Niña (color azul)

Tabla 8 Correlaciones con Humedad relativa Periodos de La Niña

Periodos de La Niña	Correlaciones con Humedad Relativa				
	Estaciones				
	SURBATA	TUNGUAVITA	CHITA	SATIVANORTE	COLON
1950-1951					
1954-1956	0,205				
1964-1965	-0,142				
1967-1968	0,652				0,901
1970-1972	-0,597	-0,683			-0,479
1973-1974	-0,558	-0,692	-0,159		0,341
1974-1976	-0,520	-0,512	-0,505	-0,772	0,062
1984 - 1985	-0,312	0,014	-0,666	0,616	0,499
1988 - 1989	0,024	-0,431	-0,550	-0,712	-0,354
1995-1996	0,539	0,689	0,495	0,112	0,150
1998-2001	-0,724	-0,348	-0,509	-0,375	-0,059
2007-2008	-0,731	0,111	-0,627	-0,223	-0,648
2010-2011	0,936	0,443	0,042	-0,363	0,196
2011-2012	0,444	-0,642	-0,735	0,833	0,190

Fuente: Autores

La tabla anterior muestra las correlaciones elaboradas con la variable humedad relativa (sin sesgo) y el ONI durante los periodos de La Niña. Para la estación Colon se presentaron correlaciones nulas con valores de -0.059 y 0.062 para los años del 1974-1976 y 1998-2001, de la misma forma para las estaciones Tinguavita y Surbata dentro de los años 1984 y 1985 con un valor de 0.014, y para los años 1988-1989 con un valor de 0.024 respectivamente. Para cada periodo los resultados de las correlaciones son muy diferentes, ya que se mantienen correlaciones desde muy bajas hasta muy altas, bien sean negativas o positivas. Pero es importante tener en cuenta que ninguna de las correlaciones realizadas dieron como resultado correlaciones positivas grandes y perfectas o correlaciones negativas grandes y perfectas.

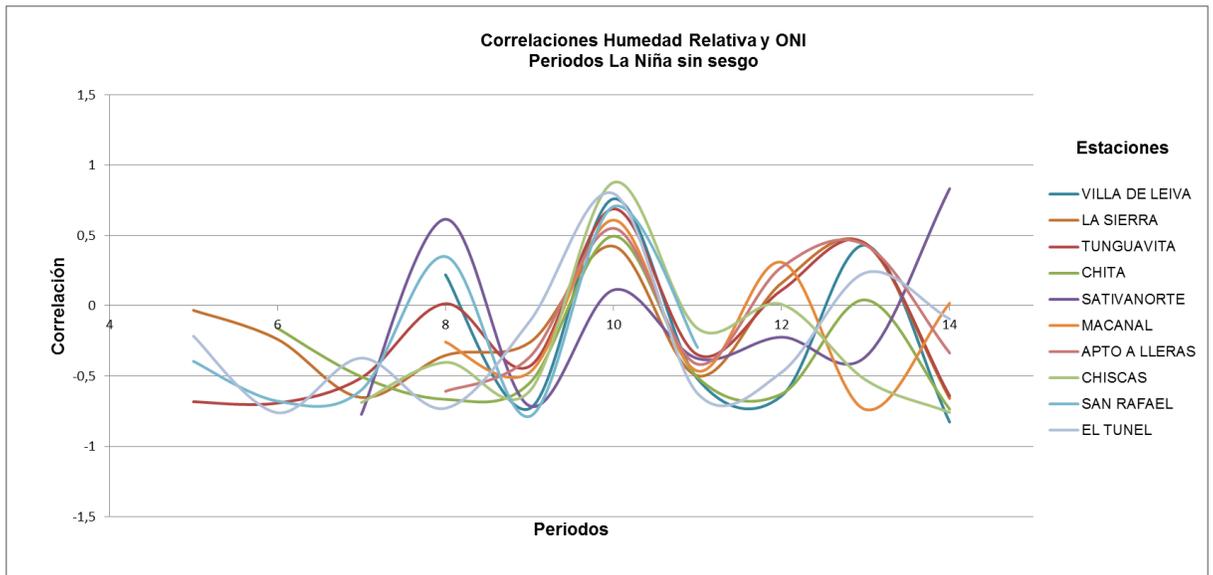
Tabla 9 Correlaciones con Humedad relativa Periodos de El Niño

