



**ANALYSIS OF TIME SERIES OF PRECIPITATION (1990-2021) IN THE
MUNICIPALITY OF QUIBDÓ, DEPARTMENT OF CHOCÓ - USING SARIMA
MODELING**

**ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES DE PRECIPITACIÓN (1990-2021) EN EL
MUNICIPIO DE QUIBDÓ, DEPARTAMENTO CHOCÓ- USANDO MODELADO
SARIMA**

Janier Emir González Sanclemente^{1a}

RESUMEN

Objetivo. Analizar series temporales de precipitación entre 1990 y 2021 en el municipio de Quibdó, ubicado en el departamento del Chocó usando modelado SARIMA que permita hacer un pronóstico sobre las precipitaciones en el municipio. **Materiales y métodos.** Para efectos de este estudio se tomaron los datos de precipitación, de la estación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ubicada en el aeropuerto el Caraño de Quibdó, desde enero de 1990 a diciembre de 2021, se revisó si la precipitación presenta datos incompletos. Se verificó si la serie posee alguna tendencia. Para lo cual se hizo un pronóstico ajustando un modelo Seasonal Autoregressive Moving Average, SARIMA, esto fue realizado usando el programa R (R Core Team 2014). **Resultados.** Los resultados sugieren que la precipitación no presenta tendencia, mientras que su varianza inequívocamente está en aumento, se construyó un modelo SARIMA $(0, 0, 9) \times (0, 1, 1)_{12}$. **Conclusión.** Las series de tiempo de precipitación mensual exhiben una tendencia estacionaria referente al tiempo. La varianza anual para la precipitación no ha variado para la serie estudiada y modelo SARIMA obtenido es apropiado para la serie estudiada y se realizó un pronóstico para un período de 12 meses.

Palabras clave: Cambio Climático, Chocó, Precipitación, SARIMA, Series

1. Fundación Universitaria los Libertadores

a. Investigador Principal. Lic. Matemáticas y Física.



ANALYSIS OF TIME SERIES OF PRECIPITATION (1990-2021) IN THE MUNICIPALITY OF QUIBDÓ, DEPARTMENT OF CHOCÓ- USING SARIMA MODELING

ABSTRACT

Analyze time series of precipitation between 1990 and 2021 in the municipality of Quibdó, located in the department of Chocó using SARIMA modeling that allows forecasting rainfall in the municipality. Materials and methods. For the purposes of this study, the precipitation data was taken from the meteorological station of the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM) located at the El Caraño de Quibdó airport, from January 1990 to December 2021, it was reviewed if the precipitation presents incomplete data. It was verified if the series has any trend. For which a forecast was made by adjusting a Seasonal Autoregressive Moving Average model, SARIMA, this was done using the R program (R Core Team 2014). Results. The results suggest that precipitation does not present a trend, while its variance is unequivocally increasing, a SARIMA (0,0,9) x (0,1,1)₁₂ model was built. Conclusion. The monthly precipitation time series exhibit a stationary trend with respect to time. The annual variance for precipitation has not changed for the series studied and the SARIMA model obtained is appropriate for the series studied and a forecast was made for a period of 12 months.

Keywords: climate change, Chocó, precipitation, SARIMA, series



INTRODUCCIÓN

El planeta tierra es una hermosa habitación, en la cual existen diferentes y diversas formas de mantener la vida y sobrevivir o existir, dentro de este planeta Tierra las organizaciones de los pueblos en diferentes escenarios ha llevado a conformar pueblos con características diferentes y diversas.

Colombia es un hermoso país de Suramérica, que goza de una gran variedad de flora y fauna, pero las acciones del hombre han cambiado las condiciones iniciales en las cuales se ha comenzado a vivir en este espacio terráqueo.

Bonet, Jaime. (2008) señala que en la medida en que la zona de convergencia tiene un aire húmedo e inestable, que se alza sobre la contracorriente ecuatorial cálida, la región permanece con una abundante precipitación oceánica. De acuerdo con Bonet pueden distinguir un tipo de bosque húmedo tropical y el pantanoso, aunque el primero es el dominante en esta región.

La precipitación es una variable Meteorológicas, la cual puede

considerarse como variable física que se utiliza para estudiar el tiempo atmosférico y su evolución, para efectos de este estudio se considera la variable precipitación.

La información presentada por expertos sobre el cambio climático sugiere que habrán aumento en las sequías o precipitaciones y que serán más frecuente cada vez Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2014). Mostrando variabilidad que llegará a afectar incluso el ciclo del agua como lo señala Chaouche et ál. (2010). Este cambio tendrá un impacto considerable en la ecología, la fenología, Se muestra así que esta variable juega un papel fundamental dentro de la biota, y representa un gran desafío dentro de la biogeografía.

