

Aplicación del control de calidad a series temporales de precipitación mensual de tres localidades del estado Yaracuy, Venezuela

Carmen A. Torín*, Pedro P. Monasterio, Waner Maturét

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Yaracuy, Venezuela. *Correo electrónico: ctorin@yahoo.com

RESUMEN

Existe un creciente interés por incorporar la información climática en la toma de decisiones del ámbito agrícola, para reducir el grado de incertidumbre y el riesgo climático. Para esto, es necesario disponer de bases de datos climáticos de calidad que garanticen un análisis confiable sobre una determinada situación climática. El objetivo de este trabajo fue aplicar un control de calidad a las series de precipitación mensual de tres localidades del estado Yaracuy, Venezuela. La base de datos se generó con la información del periodo 1970-2011, de las estaciones meteorológicas ubicadas en las localidades Central Matilde, San Javier y Yaritagua de los municipios Bruzual, San Felipe y Peña, respectivamente. Dicho estudio se realizó con la determinación de datos faltantes diarios y mensuales, detección de extremos de lluvia mensual, cálculo de la estadística descriptiva básica, análisis de la concentración, tendencia y dispersión de la serie temporal. Las series de precipitaciones generadas por las estaciones de Yaritagua, Central Matilde y Naranjal contienen datos con calidad adecuada y aceptable por cumplir con las condiciones de continuidad, homogeneidad, representatividad. Esto indica que pueden ser utilizados en estudios de caracterización de la precipitación, zonificación de cultivos, calendarios de siembra, análisis espacio temporal de tipos climáticos, análisis de sequía y estudios de la variabilidad de la precipitación en zonas de importancia agrícola.

Palabras clave: calendario agrícola, climatología, estaciones meteorológicas, lluvia.

Quality control to temporary series of monthly precipitation of three sites in the Yaracuy state, Venezuela

ABSTRACT

There is a growing interest in incorporating climate information in decision-making in the agricultural field, in order to reduce the degree of uncertainty and climate risk. In this context, it is necessary to have quality climate data sets, which allow obtaining an approximate analysis on any certain climatic situation. The objective of this work was to apply a quality control to monthly precipitation time series from three meteorological stations located in the Yaracuy state: Matilde Central at the Bruzual municipality, San Javier at the San Felipe municipality and Yaritagua at the Peña municipality, taking the period 1970-2011 as reference. This study was carried out through the determination of daily and monthly missing data, detection of extreme values of monthly rainfall, calculation of basic descriptive statistics, analysis of the concentration, trend and dispersion of the time series. The series of precipitation generated by the stations of Yaritagua, Central Matilde and Naranjal contain data with adequate and acceptable quality for fulfilling the conditions of continuity, homogeneity, representativeness among others, so that they can be used in studies of characterization of precipitation, crops zoning, sowing calendars, temporal space analysis of climatic types, drought analysis and studies of the variability of precipitation in areas of agricultural importance.

Key words: agricultural calendar, climatology, weather stations, rain.

Recibido: 13/03/16 Aprobado: 13/01/18

INTRODUCCIÓN

Los datos climáticos constituyen el principal insumo para realizar estudios, que conlleven a una interpretación clara de la variabilidad climática. Es importante considerar estos estudios en la toma de decisiones que afectan a la sociedad, con especial énfasis en el ámbito agrícola. Esto se debe a que la disponibilidad del recurso hídrico y los rendimientos agrícolas, están en función de esa variabilidad natural (Martelo 2003).

Los análisis y las investigaciones del área agrícola fundamentados en datos climáticos, sometidos a control de calidad, permiten al agricultor mejorar la eficacia en la toma de decisiones de los cultivos a establecer; así mismo, reducir labores agrícolas innecesarias, adaptar las prácticas agrícolas a las condiciones del clima local, prevenir enfermedades y aumentar la productividad. A escala regional y nacional, contribuirían con información del potencial agrícola de cada zona pedoclimática; optimizar la gestión del recurso hídrico; establecer las técnicas de producción agrícola, de acuerdo a las características climáticas de la zona; e influirían en el incremento de la producción, para garantizar un abastecimiento constante y uniforme en el mercado.

La disponibilidad de datos climáticos, con calidad aceptable, es la herramienta básica para lograr certeza en la toma de decisiones de planificación agrícola. Esto permite una proyección del porcentaje de riesgo en el desarrollo de la actividad agrícola, en un periodo determinado, a fin de maximizar los rendimientos.

En Venezuela, el control de calidad de las series de precipitación ha representado la base primordial para estudios como los calendarios de siembra (Hernández *et al.* 2017); análisis regional de la lluvia (Olivares *et al.* 2017a); descripción de tipos climáticos en zonas agrícolas (Olivares *et al.* 2018), estudios de la variabilidad de la lluvia en zonas de importancia agrícola (Olivares *et al.* 2013b; Rodríguez *et al.* 2013; Cortez *et al.* 2016; Olivares 2018) y estudios sobre sequía meteorológica en territorios agrícolas (Paredes *et al.* 2014; Trejo *et al.* 2016; Olivares *et al.* 2016; Cortez *et al.* 2018; Parra *et al.* 2018).