Periodos de El Niño	Correlaciones con Humedad Relativa				
	Estaciones				
	SURBATA	TUNGUAVITA	CHITA	SATIVANORTE	COLON
1951-1952					
1953-1954					
1957-1958	-0,143				
1958-1959	0,697				
1963-1964	0,281				
1965-1966	0,919				
1968-1969	-0,468	-0,282			0,341
1969-1970	0,653	0,913			-0,655
1972-1973	-0,343	-0,238	-0,441		0,741
1976-1977	0,569	0,717	-0,621	0,333	0,445
1977-1978	-0,734	-0,098	-0,800	0,063	0,009
1979-1980	-0,120	-0,184	-0,594	-0,342	-0,401
1982-1983	-0,451	-0,446	-0,559	-0,057	0,290
1986-1988	0,078	0,316	-0,108	0,049	0,351
1991-1992	0,716	0,036	0,260	0,378	-0,912
1994-1995	-0,605	-0,541	-0,895	0,494	-0,259
1997-1998	-0,733	-0,666	-0,232	-0,768	0,372
2002-2003	-0,069	-0,453	-0,922	-0,441	0,652
2004-2005	0,549	0,486	-0,654	0,021	0,302
2006-2007	0,615	0,466	0,168	-0,870	0,736
2009-2010	-0,883	-0,835	-0,905	-0,324	-0,584

Fuente: Autores

La tabla anterior muestra las correlaciones elaboradas con la variable humedad relativa (sin sesgo) y el ONI durante los periodos de El Niño. En este caso se encuentran más correlaciones bajas y nulas que en el periodo de La Niña, pero de la misma forma ninguna de las correlaciones realizadas dieron como resultado correlaciones positivas grandes y perfectas o correlaciones negativas grandes y perfectas, ya que se mantienen correlaciones desde nulas hasta muy altas ya sean negativas o positivas.

Gráfica 16 Correlaciones Humedad relativa y ONI



Fuente: Autores

Al graficar el comportamiento que presentan las correlaciones en este caso de humedad relativa de algunas estaciones, y el índice ONI, no se identifica una tendencia hacia un valor específico, sino más bien un comportamiento oscilatorio en cada uno de los periodos evaluados, en este caso, periodos en los que se reportó fenómeno de La Niña presentados entre 1973 y el 2012, el coeficiente de correlación más alto positivo se reporta en el periodo 10 correspondiente a los años 1995 y 1996, con un coeficiente de 0.602 (correlación positiva moderada) en 10 estaciones climatológicas del departamento de Boyacá, mientras que el coeficiente más alto negativo se reporta en el periodo 9, correspondiente a los años 1988 y 1989 con un valor de -0.503 en las mismas 10 estaciones evaluadas.

