

**ANALISIS TENDENCIAL DE LA VARIACION CLIMATICA “TEMPERATURA Y  
PRECIPITACION” ESPACIO-TEMPORAL DEL DEPARTAMENTO DE BOYACA  
(COLOMBIA)**

**TREND ANALYSIS OF CLIMATE CHANGE “TEMPERATURE AND PRECIPITATION  
"SPACE-TIME DEPARTMENT BOYACA (COLOMBIA)**

Liliana Marcela Socha Rincón  
Ingeniera Topográfica  
lilisocha@yahoo.com

**RESUMEN**

Es indiscutible la incidencia directa o indirecta del cambio en el patrón climático global ya que esta afecta no solo las condiciones meteorológicas del planeta sino que también afecta la vida de todo ser viviente que la habita. Con el fin de estudiar uno de los factores más importantes en la afectación humana se ha llevado a cabo un análisis de las series de tiempo de 29 estaciones meteorológicas del Departamento de Boyacá, con registros que datan de 1997 y 2001 con el cual se pretende analizar la variabilidad espacial en la distribución geográfica sobre el territorio boyacense de la temperatura, así como el cambio en la precipitación llevado a cabo mediante el promedio medio mensual anual de la temperatura y la precipitación calculado entre los 2 años de registros mensuales, es importante tener en cuenta la topografía del departamento ya que al tener alturas extremas (altas y bajas) el fenómeno de la precipitación es muy variable dejando evidenciar el sistema montañoso de los Andes formado por las tres cordilleras y cuya cordillera oriental atraviesa todo el departamento y cambia las condiciones climáticas en el área de estudio radicalmente ya que es la más densamente poblada y la más desarrollada en Colombia agroindustrialmente. Las técnicas de predicción geoestadísticas proveen la correcta manera de analizar fenómenos naturales que ocurren en una determinada extensión geográfica logrando predecir información de áreas en las que no se tiene mediciones y de esta manera extender la cobertura del estudio para toda el área de interés; el presente estudio muestra el mejor método estadístico determinado para analizar las variables propuestas teniendo en cuenta las mediciones de las 29 estaciones meteorológicas monitoreadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, estos distribuidos a lo largo y ancho del Departamento de Boyacá. Para este estudio se utilizó el interpolador Kriging, el cual busca en primer lugar modelar a partir del semivariograma y de esta manera describir la continuidad espacial de los datos y observar si este cambio o no con la distancia y la dirección. En segundo lugar determinar el tamaño de vecindad; es decir el número de vecinos a tener en cuenta en el momento de interpolar para el estudio se utilizaron dos tipos de Kriging, para la variable de temperatura se utilizó el Kriging Disyuntivo y para la variable de precipitación se utilizó el kriging Ordinario, proporcionándonos un mejor ajuste para las variables de precipitación y temperatura. Posteriormente se realizó un análisis de la variación espacio temporal construyendo una matriz de relación 1 a 1 mediante un software estadístico el cual nos permite observar la significancia con un 95% de confianza y por último realizar el análisis de correlación de las variables para poder determinar si una variable es o no dependiente de la otra. Podemos evidenciar que en toda la zona andina se ven bien marcados los valores bajos y altos de la temperatura media pues al observar las tendencias estadísticas de los datos registrados en las estaciones vemos como en los municipios de Cubara y Puerto Boyacá la temperatura alcanza un promedio máximo entre 24°C y 28°C respectivamente contrastando con el municipio de Duitama y Socotá cuyas temperaturas oscilan entre los 9°C y los 6°C La temperatura promedio presente en el Departamento de Boyacá está entre los 14.3°C y los 16.5°C cobijando un 40% de la región entre los cuales se destacan los municipios de Beteiva, Buenavista, Nobsa, Nuevo Colon, Paipa, Ramiquira, Rondón Santa Sofía, Toca y Sogamoso.

En la precipitación se identifican eventos extremos de precipitación siendo el nivel más alto registrado 397.7 mm en el municipio de Cubara los otros registros extremos corresponden a la precipitación mínima de 38.833 mm en el municipio de Nobsa. El promedio de la precipitación oscila entre los 60.79mm y los 86,62mm entre los que están Chiscas, Chita, Duitama, Güicán, La Uvita, Villa de Leyva, Nuevo Colon y Suatenza en la observación de los niveles de precipitación anuales estos apuntan a la existencia de un cambio en la variación de la escorrentía provocando una variación en la concentración de los niveles de agua cuya tendencia es posible cuantificar estadísticamente. Concluyendo que el cambio climático se presenta en sitios muy locales en cuanto a términos de comportamiento de las variables de temperatura y precipitación de la zona boyacense lo que conlleva a generar impactos en los sistemas productivos del Departamento.

## ABSTRACT

Unquestionably the direct or indirect effect of the change in the overall weather pattern as this affects not only the weather on the planet but also affects the life of every living thing that inhabits it. To study one of the most important factors in human involvement has been carried out an analysis of the time series of 29 meteorological seasons of Department of Boyacá, with records dating back to 1997 and 2001 with which to analyze spatial variability in the geographical distribution of the territory boyacense temperature and change in precipitation carried out by the average monthly temperature and precipitation de Calculated in 2 years of monthly records , it is important to consider the topography of the department and that having extreme heights ( high and low ) the phenomenon of precipitation is highly variable leaving evidence of the Andes mountain range formed by three mountain ranges and whose eastern ridge traverses the department and changed weather conditions in the study area radically since it is the most densely populated and most developed in Colombia developed industrially and agriculturally. Geo-statistical prediction techniques provide the correct way to analyze natural phenomena occurring in a given geographic extent predict obtaining information from areas that do not have measurements and thereby extend the study to cover all the area of interest; This study shows the best statistical method to analyze the variables Given proposals taking into account the measurements of the 29 weather stations monitored by the Institute of Hydrology , Meteorology and Environmental Studies of Colombia IDEAM , these distributed throughout the Department of Boyacá . For this study for this study was the Kriking interpolator used, that primarily seeks from a semi variogram modeling and describes the special continuity of the data and see if it changed direction and distance -wise. Secondly, determine the size of the data required to interpolate vicinity. To Develop this study two types of Kriging Interpolators Were used; varying the temperature for the Disjunctive Kriging was used for the variable- precipitation and the Ordinary interpolator Kriking , providing a better adjustment for These variables. Following , an analysis Were Made of spatiotemporal variation by arranging a 1 by 1 matrix ratio using statistical software That Allows to get results with 95 % confidence ; and finally analyze the relationship variables and determine Between Their interdependency . We can show that throughout the Andean region the low and high values of the mean temperature are well marked as to observe the statistics of the recorded data trends at the stations we see as in the municipalities of Cubara and Puerto Boyacá temperature reaches a maximum average between 24 ° C and 28 ° C respectively, contrasting with the municipality of Tunja and Socota whose temperature ranges between 9 ° C and 6 ° C. the average temperature present in the Department of Boyacá is between 14.3 ° C and 16.5 ° C sheltering 40% of the region including the towns of stand Beteiva , Buenavista , Nobsa , Nuevo Colon, Paipa, Ramiquira , Rondon Hagia Sophia, Touch and Sogamoso .

Precipitation in extreme rainfall events are identified to be the highest level recorded 397.7 mm in the town of Cubara other extreme registers correspond to low rainfall of 38,833 mm in the town of Nobsa . The average rainfall varies between 60.79mm and 86.62 mm between those Chiscas , Chita , Tunja, Guican , La Uvita , Villa de Leyva , Nuevo Colon and Suatenza in observing annual precipitation levels indicate these the existence of a change in the variation of runoff causing a variation in the concentration of water levels which can be quantified statistically trend . Concluding that climate change presents very local sites regarding terms of behavior of the variables of

temperature and precipitation boyacense area which leads to generate impacts on the productive systems of the Department.

## INTRODUCCION

La aparición de las temperaturas mensuales extremas se han convertido en uno de los factores más preocupantes para el estudio del cambio climático vinculado con el calentamiento global de nuestro tiempo que no es más que el aumento progresivo de la temperatura medida del aire el cual puede alterar el patrón climático global haciendo que el ciclo hidrológico se altere y que las consecuencias para el ser humano sean de repercusión mundial pues los cambios de la temperatura del aire están estrechamente relacionados con la variación de otros parámetros meteorológicos como la radiación solar , la velocidad y la variación del viento su velocidad la nubosidad la humedad del aire y la contaminación atmosférica.

En la última década se han producido olas de calor sin precedentes como las que han estado sucediendo en Europa en el 2003, en Australia en el 2009, en Rusia en el 2010 o como la que paso en los Estados Unidos en el 2012. Las altas temperaturas extremas causan grandes incendios forestales devastando grandes extensiones de bosques causando grandes impactos, cada vez se reportan con mayor frecuencia ondas de calor y sequías, intensas precipitaciones que han llegado a generar grandes inundaciones así como las pérdidas de cosechas, tornados, huracanes e incluso muertes. La sociedad y los ecosistemas no están preparados para afrontar cada nuevo cambio de temperatura

En Colombia las altas temperaturas extremas son las causantes del aumento de muchas incidencias como lo son las enfermedades transmitidas por vectores como la malaria y el dengue, pudiendo evidenciar que las regiones andinas de nuestro país son las más afectadas pero no solo las altas temperaturas sino que las condiciones de habitabilidad y el deterioro de los recursos hídricos contribuyen en gran parte a estos problemas.

En el sector Agropecuario, la aridación, la desertificación la erosión, las inundaciones y las granizadas son un conjunto de factores que afectan la producción agrícola.

En cuanto a los recursos hídricos según estudios realizados en los últimos años se proyectan grandes volúmenes de escorrentías en algunos departamentos donde se han evidenciado deslizamientos e inundaciones localizados especialmente en los llanos orientales y en las zonas costeras, con lo que aumentaría la elevación del nivel del mar asiendo que una gran parte de la población que vive cerca de las zonas costeras queden expuestas a grandes inundaciones y no solo viéndose afectado su habitad sino que también la infraestructura y las instalaciones turísticas, las cuales son uno de las mayores focos de trabajo para esta población, esto contrastado con la disminución de las escorrentías en la zona andina y el norte del país que podrían llegar a causar disminución en el suministro de agua potable generando un déficit en los embalses afectando la generación de la hidroenergía de todo el país.

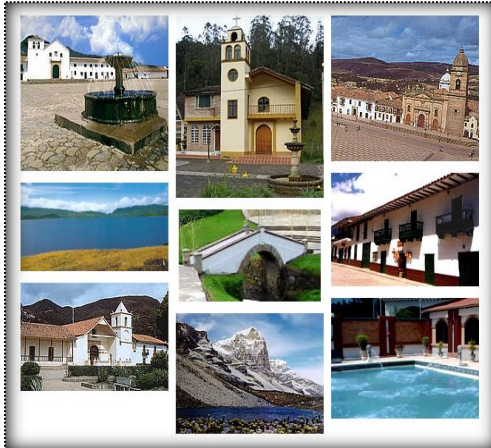
Los ecosistemas sufren los cambios climáticos pues Las altas temperaturas han producido la reducción de área de los nevados y paramos, los corales se ven afectados por el aumento de la temperatura media del mar afectando de esta manera radicalmente la biodiversidad.

La calidad de vida de la población menos favorecida se ve entristecida por el cambio de los eventos climático (inundaciones, vendavales, Tormentas tropicales, lluvias y deslizamientos) afectan la infraestructura y los asentamientos precarios con los que viven muchas personas de nuestro territorio, esto sumado a las invasiones de las distintas zonas de riesgo producen grandes tragedias irremediables y son los condicionales del deterioro de las condiciones de habitabilidad y una de las causa de los mayores problemas de Colombia que son los desplazamiento de las personas más vulnerables de nuestro país.

## 1. AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en el Departamento de Boyacá cuyo vocablo muisca significa “Cercado del cacique o Región de La Manta Real” El cual se encuentra ubicado en el centro de Colombia, sobre la cordillera oriental de los Andes, Localizado entre las siguientes coordenadas 04°39' 10" y los 07°03'17" de latitud norte y los 71°57'49" y los 74°41'35" de longitud oeste. Su extensión superficial representa el 2% de la extensión total de Colombia representada en 23.189 Km2, cuenta con 123 Municipios y 10 Corregimientos distribuidos en 12 provincias. Limitando por el norte con Santander y Norte de Santander, por el sur con el departamento del Meta y Cundinamarca por el este con los departamentos de Arauca, Casanare y con el país vecino de Venezuela y por el oeste con los departamentos de Antioquia y Cundinamarca. Ubicado en la región Andina sobre la cordillera oriental que lo atraviesa de suroeste a noreste y la cual hace que presente diferencias bien marcadas en su topografía la cual origina 6 regiones fisiográficas como son el valle medio del Magdalena, la región Otanche o vertiente occidental de la cordillera oriental, la subregión de Moniquirá – Ramiriquí, La Altiplanicie Central, El cordón Magistral de la cordillera oriental y La vertiente este de la cordillera oriental.