De acuerdo con Pabón (2001), La variable climatológica precipitación, sintetiza el comportamiento del clima de una región. Y es importante en la caracterización de las condiciones meteorológicas del departamento del Chocó que se estudien esta variable y que sobre ella se pueda avanzar en temas de investigaciones futuras.

Objetivo General.

Analizar series temporales de precipitación entre en el municipio de Quibdó, usando modelado ARIMA que permita hacer un pronóstico sobre las precipitaciones en el municipio y con base en ello se pueda pronosticar en las series de tiempo mensuales de precipitación.

Hipótesis de investigación.

Para esta investigación se considera la hipótesis como:

Las series de tiempo de precipitación anual exhiben una tendencia estacionaria referente al tiempo.

La varianza anual para la precipitación no ha variado para la serie estudiada.

Materiales y Métodos.

De acuerdo con los datos de la Gobernación del Chocó. (2020), El departamento del Chocó, está ubicado en el país de Colombia. Posee diferentes tipos de etnias: Negros o Afrocolombianos (75,68%), Amerindios o Indígenas (11,9%), Mestizos (7,42%) y Blancos (5,01%).

Limita por el Norte con la República de Panamá y el mar Caribe, por el Este con los departamentos de Antioquia, Risaralda y Valle del Cauca, por el Sur



Figura 1. Gráfica lugar de estudio señalado con el punto rojo. Fuente. <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

con el departamento del Valle de Cauca, y por el Oeste con el océano Pacífico. Tiene una extensión total:46.530 km².

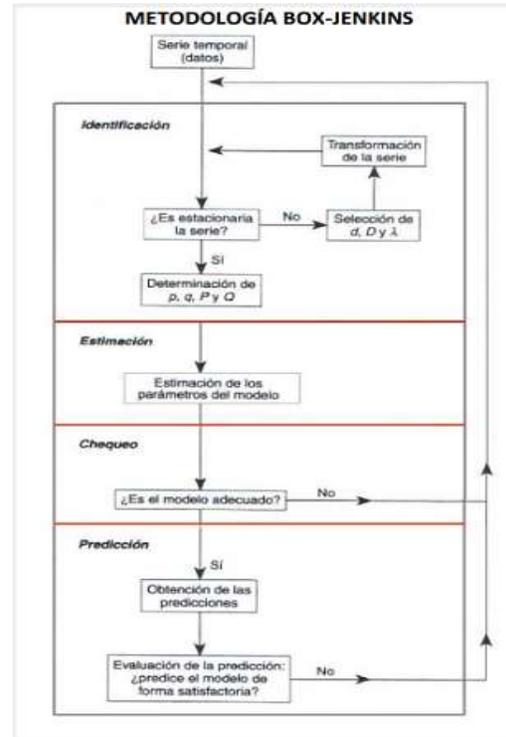
La altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): Está situado en el occidente del país, en la región de la llanura del Pacífico; localizado entre los 04°00'50" y 08°41'32" de latitud norte y los 76°02'57" y 77°53'38" de longitud oeste, está situado en el occidente del país, en la región de la llanura del Pacífico; localizado entre los 04°00'50" y 08°41'32" de latitud norte y los 76°02'57" y 77°53'38" de longitud oeste.

El chocó posee unas características geográficas particulares dentro de la diversa geografía nacional. Es considerado como uno de los pulmones del mundo y como uno de los lugares o zonas más lluviosas del mundo, una topografía que lo distingue significativa del país y posee una gran cantidad de ríos caudalosos, usados de manera significativa para el desarrollo de gran parte de las actividades económicas de sus habitantes.

Para efectos de este estudio se tomarán los datos de precipitación de la estación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ubicada en el aeropuerto el Caraño de Quibdó, desde enero de 1990 a diciembre de 2021 una ventana de observación de 31 años. Al tratarse de una serie de más de tres décadas, se considera lo suficientemente larga para realizar el estudio señalado

La metodología aplicada en esta investigación está basada en la Metodología **Box-Jenkins**, usada para estimar modelos de series de tiempo, dicha metodología se resume

en cuatro fases; identificación, estimación, diagnóstico y predicción:



- La primera fase consiste en **identificar** el posible modelo ARIMA que sigue la serie, lo que requiere:
 - Decidir qué transformaciones aplicar para convertir la serie observada en una serie estacionaria.
 - Determinar un modelo ARMA para la serie estacionaria, es decir, los órdenes p y q de su estructura autorregresiva y de media móvil.