○ **Temperatura**

Tabla 10 Correlaciones Temperatura periodo El Niño

Correlaciones con Temperatura								
Estaciones								
Periodos de El Niño	SURBATA	TUNGUAVITA	CHITA	SATIVANORTE	COLON	MACANAL	CARDON	Promedio
1951-1952								
1953-1954								
1957-1958	0,689							
1958-1959	0,729							
1963-1964	-0,512							
1965-1966	-0,335							
1968-1969	-0,254	-0,351			0,062			-0,181
1969-1970	0,362	-0,671			0,082			-0,076
1972-1973	0,101	-0,116	0,184		-0,236			-0,017
1976-1977	-0,704	-0,445	-0,396	0,003	-0,284		-0,262	-0,348
1977-1978	0,127	-0,484	-0,779	0,378	0,537		0,291	0,012
1979-1980	0,027	-0,386	-0,150	0,066	-0,358		-0,807	-0,268
1982-1983	0,577	0,486	0,445	0,268	0,848	-0,337	0,134	0,346
1986-1988	0,592	0,593	0,422	0,324	0,312	0,230	0,073	0,364
1991-1992	0,261	0,380	0,315	0,350	0,684	0,519	0,816	0,475
1994-1995	-0,931	0,203	-0,770	-0,821	0,540	-0,161	-0,841	-0,397
1997-1998	-0,049	-0,139	0,036	0,699	-0,181	0,568	-0,217	0,102
2002-2003	-0,301	-0,698	-0,097	0,322	-0,751	-0,839	-0,928	-0,470
2004-2005	0,145	-0,045	-0,450	0,309	0,131	-0,491	-0,777	-0,168
2006-2007	0,670	0,829	0,316	-0,037	-0,288	-0,783	-0,074	0,090
2009-2010	0,399	0,260	-0,231	0,003	-0,585	0,231	-0,194	-0,017
Promedio	0,070	0,034	-0,089	0,155	0,028	-0,118	-0,232	
Maximo	0,848							
Minimo	-0,931							

Fuente: Autores

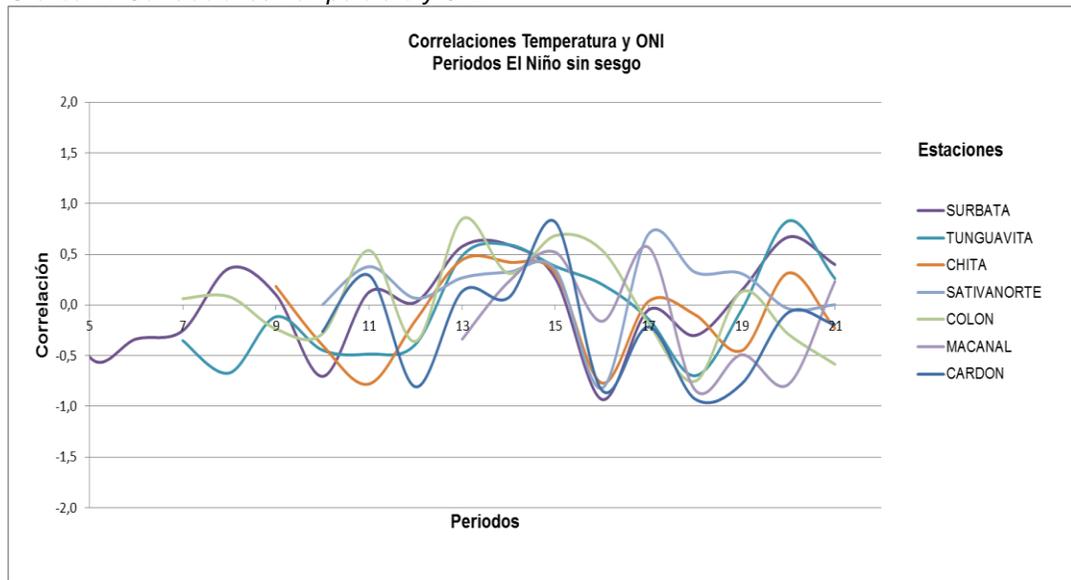
Tabla 11 Correlaciones Temperatura periodo La Niña

