

Comportamiento de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas del departamento de Olancho, Honduras

Behavior of rainfall in the meteorological stations of the department of Olancho, Honduras

Cómo citar:

Flores Pineda, J; Alvarado Sánchez, J; Ochoa Cervantez, D. (2023). Comportamiento de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas del departamento de Olancho, Honduras. *Tatascán*, 31(1), 49-60. <https://doi.org/10.5377/tatascan.v31i1.15937>

<https://doi.org/10.5377/tatascan.v31i1.15937>

Recibido 28/11/2022 Aceptado 10/01/2023

Josué Omar Flores Pineda 

 <https://orcid.org/0000-0001-6927-2758>

Universidad Nacional de Ciencias Forestales

j.flores@unacifor.edu.hn

José Fidel Alvarado Sánchez

 <https://orcid.org/0000-0001-8363-9405>

Universidad Nacional de Ciencias Forestales

j.alvarado@unacifor.edu.hn

Dani Oved Ochoa Cervantez

 <https://orcid.org/0000-0002-7707-9461>

Universidad Nacional de Ciencias Forestales

d.ochoa@unacifor.edu.hn

Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar el comportamiento de las precipitaciones en el departamento de Olancho durante el período de 1967 al 2006 para evaluar los fenómenos registrados y proyectar el comportamiento futuro. Este trabajo empleó el método teórico lógico y el método analítico sintético, considerando un tipo de muestreo no probabilístico, con enfoque cuantitativo descriptivo explicativo donde predomina lo cuantitativo. La aplicación de los métodos, muestran como resultados una distribución bimodal, con su máximo principal en septiembre y octubre y otro secundario en junio y julio, de igual forma los valores mínimos se encuentran en febrero, marzo y abril. El comportamiento de los días con lluvia indica que junio es el

mes con mayor cantidad, así mismo, los análisis muestran valores con anomalías extremas de precipitación en el año 1967 con un registro de 1,799.44 mm, esto se debió al paso de huracanes por el territorio. También se encontró un comportamiento mínimo de precipitación de 687.99 mm en el 2001 y se debió a un evento hidrometeorológico anormal que se produjo en toda Centroamérica. Finalmente, los coeficientes de variación tanto para la precipitación anual y los días con lluvia anuales se encontraron en un rango < 30% lo que mostró que los datos son relativamente homogéneos manteniendo una media representativa.

Palabras clave: Precipitación, días lluviosos, series de tiempo, comportamiento.

Abstract

The objective of this work was to identify rainfall behavior in the department of Olancho during the period from 1967 to 2006 to evaluate registered phenomena and project future behavior. This work used the logical theoretical method and the synthetic analytical method, considering a type of non-probabilistic sampling, with an explanatory de-

scriptive quantitative approach where the quantitative predominates. The application of the methods, show as results a bimodal distribution, with its main maximum in september and october and another secondary in june and july, in the same way the minimum values are found in february, march and april. The behavior of the days with rain indicates

that June is the month with the greatest amount, likewise, the analysis shows values with extreme precipitation anomalies in 1967 with a record of 1,799.44 mm, this was due to the passage of hurricanes through the territory. A minimum precipitation behavior of 687.99 mm was also found in 2001 and was due to an abnormal hydrometeorological event

that occurred throughout Central America. Finally, the variation coefficients for both annual rainfall and annual rainy days were found in a range <30%, which showed that the data is relatively homogeneous maintaining a representative average.

Keywords: Precipitation, rainy days, time series, anomalies, behavior.

Introducción

Durante las últimas décadas se han elaborado diferentes estudios en los cuales se busca demostrar el comportamiento de los fenómenos conocidos como el Niño y la Niña. En la mayoría de estas investigaciones, se muestra generalmente que durante la fase cálida del ciclo (fenómeno de el Niño), los registros de precipitación disminuyen en el país, a excepción de la región pacífica y de algunos sectores de la región Amazónica; por lo tanto, durante la fase fría (fenómeno de la Niña), las condiciones son contrarias: aumentan los registros de precipitación en casi todo el país y disminuyen en la región pacífica (Enríquez *et al.*, 2014).

De acuerdo con Sousa (2019), el diagnóstico de series temporales de precipitación funciona como una herramienta apta para analizar la evolución del clima pasado y presente, esta técnica permite analizar las anomalías, tendencias e impactos en las lluvias en una determinada región. De igual manera Álvarez *et al.*, (2012), indica que el estudio comprende periodos de años en los cuales la metodología utilizada inserta entre los procedimientos estadísticos propios del análisis de series temporales, a lo cual la misma permite conocer las causas de los movimientos experimentados en una serie de tiempo, conocidos como componentes: variaciones temporales, tendencia, ciclicidad y componente aleatoria.

En tal sentido, para estudiar el comportamiento de las precipitaciones en el Departamento de Olancho, Honduras durante el período 1967 al 2006, se asumió el registro de los datos de doce estaciones activas establecidas e inscritas por la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras a través de la Dirección General de Recursos Hídricos y el departamento de Servicios Hidrológicos y Climatológicos.

Materiales y métodos.

En esta investigación se utilizó un enfoque cuantitativo descriptivo explicativo donde predomina lo cuantitativo denominándolo de esta manera debido a que la investigación estuvo enfocada en los datos obtenidos de las doce estaciones meteorológicas que registraron la precipitación y el comportamiento en el periodo de 1967 al 2006, tiempo en el que se buscó un cambio significativo en las variables agroclimáticas.

De igual forma se logró describir y explicar la precipitación por año en el departamento de Olancho tomando en consideración los posibles comportamientos de las precipitaciones en el periodo descrito.

Población y muestra

Se tomaron como referencias históricas de precipitación 12 de las 14 estaciones activas ubicadas en el departamento de Olancho, de acuerdo con la información inscrita en la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras, la Dirección General de Recursos Hídricos y por el departamento de Servicios Hidrológicos y Climatológicos. Las estaciones se encuentran ubicadas en los municipios de Campamento, Esquipulas del Norte, Silca en la aldea de Guayabillas, Jano, Juticalpa en la aldea de La Lima, La Unión, San Esteban en la aldea de La Conce, La Unión en la aldea de La Suncuya, Campamento en la aldea del El Nance, El Rosario, Salamá y Yocón en la aldea de Plan del Conejo.

Instrumentos de recolección de datos

Para recolectar la información se utilizó la herramienta de observación y análisis documental, así como lo establece Solís Hernández (2003), indicando que la herramienta consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. Así mismo, el análisis documental, permite seleccionar las ideas informativamente relevantes de un documento a fin de expresar su contenido sin ambigüedades para recuperar la información.

Considerando dicho método, se recolectó información de artículos técnicos realizados con monitoreos de precipitación en Honduras, información diaria de las estaciones meteorológicas activas en las 12 estaciones ubicadas en el departamento de Olancho, así como aquellas investigaciones similares que se elaboraron en países de la región, entre estos México que cuenta con información sobre el desarrollo de estaciones meteorológicas con el fin de mejorar la captación y el aprovechamiento del agua en el medio rural teniendo conocimiento sobre las variables climáticas.