- La segunda fase: **estimación**, En esta etapa se estiman los coeficientes de los términos autorregresivos y de media móvil incluidos en el modelo, cuyo número de rezagos p y q ya han sido identificados en la etapa anterior.
- La tercera fase es el **diagnostico**, donde se comprueba que los residuos no tienen estructura de dependencia y siguen un proceso de ruido blanco.
- La cuarta fase es la **predicción**, una vez que se ha obtenido un modelo adecuado se realizan predicciones con el mismo.

(Box y Jenkins, 1976; Guerrero, 2003).

Se realizó análisis estadístico y desarrollo de gráficos con ayuda del Software RStudio, es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para el lenguaje de programación R, dedicado a la computación estadística y gráficos. Incluye una consola, editor de sintaxis que apoya

la ejecución de código, así como herramientas para el trazado, la depuración y la gestión del espacio de trabajo.

Análisis descriptivo de los datos.

Se revisó si la precipitación presenta datos incompletos, si la serie posee alguna tendencia, se convirtió la base de datos a un dataframe de series de tiempo.

Al escribir en formato de serie de tiempo:

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1990 | 581.3 | 509.6 | 711.8 | 531.4 | 589.0 | 394.1 | 848.1 | 1103.6 | 761.2 | 645.5 | 876.1 | 534.9 |
| 1991 | 418.2 | 318.9 | 461.0 | 377.0 | 718.2 | 542.4 | 861.6 | 955.4 | 756.8 | 315.8 | 727.8 | 889.1 |
| 1992 | 469.7 | 300.1 | 258.8 | 376.1 | 743.2 | 485.4 | 926.4 | 819.0 | 1019.3 | 332.5 | 468.8 | 617.4 |
| 1993 | 636.2 | 447.3 | 646.0 | 701.2 | 451.7 | 777.7 | 727.8 | 565.0 | 363.0 | 701.8 | 344.0 | 444.4 |
| 1994 | 415.5 | 378.6 | 387.2 | 798.4 | 836.1 | 880.1 | 875.8 | 1096.8 | 473.7 | 687.9 | 879.6 | 534.7 |
| 1995 | 370.0 | 407.8 | 410.1 | 888.4 | 1037.8 | 815.8 | 788.4 | 843.0 | 780.1 | 311.4 | 955.7 | 449.1 |
| 1996 | 919.3 | 668.2 | 451.4 | 871.2 | 729.8 | 967.8 | 960.1 | 876.4 | 627.8 | 610.2 | 590.0 | 698.7 |
| 1997 | 708.6 | 781.4 | 178.9 | 567.6 | 618.8 | 718.1 | 428.5 | 866.7 | 550.7 | 465.1 | 442.1 | 298.9 |
| 1998 | 207.2 | 846.9 | 117.1 | 646.4 | 614.0 | 731.8 | 616.6 | 752.1 | 581.9 | 189.1 | 520.6 | 579.1 |
| 1999 | 525.0 | 545.6 | 750.8 | 753.1 | 574.3 | 676.7 | 955.8 | 874.1 | 825.1 | 569.6 | 776.5 | 650.2 |
| 2000 | 411.0 | 700.2 | 649.2 | 825.1 | 848.1 | 821.1 | 806.5 | 823.1 | 616.1 | 615.5 | 748.9 | 735.3 |
| 2001 | 711.4 | 218.5 | 114.2 | 628.4 | 1038.1 | 821.9 | 321.1 | 1478.4 | 783.1 | 407.7 | 1118.9 | 703.0 |
| 2002 | 506.9 | 239.9 | 454.1 | 1039.1 | 561.6 | 656.1 | 1093.8 | 808.0 | 829.5 | 459.7 | 663.6 | 647.8 |
| 2003 | 419.8 | 444.7 | 837.8 | 504.8 | 933.8 | 714.7 | 1086.1 | 718.4 | 663.1 | 746.8 | 518.1 | 589.8 |
| 2004 | 382.0 | 490.4 | 943.1 | 681.1 | 824.7 | 875.0 | 671.0 | 902.7 | 436.0 | 589.2 | 490.6 | 536.0 |
| 2005 | 589.5 | 742.6 | 829.9 | 1228.2 | 587.9 | 636.4 | 428.3 | 727.9 | 633.5 | 582.9 | 562.4 | 565.6 |
| 2006 | 878.7 | 706.8 | 518.2 | 532.1 | 804.5 | 796.7 | 878.1 | 1028.8 | 942.1 | 780.2 | 610.4 | 871.7 |
| 2007 | 757.3 | 317.7 | 490.8 | 800.2 | 942.2 | 1338.8 | 881.6 | 1046.8 | 849.0 | 647.8 | 711.9 | 611.8 |
| 2008 | 658.2 | 498.0 | 404.0 | 769.0 | 745.8 | 1050.2 | 889.9 | 677.0 | 621.8 | 712.8 | 610.7 | 981.5 |
| 2009 | 1008.7 | 457.5 | 614.0 | 582.4 | 585.1 | 714.9 | 886.4 | 1486.4 | 865.2 | 581.3 | 548.7 | 839.2 |
| 2010 | 703.9 | 363.4 | 892.2 | 738.2 | 667.1 | 828.0 | 678.9 | 1040.7 | 721.1 | 669.8 | 816.1 | 1183.1 |
| 2011 | 822.5 | 375.1 | 642.4 | 521.9 | 1096.8 | 843.1 | 1210.4 | 629.0 | 659.4 | 632.3 | 442.9 | 942.0 |
| 2012 | 1081.0 | 111.4 | 505.0 | 508.9 | 834.1 | 869.1 | 788.1 | 745.1 | 699.4 | 292.6 | 311.1 | 878.8 |
| 2013 | 413.2 | 388.0 | 557.1 | 402.7 | 618.7 | 797.0 | 1131.6 | 1083.1 | 667.1 | 597.8 | 311.1 | 603.8 |
| 2014 | 469.7 | 581.4 | 748.2 | 605.7 | 666.1 | 831.8 | 854.1 | 671.5 | 729.2 | 517.6 | 810.0 | 766.6 |
| 2015 | 800.4 | 357.1 | 599.9 | 469.0 | 841.2 | 717.1 | 136.0 | 780.9 | 715.4 | 581.1 | 401.8 | 383.7 |
| 2016 | 299.9 | 288.3 | 175.0 | 890.1 | 629.5 | 642.2 | 971.1 | 904.5 | 573.0 | 482.1 | 713.9 | 516.4 |
| 2017 | 420.7 | 318.4 | 719.1 | 359.9 | 552.7 | 741.2 | 1486.5 | 846.1 | 734.1 | 599.9 | 816.1 | 709.2 |
| 2018 | 845.1 | 428.4 | 821.2 | 467.7 | 823.4 | 877.8 | 731.1 | 781.1 | 626.8 | 411.0 | 828.1 | 716.0 |
| 2019 | 190.0 | 309.6 | 190.6 | 441.3 | 1033.7 | 731.8 | 1052.0 | 0.0 | 721.3 | 833.3 | 732.7 | 984.7 |
| 2020 | 874.6 | 554.2 | 398.4 | 601.4 | 1182.7 | 650.4 | 704.0 | 867.7 | 798.1 | 728.0 | 542.4 | 805.1 |
| 2021 | 822.2 | 672.0 | 881.4 | 907.1 | 787.6 | 199.9 | 910.1 | 944.1 | 497.1 | 611.2 | 21.8 | 781.7 |