**Figura 1. Sitios Turísticos de Boyacá**



Fuente: Autor

**Figura 2. Ilustración de la zona de estudio**



Fuente: Rutas colombianas.com

## 2. METODOLOGIA

A continuación se hace referencia al conjunto de procedimientos y métodos utilizados para llevar a cabo el análisis tendencial de la variación climática del departamento de Boyacá.

### 2.1. DATOS E INFORMACIÓN A UTILIZAR

Para este estudio se tomaron 29 estaciones meteorológicas desplegadas en diferentes zonas del departamento y cuyas mediciones meteorológicas son monitoreadas por el IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia las cuales contienen las toma mensual y anual de las variables de precipitación y temperatura en un intervalo de tiempo que dista de 4 años el de 1997 y 2001, ver Tabla 1 estaciones utilizadas.

**Tabla 1. Estaciones Meteorológicas**

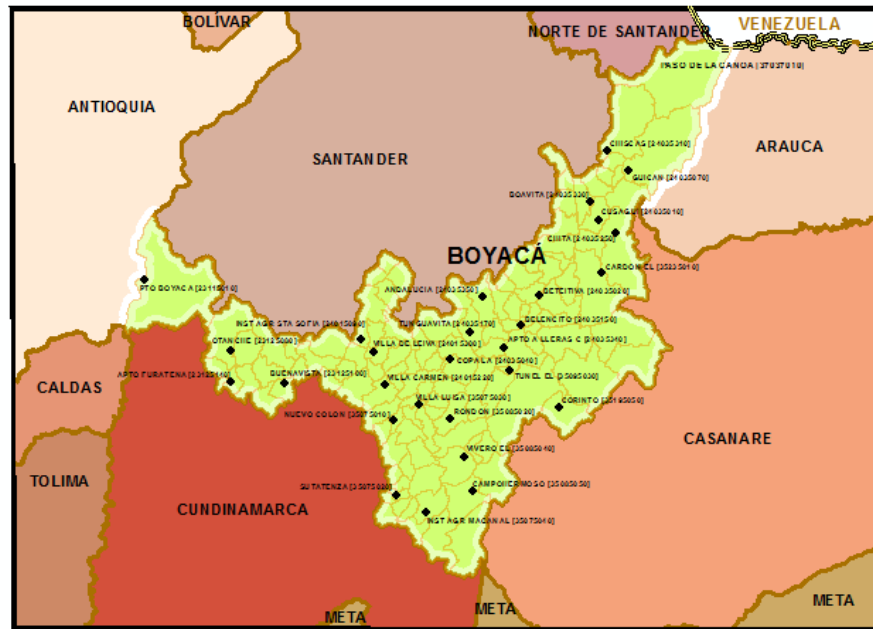
MUNICIPIO	ESTACION	LATITUD (GRADOS)	LONGITUD (GRADOS)	CORRIENTE	ALTITUD (msnm)
BETEITIVA	BETEITIVA [24035020]	5.9072	72.8106	CHICAMOCHA	2575
BOAVITA	BOAVITA [24035330]	6.3261	72.5787	QDA OCALAYA	2150
BUENAVISTA	BUENAVISTA [23125100]	5.5149	73.9431	QDA NEGRA	2200
CAMPOHERMOSO	CAMPOHERMOSO [35085050]	5.0345	73.1036	LENGUPA	1300
CHISCAS	CHISCAS [24035310]	6.5495	72.5047	CHISCANO	2350
CHITA	CHITA [24035250]	6.1883	72.4663	QDA PENA BLANCA	2888
CUITIVA	TUNEL EL [35095030]	5.5721	72.9439	LAG DE TOTA	3000
DUITAMA	ANDALUCIA [24035350]	5.9011	73.0583	SURBA	3265
GUICAN	GUICAN [24035070]	6.4634	72.4091	NEVADO	2963
LA UVITA	CUSAGUI [24035010]	6.2452	72.5454	CHICAMOCHA	2950
VILLA DE LEYVA	VILLA DE LEIVA [24015300]	5.6558	73.5439	QDA TINTALES	2215
MACANAL	INST AGR MACANAL [35075040]	4.941	73.3166	BATA	1300
MIRAFLORES	VIVERO EL [35085040]	5.1925	73.1447	LENGUPA	1640
NOBSA	BELENCITO [24035150]	5.7786	72.8907	CHICAMOCHA	2530
NUEVO COLON	NUEVO COLON [35075010]	5.3538	73.4565	TURMEQUE	2438
OTANCHE	OTANCHE [23125080]	5.6616	74.1845	QDA TAMBRIAS	1070
PAIPA	TUNGUAVITA [24035170]	5.7459	73.1163	SALITRE	2470
PAJARITO	CORINTO [35195050]	5.4072	72.7172	CUSIANA	1550
PUERTO BOYACA	PTO BOYACA [23115010]	5.9783	74.5666	MAGDALENA	350
QUIPAMA	APTO FURATENA [23125140]	5.5208	74.1824	MINERO	1250
RAMIRIQUI	VILLA LUISA [35075030]	5.4219	73.3481	TEATINOS	2200
RONDON	RONDON [35085020]	5.3584	73.2036	MUECHE	2120
SAMACA	VILLA CARMEN [24015220]	5.51169	73.4957	GACHANECA	2600
SANTA SOFIA	INST AGR STA SOFIA [24015090]	5.7106	73.6022	SUAREZ	2300
SOCOTA	CARDON EL [35235010]	6.0116	72.5292	QDA GAVILAN	3590
SOGAMOSO	APTO A LLERAS C [24035340]	5.677	72.9633	CHICAMOCHA	2500

SUTATENZA	SUTATENZA [35075020]	5.0222	73.4491	GARAGOA	1930
TOCA	COPA LA [24035040]	5.6247	73.2079	TUTA	2700
CUBARA	PASO DE LA CANOA [37037010]	7.033	72.15	LA PEDREGOSA	375

Fuente: IDEAM

Para la representación gráfica se tomó cartografía digital básica es escala 1:100.000 del límite del Departamento de Boyacá y los límites municipales correspondientes, además se georreferenciaron las 29 estaciones meteorológicas incluyendo los datos de precipitación y temperatura.

Figura 3. Departamento de Boyacá - Estaciones meteorológicas



Fuente: Autor

## 2.2. ANALISIS EXPLORATORIO

El análisis exploratorio se realiza con el fin de evaluar la hipótesis de estacionariedad del estudio identificando que la media y la varianza sean constantes y que la covarianza se encuentre en función de las distancias entre los puntos muestreados

### 2.2.1. Estadística Central

Media: Es el resultado después de haber sumado todos los valores de la muestra y dividirla entre el número total de muestras

Moda: Es el valor que más se repite en la muestra

Mediana: Es el valor que se encuentra en la mitad después de haber ordenado los datos de la muestra

### 2.2.2. Medidas de Dispersión

Rango: Es igual a la diferencia entre el máximo menos el mínimo

Varianza: Es la medida del cuadrado de la distancia promedio de los datos de la media

Covarianza: Es el valor del grado de la variación conjunta de dos variables aleatorias para determinar si existe dependencia una de la otra.

Desviación Estándar: Es la raíz cuadrada de la varianza

### 2.2.3. Estadística Forma

Asimetría o Sesgo: Es cuando se dice que una distribución es asimétrica si la mitad izquierda de su distribución es la imagen especular de su mitad derecha, se dice que esta puede ser positiva o negativa en función de a qué lado se encuentra la cola de la distribución

Apuntamiento o La Curtosis: Indica el grado de aplastamiento de una distribución con respecto a la distribución normal o gaussiana.

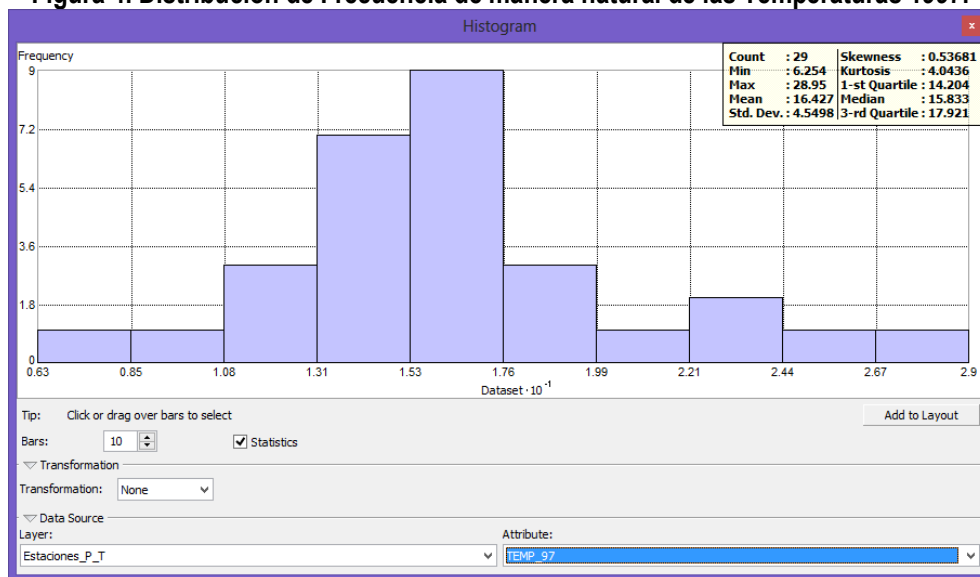
La Interpolación de las variables de precipitación y temperatura mediante la espacialización de las variables (n) la cual contiene los valores alcanzados por dicha variable en un conjunto definido por puntos georreferenciados a partir de coordenadas en una misma área de estudio. La interpolación de los datos nos arrojan capas de rasters con los que podemos representar la variable pues cuanto más próximos estén dos puntos en el área de estudio mejores serán las mediciones, lo cual indica una mejor auto correlación espacial de la variable.

La interpolación de las variables se desarrollara por medio del interpolador Kriging, el cual busca en primer lugar modelar a partir del semivariograma y de esta manera describir la continuidad espacial de los datos y observar si este cambio o no con la distancia y la dirección. En segundo lugar determinar el tamaño de vecindad; es decir el número de vecinos a tener en cuenta en el momento de interpolar para el estudio se atizaron dos tipos de Kriging, para la variable de temperatura se utilizó el Kriging Disyuntivo y para la variable de precipitación se utilizó el kriging Ordinario, proporcionándonos un mejor ajuste para las variables de precipitación y temperatura. Posteriormente se realizó un análisis de la variación espacio temporal construyendo una matriz de relación 1 a 1 mediante un software estadístico el cual nos permite observar la significancia con un 95% de confianza y por ultimo realizar el análisis de correlación de las variables para poder determinar si una variable es o no dependiente de la otra.

### 2.2.4. ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO

#### VARIABLE TEMPERATURA AÑO 1997

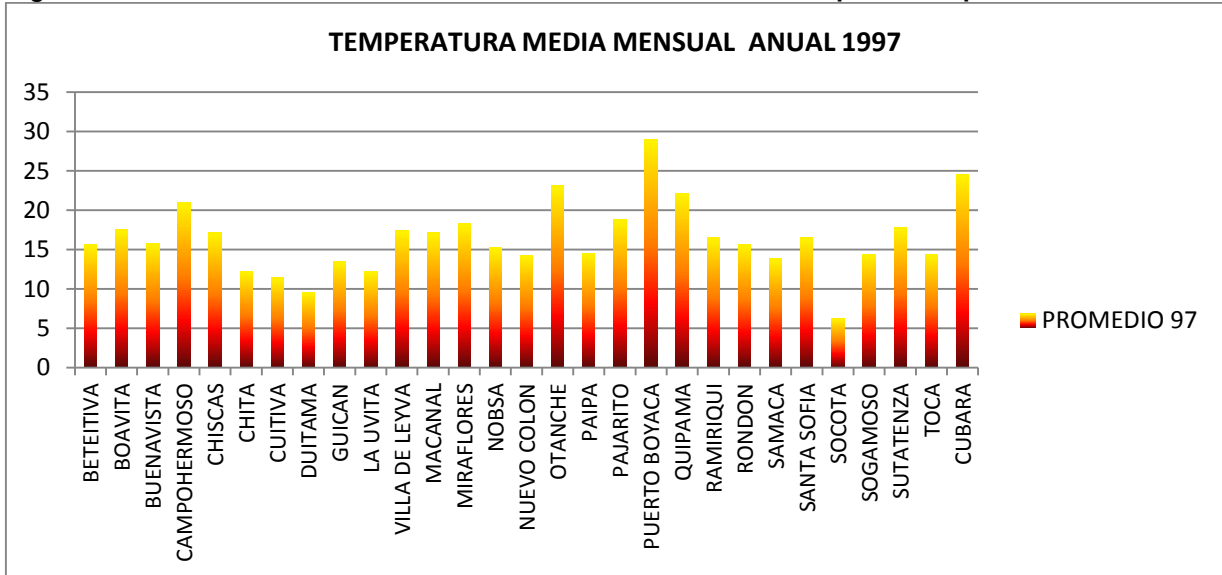
Figura 4. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Temperaturas 1997.