Correlaciones con Temperatura								
Estaciones								
Periodos de La Niña	SURBATA	TUNGUAVITA	CHITA	SATIVANORTE	COLON	MACANAL	CARDON	Promedio
1950-1951								
1954-1956	-0,526							
1964-1965	-0,239							
1967-1968	-0,676				-0,638			
1970-1972	0,107	0,232			0,338			0,226
1973-1974	0,141	0,079	-0,824		0,038			-0,142
1974-1976	-0,377	0,400	0,551	0,811	-0,028		0,482	0,307
1984 - 1985	-0,175	0,056	-0,544	-0,564	-0,385	-0,191	-0,494	-0,328
1988 - 1989	-0,218	-0,165	0,092	0,466	-0,094	-0,139	0,069	0,002
1995-1996	-0,258	0,092	-0,249	0,100	0,171	-0,142	0,634	0,050
1998-2001	-0,110	-0,541	-0,359	0,281	-0,324	-0,203	-0,344	-0,229
2007-2008	0,279	-0,242	0,859	0,869	0,823	0,414	0,614	0,517
2010-2011	-0,474	-0,517	-0,042	-0,608	0,003	-0,168	-0,407	-0,316
2011-2012	-0,091	-0,237	0,264	-0,664	-0,528	-0,271	-0,613	-0,306
Promedio	-0,201	-0,084	-0,028	0,086	-0,057	-0,100	-0,007	
Maximo	0,869							
Minimo	-0,824							

Fuente: Autores

Las correlaciones con temperatura y los valores del índice ONI no presentan una tendencia definida para ninguno de los periodos y estaciones, presentan rangos entre -0.2 y 0.2 como coeficientes de correlación, lo que no genera una gran influencia entre las anomalías, como coeficiente positivo máximo de correlación para estas estación fue de 0.869 y negativo de -0.824, tendencia que se replicaba en las demás estaciones

Gráfica 17 Correlaciones Temperatura y ONI

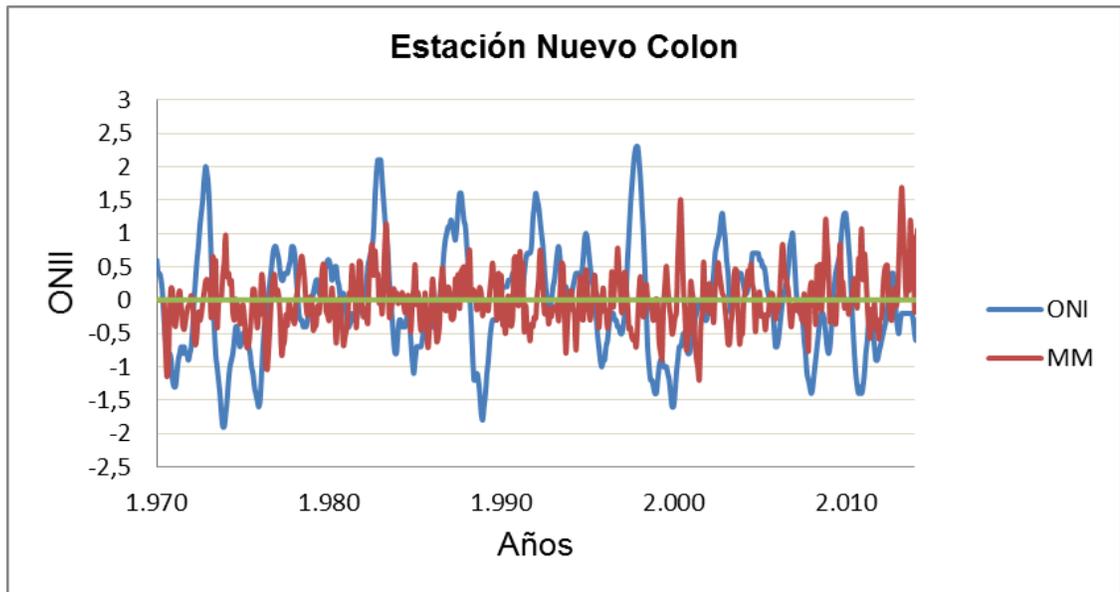


Fuente: Autores

El comportamiento respecto a periodos El Niño con los datos de temperatura tiene una tendencia oscilatoria pero no un comportamiento como lo presento la humedad relativa.

- **Precipitación**

Gráfica 18 Correlación Precipitación estación Nuevo Colon



Fuente: Autores

Al graficar el valor de las anomalías estandarizadas y los datos del ONI vemos el comportamiento que presentan estos índices, donde se observa una correlación negativa entre esos valores, ya que, cuando las anomalías del ONI se presentan de forma positiva, las anomalías de la variable precipitación son negativas, lo que indica que estas dos variables son inversamente proporcionales.

