



## Análisis de las precipitaciones mensuales en el municipio de Zipaquirá- Cundinamarca en los años de 1994 -2018

Sandra Liliana Gómez Ayala<sup>1</sup> Juan Pablo Marín<sup>2</sup> y Yeidy Adriana Vanegas Parra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Química. Magíster en Química. Doctorado en Química. Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro. sandral.gomez@unilibre.edu.co

<sup>2</sup>Estudiantes Investigadores, Ingeniería Ambiental. juanp-marin@unilibre.edu.co, yeidy0904@gmail.com.

INNOVANDO EN LA U ISSN 2216 - 1236

### RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la variación de la precipitación en la estación Zipaquirá del departamento de Cundinamarca durante los años 1994 hasta el 2018, la información se obtuvo de la base de datos del gobierno colombiano. La forma del procesamiento de la información se realizó por medio de la herramienta MegaStat obteniendo datos estadísticos como media, rango, puntos máximos y mínimos para la variable de precipitación y el comportamiento a través de los años con los fenómenos del niño y la niña. Como resultados de la investigación para las medidas de tendencia central se evidenció un coeficiente de variación muy alto en todos los años, solo en los tres años presenta una similitud en los datos, con una media de 74.78 mm/L año, 76.24

mm/L año y de 75.23 mm/L año. El año 2011 obtuvo mayores lluvias con 1435.4 mm/L año y el año más seco fue el 2015 con 492.3 mm/L año. De acuerdo con los datos obtenidos por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) en los años 1999 y 2000 se evidenció presencia del fenómeno de la niña en todos los trimestres, y el trimestre de Nov-Dic-Ene, es el más caluroso y se encuentra en el 2015.

**Palabras clave:** Fenómeno de la niña, fenómeno del niño, histograma, precipitación, recurso hídrico

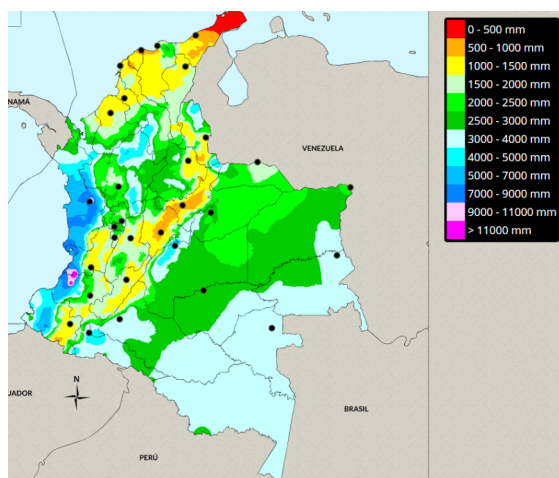
### 1. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos del niño y la niña son los causantes de las variaciones en los diferentes periodos del año, como son tiempos de lluvia o de estiaje, haciendo que se alteren las precipitaciones en las diferentes regiones del país (Enríquez et al, 2013). En este trabajo se analizó la variación de las precipitaciones entre los años 1994 a 2018 y el impacto de dichos fenómenos en estas.

#### 1.1 Descripción del problema

Según (Enríquez, Guzmán, & Narváez, 2013, pág. 2) en épocas calurosas del ciclo (fenómeno del niño) las precipitaciones de casi todo el país disminuyen, exceptuando la región del pacífico y sectores de la región amazónica, caso contrario cuando son épocas de lluvia aumentan las precipitaciones en la

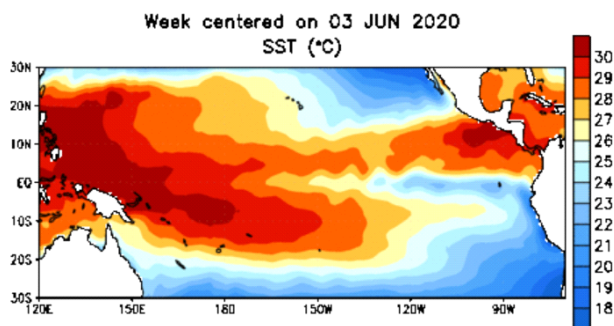
Figura 1. Precipitaciones anuales en Colombia