Fuente: Autor

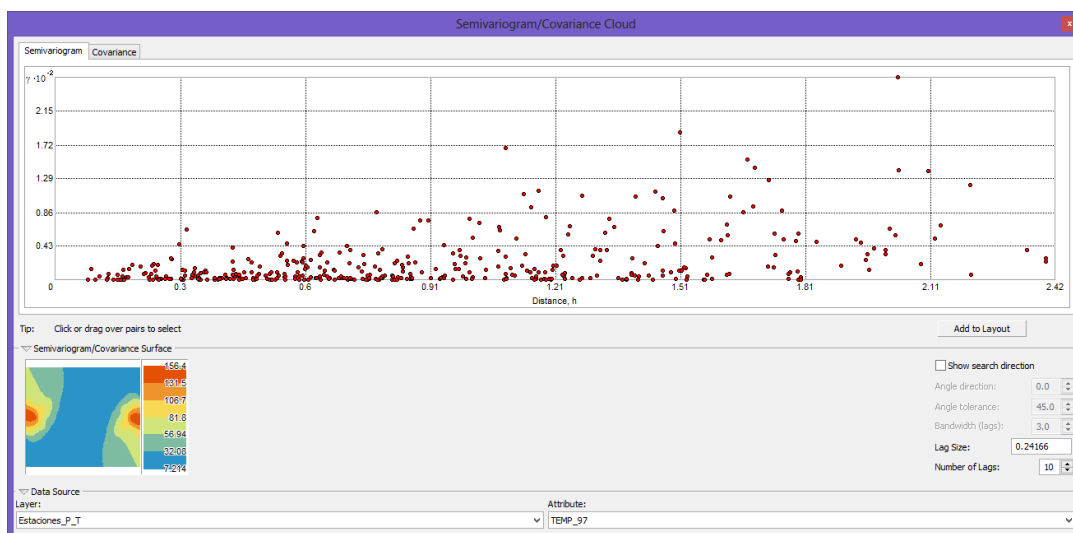
Al aplicar algunos métodos gráficos, como el histograma de frecuencia en la exploración y análisis estadístico; se puede observar que dichos datos para el año 1997 presentaron un comportamiento asimétrico de manera natural, sesgado hacia la izquierda con cola positiva (Figura.4), con un valor medio de 16.247 y una mediana de 15.833, encontrándose una mínima diferencia entre estas mediciones la cual nos permite determinar que se puede trabajar con los datos sin transformación ya que aunque no presentan una distribución simétrica no están lejos de serlo. El coeficiente de asimetría es mayor a cero lo que indica que existen muchos valores pequeños y un coeficiente de apuntamiento mayor que cero lo que nos indica que tenemos un histograma Leptocurtico apuntado punta alta.

**Figura 5. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Temperaturas promedio 1997.**



Fuente: Autor

**Figura 6. Análisis de variación espacial (Semivariograma) aplicado a la Temperatura 1997**



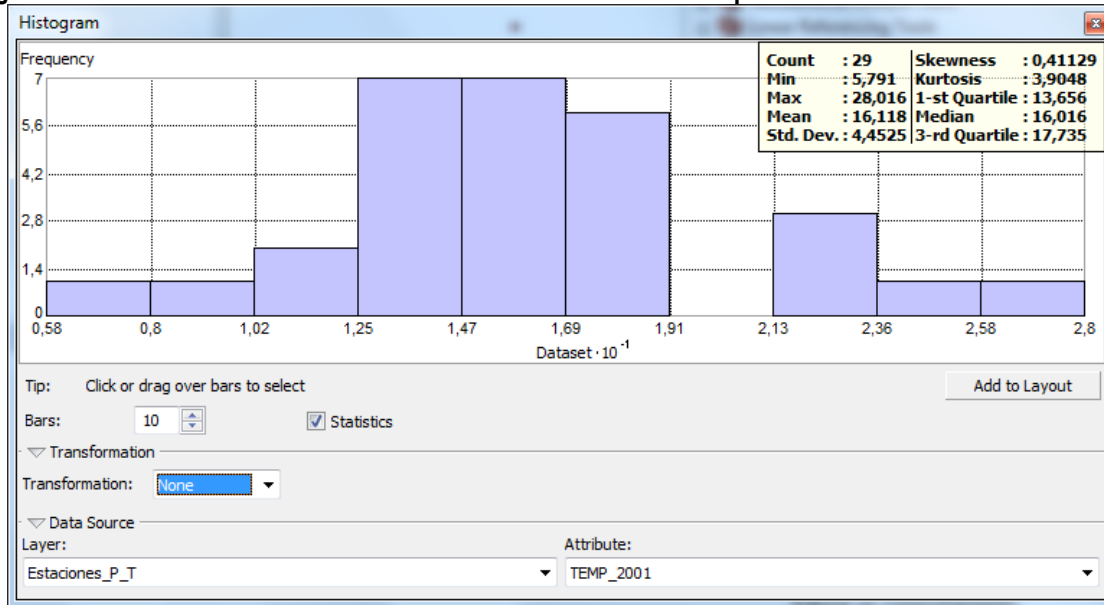
Fuente: Autor



La figura muestra que el comportamiento de los datos presenta anisotropía ya que no existe una distribución normal de estos en todas las direcciones, donde la concentración es noroeste – sureste.

## VARIABLE TEMPERATURA AÑO 2001

Figura 7. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Temperaturas 2001.

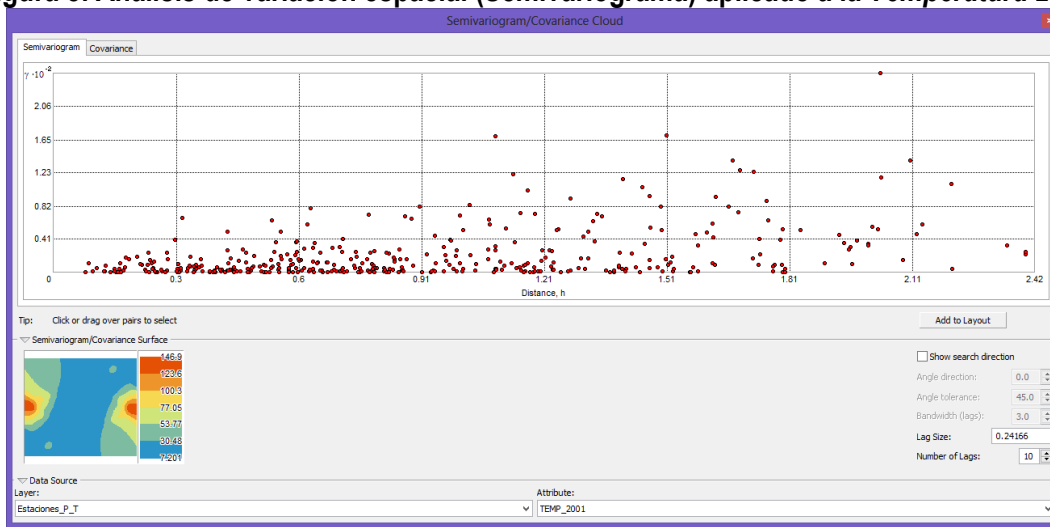


Fuente: Autor

Al aplicar algunos métodos gráficos, como el histograma de frecuencia en la exploración y análisis estadístico; se puede observar que dichos datos presentaron de manera natural un comportamiento asimétrico de cola positiva hacia la izquierda (Figura.7), con un valor medio de 16.11 y una mediana de 16.016, encontrándose una diferencia del 0.094 entre estas mediciones de tendencia central. El coeficiente de asimetría es mayor a cero lo que indica que existen muchos valores pequeños y un coeficiente de apuntamiento mayor que cero lo que nos indica que tenemos un histograma Leptocurtico apuntado punta alta. De igual manera se detectó que existe un periodo muy amplio en donde no existe información.

Con base a los resultados obtenidos en el procedimiento anterior, se procedió a aplicar el método de transformación de datos Box-cox, con un parámetro de 0.8 para poder obtener que los datos se distribuyan normalmente, con el cual fue posible logra disminuir al máximo las distancias existentes entre cada valor, teniendo como resultado la redistribución normal (Homogénea) de los datos experimentales; transformación que se puede confirmar mediante la comparación de las nuevas medidas de centralización obtenidas (Media= 10.235; Mediana= 10.246).Las cuales fueron necesarias aplicar a nuestros datos ya que al definir el método de interpolación a utilizar debemos definir si este se determinara mediante datos paramétricos o bien por datos no paramétricos ya que estamos analizando una misma variable y debemos utilizar el mismo parámetro de análisis así estos sean en diferente periodo de tiempo.

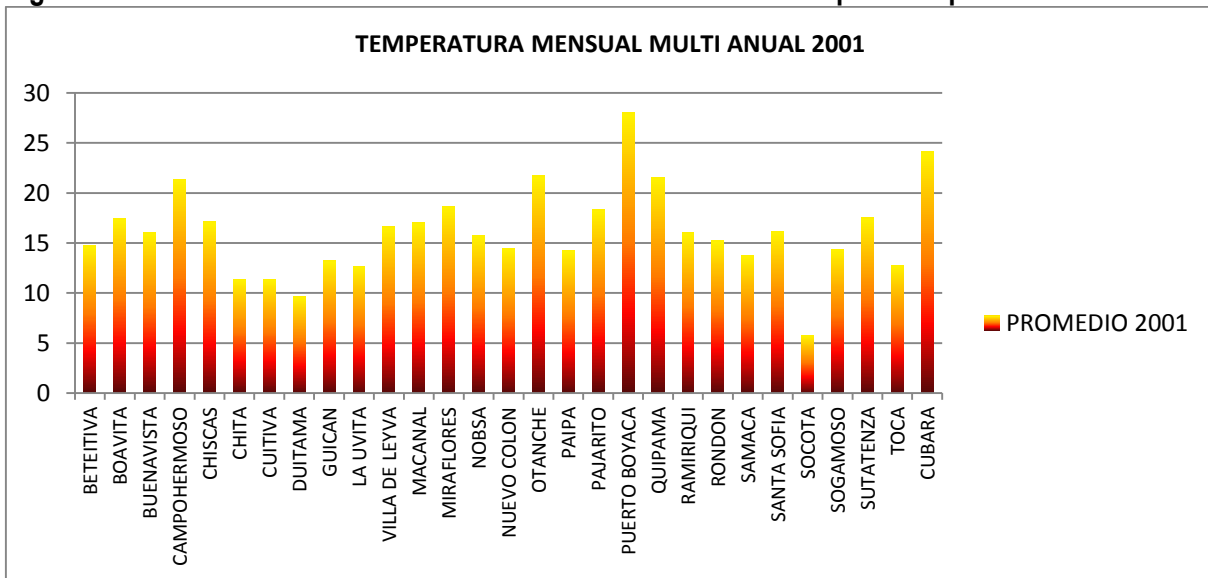
**Figura 8. Análisis de variación espacial (Semivariograma) aplicado a la Temperatura 2001**



**Fuente: Autor**

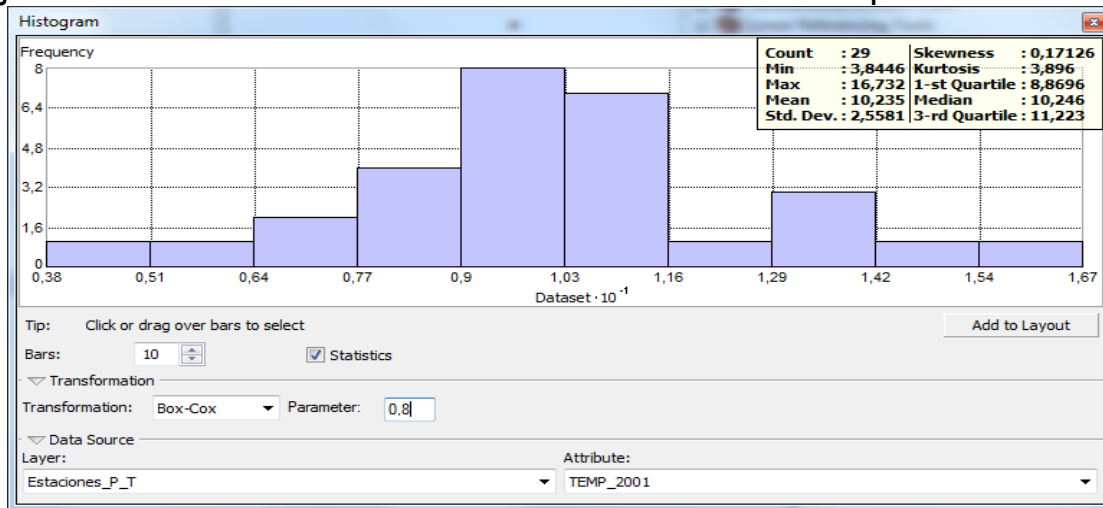
La figura muestra que el comportamiento de los datos presenta anisotropía ya que no existe una distribución normal de estos en todas las direcciones, donde la concentración es noroeste – sureste.