Análisis estadístico

En las etapas del análisis estadístico se implementaron y consideraron las medidas de posición o tendencia central al igual que las de dispersión o de variabilidad. De lo anteriormente planteado se dedujeron cambios en series temporales, regresión para el cálculo de datos mensuales faltantes de precipitación, recolección y procesamiento de series temporales, seguido de un análisis exploratorio de datos, culminando con la aplicación de pruebas estadísticas e Interpretación de resultados.

De lo anteriormente planteado se realizó el estudio de las series de precipitaciones, para ello se utilizaron los datos de precipitación mensual de las 12 estaciones meteorológicas del departamento de Olancho, calculando los acumulados anuales y promedios mensuales de cada estación. De esta forma, se aportaron datos objetivos acerca de las variaciones sufridas en precipitaciones a lo largo de los años mediante el uso de series de tiempo. Con respecto a las evaluaciones, se consideró una serie que aporta datos de aproximadamente 40 años, desde 1967 hasta el año 2006, precipitación total; y doce series, en las que mes a mes, desde enero hasta diciembre, se analizan las fluctuaciones ocurridas a lo largo del periodo estudiado sobre las precipitaciones.

Procesos autorregresivos integrados de medias móviles (ARIMA)

La mayor parte de las series no son estacionarias, para ajustar una serie no estacionaria fue necesario eliminar la fuente de variación no estacionaria. Si la serie de tiempo observada no es estacionaria en la media, lo cual implica que la serie presenta en su comportamiento una tendencia de tipo polinomial no determinista (no estacionariedad homogénea), entonces se tomaron las diferencias de las series para obtener una serie estacionaria.

Si Z_t es un proceso original no estacionario, con tendencia polinomial adaptivo de orden, entonces, se puede obtener un nuevo proceso tal que es estacionario el cual da origen a un proceso autorregresivo integrado de medias móviles (Chávez Quisbert, 1997).

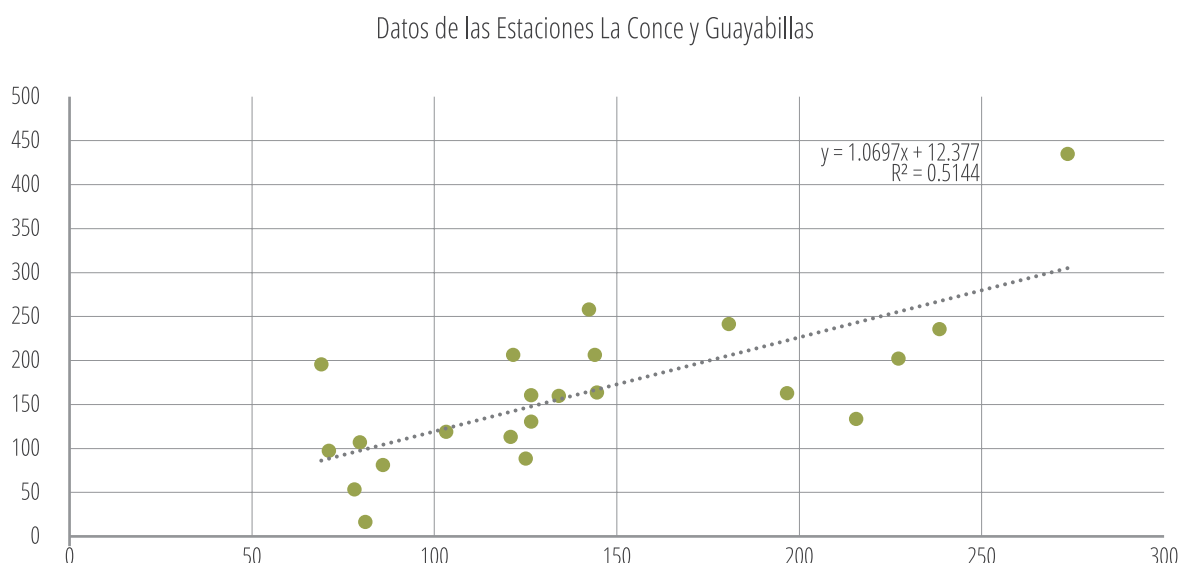
Resultados

Los datos del registro de las precipitaciones se obtuvieron de la Secretaria de Recursos Naturales a través de la Dirección General de Recursos Hídricos y el departamento de Servicios Hidrológicos y Climatológicos. Para asegurar el análisis estadístico y generar resultados confiables, se tomaron en cuenta 12 de las 14 estaciones que registraron la mayor cantidad de información, todas estas ubicadas en los municipios de Campamento, Esquipulas del Norte, Silca en la aldea de Guayabillas, Jano, Juticalpa en la aldea de La Lima, La Unión, San Esteban en la aldea de La Conce, La Unión en la aldea de La Suncuya, Campamento en la aldea del El Nance, El Rosario, Salamá y Yocón en la aldea de Plan del Conejo.

Se llevó a cabo una revisión y limpieza de información, encontrándose la falta de registro de las precipitaciones caídas en 1985 y 1990, específicamente en la estación denominada las Guayabillas. Producto de este proceso se calculó una regresión lineal utilizando información de la estación más cercana a los datos faltantes, tal como se ilustra en la figura 1.

Figura 1

Regresión lineal entre las precipitaciones de las estaciones meteorológicas La Conce y las Guayabillas



A partir de la ecuación $Y=12.377 + 1.0697(X)$ generada en la regresión, donde Y representa datos de precipitación faltantes y X igual a dato de precipitación de la estación más cercana, se calcularon los valores de precipitación faltantes en algunos meses de la estación las Guayabillas que por algún motivo no registró datos. Dicho procedimiento se elaboró para las demás estaciones que contaban con datos faltantes. En el cuadro 1 se muestran en color rojo los valores encontrados con la aplicación de la regresión lineal.

Cuadro 1

Registro de datos faltantes de las estaciones meteorológicas

| AÑO | Agosto / La Conce | Agosto / Guayabillas | AÑO | Agosto / La Conce | Agosto / Guayabillas |
|------|-------------------|----------------------|------|-------------------|----------------------|
| 1983 | 81.00 | 16.60 | 1995 | 273.50 | 435.20 |
| 1984 | 121.50 | 206.40 | 1996 | 180.70 | 241.50 |
| 1985 | 110.30 | 122.07 | 1997 | 120.90 | 113.30 |
| 1986 | 142.30 | 258.10 | 1998 | 69.00 | 195.90 |
| 1987 | 227.10 | 202.40 | 1999 | 71.00 | 97.70 |
| 1988 | 143.90 | 206.60 | 2000 | 103.20 | 119.20 |
| 1989 | 196.60 | 163.20 | 2001 | 144.50 | 163.80 |
| 1990 | 163.70 | 181.17 | 2002 | 125.00 | 88.60 |
| 1991 | 79.50 | 107.10 | 2003 | 126.50 | 130.70 |
| 1992 | 85.80 | 81.30 | 2004 | 126.50 | 160.80 |
| 1993 | 238.40 | 236.00 | 2005 | 215.50 | 133.90 |
| 1994 | 134.10 | 160.10 | 2006 | 78.00 | 53.40 |

A partir de la información generada en el cuadro 1, en el cuadro 2, se muestran los estadígrafos encontrados de los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de Olancho para el periodo comprendido entre 1967 al 2006.