Fuente: IDEAM

gran parte del país y se reducen en la región pacífica. La disminución de las precipitaciones es directamente proporcional con la disponibilidad de agua en diferentes fuentes de abastecimiento que se presentan en el mundo, ya que este hace parte del ciclo hidrológico y los fenómenos del niño y la niña. Al tener desabastecimiento de agua en el planeta, se verán afectados los ecosistemas produciendo pérdida de hábitat de fauna y flora.

**Figura 2. Presencia actual de los fenómenos**



Fuente: NOAA

Según (Milly, Dunne, & Vecchia, 2005) los descensos y aumentos de precipitación por regionalización hacen que se aumente el cambio climático, (MINCIENCIAS, 2018), Colombia es uno de los países que contribuye a este fenómeno, por medio de la deforestación en el cual hace que se impida el ciclo hidrológico, ya que el Amazonas por su gran cantidad de árboles hace que el agua captada por la evapotranspiración de las plantas sea transportada por los vientos a la cordillera andina y ahí se generen las lluvias, que a causa de la tala indiscriminada disminuye notoriamente trayendo consecuencias negativas de acuerdo a (Lovejoy & Nobre, 2018).

### 1.2 Antecedentes

En el continente asiático se realizó un análisis acerca de la variabilidad de las precipitaciones en la cuenca del Río Indo, (Ijaz et al., 2018) utilizaron el método MannKendall y el estimador de pendientes Sen, realizando este proceso para cinco diferentes frecuencias de precipitación, obteniendo como resultado que las estaciones Garidopatta, Peshawar, Astore y Gupis son más sensibles a la variabilidad.

En la población de Mauritania en África, (Ely & Gokmen, 2019) emplearon para su estudio información entre los años (1919-2016) y métodos como MannKendall y enfoque de pendiente Sen para el cálculo de las pendientes, arrojando como resultado condiciones de sequía en todo el territorio en los años 70 y 80 y para el año 2010 con déficit de 100 mm para un periodo de 100 años con una disminución al final de los años.

En el municipio de Buenaventura se realizó el análisis de las precipitaciones de acuerdo a los fenómenos del niño y la niña, esta investigación se llevó a cabo por (Enríquez et al., 2013) concluyendo que existe una correlación inversa al comportamiento de ocurrencia de El Niño y La Niña y la cantidad de precipitación para la región pacífica colombiana.

### 1.3 Pregunta problema

¿Cuál es la variabilidad de las precipitaciones mensuales en el municipio de Zipaquirá-Cundinamarca en los años de 1994 -2018?

### 1.4 Justificación

El análisis de precipitación en una zona específica ayuda a evaluar y dar un pronóstico de época de lluvia o sequía para poder establecer siembras para aquellos municipios que viven de la agricultura, muchos de los municipios de la zona andina de Colombia viven económicamente de la agricultura y ganadería, el consumo de agua potable de estos municipios dependen mayormente de lagunas, estas son alimentadas por el ciclo hidrológico y una forma de realizar este ciclo natural es por medio de la precipitación y por eso se busca saber su variación e identificar si la precipitación presenta influencia por parte del fenómeno de la niña o el niño según (Enríquez, Guzmán, & Narváez, 2013), las plantas que distribuyen el recurso hídrico en épocas de sequía tienen mayor dificultad y los consumidores al tener conocimiento de este tipo de análisis pueden generar planes de consumo y uso para aquellas épocas de recortes, con ayuda del análisis también se puede determinar en qué época del año se presenta los fenómenos del niño y la niña, estos fenómenos naturales afectan con alta proporción a todas las fuentes de abastecimiento de agua y se generan cambios en el ciclo hidrológico por la presencia de altas temperaturas (Reyes, Santos, & Giraldo, 2016).