**Figura 9. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Temperatura promedio 2001.**



**Fuente: Autor**

**Figura 20. Distribución de Frecuencia de manera de Trasformada de las Temperaturas 2001.**

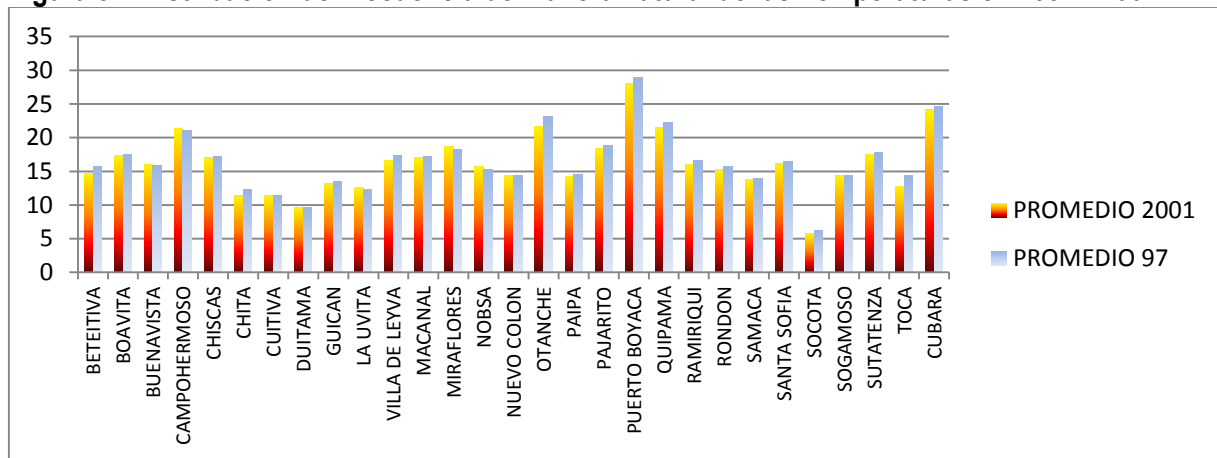


Fuente: Autor

La representación gráfica de los cuartiles reales con respecto a la distribución de los datos obtenida mediante la aplicación de la transformación Box-cox, con un parámetro de 0.8 (Figura3), nos indica que a pesar de haber realizado la transformación al conjunto de datos, se observa una normalización con distribución variada, lo cual es causado por el amplio rango de oscilación de las concentraciones de temperatura obtenidas, dadas por las diferencias espacial. Sin embargo con aplicación de dicha transformación se logró que el 97% de los datos se reajustaran, de tal forma que se comportaran de manera casi simétrica.

### TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL ANUAL 1997 – 2001

**Figura 31. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Temperaturas en 1997 - 2001.**



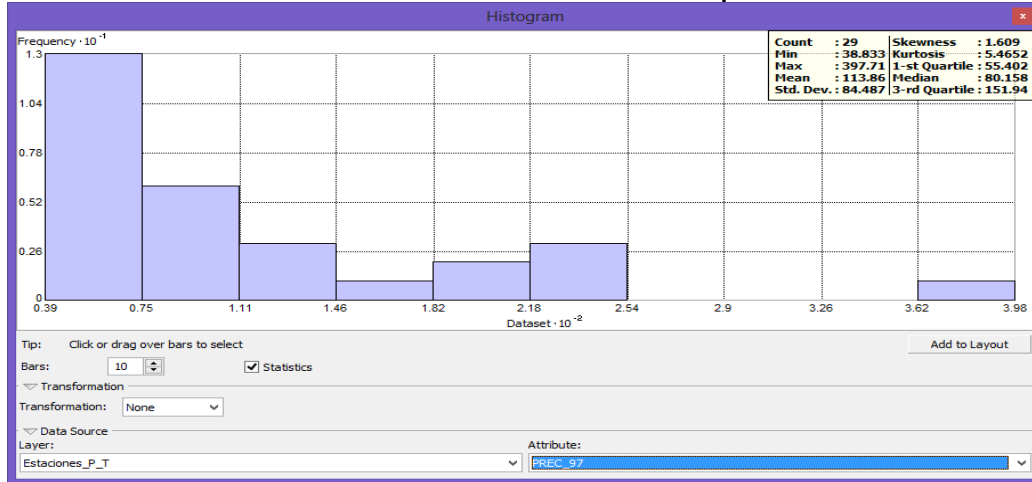
Fuente: Autor

Se analizan las temperaturas promediadas máximas y mínimas durante los 2 años de estudio en las 29 estaciones meteorológicas podemos ver que la temperatura media máxima registrada en 1997 es de 28.95°C observada en la estación 2311501 ubicada en el municipio de Puerto Boyacá mientras que la temperatura media mínima está en los 6.25°C ubicada en el municipio de Socota en la estación 33523501. mientras que la temperatura media máxima registrada en el 2001 es de 28.01°C observada en la estación 2311501 ubicada en el municipio de Puerto Boyacá mientras

que la temperatura media mínima está en los 5.79°C ubicada en el municipio de Socota en la estación 3 3523501. Evidenciando que las temperaturas no tuvieron un cambio abrupto en un periodo de 4 años y que se generó un grado muy pequeño tendiente a la baja de la temperatura de 1997 al 2001.

## VARIABLE PRECIPITACIÓN AÑO 1997

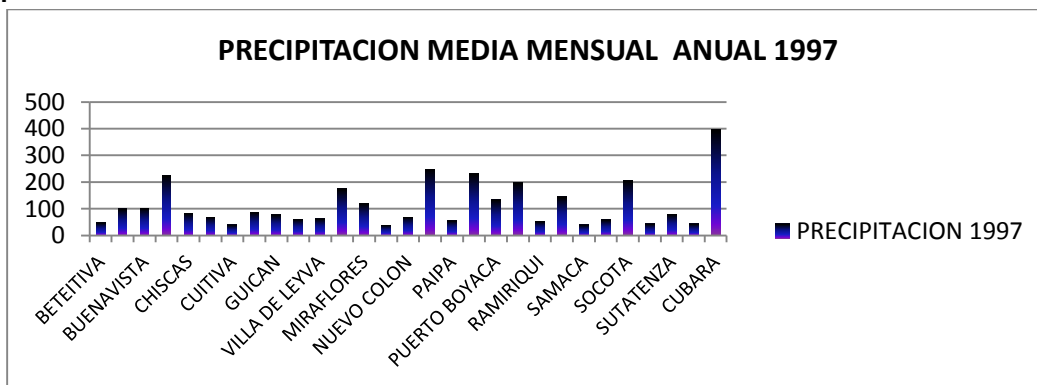
Figura 42. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Precipitaciones 1997.



Fuente: Autor

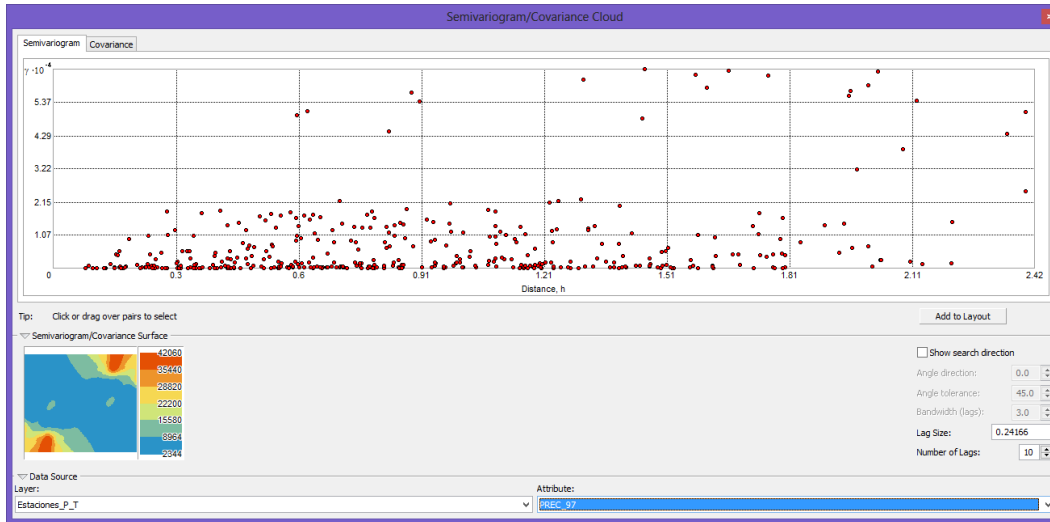
Se analizó que al aplicar algunos métodos gráficos, como el histograma de frecuencia en la exploración y análisis estadístico; se puede observar que dichos datos para el año 97 presentaron un comportamiento asimétrico de manera natural, sesgado hacia la izquierda con cola positiva hacia la derecha (Figura.12), con un valor medio de 113.86 y una mediana de 80.158, encontrándose una considerable diferencia entre estas mediciones por lo cual se hicieron pruebas con diferentes métodos de transformación para determinar cuál era el más apropiado para conseguir una distribución paramétrica pero al analizar los resultados se optó por tomar estos de manera natural ya que al aplicar la diferentes transformaciones no se obtenía ninguna distribución normal y más bien deformaba la muestra por la cual nos permite determinar que se trabajara con los datos sin transformación en una muestra no paramétrica. El coeficiente de asimetría es mayor a cero lo que indica que existen muchos valores pequeños y un coeficiente de apuntamiento mayor que cero lo que nos indica que tenemos un histograma Leptocurtico apuntado punta alta.

Figura 53. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Precipitaciones promedio 1997.



Fuente: Autor

**Figura 14. Análisis de variación espacial (Semivariograma) aplicado a la *Precipitación 1997***

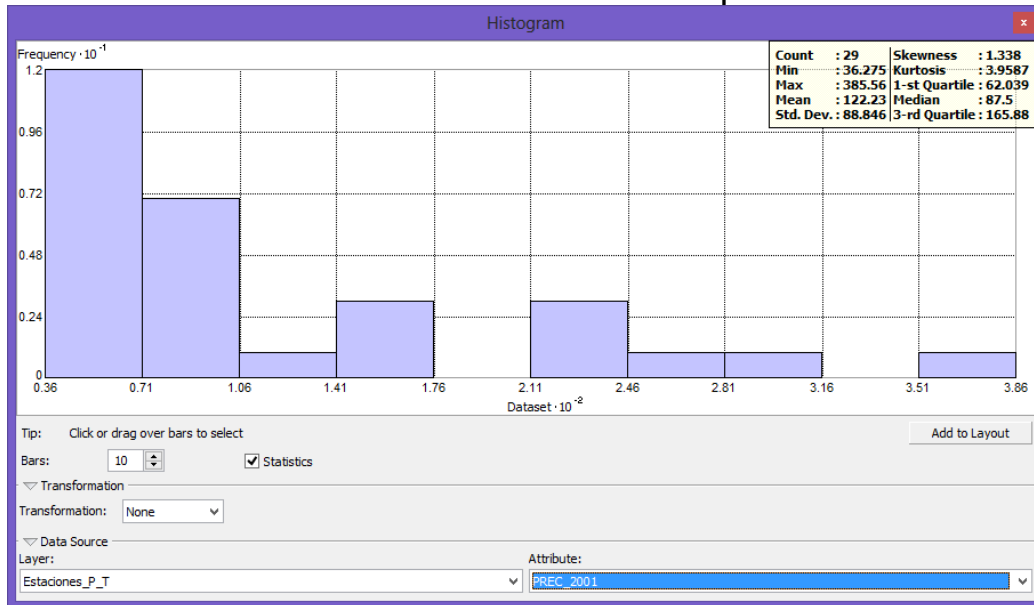


Fuente: Autor

La figura muestra que el comportamiento de los datos presenta anisotropía ya que no existe una distribución normal de estos, donde la concentración es noroeste – sureste.