Tabla 12 Resultados Sesgos de Correlación estación Nuevo Colon por Periodos

PERIODOS NIÑA	SIN SESGO	SESGO 1	SESGO 2
1950-1951			
1954-1956			
1964-1965			
1967-1968			
1970-1972	-0,16	-0,20	-0,38
1973-1974	-0,51	-0,84	-0,85
1974-1976	-0,26	-0,48	-0,58
1984 - 1985	-0,68	-0,71	-0,21
1988 - 1989	0,25	0,65	0,77
1995-1996	-0,24	-0,75	-0,03
1998-2001	0,32	0,16	-0,05
2007-2008	0,10	-0,01	-0,31
2010-2011	-0,47	-0,76	-0,89
2011-2012	0,63	0,84	0,56

PERIODOS NIÑO	SIN SESGO	SESGO 1	SESGO 2
1951-1952			
1953-1954			
1957-1958			
1958-1959			
1963-1964			
1965-1966			
1968-1969			
1969-1970			
1972-1973	0,87	0,32	0,20
1976-1977	0,56	0,01	0,08
1977-1978	-0,30	-0,49	0,26
1979-1980	-0,14	-0,54	0,53
1982-1983	-0,24	-0,35	-0,21
1986-1988	0,38	-0,04	0,22
1991-1992	0,53	0,65	0,81
1994-1995	0,41	0,50	-0,41
1997-1998	0,07	-0,05	0,13
2002-2003	0,60	0,16	-0,05
2004-2005	0,77	0,15	0,05
2006-2007	0,34	0,16	0,92
2009-2010	-0,46	-0,43	-0,76

TOTAL SESGO ESTACIÓN NUEVO		
sin sesgo	sesgo 1	sesgo 2
-0,0015	0,0029	0,0086

Fuente: Autores

Para la variable de precipitación, tanto en el fenómeno de La niña, como en el fenómeno de El niño, los valores abstractos de las correlaciones son mayores a 0 y menores a 1, indicando correlaciones imperfectas, al igual que las correlaciones totales, al aplicar los sesgos se logra evidenciar que estos si influyen en los resultados de las correlaciones, teniendo casos como: en el primer sesgo aumenta y en el segundo sesgo disminuye, o

caso contrario, en el primer sesgo disminuye el valor pero en el segundo sesgo aumenta.

En vista de que ningún sesgo dio como resultado nulo, pero si imperfectos, si se desea trabajar con alguno de estos, seria con aquellos más cercanos a 1, para el fenómeno de La niña estos datos serán los del sesgo 2 el cual es una correlación negativa, es decir, al aumentar o disminuir el valor de una variable, disminuirá o aumentara respectivamente el valor de la otra variable, mientras que, para el fenómeno de El niño, los datos a escoger serán los del sesgo 0 teniendo una correlación positiva, es decir, una variable será proporcional a la otra .

Teniendo en cuenta las correlaciones totales con los tres sesgos de la estación se denota que no existe correlación en ninguno de los tres, ya que al realizar la correlación con la media móvil sin sesgo se obtiene un valor de -0.0015 indicando una correlación nula al igual que en el sesgo 1 cuyo valor es 0.0029 y la de sesgo 2 con 0.0086