Cuadro 2

Parámetros estadísticos de precipitación del periodo 1967 a 2006

| Períodos | Mínima (mm) | Máxima (mm) | Media (mm) | Coefficiente de Variación (CV) |
|----------|-------------|-------------|------------|--------------------------------|
| Mensual | 24.00 | 168.56 | 97.9228 | 61.45% |
| Anual | 687.99 | 1,799.44 | 1,175.07 | 19.07% |

De igual manera, la tabla 3 muestra los estadígrafos encontrados de los datos de días con lluvia de las estaciones meteorológicas registradas en el departamento de Olancho durante el periodo comprendido entre 1967 al 2006.

Cuadro 3

Parámetros estadísticos de días de lluvia del periodo 1967 a 2006.

| Períodos | Mínima (Días) | Máxima (Días) | Media (Días) | Coefficiente de Variación (CV) |
|----------|---------------|---------------|--------------|--------------------------------|
| Mensual | 3.88 | 18.30 | 11.67 | 44.13 % |
| Anual | 94 | 202 | 140.05 | 17.12 % |

A partir de los resultados encontrados, se puede establecer que las precipitaciones registradas en forma mensual respecto a la mínima, máxima y media con relación al coeficiente de variación, se mantiene constante y en comparación con estudios relacionados abordados en países de la región latinoamericana muestran similitudes con Alvarez (2012), en el cual la variabilidad fue muy alta y se corroboró con el análisis de los coeficientes de variación, que alcanzaron valores por encima de 41 % en todos los meses, en especial en el período poco lluvioso, con oscilaciones promedio de 200 mm.

Caracterización de los eventos más relevantes de las precipitaciones en el departamento de Olancho, Honduras

Tomando en consideración los datos obtenidos de las 12 estaciones meteorológicas, al realizar un análisis con el programa de acceso libre R y *Rstudio*, se obtuvieron los resultados siguientes de anomalías. En el cuadro 4 se muestran promedios de las precipitaciones del período estudiado.

Cuadro 4

Datos de promedios de precipitación de 40 años de 12 estaciones meteorológicas del departamento de Olancho, Honduras.

| AÑO | ENE (mm) | FEB (mm) | MAR (mm) | ABR (mm) | MAY (mm) | JUN (mm) | JUL (mm) | AGO (mm) | SEP (mm) | OCT (mm) | NOV (mm) | DIC (mm) |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1967 | 99.81 | 57.79 | 27.82 | 32.1 | 50.2 | 188.35 | 221.25 | 107.9 | 135.3 | 163.1 | 148.1 | 77.85 |
| 1968 | 89.75 | 40.2 | 29 | 14.4 | 226.15 | 176.95 | 137.75 | 167.95 | 233.5 | 231.6 | 116.2 | 120.85 |
| 1969 | 53.8 | 33.93 | 82.53 | 23.73 | 220.5 | 304.9 | 212.8 | 212.63 | 227.53 | 230.73 | 126.43 | 69.93 |
| 1970 | 70.83 | 25.73 | 9.13 | 10.37 | 154.13 | 145.43 | 168 | 105.7 | 189.87 | 121.3 | 88.5 | 78.9 |
| 1971 | 29.8 | 14.65 | 13.05 | 8.55 | 124.65 | 114.15 | 195.05 | 110.8 | 148.8 | 245.1 | 31.25 | 79.6 |
| 1972 | 52.22 | 21.68 | 14.8 | 14.2 | 67.75 | 98.38 | 151.83 | 118.6 | 74.37 | 86.73 | 85.56 | 73.23 |
| 1973 | 28.62 | 8.95 | 3.63 | 21.45 | 132.6 | 128.4 | 121.58 | 134.6 | 126.75 | 184.8 | 81.15 | 16.98 |
| 1974 | 60.6 | 13.1 | 17.43 | 32.73 | 129.55 | 129.23 | 95 | 112.38 | 172.88 | 189.2 | 72.3 | 57.85 |
| 1975 | 95.03 | 20.75 | 16 | 0.23 | 31.15 | 46.75 | 146 | 121.55 | 259.28 | 186.43 | 157.45 | 47.68 |
| 1976 | 55.58 | 14.83 | 6.33 | 39.48 | 76.4 | 310.85 | 119.2 | 103.55 | 32 | 172.65 | 53.75 | 107.75 |
| 1977 | 14.5 | 11.9 | 0.5 | 40 | 207.85 | 243.48 | 87.83 | 95.83 | 71.38 | 98.78 | 98.83 | 48.4 |
| 1978 | 48.72 | 33.48 | 89.83 | 45.83 | 109.4 | 93.76 | 128.45 | 128.15 | 103.23 | 87.15 | 65.28 | 94.1 |
| 1979 | 14.98 | 11.44 | 24.37 | 111.95 | 35.05 | 250.2 | 118.25 | 217.03 | 218.43 | 273.15 | 101.1 | 84.33 |
| 1980 | 27.88 | 13.54 | 17.4 | 23.04 | 102.03 | 235.05 | 129.47 | 142.7 | 149.63 | 215.62 | 56.1 | 44.18 |
| 1981 | 3.32 | 47.92 | 14.9 | 43.87 | 73.95 | 204.12 | 145.15 | 240.78 | 166.9 | 120.5 | 32.32 | 57.53 |
| 1982 | 49.39 | 41.67 | 24.74 | 35.62 | 238.97 | 221.58 | 182.96 | 153.56 | 200.32 | 120.95 | 73.21 | 62.46 |
| 1983 | 21.05 | 27.76 | 9.95 | 36.18 | 51.03 | 194.76 | 243.74 | 129.5 | 155.27 | 194.41 | 84.37 | 55.08 |
| 1984 | 52.98 | 35.66 | 29.06 | 22.46 | 72.03 | 158.2 | 187.96 | 147.32 | 225.28 | 175.3 | 33.23 | 52.32 |
| 1985 | 25.8 | 35.08 | 28.57 | 29.89 | 92.15 | 108.23 | 140.81 | 136.7 | 168.62 | 239.77 | 76.57 | 66.24 |
| 1986 | 46.7 | 10.57 | 11.12 | 9.25 | 111.81 | 215.25 | 198.46 | 152.37 | 182.97 | 150.45 | 102.68 | 53.64 |
| 1987 | 33.85 | 12.16 | 49.59 | 13.27 | 143.62 | 135.58 | 255.97 | 188.54 | 181.1 | 55.38 | 48.6 | 61.02 |
| 1988 | 52.5 | 46.71 | 27.44 | 41.86 | 158.49 | 131.7 | 151.26 | 221.13 | 243.48 | 192.63 | 85.95 | 53.19 |
| 1989 | 73.32 | 48.46 | 6.82 | 10.58 | 116.76 | 108.03 | 151.87 | 195.55 | 254.5 | 133.57 | 159.93 | 71.23 |
| 1990 | 64.25 | 47.17 | 70.98 | 69.04 | 185.93 | 235.64 | 128.36 | 192.89 | 200.41 | 148.05 | 233.63 | 94.44 |
| 1991 | 44 | 13.76 | 13.62 | 3.69 | 107.92 | 108.71 | 100.08 | 92.47 | 152.58 | 266.28 | 80.72 | 57.63 |
| 1992 | 13.78 | 35.87 | 14.07 | 49.73 | 58.09 | 112.56 | 177.58 | 87.08 | 177.78 | 156.31 | 56.22 | 54.65 |
| 1993 | 47.69 | 8.41 | 7.85 | 50.54 | 232.46 | 180.81 | 123.39 | 187.78 | 209.08 | 136.4 | 52 | 52.4 |
| 1994 | 50.99 | 32.3 | 13.99 | 37.75 | 97.57 | 111.35 | 121.04 | 135.71 | 208.45 | 68.58 | 105.78 | 28.56 |
| 1995 | 24.62 | 22.43 | 40.18 | 83.91 | 42.92 | 194.18 | 167.24 | 193.12 | 208.61 | 141.36 | 91.13 | 57.44 |
| 1996 | 31.91 | 25.35 | 19.24 | 25.69 | 127.99 | 51.34 | 191.62 | 171.36 | 143.06 | 174.16 | 101.53 | 34.33 |
| 1997 | 32.72 | 19.24 | 18.15 | 26.07 | 42.23 | 332.29 | 145.64 | 127.95 | 91.5 | 158.82 | 106.56 | 9.59 |
| 1998 | 15.59 | 0.01 | 88.13 | 9.59 | 97.36 | 84.64 | 155.64 | 108.74 | 109.67 | 411.89 | 130.43 | 40.73 |
| 1999 | 47.26 | 17.15 | 10.92 | 6.55 | 94.26 | 158.9 | 106.91 | 106.96 | 236.12 | 95.33 | 102.02 | 28.83 |