## VARIABLE PRECIPITACIÓN AÑO 2001

**Figura 15. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Precipitaciones 2001.**

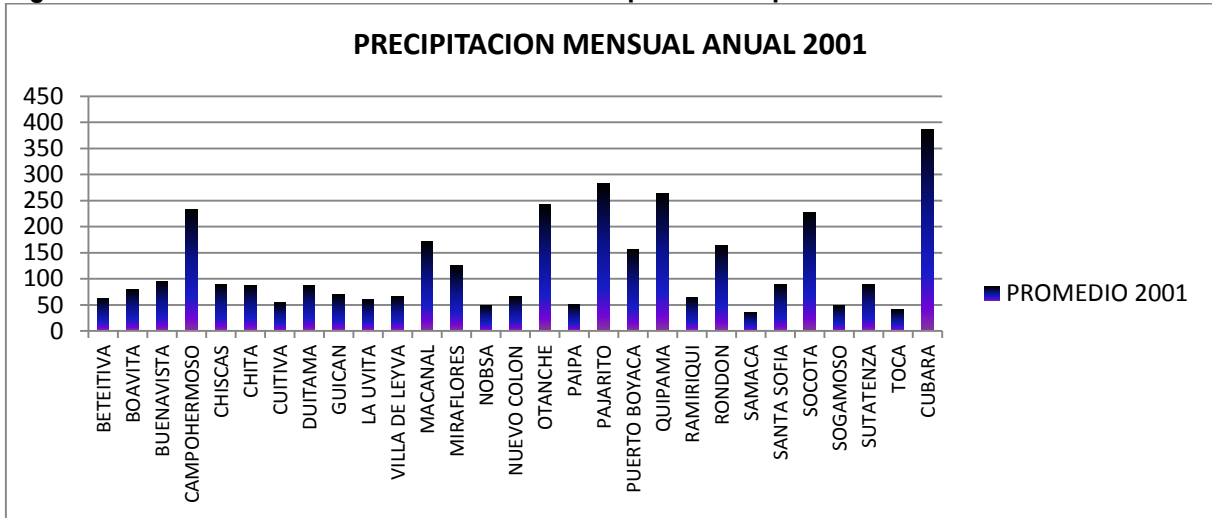


Fuente: Autor

Se analizó que al aplicar algunos métodos gráficos, como el histograma de frecuencia en la exploración y análisis estadístico; se puede observar que dichos datos para el año 2001 presentaron un comportamiento asimétrico de manera natural, sesgado hacia la izquierda con cola positiva hacia la derecha (Figura.1), con un valor medio de 122.23 y una mediana de 87.5, encontrándose una considerable diferencia entre estas mediciones y teniendo en cuenta el

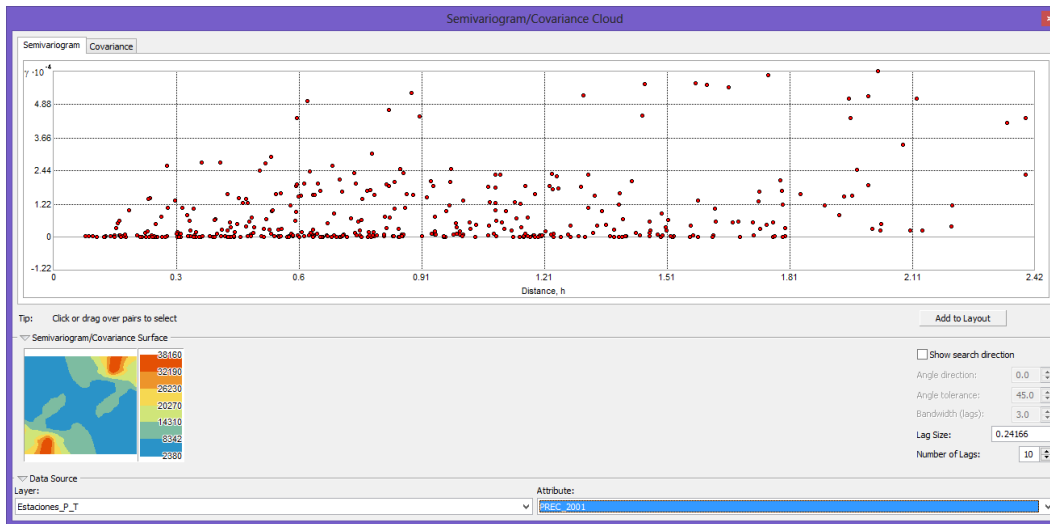
análisis estadístico utilizado para el año 97 se determinó que los parámetros se deben analizar con el mismo tipo de tratamiento estadístico o sea en una muestra no paramétrica por lo cual se tomarían los datos de forma natural. El coeficiente de asimetría es mayor a cero lo que indica que existen muchos valores pequeños y un coeficiente de apuntamiento mayor que cero lo que nos indica que tenemos un histograma Leptocurtico apuntado punta alta.

Figura 66. Distribución de Frecuencia de las Precipitaciones promedio 2001.



Fuente: Autor

Figura 77. Análisis de variación espacial (Semivariograma) aplicado a la Precipitación 2001

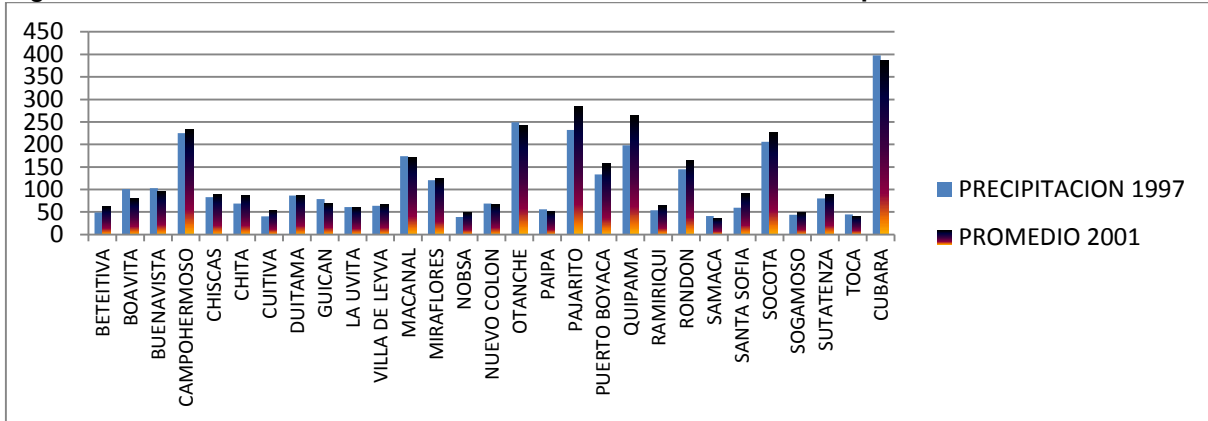


Fuente: Autor

La figura muestra que el comportamiento de los datos presenta anisotropía ya que no existe una distribución normal de estos, donde la concentración es noroeste – sureste.

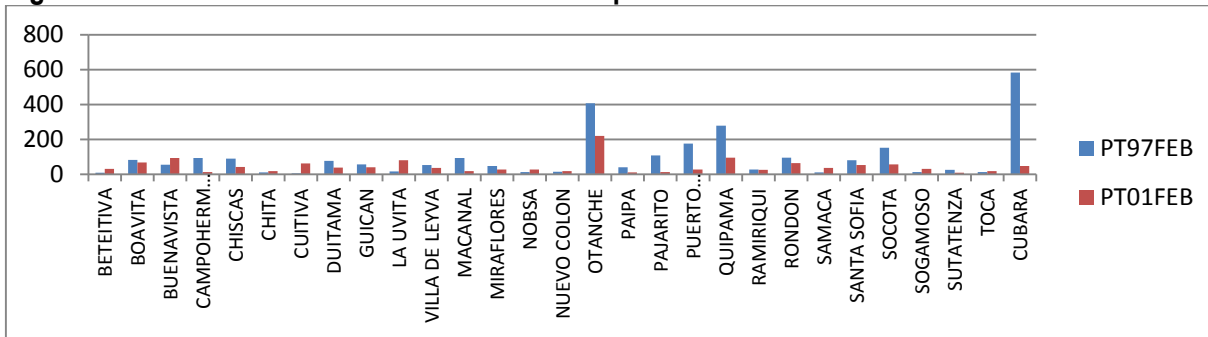
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL ANUAL 1997 – 2001

Figura 88. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Precipitaciones 1997 - 2001.



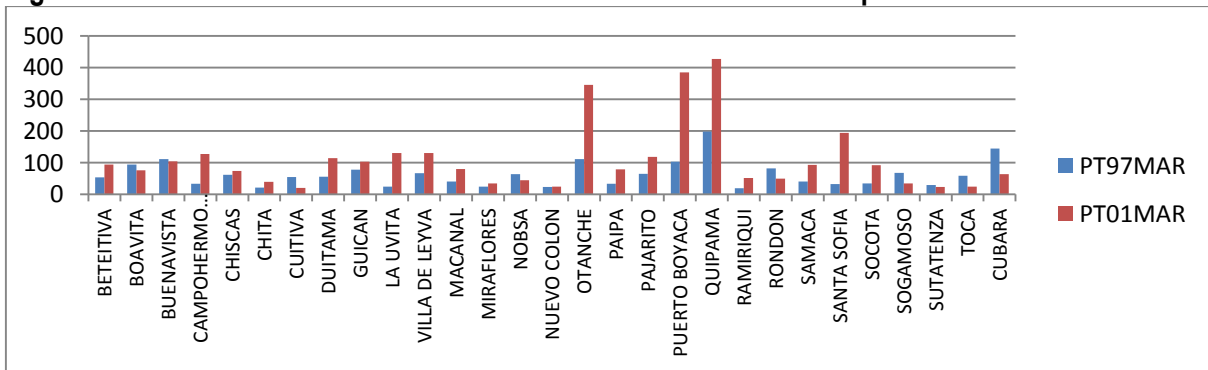
Fuente: Autor

Figura 99. Distribución de Frecuencia de la Precipitación en Febrero 97- 01.



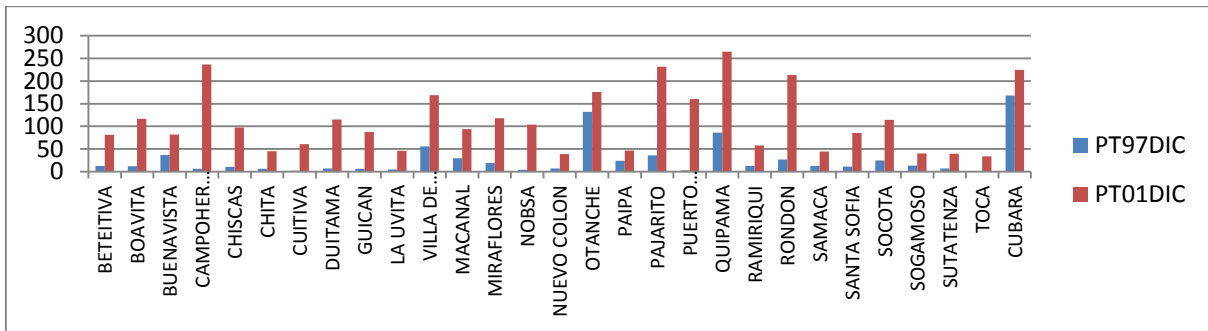
Fuente: Autor

Figura 20. Distribución de Frecuencia de manera natural de las Precipitación Marzo 97- 01.