CONCLUSIONES

- Tanto las variables propuestas para este proceso (temperatura, humedad relativa, precipitación, evaporación) como las que no fueron nombradas en el proyecto varían, es decir, el departamento de Boyacá está compuesto por microclimas, lo que indica que, dos zonas a pesar de estar seguidas, el clima de una será distinto a la otra, y como fundamento, se tiene el comportamiento de cada una de las variables, en cada estación.
- Alrededor del 90 % del departamento se registra un brillo solar entre 67 y 600 horas, mientras que el 10 % restante varía de 600 a 1800 horas mensuales.
- Teniendo en cuenta el mapa de evaporación media anual, se puede concluir que gran parte del departamento de Boyacá presenta evaporación por encima de los 67.3mm, mientras que tan solo una pequeña parte perteneciente a los municipios El Cocuy, Buenavista y Simijaca establece registros de evaporación menores a los 67mm.
- En el departamento de Boyacá se observó que la humedad relativa se establece cerca de la mitad del territorio con un rango del 79% al 83%, mientras que el territorio restante presenta humedades tanto por debajo como por encima del rango de manera uniforme, mostrando así que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos estipulados en el Esquema de Ordenamiento Territorial del Departamento de Boyacá.
- Cerca del 50% del departamento presenta un punto de rocío entre 8,3 °C y 11,9 °C, solo una pequeña zona que se puede estimar como el 10 % presenta un punto de rocío menor a 8,3 °C, por ende, el 40 % restante registra valores mayores a 12 °C.
- Cuando en la humedad relativa que se tiene en el aire aumenta de temperatura, este se condensa generando neblina, deduciendo que estas dos variables (humedad relativa y temperatura) trabajan de forma conjunta, dicha neblina se eleva a la parte superior de la atmosfera con ayuda de la velocidad del viento (más del 70% del departamento presenta valores mayores a 1,77m/seg) y es transportada gracias al recorrido del viento (más

del 70 % del departamento presenta valores mayores a 2500m) para generar una tercera variable: la nubosidad, indicando que más del 60% presenta 6 octas, se presentan pequeñas zonas con valores de nubosidad entre 4 y 5 octas alrededor del 5%, mientras que el 35% restante presenta una nubosidad de 7 octas.

- En la zona Este del departamento de Boyacá se presentan temperaturas entre 10,6°C y 14,8°C, por otro lado, en la zona Oeste predominan temperaturas entre 14,9 °C y 19,2 °C, aunque, en los extremos tanto de la zona Este como de la zona Oeste se elevan las temperaturas hasta 27,8 °C.
- En el departamento de Boyacá se observó que en su mayoría las variables temperatura, precipitación, evaporación y humedad relativa presentan correlaciones negativas bajas, muy bajas y correlaciones positivas bajas y muy bajas, aunque algunas correlaciones encontradas tanto en los periodos Niña como los del Niño sobresalían siendo correlaciones moderadas y altas generadas unas de forma positiva y otras negativas.
- El parámetro de precipitación fue el que mostro el mayor grado de correlación con el índice ONI, como era de esperar, debido a que este es el parámetro que más influye en el fenómeno Niño-Niña.
- No se encontró una tendencia marcada en la correlación de las variables con el índice ONI hacia un valor alto positivo o negativo, sino más un movimiento oscilatorio, en donde un periodo reporta coeficiente de correlación positivo en un periodo de El Niño y uno negativo en el siguiente.

DESARROLLOS FUTUROS

Tener conocimiento sobre el comportamiento de los parámetros climatológicos de cualquier zona del mundo es de gran importancia para el desarrollo ambiental, social y económico de la población, debido a que todas las bases de información y estudios de investigación que se realizan permiten la planificación y gestión de nuevos proyectos encaminados a la solución de falencias o problemas de diversos tópicos ambientales, con el fin de aprovechar la variación climatológica y evitar que esto se convierta en una amenaza para el hombre. Por esta razón, el presente proyecto de investigación elaborado para el Departamento de Boyacá da lugar a otros estudios que permitan seguir esta misma línea, así mismo los anexos incluidos en la entrega de proyecto pueden servir de base para el análisis de otros departamentos.

De acuerdo con lo anterior, se pueden crear nuevos estudios que permitan el pronóstico del comportamiento de las variables climatológicas, mediante modelos que se pueden establecer a través del tiempo dependiendo de las necesidades del territorio, evitando bajas en la economía, principalmente en los medios de producción agrícola y ganadera, ya que, estos son los que se ven más afectados por las alteraciones generadas por dichas variables.