| AÑO | ENE (mm) | FEB (mm) | MAR (mm) | ABR (mm) | MAY (mm) | JUN (mm) | JUL (mm) | AGO (mm) | SEP (mm) | OCT (mm) | NOV (mm) | DIC (mm) |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2000 | 10.19 | 6.71 | 5.29 | 11.57 | 116.61 | 109.66 | 142.67 | 75.4 | 125.39 | 80.04 | 22.37 | 29.26 |
| 2001 | 22.49 | 13.59 | 3.64 | 23.34 | 123.87 | 34.13 | 92.6 | 116.94 | 105.43 | 110.06 | 22.5 | 19.4 |
| 2002 | 23.11 | 21.5 | 10.73 | 17.84 | 181.39 | 145.89 | 133.93 | 110.29 | 95.81 | 153.04 | 20.16 | 20.01 |
| 2003 | 39.28 | 16.54 | 8.94 | 10.34 | 130.24 | 150.26 | 165.28 | 144.3 | 184.26 | 184.82 | 141 | 25.42 |
| 2004 | 27.32 | 17.73 | 59.84 | 46.14 | 118.5 | 188.72 | 131.64 | 166.4 | 216.44 | 90.96 | 95.78 | 40.62 |
| 2005 | 19.28 | 36.26 | 8.46 | 7.84 | 136.44 | 260.54 | 129.52 | 164.16 | 297.92 | 216.98 | 113.71 | 33.95 |
| 2006 | 45.17 | 12.1 | 12.33 | 29.97 | 21.23 | 248.13 | 157.3 | 71.63 | 58.8 | 127.63 | 118.03 | 119.07 |
| Acumulado (mm) | 1660.68 | 974.08 | 960.37 | 1170.64 | 4641.23 | 6651.08 | 6061.08 | 5698 | 6742.7 | 6590.01 | 3572.43 | 2280.67 |
| Promedio (mm) | 41.52 | 24.35 | 24.01 | 29.27 | 116.03 | 166.28 | 151.53 | 142.45 | 168.57 | 164.75 | 89.31 | 57.02 |

A partir de los datos promedio de precipitación de las 12 estaciones activas en el departamento de Olancho que se muestran en el cuadro 4, se generó un gráfico de la distribución de la precipitación y comportamiento entre los meses de enero y diciembre para el período comprendido entre el año 1967 al 2006.

Figura 2

Distribución mensual promedio de precipitación estaciones de Olancho periodo de 1967 a 2006.

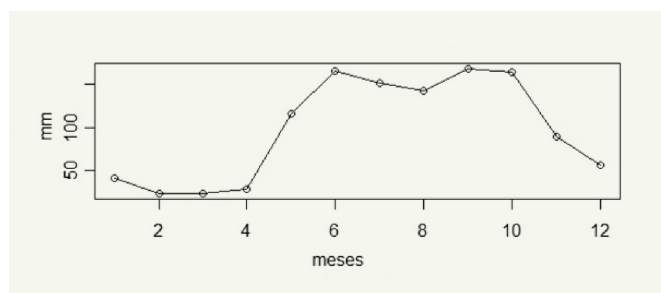
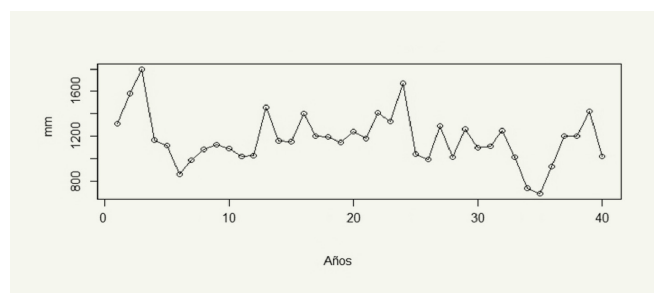


Figura 3

Distribución del comportamiento de la precipitación anual periodos 1967 a 2006 estaciones de Olancho.



La figura 2 muestra el comportamiento mensual promedio de distribución de la precipitación de los años 1967 a 2006, se identifica que los meses con menor cantidad de lluvia fueron: enero, febrero, marzo y abril, con un comportamiento ascendente en el mes de mayo y junio continuando con una leve declinación en los meses de julio y agosto, no obstante, se retoma el aumento en los meses de septiembre y octubre culminando con el declive en noviembre y diciembre. Esto demuestra que se tiene una temporada seca marcada entre el mes de noviembre del año previo al mes de abril del año siguiente, y una temporada lluviosa comprendida entre el mes de mayo al mes de octubre de cada año.

La figura 3 muestra el comportamiento de la precipitación durante el periodo de 1967 a 2006. En este caso se observa que presenta ciclos de picos con precipitaciones altas y constantes en periodos cortos de menos de 7 años, de igual forma muestra un periodo de dos años con sequías fuertes entre el año 2000 y 2001 y con precipitación por debajo de los 800 milímetros en el año.

Figura 4

Distribución promedio de la precipitación del periodo 1967 a 2006 en la cual se percibe claramente los años 2000 y 2001 una precipitación por debajo de los 800 milímetros.