### 1.5 Objetivo general

Analizar las precipitaciones mensuales en el municipio de Zipaquirá-Cundinamarca en los años de 1994 -2018.

### 1.6 Objetivos específicos

- Determinar la precipitación máxima, media, mínima y rango de la zona de estudio.
- Establecer el comportamiento de las precipitaciones al transcurrir los años.
- Identificar la correlación de las precipitaciones respecto a los fenómenos del niño y la niña.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Localización

La estación que se utilizó para el estudio se encuentra ubicada en el municipio de Zipaquirá en el departamento de Cundinamarca.

### 2.2 Tipo de investigación

La investigación realizada es de tipo correlacional, pues, se analizaron las condiciones de precipitación en el municipio de Zipaquirá - Cundinamarca con los fenómenos del niño y la niña, para así, caracterizar este evento climático de acuerdo a su intensidad.

### 2.3 Definición de variables e indicadores

Las variables están determinadas a partir de los objetivos, las cuales son las descritas en la tabla 1, mediante estas se determinará la correlación entre las precipitaciones y el fenómeno del niño y la niña.

**Tabla 1.** Variables y su clasificación

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	Precipitaciones	l/m <sup>2</sup> mes
Independiente	Rango de datos según el periodo de tiempo	Años
Interviniente	Fenómeno del niño y niña	-

### 2.4 Técnicas de investigación

La información fue obtenida por medio de la página gubernamental datos.gov.co, la cual, se procesó con herramientas estadísticas como MegaStat, que permitieron el análisis y comprensión del comportamiento al transcurrir los años.

### 2.5 Análisis estadístico

Con ayuda del programa estadístico de MegaStat se realizó un análisis estadístico descriptivo de tipo cuantitativo con apoyo de tablas y gráficas según los modelos y formas ya establecidos.

### 2.6 Materiales

- Computador
- Aplicaciones de office como excel, word y power point.

### 2.7 Equipos de medición

Para esta investigación no se implementaron equipos de medición, debido a que, la información se encontraba disponible en la base de datos del gobierno colombiano.

### 2.8 Procedimiento

El proyecto se elaboró de acuerdo a cada uno de los objetivos específicos de la siguiente manera:

- Análisis de medidas de tendencia como base para la caracterización del lugar.
- Comparar por medio de graficas el comportamiento en cada año, clasificando los años que se encuentran las precipitaciones por debajo o encima de la media.
- Comparar los datos registrados en la NOAA con los obtenidos en la investigación.

### 2.9 Población y muestra

Población: Precipitación en el municipio de Zipaquirá años 1994-2018

Muestra: Precipitación mensual en la estación Zipaquirá por año.

### 3. RESULTADOS

Posterior a la obtención de la información se procedió a la digitalización y organización en una hoja de cálculo para establecer las medidas de tendencia de las precipitaciones y la relación con los fenómenos del niño y la niña.

#### 3.1 Datos fenómeno del niño y la niña

La información se analizó para el tiempo comprendido entre 1994 y 2018, información obtenida de la base de datos del gobierno colombiano y de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA).

**Tabla 2. Fenómeno del niño y la niña**

Año	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	MEDIA
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1	1.1	0.5
1995	1	0.7	0.5	0.3	0.1	0	-0.2	-0.5	-0.8	-1	-1	-1	-0.2
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4	1.2
1998	2.2	1.9	1.4	1	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-0.1
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1	-1	-1	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7	-1.2
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.1	0.6
2003	0.9	0.6	0.4	0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8	0
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9	0.1
2007	0.7	0.3	0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6	-0.6
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1	1.3	1.6	0.3
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6	-0.5
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1	-0.8
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0	-0.2	-0.1	-0.1
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.1
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6	1.5
2016	2.5	2.2	1.7	1	0.5	0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	0.4
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1	-0.2
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8	0

#### 3.2 Medidas de tendencia

La obtención de esta información se realizó con ayuda del complemento de MegaStat en excel, el cual nos ayudó a comprender de mejor manera el clima del lugar.