Fuente: Autor

**Figura 210. Distribución de Frecuencia de las Precipitación Diciembre 97- 01.**



Fuente: Autor

Se analizan las precipitaciones promediadas máximas y mínimas durante los 2 años de estudio en las 29 estaciones meteorológicas podemos ver que la precipitación media máxima registrada en 1997 es de 397.70 mm observada en Cubara mientras que la Precipitación media mínima está en los 38.83 mm ubicada en el municipio de Socota. Mientras que la precipitación media máxima registrada en el 2001 es de 385.55 mm ubicada en el municipio de Cubara mientras que la precipitación media mínima está en los 36.27 mm ubicada en el municipio de Samaca. Evidenciando que la distribución de la escorrentía no se comporta de manera homogénea en ningún periodo de los meses durante los dos años y en donde se pueden evidenciar los grandes picos en las estaciones de Otanche, Puerto Boyacá y Quipama durante Marzo del 2001 o como el existente con el municipio de Cubara en Febrero del 97 pero el caso más particular lo podemos evidenciar en el periodo de Diciembre del año 2001 pues las muestras registradas observan un cambio abrupto en el aumento de la precipitación en 26 de las 29 estaciones meteorológicas. Los coeficientes de asimetría en ambos años de estudio son mayores a cero lo que indica que existen muchos valores pequeños cola hacia la derecha y un coeficiente de apuntamiento mayor que cero lo que nos indica que tenemos un histograma Leptocurtico apuntado punta alta.

### 2.3. METODO DE INTERPOLACIÓN

Para la generación de los Mapas de tendencia de la variable de Temperatura y teniendo en cuenta que la muestra se clasifico como paramétrica se utilizó el Método de Kriging Disyuntivo ya que es el único método que maneja el software (ArcGis) para los datos con distribución paramétrica. Este es un método no lineal más general que el kriging ordinario y el kriging indicador. Este método no usa solo los datos sino que considera las funciones de los datos, para lograr este objetivo este método requiere de hacer fuertes premisas asumiendo que todos los pares de datos vienen en una distribución normal bivariada.

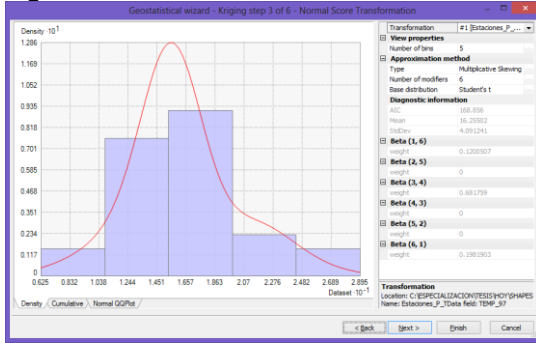
Para la generación de los Mapas de tendencia de la variable de Precipitación y teniendo en cuenta que la muestra se clasifico como No Paramétrica se utilizó el Método de Kriging Ordinario ya que es un buen método para analizar datos no paramétrico este es un método bastante complejo el cual utiliza el semivariograma para que pueda de esta manera obtener factores de optimización mejor ponderados el cual tiene en cuenta la autocorrelación espacial de la variable que se pretende interpolar, asumiendo que el valor medio constante es desconocido.

El método por Kriging ordinario utiliza la fórmula de cálculo matemático  $Z(s) = \mu(s) + \epsilon(s)$  en donde  $Z(s)$  es la variable de interés;  $\mu(s)$  la constante conocida (media),  $\epsilon(s)$  serán los errores aleatorios y  $s$  indica el sitio de estudio con coordenadas espaciales (latitud) y (longitud) Para la aplicación de Kriging se hace en dos etapas: en la primera etapa se cuantifica la estructura espacial de los datos y en la segunda etapa se realiza la predicción de los mismos.



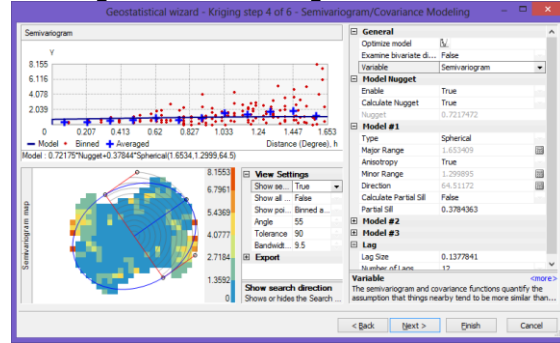
### 2.3.1. Interpolación Variable de Temperatura Año 1997

**Figura 22. Distribución de Frecuencia T-97**



Fuente: Autor

**Figura 23. Semivariograma T-97**

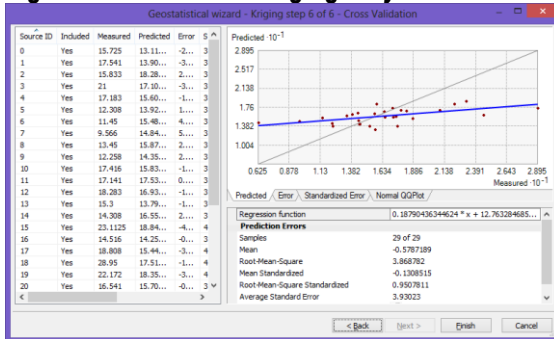


Fuente: Autor

Para la variable de temperatura del año 1997 los datos presentaron una distribución casi simétrica con un pequeño sesgo hacia la izquierda por lo cual se le aplicó el método paramétrico de interpolación Kriging Disyuntivo sin ningún tipo de transformación ya que según la distribución y el comportamiento de los datos estos no lo requieren.

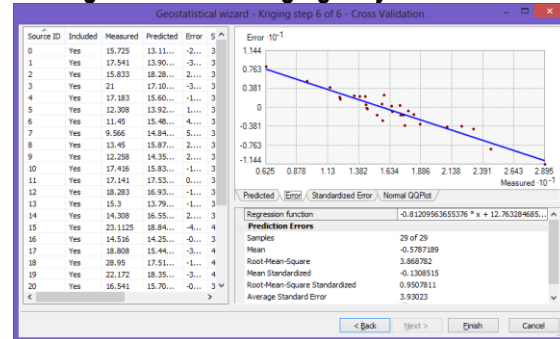
Para cuantificar la estructura espacial en primer lugar se hace el cálculo del semivariograma empírico, para la variable de temperatura del año 97, este se realizó sin aplicarle ningún tipo de transformación, mediante el mapa del semivariograma podemos determinar si la variable se comporta igual en todas las direcciones para el cálculo del semivariograma de la T-97 se determinó que es anisotrópico lo que quiere decir que las propiedades no son iguales en todas las direcciones y posteriormente el teórico mediante el ajuste de los datos de un modelo de dependencia espacial. Para la variable de temperatura se utilizó el tipo de modelo esférico, con anisotropía verdadera y con una distribución de 4 sectores.

**Figura 24. Predicción Kriging Disyuntivo T-97**



Fuente: Autor

**Figura 25. Error Kriging Disyuntivo T-97**

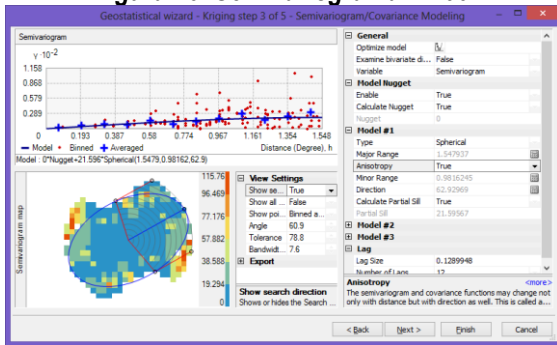


Fuente: Autor

En el mapa de predicciones (Figura 24) nos muestra la superficie interpolada a partir de los valores interpolados. Y en el mapa de errores (Figura 25) los errores estándar de predicción producido a partir de los valores interpolados.

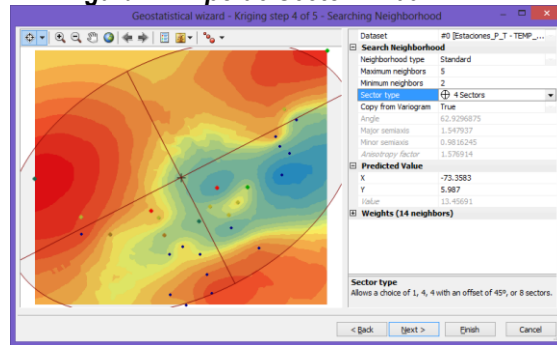
### 2.3.2. Interpolación Variable de Temperatura Año 2001

Figura 26. Semivariograma T-2001



Fuente: Autor

Figura 27. Tipo de Sector T-2001

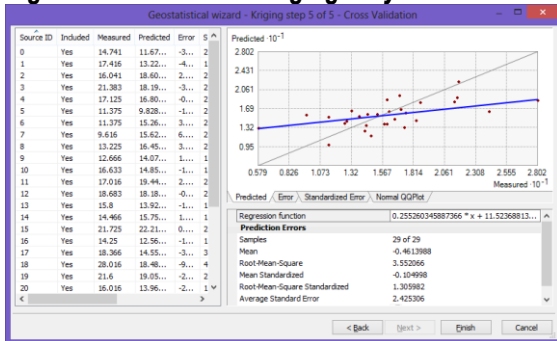


Fuente: Autor

Para la variable de temperatura del año 2001 los datos presentaron una distribución asimétrica de cola positiva hacia la izquierda por lo cual se le aplicó el método paramétrico de interpolación Kriging Disyuntivo con un método de transformación de datos Box-cox, con un parámetro de 0.8 para poder obtener que los datos se distribuyan normalmente.

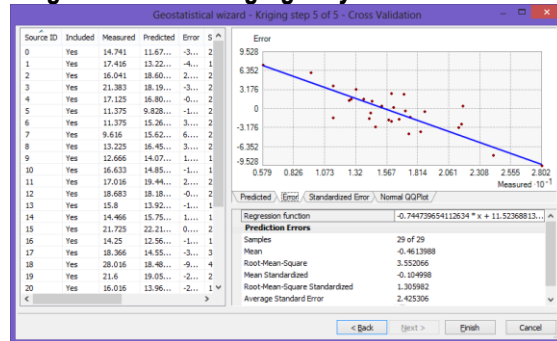
Para cuantificar la estructura espacial en primer lugar se hace el cálculo del semivariograma empírico, para la variable de temperatura del año 2001, este se realizó con un método de transformación de datos Box-cox, con un parámetro de 0.8, mediante el mapa del semivariograma podemos determinar si la variable se comporta igual en todas las direcciones para el cálculo del semivariograma de la T-2001 se determinó que es anisotrópico lo que quiere decir que las propiedades no son iguales en todas las direcciones y posteriormente el teórico mediante el ajuste de los datos de un modelo de dependencia espacial. Para la variable de temperatura se utilizó el tipo de modelo esférico, con anisotropía verdadera y con una distribución de 4 sectores.

Figura 28. Predicción Kriging Disyuntivo T-2001



Fuente: Autor

Figura 29. Error Kriging Disyuntivo T-2001



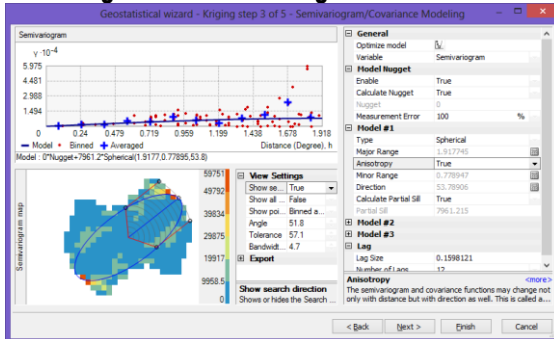
Fuente: Autor

### 2.3.3. Interpolación Variable de Precipitación Año 1997 - 2001

Para las variables de Precipitación del año 1997 y 2001 los datos presentaron un comportamiento asimétrico, sesgado hacia la izquierda con cola positiva hacia la derecha por lo cual se le aplicó el método No Paramétrico de interpolación Kriging Ordinario sin ningún tipo de transformación para no alterar la distribución y el comportamiento de los datos. Para cuantificar la estructura espacial en primer lugar se hace el cálculo del semivariograma empírico, para la variable de precipitación del año 97 y 2001, este se realizó sin aplicarle ningún tipo de transformación, mediante el mapa del semivariograma podemos determinar si la variable se comporta igual en todas las direcciones para

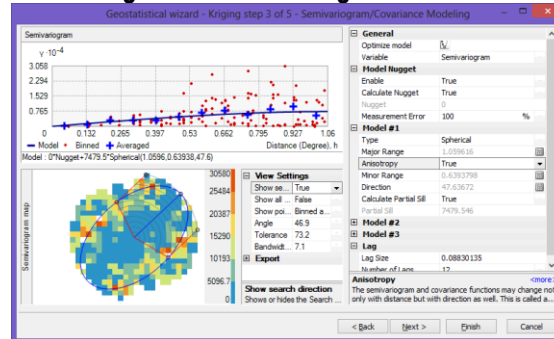
el cálculo del semivariograma de la P-97 y P-2001 se determinó que son anisotrópicas lo que quiere decir que las propiedades no son iguales en todas las direcciones y posteriormente el teórico mediante el ajuste de los datos de un modelo de dependencia espacial. Para la variable de precipitación se utilizó el tipo de modelo esférico, con anisotropía verdadera y con una distribución de 4 sectores.