Se debe tener en cuenta que los modelos actuales no brindan aproximaciones cercanas a un 100% de confianza, claro que en algunos casos sus resultados permiten un acercamiento a la caracterización real de la zona de estudio, por ende, reconociendo que existe una amplia gama de estudios, modelos y procedimientos sobre la variación climatológica, las investigaciones futuras se pueden centrar en dar respuesta a preguntas necesarias para el buen desarrollo del Departamento de Boyacá en sus diferentes aspectos. Tales interrogantes pueden ser:

- ¿Cómo mejorar el registro de datos de los parámetros?
- ¿Cuáles son los protocolos de modelación más confiables para conocer el comportamiento futuro de las variables climatológicas en el Departamento de Boyacá?
- ¿De qué manera utilizar estos resultados para el desarrollo del Departamento?

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. E. M. Bocanegra, «Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceanicos y atmosféricos de meso y gran escala» [online],» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Estudio+de+la+variabilidad+clim%C3%A1tica+de+la.pdf/643c4c0e-83d7-414f-b2b4-6953f64078d3>. [Último acceso: 05 01 2015].
- [2] Universidad Sergio Arboleda, «Universidad Sergio Arboleda [online],» [En línea]. Available: <http://www.usergioarboleda.edu.co/medioambiente/comunidades-cambio-climatico.pdf>. [Último acceso: 22 10 2015].
- [3] J. I. V. O. M. C. D. H. J. F. M. O. J. B. P. L. C. G. Poveda, «Influencia de fenómenos macroclimáticos sobre el ciclo anual de la hidrología colombiana: Cuantificación lineal, no lineal y percentiles probabilísticos.,» Octubre 2002. [En línea]. Available: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero06/06_13.pdf.
- [4] B. F. Paats, «Variables climatológicas y los elementos constructivos y paisajísticos»,» Columbia, España, 2016.
- [5] Gobierno del Principado de Asturias, «Cambios observados en el clima»,» España, 2013.
- [6] E.G. López, «Conservación de la Producción Agrícola Barcelona»,» Aedos, España, 1983.
- [7] J. Cañizo, «Geografía agrícola de España: clima, suelo, vegetación, cultivos, ganadería, técnica agrícola, aspectos económicos y sociales, consumo y comercio»,» 1960.
- [8] C. Portocarrero y A. Rodríguez, Balances de glaciares y clima en Bolivia y Perú: impacto de los eventos ENSO, Perú: Bull. Inst. fr. études andines, 1995.
- [9] J. Null, «El Niño and La Niña Years and Intensities»,» Australia, 2016.
- [10] Concejo Municipal de Boyacá, «Plan Básico de Desarrollo Boyacá»,» Boyacá, 2012.
- [11] ALCALDIA DE BOYACÁ, «Esquema de Ordenamiento Territorial, Sistema Físico - Biótico»,» Boyacá, 2012.
- [12] J. E. Montealegre Bocanegra, «La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia» [online],» Octubre 2000. [En línea]. Available: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero02/02_02.pdf. [Último acceso: 20 04 2016].

- [13] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., «Documentación IDEAM,» [En línea]. Available: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020702/CARACTERIZACIONCLIMATICACORRECCIONFOPAECDFpublicacionMA.pdf>. [Último acceso: 15 05 2016].
- [14] IDEAM. ASOCARS, «PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA RESPUESTA HIDROLÓGICA ANTE ESCENARIOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA».
- [15] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, «MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE INGRESOS,» 2006. [En línea]. Available: http://www.cca.org.mx/funcionarios/biblioteca/html/finanzas_publicas/documentos/3/m3_metodos.pdf.
- [16] J. E. M. Bocanegra, «Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca,» 2012. [En línea]. Available: <http://saga.cundinamarca.gov.co/apps/PRICC/resources/Informes/01.pdf>.
- [17] IDEAM, «Estudio Nacional del Agua 2014 ENA,» Bogota, 2014.