Tabla 1. Análisis descriptivo de los datos. Elaboración propia.

El summary de los datos:

Tabla 2.

```

summary(PreciJ2)
Precipitaciones
Min.      : 0.0
1st Qu.  : 538.4
Median   : 663.4
Mean     : 676.3
3rd Qu.  : 804.4
Max.     :1494.4

```

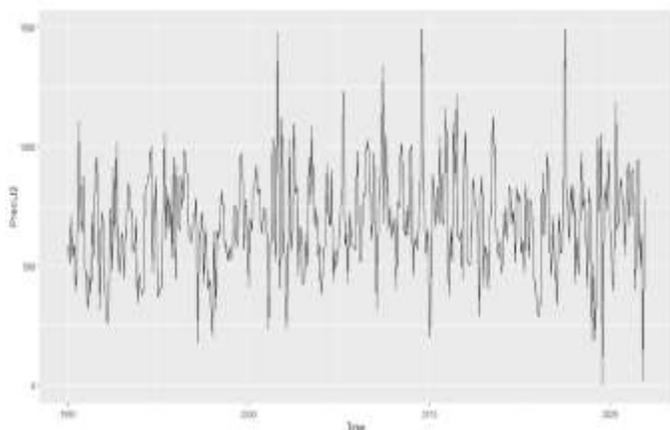
Tabla 2. Resumen de los datos. Fuente: Elaboración propia

Al realizar una diferencia estacional los resultados se muestran en:

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1991 | -165.1 | -189.7 | -248.8 | -158.4 | 129.2 | 148.3 | 313.1 | -148.2 | -54.4 | -329.7 | -148.3 | 134.4 |
| 1992 | 51.5 | -19.8 | -204.2 | -0.7 | 23.0 | -57.0 | 54.8 | -136.4 | 307.5 | 236.7 | -259.0 | -71.9 |
| 1993 | 168.5 | 147.2 | 387.2 | 334.9 | 110.5 | 292.2 | -188.6 | -54.0 | -450.7 | 149.3 | -124.2 | -153.0 |
| 1994 | -222.7 | -68.7 | -253.8 | 97.2 | -21.4 | 102.0 | 148.0 | 439.8 | -89.9 | -13.9 | 535.0 | 60.3 |
| 1995 | -45.5 | 29.2 | 18.3 | -130.0 | 227.5 | -264.7 | -77.4 | -159.2 | 306.8 | -136.3 | 76.1 | -71.6 |
| 1996 | 549.3 | 290.4 | 240.9 | 206.8 | -318.0 | 372.2 | 161.7 | 230.8 | -152.7 | 78.8 | -359.1 | 245.6 |
| 1997 | 210.7 | 113.2 | -472.5 | -312.6 | -80.0 | -261.5 | -531.6 | -211.7 | -117.6 | -205.1 | -154.5 | -395.8 |
| 1998 | -501.4 | -134.5 | 136.2 | 83.8 | -43.8 | 7.9 | 388.3 | 87.4 | 71.7 | 183.0 | 78.5 | 260.2 |
| 1999 | 327.8 | -201.3 | 439.7 | 196.9 | -37.7 | -57.1 | 119.0 | 222.0 | 343.2 | -18.5 | 357.9 | 71.1 |
| 2000 | -114.0 | 154.8 | -101.6 | 72.0 | 270.2 | 246.4 | -129.1 | -150.8 | -169.0 | 85.9 | -11.6 | 83.1 |
| 2001 | 300.4 | -461.7 | -135.0 | -195.9 | 190.0 | -291.2 | -283.0 | 655.1 | 109.0 | -227.8 | 174.0 | -32.3 |
| 2002 | -204.5 | 1.4 | -60.1 | 400.7 | -474.9 | 24.6 | 370.1 | -670.4 | 64.4 | 52.0 | -455.3 | -55.6 |
| 2003 | -87.3 | 204.8 | 183.5 | -325.3 | 394.3 | 103.2 | -7.7 | -49.6 | -166.4 | 287.1 | -125.3 | -57.6 |
| 2004 | -37.6 | 15.7 | -94.5 | 180.7 | -29.2 | -84.7 | -413.1 | 144.3 | -227.1 | -177.8 | -47.7 | -33.8 |
| 2005 | 207.3 | 281.2 | 286.8 | 342.7 | -318.8 | -58.6 | -244.7 | -174.8 | 197.5 | 11.7 | 91.8 | 9.8 |
| 2006 | 389.2 | -12.8 | -213.6 | -699.9 | 216.8 | 158.3 | 549.8 | 300.7 | 308.6 | 277.1 | 256.0 | 468.1 |
| 2007 | -221.4 | -391.1 | 174.5 | 287.9 | 137.7 | 544.1 | -296.5 | 18.2 | -93.1 | -112.6 | 141.5 | -362.1 |
| 2008 | -99.1 | 380.3 | -286.8 | -31.2 | -196.4 | -328.6 | 308.3 | -369.8 | -227.1 | 105.2 | -121.2 | 369.9 |
| 2009 | 348.5 | -240.5 | 210.0 | -176.6 | -180.5 | -291.3 | -103.5 | 817.4 | 243.3 | -157.5 | -84.0 | -322.3 |
| 2010 | -901.2 | -94.1 | 377.2 | 168.8 | 101.8 | 109.1 | -207.5 | -453.7 | -144.1 | 74.1 | 288.6 | 503.9 |
| 2011 | 418.0 | 11.7 | -348.8 | -237.3 | 429.7 | 15.3 | 537.5 | -411.7 | -111.7 | -17.3 | -301.4 | -221.1 |
| 2012 | 438.5 | 180.1 | -137.4 | -13.0 | -480.3 | 25.8 | -447.9 | 116.3 | 90.0 | -359.7 | 338.8 | -81.2 |
| 2013 | -647.8 | 90.6 | 47.1 | -196.1 | -17.8 | -72.1 | 353.1 | 139.8 | -31.9 | 305.3 | 248.0 | -273.2 |
| 2014 | 56.5 | -2.6 | 196.1 | 203.0 | 43.4 | 36.8 | -319.1 | -413.6 | 61.7 | -80.2 | 296.5 | 165.0 |
| 2015 | 330.7 | -26.3 | -148.3 | -138.7 | 185.1 | -116.3 | -248.3 | 109.4 | 6.2 | 63.7 | -428.2 | -384.9 |
| 2016 | -500.5 | -288.8 | -234.9 | 421.1 | -215.7 | -75.3 | 437.3 | 122.6 | -162.4 | -119.7 | 312.1 | 154.7 |
| 2017 | 120.8 | 30.1 | 344.1 | -330.2 | -76.8 | 89.0 | 116.3 | -38.0 | 131.5 | 137.8 | 120.2 | 170.8 |
| 2018 | 424.4 | 88.0 | -97.8 | -82.2 | 80.7 | 256.6 | -754.6 | -65.4 | -95.1 | -288.9 | -8.0 | 46.8 |
| 2019 | -655.1 | 83.2 | -430.7 | -24.2 | 402.3 | -246.2 | 316.5 | 782.1 | 92.9 | 424.3 | -95.4 | 228.7 |
| 2020 | 484.6 | 44.6 | 205.8 | 137.9 | 148.0 | -81.2 | -348.0 | 467.7 | 77.0 | -107.3 | -139.3 | -179.4 |
| 2021 | 257.8 | 117.8 | 487.0 | 306.1 | -116.1 | -250.5 | 226.5 | 76.4 | -301.2 | -94.8 | -120.6 | -23.6 |