**Figura 30. Semivariograma P-97**



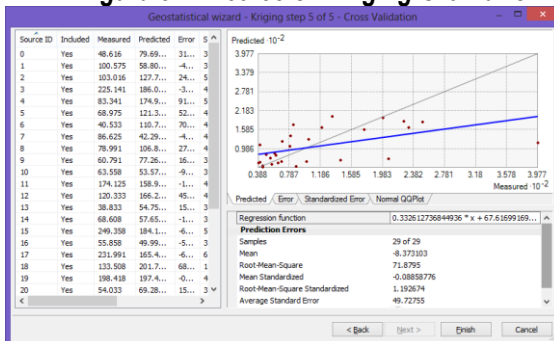
Fuente: Autor

**Figura 31. Semivariograma P-2001**



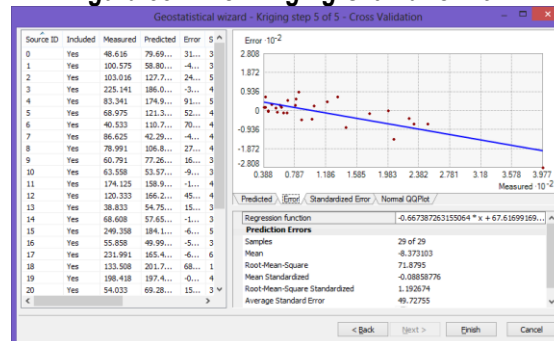
Fuente: Autor

**Figura 32. Predicción Kriging Ordinario T-97**



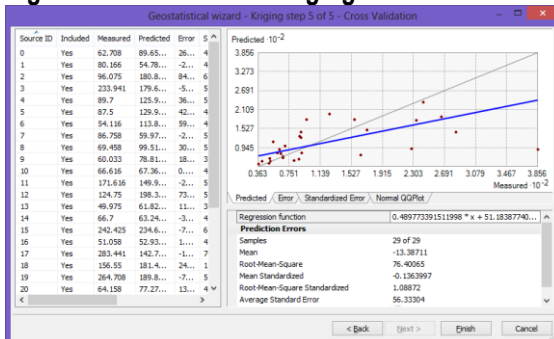
Fuente: Autor

**Figura 33. Error Kriging Ordinario T-97**



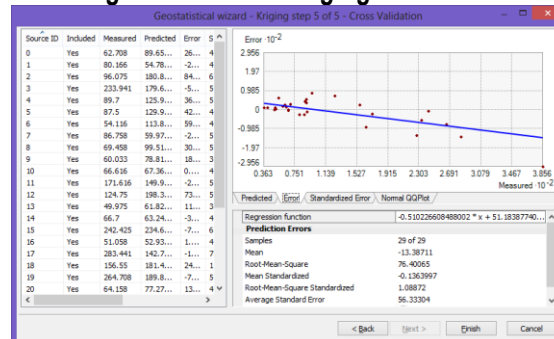
Fuente: Autor

**Figura 34. Predicción Kriging Ordinario T-2001**



Fuente: Autor

**Figura 34. Error Kriging Ordinario T-2001**



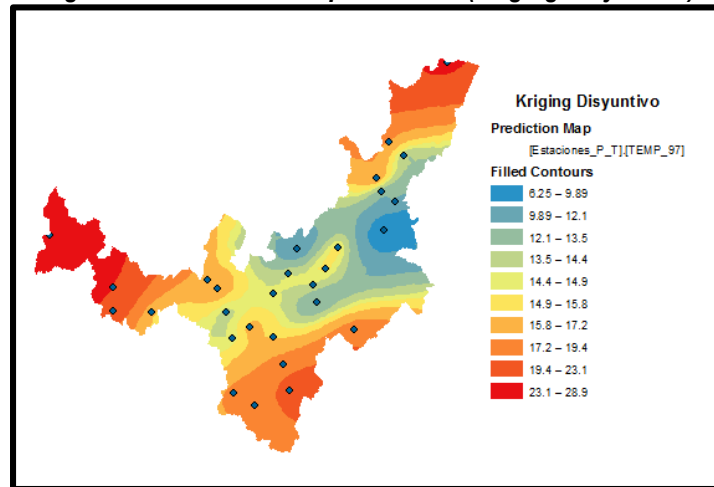
Fuente: Autor

## 2.4. VARIACION ESPACIO TEMPORAL

### 2.4.1. Mapa tendencial de Temperatura año 1997

Generación de mapa de tendencia mediante el metodo de Kriging Disyuntivo para la variable temperatura promedio mensual anual para el año 1997.

**Figura 35. - Variación Espacial T-97 (Kriging Disyuntivo)**



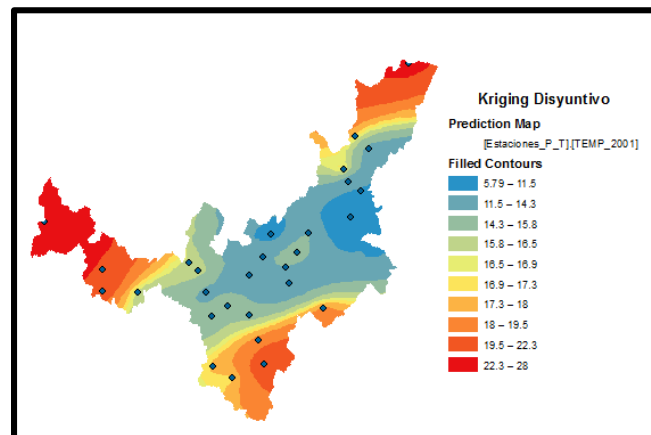
Fuente: Autor

Análisis de interpolación de Kriging Disyuntivo, dado a la naturaleza casi simétrica de los datos en el año 97, y los anteriores procedimientos de tipo no lineal de característica paramétrica, con el fin de obtener los mayores ajustes y resultados a la hora de realizar dicha interpolación se puede analizar que los niveles más altos de temperatura se presentan en las zonas extremas del departamento y se condensan las temperaturas más bajas en el centro del Departamento evidenciando un crecimiento paulatino de la temperatura hacia sus exteriores.

### 2.4.2. Mapa tendencial de Temperatura año 2001

Generación de mapa de tendencia mediante el metodo de Kriging Disyuntivo para la variable temperatura promedio mensual anual para el año 2001.

**Figura 36. - Variación Espacial T-2001 (Kriging Disyuntivo)**

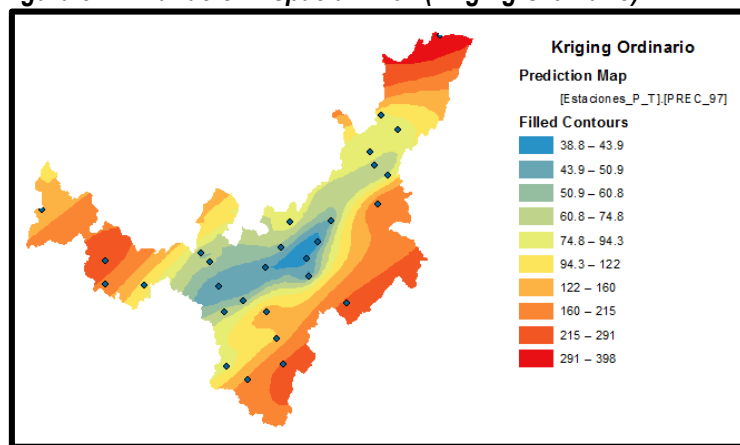


Fuente: Autor

Análisis de interpolación de Kriging Disyuntivo, dado a la naturaleza casi simétrica obtenida mediante el método de transformación de datos Box-cox, con un parámetro de 0.8 para poder obtener que los datos se distribuyan normalmente. Y así obtener los mayores ajustes y resultados a la hora de realizar dicha interpolación se puede analizar que los niveles más altos de temperatura se presentan en las zonas extremas del departamento y se condensan las temperaturas más bajas en el centro del Departamento evidenciando un crecimiento paulatino de la temperatura hacia sus exteriores. Cuya comparación cambia radical mente con la del año 97 pues el rango de amplitud de las bajas temperatura en el 2001 cubre más del 60%, casi que reemplazando las temperaturas medias con las temperaturas bajas del Departamento.

### 2.4.3. Mapa tendencial de Precipitación año 1997

**Figura 37. - Variación Espacial P-97 (Kriging Ordinario)**

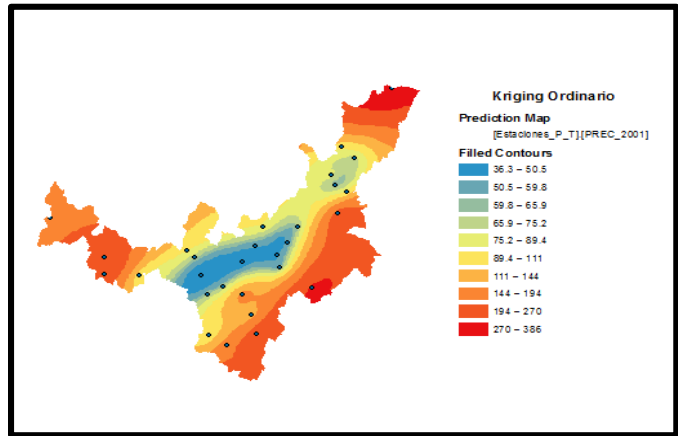


Fuente: Autor

Análisis de interpolación de Kriging Ordinario, dado a la naturaleza asimétrica de los datos en el año 97, y los anteriores procedimientos de tipo no lineal de característica paramétrica, con el fin de obtener los mayores ajustes y resultados a la hora de realizar dicha interpolación se puede analizar que los niveles más altos de precipitación se presentan en las zonas extremas del departamento y se condensan las precipitaciones más bajas en el centro del Departamento evidenciando un crecimiento paulatino de la variable hacia sus exteriores.

### 2.4.4. Mapa tendencial de Precipitación año 2001

**Figura 38. - Variación Espacial P-2001 (Kriging Ordinario)**



Fuente: Autor

Análisis de interpolación de Kriging Ordinario, dado a la naturaleza asimétrica de los datos en el año 2001, y los anteriores procedimientos de tipo no lineal de característica paramétrica, con el fin de obtener los mayores ajustes y resultados a la hora de realizar dicha interpolación se puede analizar que los niveles más altos de precipitación se presentan en las zonas extremas del departamento y se condensan las precipitaciones más bajas en el centro del Departamento evidenciando un crecimiento paulatino de la variable hacia sus exteriores. . Cuya comparación es casi imperceptible con la precipitación del año 1997 pues los cambios de precipitación son muy similares de pronto aumentan o disminuyen pero no se evidencia algún cambio abrupto en el nivel de la variable.

## 2.5. ANALISIS ESPACIO TEMPORAL MEDIANTE SPSS

Mediante el análisis de la variación espacio temporal aplicado con el paquete estadístico SPSS se construye una matriz de relación 1 a 1 con el 95% de confianza y así poder ver la significancia de la muestra de los datos.

El estadístico Fisher expone la teoría que dice que si  $P < 0.05$  existe una seguridad del 95% de confianza, siendo P la significancia, pero si  $P < 0.01$  lleva implícito un nivel de confianza del 99% de confianza. Pero si  $P > 0.05$  se dice que el azar no debe ser excluido como explicación de dicho hallazgo por lo cual se tiene en cuenta que dos variables no se encuentren asociadas o correlacionadas. Para este análisis se realizaron unos intervalos por rango de variaciones.