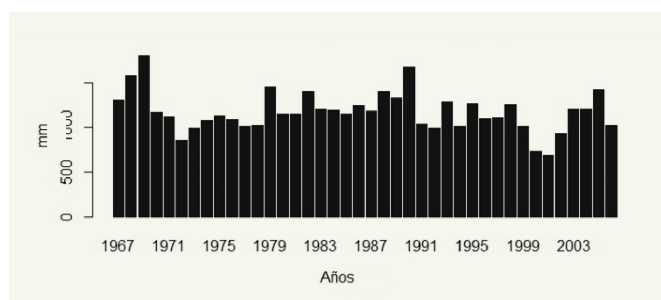
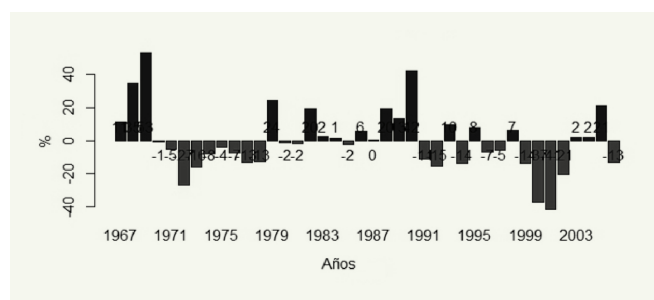


Figura 5

Anomalías porcentuales de la precipitación del periodo de 1967 a 2006 de las 12 estaciones ubicadas en el departamento de Olancho.



La figura 5 muestra las anomalías porcentuales anuales de la precipitación encontradas durante el periodo de 1967 a 2006, esta relación toma en consideración la precipitación acumulada de cada año, restando el promedio anual que en este caso es de 1,175 milímetros y finalmente se divide entre el promedio anual, finalizando con la multiplicando por 100 y de esta manera definir porcentualmente cuanta precipitación cayó con relación a la media obtenida durante cada año.

De igual forma se consideraron los datos obtenidos de las 12 estaciones meteorológicas con relación a días de lluvia en el departamento de Olancho y al realizar el análisis con el programa de acceso libre R y *Rstudio*, se pudieron obtener resultados de las anomalías.

Cuadro 5

Datos de promedios de días lluvia de 40 años de 12 estaciones meteorológicas de Olancho, Honduras.

| AÑO | ENE (días lluvia) | FEB (días lluvia) | MAR (días lluvia) | ABR (días lluvia) | MAY (días lluvia) | JUN (días lluvia) | JUL (días lluvia) | AG O (días lluvia) | "SEP" (días lluvia)" | OCT (días lluvia) | NOV (días lluvia) | DIC (días lluvia) |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1967 | 18 | 12 | 6 | 7 | 9 | 19 | 26 | 22 | 20 | 18 | 13 | 16 |
| 1968 | 19 | 6 | 5 | 3 | 14 | 26 | 28 | 19 | 22 | 24 | 16 | 20 |
| 1969 | 11 | 4 | 7 | 3 | 13 | 23 | 24 | 23 | 18 | 21 | 15 | 11 |
| 1970 | 13 | 3 | 5 | 7 | 11 | 20 | 19 | 17 | 19 | 19 | 16 | 15 |
| 1971 | 9 | 9 | 4 | 4 | 8 | 18 | 24 | 24 | 21 | 20 | 12 | 19 |
| 1972 | 15 | 7 | 2 | 3 | 10 | 12 | 20 | 21 | 12 | 14 | 14 | 16 |
| 1973 | 12 | 3 | 3 | 2 | 8 | 15 | 16 | 15 | 15 | 15 | 17 | 8 |
| 1974 | 18 | 6 | 5 | 5 | 11 | 14 | 18 | 19 | 14 | 20 | 12 | 14 |
| 1975 | 18 | 4 | 2 | 0 | 3 | 7 | 11 | 15 | 18 | 16 | 16 | 10 |
| 1976 | 14 | 8 | 6 | 4 | 6 | 19 | 19 | 16 | 10 | 14 | 13 | 16 |
| 1977 | 6 | 5 | 1 | 7 | 16 | 22 | 16 | 20 | 10 | 10 | 11 | 11 |
| 1978 | 11 | 2 | 7 | 4 | 6 | 16 | 16 | 17 | 12 | 13 | 12 | 12 |
| 1979 | 5 | 6 | 6 | 11 | 4 | 24 | 18 | 21 | 17 | 18 | 14 | 14 |
| 1980 | 10 | 4 | 4 | 3 | 9 | 20 | 17 | 18 | 17 | 20 | 13 | 12 |
| 1981 | 3 | 8 | 4 | 11 | 8 | 19 | 21 | 21 | 19 | 16 | 7 | 12 |
| 1982 | 16 | 10 | 6 | 3 | 15 | 21 | 22 | 22 | 22 | 18 | 15 | 16 |
| 1983 | 9 | 5 | 3 | 4 | 6 | 15 | 24 | 18 | 18 | 17 | 15 | 12 |
| 1984 | 13 | 10 | 5 | 3 | 7 | 16 | 21 | 19 | 19 | 19 | 9 | 15 |
| 1985 | 7 | 9 | 6 | 5 | 8 | 13 | 18 | 17 | 15 | 21 | 10 | 13 |
| 1986 | 11 | 3 | 3 | 2 | 7 | 20 | 21 | 18 | 19 | 17 | 16 | 11 |
| 1987 | 7 | 3 | 6 | 3 | 10 | 17 | 24 | 20 | 16 | 11 | 9 | 12 |
| 1988 | 11 | 10 | 5 | 4 | 10 | 13 | 19 | 20 | 19 | 18 | 12 | 12 |
| 1989 | 16 | 10 | 2 | 3 | 9 | 14 | 15 | 15 | 19 | 11 | 13 | 9 |
| 1990 | 13 | 8 | 10 | 7 | 13 | 18 | 14 | 16 | 16 | 14 | 20 | 12 |
| 1991 | 12 | 5 | 2 | 1 | 8 | 16 | 14 | 16 | 16 | 18 | 12 | 14 |
| 1992 | 6 | 6 | 4 | 5 | 6 | 11 | 22 | 16 | 19 | 15 | 10 | 12 |
| 1993 | 10 | 4 | 3 | 7 | 15 | 18 | 18 | 21 | 19 | 17 | 12 | 10 |
| 1994 | 10 | 5 | 3 | 3 | 9 | 12 | 15 | 15 | 18 | 8 | 14 | 7 |
| 1995 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 | 15 | 18 | 17 | 17 | 14 | 14 | 11 |
| 1996 | 7 | 4 | 4 | 5 | 13 | 9 | 17 | 15 | 16 | 16 | 13 | 9 |
| 1997 | 6 | 7 | 5 | 2 | 4 | 19 | 19 | 16 | 12 | 12 | 13 | 4 |
| 1998 | 5 | 0 | 6 | 1 | 5 | 11 | 14 | 12 | 10 | 24 | 16 | 8 |
| 1999 | 11 | 4 | 2 | 2 | 7 | 12 | 15 | 12 | 15 | 11 | 10 | 4 |
| 2000 | 3 | 2 | 1 | 2 | 9 | 15 | 16 | 14 | 12 | 15 | 9 | 8 |
| 2001 | 7 | 5 | 1 | 2 | 9 | 9 | 11 | 13 | 10 | 15 | 6 | 6 |

| AÑO | ENE (días lluvia) | FEB (días lluvia) | MAR (días lluvia) | ABR (días lluvia) | MAY (días lluvia) | JUN (días lluvia) | JUL (días lluvia) | AGO (días lluvia) | "SEP" (días lluvia)" | OCT (días lluvia) | NOV (días lluvia) | DIC (días lluvia) |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2002 | 7 | 6 | 3 | 4 | 10 | 12 | 15 | 14 | 11 | 15 | 5 | 7 |
| 2003 | 9 | 4 | 1 | 2 | 11 | 12 | 18 | 17 | 15 | 14 | 14 | 5 |
| 2004 | 6 | 7 | 11 | 4 | 13 | 14 | 12 | 13 | 14 | 8 | 11 | 7 |
| 2005 | 5 | 2 | 2 | 0 | 11 | 12 | 19 | 15 | 15 | 16 | 11 | 7 |
| 2006 | 10 | 5 | 3 | 2 | 4 | 19 | 18 | 13 | 8 | 13 | 12 | 17 |
| Acumulados | 406 | 227 | 168 | 155 | 360 | 637 | 732 | 692 | 634 | 635 | 502 | 454 |
| Promedios | 10 | 6 | 4 | 4 | 9 | 16 | 18 | 17 | 16 | 16 | 13 | 11 |