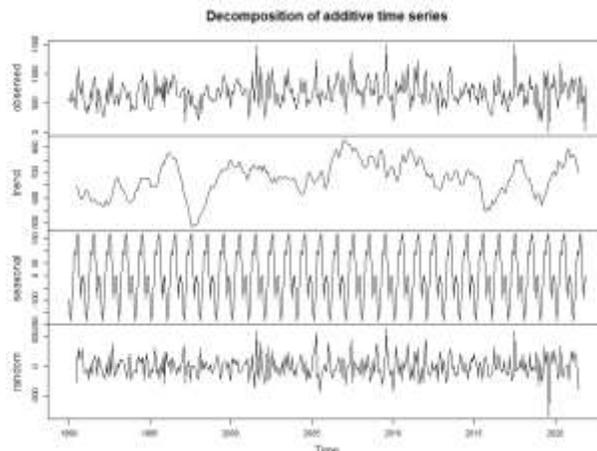
Tabla 3. Diferencia estacional de los datos. Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la gráfica 1. de los datos:



Gráfica 1. Gráfica de la serie de tiempo. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Ideam.

En la gráfica de los datos se puede apreciar que no presenta una tendencia, pero es posible mirar unos ciclos y al realizar la descomposición aditiva de la serie se observan otros patrones a describir en la siguiente gráfica 2



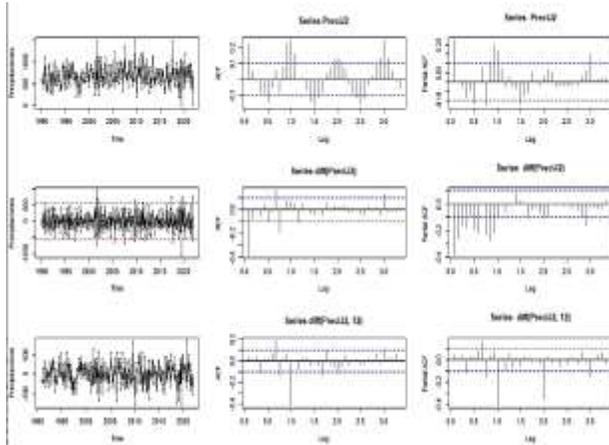
Gráfica 2. Componentes de la serie de tiempo para precipitación. Fuente elaboración propia.

En consecuencia, con la gráfica 2, se observa que el comportamiento histórico de la precipitación, desde los años 1990 al 2020 se tuvo una media de 676.3 mm de agua o su equivalente de litros por metro cuadrado, los meses con mayor precipitación es julio y agosto.

Identificación del modelo.

Se realiza la gráfica de la serie de tiempo asociada a la precipitación teniendo en cuenta la totalidad de los mismos. Se evidencia que la serie no cuenta con una tendencia clara, y que la varianza y la media no son constantes, lo anterior nos muestra que no es claro el comportamiento estacionario y es necesario realizar

pruebas sobre la serie, considerando además una diferencia estacional.