Tabla 1. Intervalos de Temperatura

INTERVALO	TEMPERATURA	
1	6,254	
2	9,56	14.51
3	15.3	17.6
4	18.28	18.8
5	21	24.55
6	28.95	

Fuente: Autor

## Variaciones Temporales de temperatura

**Figura 39. - Variación Temporal de Temperatura**

Warnings									
Post hoc tests are not performed for Temperatura because there are fewer than three groups.									
Descriptives									
Temperatura									
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
1997.00	29	16.4266	4.54977	.84487	14.6960	18.1573	6.25	28.95	
2001.00	29	16.1183	4.45245	.82680	14.4247	17.8119	5.79	28.02	
Total	58	16.2725	4.46442	.58621	15.0986	17.4463	5.79	28.95	
Test of Homogeneity of Variances									
Temperatura									
Levene Statistic	df1	df2	Sig.						
.004	1	56	.950						
ANOVA									
Temperatura									
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.				
Between Groups	1.378	1	1.378	.068	.795				
Within Groups	1134.692	56	20.262						
Total	1136.070	57							

Fuente: Autor

Se puede decir que las muestras de temperatura registradas no presentan diferencias considerables con una significancia del  $0.95 > 0.05$ , lo cual quiere decir que la variable se comporta igual y no existen variaciones representativas en el tiempo.

## Variaciones Espaciales temperatura

**Figura 40. - Variación Espacial de Temperatura**

(I) Intervalo	(J) Intervalo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-6.82950 <sup>a</sup>	.98233	.000	-9.7358	-3.9232
	3.00	-10.21221 <sup>a</sup>	.96997	.000	-13.0820	-7.3424
	4.00	-12.51250 <sup>a</sup>	1.14136	.000	-15.8893	-9.1357
	5.00	-16.43794 <sup>a</sup>	1.04192	.000	-19.5206	-13.3553
	6.00	-22.46050 <sup>a</sup>	1.31793	.000	-26.3597	-18.5613
2.00	1.00	6.82950 <sup>a</sup>	.98233	.000	3.9232	9.7358
	3.00	-3.38271 <sup>a</sup>	.41094	.000	-4.5985	-2.1669
	4.00	-5.68300 <sup>a</sup>	.72851	.000	-7.8384	-3.5276
	5.00	-9.60844 <sup>a</sup>	.56001	.000	-11.2653	-7.9516
	6.00	-15.63100 <sup>a</sup>	.98233	.000	-18.5373	-12.7247
3.00	1.00	10.21221 <sup>a</sup>	.96997	.000	7.3424	13.0820
	2.00	3.38271 <sup>a</sup>	.41094	.000	2.1669	4.5985
	4.00	-2.30029 <sup>a</sup>	.71176	.025	-4.4061	-.1945
	5.00	-6.22573 <sup>a</sup>	.53804	.000	-7.8176	-4.6339
	6.00	-12.24829 <sup>a</sup>	.96997	.000	-15.1181	-9.3785
4.00	1.00	12.51250 <sup>a</sup>	1.14136	.000	9.1357	15.8893
	2.00	5.68300 <sup>a</sup>	.72851	.000	3.5276	7.8384
	3.00	2.30029 <sup>a</sup>	.71176	.025	.1945	4.4061
	5.00	-3.92544 <sup>a</sup>	.80707	.000	-6.3132	-1.5377
	6.00	-9.94800 <sup>a</sup>	1.14136	.000	-13.3248	-6.5712
5.00	1.00	16.43794 <sup>a</sup>	1.04192	.000	13.3553	19.5206
	2.00	9.60844 <sup>a</sup>	.56001	.000	7.9516	11.2653
	3.00	6.22573 <sup>a</sup>	.53804	.000	4.6339	7.8176
	4.00	3.92544 <sup>a</sup>	.80707	.000	1.5377	6.3132
	6.00	-6.02256 <sup>a</sup>	1.04192	.000	-9.1052	-2.9399
6.00	1.00	22.46050 <sup>a</sup>	1.31793	.000	18.5613	26.3597
	2.00	15.63100 <sup>a</sup>	.98233	.000	12.7247	18.5373
	3.00	12.24829 <sup>a</sup>	.96997	.000	9.3785	15.1181
	4.00	9.94800 <sup>a</sup>	1.14136	.000	6.5712	13.3248

Fuente: Autor

A nivel general el análisis de la variación espacial de la temperatura nos muestra que la relación entre intervalos es de significancia de  $0.000 < 0.01$  ósea que es heterogénea lo que quiere decir que no se comportan igual espacialmente, exceptuando en los intervalos 3 y 4 cuyos valores de la muestra indican una relación homogénea.



Figura 41. - Variación Espacial de Temperatura

<b>Homogeneous Subsets</b>						
<b>Temperatura</b>						
Tukey HSD <sup>a..b</sup>						
Intervalo	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1.00	2	6.0225				
2.00	18		12.8520			
3.00	24			16.2347		
4.00	4			18.5350		
5.00	8				22.4604	
6.00	2					28.4830
Sig.		1.000	1.000	.145	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.075.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Fuente: Autor

### Variaciones Temporales Precipitaciones

Para este análisis se realizaron unos intervalos por rango de variaciones

Tabla 2. Intervalos de Precipitación

INTERVALO	PRECIPITACION	
1	3	
2	40.93	54.11
3	60.03	69.45
4	80.16	89.95
5	96.075	171.61
6	227	385.55

Fuente: Autor

**Figura 42. - Variación Temporal de Precipitación**

**Warnings**

Post hoc tests are not performed for Precipitation because there are fewer than three groups.

**Descriptives**

Precipitation

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1997.00	29	113.8621	84.48650	15.68875	81.7251	145.9990	38.83	397.71
2001.00	29	122.2293	88.84603	16.49829	88.4341	156.0245	36.28	385.56
Total	58	118.0457	86.03341	11.29674	95.4244	140.6670	36.28	397.71

**Test of Homogeneity of Variances**

Precipitation

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.203	1	56	.654

**ANOVA**

Precipitation

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1015.156	1	1015.156	.135	.715
Within Groups	420884.416	56	7515.793		
Total	421899.572	57			

**Fuente: Autor**

Se puede decir que las muestras de precipitación registradas no presentan diferencias considerables con una significancia del  $0.654 > 0.05$ , lo cual quiere decir que la variable se comporta igual y no existen variaciones representativas en el tiempo.

## Variaciones Espaciales Precipitación

**Figura 43. - Variación Espacial de Precipitación**

Multiple Comparisons						
Precipitation Tukey HSD						
(i) Intervalo	(j) Intervalo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	155.02511*	32.92851	.000	57.6028	252.4474
	3.00	130.63558*	32.51429	.002	34.4388	226.8324
	4.00	26.33775	38.25947	.982	-86.8567	139.5322
	5.00	-58.19063	34.92595	.560	-161.5225	45.1413
	6.00	71.43750	44.17823	.591	-59.2682	202.1432
2.00	1.00	-155.02511*	32.92851	.000	-252.4474	-57.6028
	3.00	-24.38953	13.77498	.493	-65.1442	16.3651
	4.00	-128.88736*	24.42043	.000	-200.9376	-56.4371
	5.00	-213.21574*	18.77214	.000	-268.7550	-157.6765
	6.00	-83.58761	32.92851	.132	-181.0099	13.8347
3.00	1.00	-130.63558*	32.51429	.002	-226.8324	-34.4388
	2.00	24.38953	13.77498	.493	-16.3651	65.1442
	4.00	-104.29783*	23.85897	.001	-174.8870	-33.7087
	5.00	-188.82621*	18.03569	.000	-242.1866	-135.4658
	6.00	-59.19808	32.51429	.462	-155.3949	36.9987
4.00	1.00	-26.33775	38.25947	.982	-139.5322	86.8567
	2.00	128.88736*	24.42043	.000	56.4371	200.9376
	3.00	104.29783*	23.85897	.001	33.7087	174.8870
	5.00	-84.52838*	27.05353	.033	-164.5689	-4.4878
	6.00	45.09975	38.25947	.845	-68.0947	158.2942
5.00	1.00	58.19063	34.92595	.560	-45.1413	161.5225
	2.00	213.21574*	18.77214	.000	157.6765	268.7550
	3.00	188.82621*	18.03569	.000	135.4658	242.1866
	4.00	84.52838*	27.05353	.033	4.4878	164.5689
	6.00	129.62813*	34.92595	.006	26.2962	232.9600
6.00	1.00	-71.43750	44.17823	.591	-202.1432	59.2682

Fuente: Autor

A nivel general el análisis de la variación espacial de la precipitación nos muestra que la mayoría de las relaciones entre intervalos es irregular pues no existe un patrón de referencia que nos indique una inclinación de los datos pues existen relaciones entre intervalos tanto homogéneos como heterogéneos.

**Figura 44. - Variación Espacial de Precipitación**

Homogeneous Subsets				
Precipitation				
Tukey HSD <sup>a, b</sup>				
Intervalo	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.00	18	61.4414		
3.00	24	85.8309		
6.00	2	145.0290	145.0290	
4.00	4		190.1288	190.1288
1.00	2		216.4665	216.4665
5.00	8			274.6571
Sig.		.092	.209	.086

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.075.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

```

ONEWAY Precipitation BY Periodo
/STATISTICS DESCRIPTIVES HOMOGENEITY
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05) .
    
```

Fuente: Autor

## Análisis de Correlación de Sperman

Figura 44. – Correlación de variables

**Nonparametric Correlations**

[DataSet1] C:\ESPECIALIZACION\TESIS\MATRICES\_ESTADISTICA\ESPACIO\_TEMPORAL.sav

**Correlations**

		Temperatura	Precipitacion
Spearman's rho	Temperatura	1.000	.587**
	Correlation Coefficient	.	.000
	Sig. (2-tailed)		
	N	58	58
	Precipitacion	.587**	1.000
	Correlation Coefficient	.000	.
	Sig. (2-tailed)		
	N	58	58

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

CORRELATIONS  
/VARIABLES=Temperatura Precipitacion  
/PRINT=TWOTAIL NOSIG  
/MISSING=PAIRWISE.

Fuente: Autor

Se hace el análisis de la correlación espacial entre las dos variables mediante el método de Sperman ya que este método tiene encuentra todos los datos sin excluir a ninguno pues el intervalo que utiliza para analizar los datos es más amplio. La matriz de relación 1 a 1 indica que la temperatura y la precipitación presentan un grado muy fuerte de correlación ya que una depende de la otra marcadamente con una significancia del 99% de confianza.

### 3. CONCLUSIONES

El resultado del análisis realizado a las 29 estaciones meteorológicas en el Departamento de Boyacá se evidencian de forma espacial mediante los mapas de tendencia los cuales nos permiten ver de forma clara el comportamiento de la variable tanto espacialmente como temporalmente ya que al hacer la comparación entre los dos años de la misma variable se pueden evidenciar claramente los cambios presentes o no en los dos periodos de tiempo analizados.

Mediante la prueba estadística obtenemos un reporte en el cual podemos observar el análisis descriptivo de las variables y el nivel de significancia para cada variable, este puede ser estimado mediante los intervalos planteados, observando el grado de homogeneidad o heterogeneidad que se presenta en las variables; como es el caso de la temperatura que no presenta niveles de variación considerables mientras que la precipitación muestra una variable de tendencia irregular en los dos periodos de tiempo.

El análisis de la correlación espacial nos confirma la relación e influencia entre las variables precipitación y temperatura.

Este tipo de métodos nos permiten evaluar con cierto grado de confianza cómo se comporta una variable en el espacio para determinar si la interpolación obtiene resultados satisfactorios que nos permitan hacer predicciones en el tiempo, para las cuales se evidencia mediante el estudio, que es

necesario obtener más datos de otras estaciones meteorológicas así como los registros de los años intermedios pues nos permite hacer un análisis más satisfactorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. V. D. y. A. M. J. R Cañadas Torrecillas, «Interpolación espacial y visual cartográfica para análisis de la justicia ambiental».
- [2] s. F. J. Cerrillo, «Análisis estadístico histórico de variabilidad climática».
- [3] J. A. V. Fandiño, «Teorías clásicas de estimación espacial y temporal».
- [4] A. R. Roda, «Métodos no determinísticos».
- [5] Corpoica, «Cuantificación e interpolación de tendencias locales de temperatura y precipitación en zonas alto andinas de Cundinamarca Boyacá (Colombia),» *Ciencia y tecnología agropuecuaria*.
- [6] F. S. y. J. Carrera, Geoestadística, aplicaciones a la Hidrogeología subterránea, Barcelona, 1990.
- [7] R. G. Henao, Introducción a la Geoestadística, Universidad Nacional de Colombia.
- [8] E. Pardo, Comparison of geostatistical methods for estimating the areal average limatological rainfall mean using data on precipitation and topography, 1999.