El cuadro 5, muestra los datos promedios de días lluvia considerando las 12 estaciones activas del departamento de Olancho las cuales se realizó la suma por cada mes y dividiendo entre el número de datos que contenía cada uno de los meses y así promediar el comportamiento de la precipitación desde el año de 1967 hasta el 2006 generando un gráfico de la distribución de la precipitación entre los meses de enero y diciembre.

Figura 6

Distribución promedio de los días de lluvia, los cuales muestran una tendencia muy similar a la precipitación con meses con más lluvias de mayo a enero y los meses secos de febrero a abril.

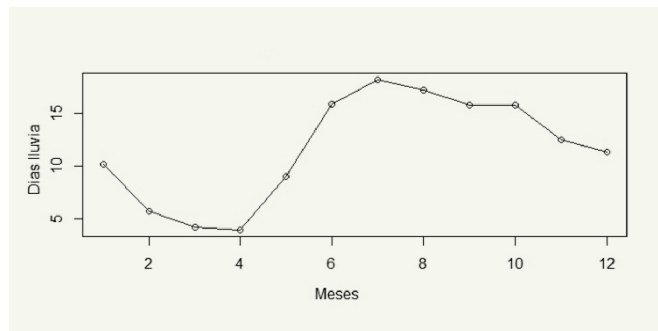


Figura 7

Comportamiento de los días lluvia del periodo de 1967 a 2006 en el cual se logra identificar que presenta una tendencia en disminución de la cantidad de días de lluvia al año.

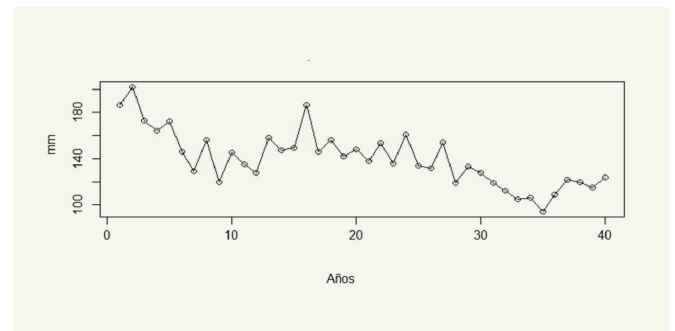


Figura 8

Comportamiento acumulado de los días lluvia para el periodo de 1967 a 2006, y detalla los puntos más altos de días con lluvia y los puntos más bajos de días con lluvia.

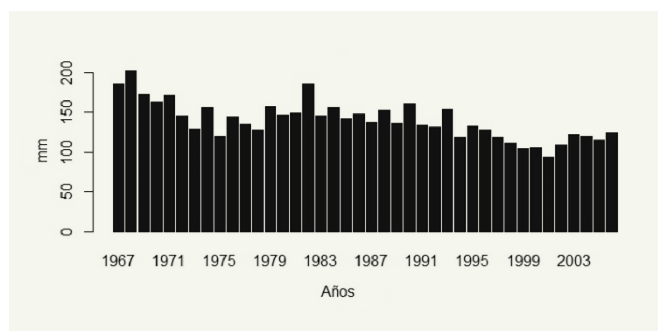
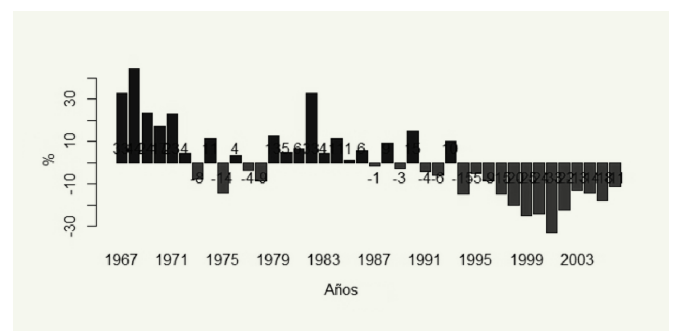


Figura 9

Anomalías porcentuales de los días de lluvia anuales del periodo de 1967 a 2006 de las estaciones activas en el departamento de Olancho.



El gráfico de la figura 9, muestra las anomalías porcentuales anuales de los días lluvia producidas durante el periodo de 1967 al 2006, esta acción toma en consideración los días lluvia acumulada de cada año y se le resta el promedio anual que fue de 140 días, luego se dividió entre el promedio anual, finalizando con la multiplicación del valor 100 y de esta manera se encontró porcentualmente cuantos días con relación a la media se obtuvo durante cada año.

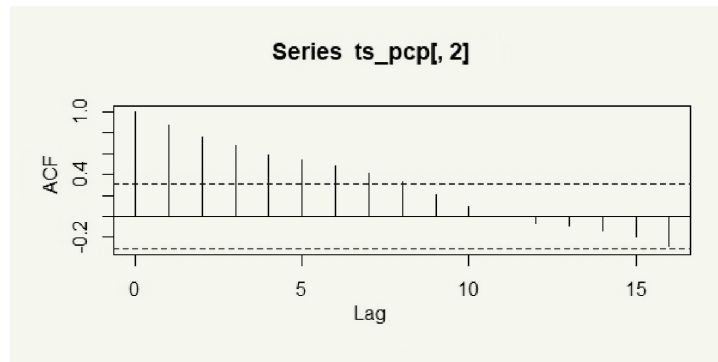
Modelo de correlación utilizado en los datos de precipitación: el modelo ARIMA.

El modelo de la figura 10 muestra los resultados que cuantifican la intensidad de la relación de las variables de precipitación y comportamiento en series de tiempo de cada año, correspondiente a los valores por encima de la línea punteada de correlación con el año anterior.



Figura 10

Correlación o dependencia a lo largo del tiempo, considerando los datos obtenidos de las series de tiempo de los datos de precipitación del periodo 1967 a 2006.



Cuadro 6

Pronóstico de punto precipitación periodo 2007 al 2011

| Años | Pronóstico (mm) | Lo 80 (mm) | Hi 80 (mm) | Lo 95 (mm) | Hi 95 (mm) |
|------|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| 2007 | 1,115.386 | 847.6840 | 1,383.087 | 705.9714 | 1,524.800 |
| 2008 | 1,151.782 | 864.7122 | 1,438.852 | 712.7467 | 1,590.817 |
| 2009 | 1,165.875 | 876.0130 | 1,455.737 | 722.5692 | 1,609.181 |
| 2010 | 1,171.332 | 881.0537 | 1,461.611 | 727.3895 | 1,615.275 |
| 2011 | 1,173.445 | 883.1044 | 1,463.786 | 729.4072 | 1,617.483 |

El cuadro 6, muestra el posible pronóstico de comportamiento de la precipitación que podría presentarse durante el periodo comprendido entre el año 2007 al 2011, con un pronóstico bajo y alto tomando en consideración un 80 y 95 por ciento de la probabilidad.