Gráfica 3. Serie de tiempo original para precipitación con estacional. Fuente elaboración propia

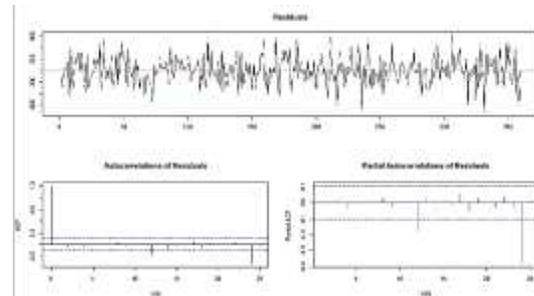
Se puede observar que el gráfico la serie parece estacionaria, al observar el ACF, se ven ciclos, lo cual da señal de estacionalidad, la segunda parte de la gráfica inmediatamente anterior hay disminución, pero parece haber ciclos aun, se procede a realizar el test de Dickey Fuller sobre la serie de tiempo, considerado también una diferencia estacional, como se señala a continuación:

| Test Dickey Fuller (DF) | |
|---|----------|
| Item | P- Valor |
| Serie de tiempo original | 0.01 |
| Serie de tiempo con diferencia estacional | 0.01 |

Tabla 4. Test de Dickey Fuller aplicado a la serie de tiempo inicial considerando una diferencia estacional por separado. Fuente: Elaboración propia.

Aunque para la serie original el test muestra estacionariedad sin ninguna modificación, es necesario tener cuidado con los ciclos.

Se procede a realizar test DF sobre la serie desestacionalizada.



Gráfica 4. Test DF sobre la serie desestacionalizada Fuente elaboración propia

Después de realizar el test DF usando el paquete tseries, test Phillips- perron y revisar los p-valores la serie desestacionalizada definitivamente cumple con el principio de estacionariedad y siguiendo con la metodología de Box-Jenkins, se utilizó esta para la propuesta de modelos Sarima.

Se propusieron diez modelos, para cada uno de ellos se realizó una evaluación de residuales en cuanto a correlación, normalidad y aleatoriedad, usando los test de Ljung-Box, Jarque-Bera y Run Test, los resultados se muestran a continuación:

comportamiento normal, no presenta tendencia, se asemeja a un ruido blando y con varianza cero.

Con el objetivo de tomar una decisión acertada del modelo y así realizar la predicción, se procedió a realizar el análisis de los residuos estandarizados, el ACF de los residuos y los p valores Ljung-Box los cuales se reflejan en el gráfico 7.

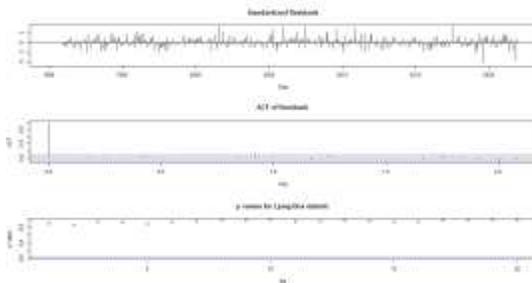


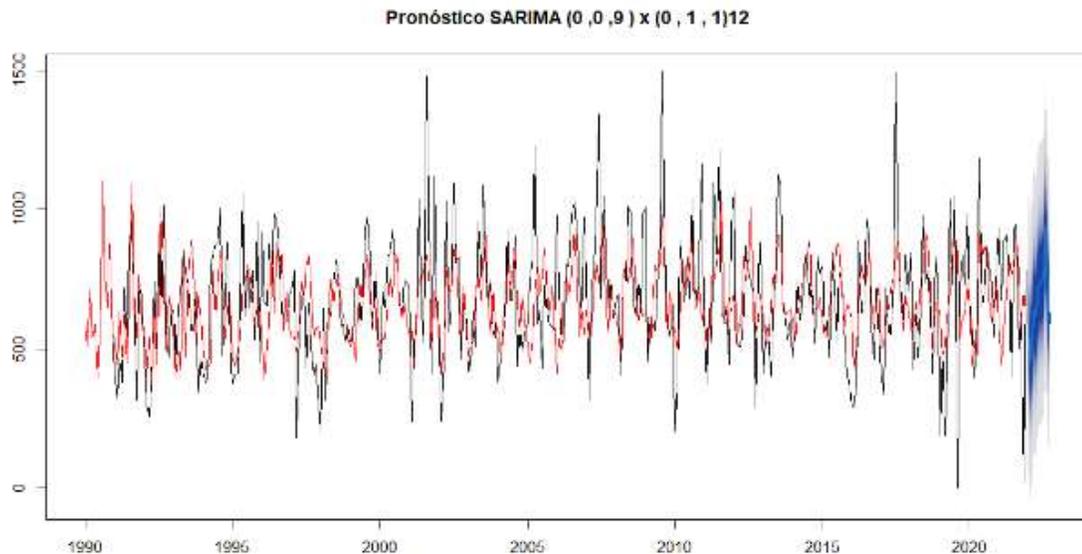
Gráfico 7. ACF y PCAF asociados al modelo seleccionado. Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar que, el modelo se ajusta bien y los residuales estandarizados se encuentran dentro de las bandas de confianza, y los valores de P son mayores a 0.05

Por último, se procede a la etapa de predicción.