En la tabla 3 se puede evidenciar que el coeficiente de variación es muy alto en todos los años, quiere decir que, la dispersión en las precipitaciones anuales es alta, para los tres últimos años estudiados se puede observar una similitud en los datos, con una media de 74.78 mm/año, 76.24 mm/año y de 75.23 mm/año para los años 2016, 2017 y 2018, con estos datos se puede evidenciar la relación que presentaron estos años y la variabilidad del resto.

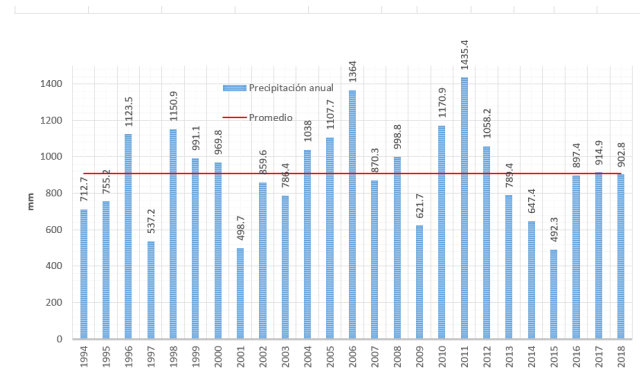
**Tabla 3. Análisis estadístico de las precipitaciones**

AÑO	Max	Min	Media	D Stdar	Rango	CV
1994	136.1	6.9	59.39	42.65	129.20	71.81%
1995	94.1	12	62.93	24.31	82.10	38.63%
1996	171.8	21.1	93.63	40.27	150.70	43.01%
1997	113.5	6.9	44.77	30.69	106.60	68.57%
1998	211.7	19.8	95.91	60.07	191.90	62.64%
1999	208.3	37.2	82.59	49.41	171.10	59.83%
2000	132.9	21.2	80.82	29.38	111.70	36.35%
2001	80.6	17.4	41.56	17.03	63.20	40.98%
2002	169.5	14.8	71.63	49.39	154.70	68.94%
2003	161.4	19	65.53	38.51	142.40	58.76%
2004	175	18.5	86.50	61.82	156.50	71.47%
2005	287	22.7	92.31	70.27	264.30	76.12%
2006	251.5	16.5	113.67	77.16	235.00	67.88%
2007	252.5	2.1	72.53	65.99	250.40	90.99%
2008	198.3	0	83.23	54.91	198.30	65.98%
2009	116.2	4.3	51.81	26.41	111.90	50.97%
2010	180.2	6.5	97.58	60.48	173.70	61.98%
2011	272.1	23.5	119.62	74.54	248.60	62.31%
2012	192.3	22.6	88.18	53.69	169.70	60.89%
2013	119	23.1	65.78	29.75	95.90	45.23%
2014	111.2	18.6	53.95	27.05	92.60	50.14%
2015	87.9	5.8	41.03	26.00	82.10	63.38%
2016	137.5	22.1	74.78	39.26	115.40	52.50%
2017	171	29.7	76.24	39.40	141.30	51.68%
2018	147.6	0.5	75.23	45.12	147.10	59.97%

#### 3.3 Comportamiento de las variables en el tiempo

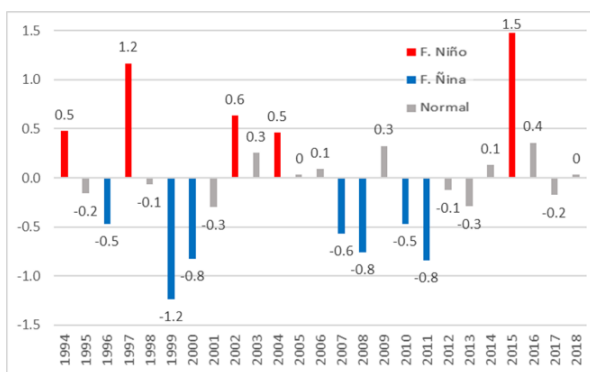
Con el fin de determinar la relación entre estas variables es necesario abarcar amplios periodos pues como ya se ha mencionado, existen épocas donde las precipitaciones y los fenómenos se acentúan más.