Figura 11

Comportamiento de la precipitación del periodo de 2007 a 2011 tomando como base los datos de 1967 a 2006, dando a entender que estará en un rango normal a los años anteriores.

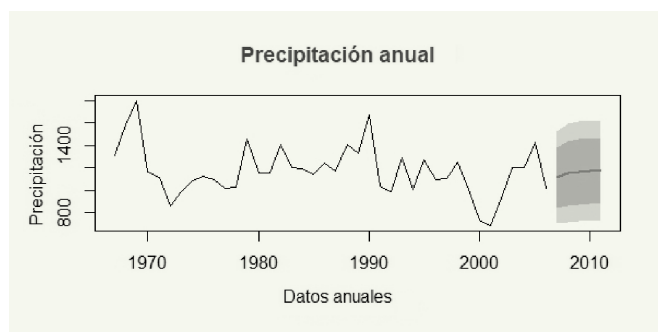
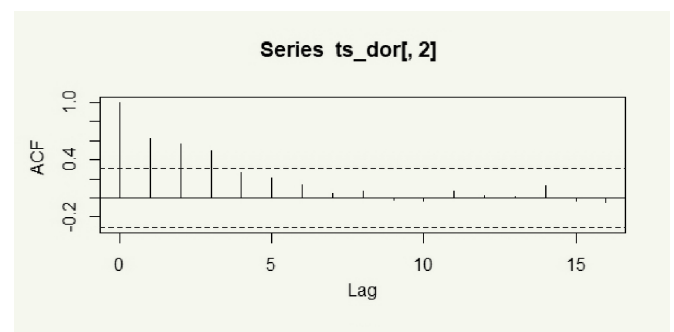


Figura 12

Correlación o dependencia consigo misma a lo largo del tiempo, considerando los datos obtenidos de las series de tiempo de los datos de días con lluvia del periodo 1967 a 2006.



Cuadro 7

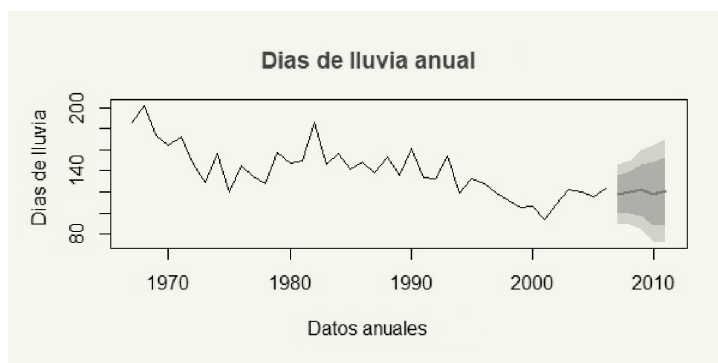
Pronóstico del comportamiento de los días de lluvia para el período de 2007 a 2011.

| Años | Pronóstico (días lluvia) | Lo 80 (días lluvia) | Hi 80 (días lluvia) | Lo 95 (días lluvia) | Hi 95 (días lluvia) |
|------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 2007 | 117.59 | 99.27 | 135.92 | 89.56 | 145.62 |
| 2008 | 119.78 | 100.07 | 139.49 | 89.63 | 149.92 |
| 2009 | 121.82 | 97.31 | 146.33 | 84.33 | 159.31 |
| 2010 | 118.11 | 88.24 | 147.98 | 72.43 | 163.80 |
| 2011 | 121.29 | 89.32 | 153.27 | 72.39 | 170.19 |

El cuadro 7, muestra el pronóstico del comportamiento de los días de lluvia para el período de 2007 a 2011, tomando en consideración un 80 y 95 por ciento de la probabilidad.

Figura 13.

Comportamiento de los días lluvias para el periodo de 2007 a 2011 tomando como base los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas del periodo de 1967 a 2006.



Discusión

Los datos analizados del periodo de 1967 a 2006 muestran una variedad de gráficos a través de los cuales se describe el comportamiento de las precipitaciones de forma anual, mensual y días con lluvia.

El análisis del comportamiento mensual mostró una distribución bimodal, con su máximo principal en septiembre y octubre y otro secundario en junio y julio. Los valores mínimos se encuentran en febrero, marzo y abril. Este resultado se verificó al observar el comportamiento del valor medio de 97.9228 mm.

En el caso del comportamiento de los días con lluvia, se observa que julio es el mes con mayor cantidad de días lluvia, con un promedio de 18 días en el año. Al relacionarlo con el comportamiento de la precipitación en el cual la mayor cantidad de precipitación se encuentra en septiembre y octubre, en estos meses es donde se observa una mayor precipitación con una mayor intensidad de milímetros por día de lluvia. Los resultados coinciden con la temporada de huracanes.

Los resultados de esta investigación son coherentes con los obtenidos por el Instituto de Ciencia Animal de Cuba, quienes evaluaron el comportamiento de las precipitaciones del periodo de 1970 a 2009 para orientar el manejo de pastos, encontrando una distribución bimodal, con un máximo principal en junio y otro secundario en septiembre, con los valores mínimos marcados en diciembre, enero y febrero. Estos resultados fueron verificados al observar el comportamiento que siguió la distribución, si se toma en cuenta el valor medio de 150 mm.

En el caso del periodograma, si se observa que existen dos grupos de valores definidos, por encima y por debajo de la línea de tendencia central, el análisis estadístico confirmó la existencia de dos épocas bien marcadas con diferencias significativas: un período lluvioso, de mayo a octubre, y uno poco lluvioso de noviembre a abril (Álvarez *et al.*, 2012, p. 302).

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando las precipitaciones del periodo de 1967 a 2006 presentan algunas anomalías en comparación a la media de precipitación, teniendo como referencia clara el año de 1969 con un porcentaje de precipitación por encima de la media de 53%, que según datos encontrados para esa época se reportó el huracán Francelia, considerado de acuerdo a la opinión pública como “un meteoro pequeño, pero de peligrosidad potencial”, que de acuerdo a Flora *et al.* (2011, p. 90), el 1 de setiembre se halla sobre la isla de Swan, frente a la costa de Honduras, amenazando a Honduras Británica (actual Belice) y Yucatán con lluvias intensas. Golpea también las zonas anteriores más Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Panamá. No obstante, de acuerdo con las investigaciones realizadas existe más información estadística de su impacto para las zonas de (México, Honduras Británica, Honduras, El Salvador y Costa Rica).