Etapa de predicción.

Con el modelo seleccionado SARIMA (0,0,9) x (0,1,1)₁₂, se muestra el pronóstico de este modelo considerado, lo cual se muestra en el gráfico 8.



Gráfica 8. Pronóstico para la serie modelada con SARIMA (0,0,9) x (0,1,1)₁₂. Fuente: elaboración propia.



En la gráfica se puede apreciar que el pronóstico obtenido con un intervalo de confianza del 95%, presenta un comportamiento acorde al que presenta la serie original a lo largo del tiempo. Ahora, si bien el modelo no se adapta perfectamente a la serie de tiempo original, esta intenta seguir las diferentes tendencias de esta última, por tanto, la predicción refleja lo que las diferentes pruebas señalaban acerca del mismo.

Conclusiones.

La investigación muestra que para la serie de precipitación estudiada el modelo SARIMA $(0, 0, 9) \times (0, 1, 1)_{12}$, es el que mejor se adapta. Si bien este modelo no se adapta perfectamente del todo bien a la serie de precipitación estudiada, este sigue procura seguir las diferentes tendencias de la serie original de estudio.

Se sugiere considerar otras variables, como la humedad, fenómeno del niño y la niña, entre otras, que están relacionadas con las precipitaciones, es decir, se recomienda realizar un análisis multivariado para estudiar el

fenómeno, ya que es posible que, al considerar otras variables, se puedan obtener modelos que se adapten de una mejor manera a las series de tiempo asociadas a este fenómeno.

La predicción o pronóstico realizado con un intervalo de confianza del 95%, presenta un comportamiento acorde con el que presenta la serie original de precipitación a lo largo del tiempo para el período estudiado.

Las series de tiempo de precipitación mensual exhiben una tendencia estacionaria referente al tiempo. La varianza anual para la precipitación no ha variado para la serie estudiada

La utilización de un modelo SARIMA permite lograr un buen modelado para la serie de tiempo de precipitación, lo cual facilita tener una vista general del fenómeno de precipitación y su evolución en el tiempo.



Referencias

- Bonet-Morón, Jaime Alfredo, (2008). Economías del Pacífico colombiano. ¿Por qué es pobre el Chocó? Pág.:9-53. Editor. Vitoria de la Hoz, Joaquín: <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/1944>.
- Box, G. E. P. y Jenkins, Gwilym M. (1976). Time series analysis: Forecasting and control. Revised Edition. Oakland, California: Editorial Holden-Day, 1976.
- Chaouche, Keltoum, Luc Neppel, Claudine Dieulin, Nicolas Pujol, Bernard Ladouche, Eric Martin, Dallas Salas, e Yvan Caballero. 2010. "Analyses of Precipitation, Temperature and Evapotranspiration in a French Mediterranean Region in the Context of Climate Change." *Comptes Rendus Geoscience* 342(3): 234-243. doi: 10.1016/j.crte.2010.02.001.
- Urrutia, J. A., & Palomino Lemus, R. (2010). Componentes principales en la determinación de estaciones con patrones homogéneos de temperatura en el chocó. *Scientia Et Technica*, 2(45). <https://doi.org/10.22517/23447214.315>
- Gobernación del Chocó. (2015). http://www.choco.gov.co/informacion_general.shtml
- Pabón, J., J. Eslava & R. Gómez. 2001: Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. *Meteorología. Colombia*. 4:47-59. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad - Resumen para responsables de políticas; Contribución del Grupo de trabajo ii al Quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*, editado por Christopher Field, Vicente Barros, David Jon Dokken, Katharine J. Mach, Michael D. Mastrandrea, T. Eren Bilir, Monalisa Chatterjee, Kristie Ebi, Yuka Estrada, Robert Genova, Betelhem Girma, Eric Kissel, Andrew Levy, Sandy MacCracken, Patricia Mas-



trandrea y Lesly L. White.

Ginebra: Organización

Meteorológica Mundial

R Core Team. 2014. "R: A language
and environment for statis-tical
computing." R Foundation for
Statistical Computing, Vienna,
Austria. [http://www.R-
project.org/](http://www.R-project.org/).