**Figura 3. Precipitación anual y promedio de las precipitaciones**



En la figura 3 se evidencia que los años más cercanos al promedio siendo este de 907.77 mm/l año, son: 1994, 1995, 2000, 2002, 2003, 2007, 2013, 2016, 2017 y 2018, con valores no muy variados, el año con mayores lluvias fue el 2011 con 1435.4 mm/l año y el año que obtuvo menor intensidad para la época estudiada fue el 2015 con 492.3 mm/l año.

**Figura 4. Fenómeno presente en cada año**



En la figura 4 podemos observar que los años donde predomina el fenómeno del niño, para 1997 y 2015 que es donde más se acentúa el evento al compararlo con la figura 1 podemos ver que estos años presentaron el menor valor de precipitación, también, para el año de 1999, 2000, 2008 y 2011 donde predomina el fenómeno de la niña, el valor de las precipitaciones es superior al promedio de todos los años.

#### 4. DISCUSIÓN

Según (Enríquez et al., 2013), entre septiembre de 1994 y marzo de 1995 se presentó el fenómeno del niño y se identifica una persistencia en las anomalías negativas, las cuales reflejan disminuciones de precipitaciones al comparar con el presente trabajo se evidencia el mismo fenómeno y la baja presencia de precipitaciones para esos dos años 1994 y 1995.

## 5. CONCLUSIONES

Gracias a los valores arrojados por las medidas de tendencias se puede inferir sobre las posibles condiciones que tendrán lugar en años futuros para los diferentes periodos.

El comportamiento de las precipitaciones al transcurrir los años es muy cambiante presentando un coeficiente de variación promedio para los años de 1994 a 2018 de 27.36%, así como años consecutivos con presencia de alguno de los dos fenómenos.

Existe correlación inversamente proporcional entre el fenómeno del niño y las precipitaciones de la zona, a mayor fenómeno menores lluvias, en cuanto al fenómeno de la niña se encuentra una relación directamente proporcional, a mayor fenómeno mayores lluvias.

### 5.1 Recomendaciones

Para una caracterización más amplia del lugar es necesario realizar el estudio con más estaciones, pues, para este caso solo tendría un radio de acción en el casco urbano del municipio de Zipaquirá en Cundinamarca.

### 5.2 Planes para el trabajo futuro

Continuar con un análisis más profundo que encierre toda la zona del municipio de Zipaquirá, para esto, se necesita implementar más estaciones y un mínimo de 30 años para realizar un estudio climatológico del lugar que permita la predicción de los siguientes años.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos a la docente titular de la asignatura y Co-investigadora, la Dra. Sandra Liliana Gómez Ayala por su orientación y revisión de la información.

## 7. REFERENCIAS

- Campos, C.** (2012). *MÉTODOS PARA DETERMINAR LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA - ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN HIDROLOGÍA*. <https://es.calameo.com/books/0023980456a706076f4ab>
- Ely, Y., & Gokmen, T.** (2019). *Spatial and temporal of variation of meteorological drought and precipitation trend analysis over whole Mauritania*. <https://www-sciencedirect-com.sibulgem.unilibre.edu.co/science/article/pii/S1464343X20300121>
- Enríquez, O., Guzmán, A., & Narváez, G.** (2013). *Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña*. 23. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v23n1/v23n1a13.pdf>
- Ijaz, A.** (2018). *Spatiotemporal analysis of precipitation variability in annual, seasonal and extreme values over upper Indus River basin*. <https://www-sciencedirect-com.sibulgem.unilibre.edu.co/science/article/pii/S0169809517312796>
- Milly, P., Dunne, K., & Vecchia, A.** (2005). *Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate*. *Nature*. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/nature04312>