Cabe agregar que algunos eventos climatológicos relevantes en Honduras como huracán Fifi en 1974 y huracán Mitch en 1998 no presentan alguna secuela a la zona de Olancho. Como se puede observar en el gráfico de anomalías de precipitación (figura 8), que del año 1970 al 1978 tuvo un comportamiento por debajo de la media, y muestra un aumento de la media de precipitación para el año 1990 de 42%, y según los fenómenos que ocurrieron en ese año resalta una onda tropical que se movió frente a las costas de África el 27 de julio y atravesó el Atlántico tropical sin cambios significativos, que luego se trasladó al Mar Caribe, donde el patrón de nubes se organizó a medida que avanzaba a las Antillas Holandesas de acuerdo a lo descrito por Roth (s. f.).

Cabe agregar que en la figura 8 también se muestran acontecimientos extremos en disminución de la precipitación en relación con la media, dichos acontecimientos sucedieron en los años 2000 y 2001 con porcentajes de un 37% en el 2000 y 41% en el 2001, y resaltando la cantidad más baja de precipitación registrada en el periodo de 1967 a 2006 con 735.16 para el año 2000 y 678.99 mm para el año 2001. De lo anterior se deduce que entre mayo y agosto del 2001 se produjo en toda Centroamérica un evento hidrometeorológico anormal durante el cual las lluvias se redujeron a niveles inferiores en relación con el promedio histórico como con las necesidades hídricas de la población, los servicios y la producción.

La causa de esta anomalía climática reside en que durante el 2001 no se produjo la disminución usual de los vientos alisios que ocurre normalmente a partir de abril y que permite la llegada de humedad y precipitación que transportan los vientos del Pacífico. Tal anomalía estuvo asociada a eventos atmosféricos de alcance planetario, y no se debió a la ocurrencia del fenómeno del “El Niño” según lo informó la NUCEPALS (2002).

Ante la situación planteada la Universidad Nacional de Colombia, realizó una investigación sobre el 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 mediante la utilización de los cambios que generó la ocurrencia de los fenómenos de El Niño o La Niña sobre la precipitación, se optó por calcular la alteración en porcentajes de la precipitación mensual (anomalías porcentuales) en las cuatro estaciones seleccionadas, con lo cual puede observarse, claramente, si durante estos fenómenos se presentó un aumento o una disminución en la cantidad de lluvia caída con referencia al promedio histórico para cada mes.

En el mismo orden y con los datos de las estaciones, en esta investigación se realizó un proceso Autorregresivo Integrado de Medias Móviles ARIMA, con el cual se proyectó el comportamiento de la precipitación para el periodo del 2007 al 2011, se pudo verificar, a partir de los datos del gráfico ubicado en la (figura 13), una auto covarianza la cual muestra una serie de tiempo con tendencia ya que las auto correlaciones decaen lentamente, con ello se realizó la fusión de estudio auto ARIMA de la serie de tiempo, obteniendo la proyección de la precipitación y un pronóstico de año 2007 de 1,115.386 mm, año 2008 con 151.782 mm, año 2009 con 1,165.875 mm, año 2010 con 1,171.332 mm y año 2011 con 1,173.445 mm por año.

Cabe agregar que en relación con los días con lluvia se realizó el mismo procedimiento el cual mostró que la auto correlación en su inicio es significativa, luego cambia y no presenta ninguna tendencia y sus valores se mueven alrededor de un cierto valor. Con base en ese proceso, se obtuvo el posible comportamiento de los días con lluvia para el mismo periodo, generando un pronóstico para el año 2007 de 117.59 días con lluvia, 2008 con 119.78 días con lluvia, 2009 con 121.82 días con lluvia, 2010 con 118.11 días con lluvia y 2011 con 121.29 días con lluvia.

Resulta oportuno agregar, que teniendo en consideración los primeros datos de este periodo analizado, muestra un rango de entre 150 a 200 días con lluvia y en la proyección declara un rango entre 117 a 121 días con lluvia y la proyección muestra valores de precipitación muy cercanos a la media. Con esta información, se estima una reducción en los días con lluvia, no obstante, se mantiene la precipitación, debido a esto se observa una mayor intensidad de lluvia en menos días.

Conclusiones

Los datos analizados de las estaciones meteorológicas del departamento de Olancho del período de 1967 a 2006 muestran un comportamiento de la precipitación con una media de 1,175.07 mm al año, mínima en 687.99 mm y una máxima de 1,799.44 mm, además un coeficiente de variación de 19.07%, esto indica que el resultado de las variables es relativamente homogéneo, por lo tanto, la media se considera representativa.

Con respecto a las anomalías de la precipitación en datos registrados por las estaciones meteorológicas, se observa que para el año de 1969 existe un aumento en la precipitación de un 53% en relación con la media, los fenómenos encontrados para esa época

reportan el huracán Francelia, de igual forma para el año de 1990 se presenta un aumento en la precipitación de 42%, y según los datos para dicho año ocurre una onda tropical llamada Diana.

De igual forma en el año de 2001 se muestra una disminución en la precipitación de un 41% y los datos muestran que entre mayo y agosto de ese año se produjo en toda Centroamérica un evento hidrometeorológico anormal durante el cual las lluvias se redujeron a niveles inferiores en relación con el promedio histórico.

Al analizar la tendencia de las precipitaciones en el departamento de Olancho y con base a los datos obtenidos del periodo de 1967 a 2006, el resultado de pronósticos demuestra que para año 2007 la precipitación es de 1,115.386 mm, año 2008 con 1,151.782 mm, año 2009 con 1,165.875 mm, año 2010 con 1,171.332 mm y año 2011 con 1,173.445 mm por año, teniendo un pronóstico bajo y alto tomando en consideración un 80 y 95 por ciento de la probabilidad.

En consecuencia, al establecer la tendencia de los días con lluvia en el departamento de Olancho y considerado los datos obtenidos del periodo 1967 a 2006, el pronóstico del año 2007 presenta 117.59 días con lluvia, 2008 con 119.78 días con lluvia, 2009 con 121.82 días con lluvia, 2010 con 118.11 días con lluvia y 2011 con 121.29 días con lluvia, lo que indica un pronóstico bajo y alto tomando en consideración un 80 y 95 por ciento de la probabilidad.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, A., Herrera, R., Noda, AC, y Díaz, L. (2012). Comportamiento de las precipitaciones en el Instituto de Ciencia Animal en Cuba durante el período 1970-2009, como base para el manejo estratégico de los pastos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46 (3),301-307. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193025294013>
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo and México, N.U.C.E.P.A.L.S. de (2002) *El Impacto Socioeconómico y Ambiental de la sequía de 2001 en Centroamérica, Inicio*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/25574>
- Chávez Quisbert, N. (1997). Modelos Arima. *Ciencia y cultura*, 1, 23–30. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-33231997000100005&lng=es&tlng=es
- Enríquez, O., Guzmán, A., y Narváez, G. (2014). 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. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 23 (1),165-178. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281829103003>
- Solís Hernández, I. A. (2003). *El análisis documental como eslabón fundamental para la eficiencia de los servicios de información*. D. I. Vizcaya, Ed.
- Sousa, Sostenes Gomes de. (2019). Análisis temporal del comportamiento de la precipitación pluviométrica en la Región Metropolitana de Cariri (Ce), Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (63), 273-294. <https://dx.doi.org/10.15359/rgac.63-2.12>
- Roth, D. (s/f). *Hurricane Diana - August 4-14, 1990*. <https://www.wpc.ncep.noaa.gov/tropical/rain/diana1990.html>