De acuerdo a la World Meteorological Organization (WMO 2011), el control de calidad consiste en verificar si el valor de un dato es representativo de la medición que se pretendía efectuar, sin afectación por factores no relacionados con el mismo. Durante el proceso de control de calidad se detectan e identifican los errores que ocurren durante la adquisición, manipulación, formato, transmisión y archivo de los datos (Aguilar *et al.* 2003). Tales errores pudieran ser ocasionados por cambios de: ubicación geográfica de la estación; observador; instrumentos; reemplazo de una estación antigua por una estación automática o no registrar el dato en un momento determinado (Jones *et al.* 1997; Medina 2008), lo que conduciría a la inconsistencia o a la ausencia del dato.

Los datos climáticos con calidad aceptable se caracterizan por cumplir las condiciones de continuidad, homogeneidad, representatividad; su aplicación en la toma de decisiones se aproxime a la realidad. Los datos de calidad no tienen que ser necesariamente excelentes, pero es esencial que su calidad sea conocida y demostrable (Solís 2011).

Sobre la base de lo explicado, es necesario realizar pruebas de control de calidad de datos para detectar y disminuir los errores; lo cual evidencia la amplitud de variación y la consistencia de los datos climáticos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue aplicar el control de calidad de datos a las series de precipitación mensual del período 1970-2011, generadas por las estaciones meteorológicas ubicadas en las localidades Central Matilde, San Javier y Yaritagua del estado Yaracuy, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis se utilizaron los registros de precipitación mensual del período 1970-2011, de tres estaciones meteorológicas del estado Yaracuy, Venezuela. Las estaciones fueron: Central Matilde y Naranjal que forman parte de la red de estaciones del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo (MINEC) y la Yaritagua, de la Red Agrometeorológica del Instituto Nacional

de Investigaciones Agrícolas (INIA). El Cuadro 1 muestra la descripción geográfica de las estaciones meteorológicas consideradas en el estudio.

Procedimiento aplicado para el control de calidad de datos

Previo a la aplicación de este procedimiento, los datos de las series de precipitación de las tres estaciones fueron sometidos a los supuestos estadísticos. Se concluyó que los datos de precipitación analizados siguen el patrón de distribución normal. Posteriormente, se aplicó el control de calidad a las series temporales de precipitación, mediante la determinación de datos faltantes, el cálculo de estadística descriptiva, análisis de concentración y tendencia de series temporales y análisis de dispersión de acuerdo a la metodología propuesta por Parra y Cortéz (2005).

Determinación de datos faltantes

Para determinar la proporción de datos faltantes diarios y mensuales en la serie de precipitación, se usó el criterio definido por Parra y Cortéz (2005). Los autores establecen que si existe por lo menos una observación faltante (df) en el mes, es decir si $df > 0$, no se calcula el valor mensual (se considera perdido). Por el contrario, si $df = 0$, el valor mensual se calcula como la sumatoria de los valores diarios o lluvia total caída en el mes. Los datos faltantes en cualquier serie pueden afectar la representatividad de los análisis; por tal razón, el investigador debe seleccionar

estaciones con una longitud de registro histórico adecuado al tipo de análisis de interés.

Detección de valores extremos

La teoría de los valores extremos permite describir el comportamiento de los puntos muy alejados de la media en una distribución (Wulfmeyer y Henning-Müller 2005). Los valores extremos en las series de precipitación se detectaron a través de la aplicación del criterio basado en la desviación absoluta de la mediana (mad) (Ablan *et al.* 2008; Crawley 2002). La mad representa un estimador robusto de la variabilidad de los datos, considerado menos sensible a los valores extremos que el promedio aritmético. Cuando el valor de la desviación estándar es mayor que cuatro veces el de la mad , se supone que el conjunto de datos posee valores extremos (Parra y Cortéz 2005; Olivares *et al.* 2013a).

Estadística descriptiva básica

A través del uso del software estadístico InfoStat versión 2013, se determinó la estadística descriptiva básica: precipitación media mensual, máxima diaria, máxima mensual, desviación estándar, coeficiente de variación, percentiles 5 % y 95 %, primer cuartil, tercer cuartil y desviación absoluta de la mediana; esto con el fin de comparar con los rangos reportados por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático en Venezuela (MARN 2005). Así mismo, se determinó el número de días con precipitaciones mayores o iguales a 0,1 y 10 mm (Wulfmeyer y Henning-Müller 2005).

Cuadro 1. Descripción geográfica de las estaciones meteorológicas del estado Yaracuy, Venezuela, consideradas en el estudio.

Serial	Estación	Localidad	Municipio	Altura (m.s.n.m)	Latitud	Longitud	Tipo
6336	Naranjal	San Javier	San Felipe	107	10°21'45"	69°39'00"	C1
0103	Yaritagua	Yaritagua	Peña	336	10°02'38"	69°05'20"	C1
1381	Central Matilde	Central Matilde	Bruzual	235	10°08'39"	68°52'11"	C3

C1: mide todos los elementos climáticos; C3: mide solo temperatura del aire y precipitación.

Análisis de concentración y tendencia de la serie temporal

El ajuste lineal se realizó a través del análisis de regresión lineal simple para identificar las tendencias. La Organización Meteorológica Mundial (OMM 2011), recomienda este procedimiento como uno de los más simples; ya que, los cambios en la consecuencia de los datos pueden ser rápidamente percibidos ajustando una recta de cuadrados mínimos que marque la tendencia de los datos. En este caso, la variable regresora o independiente "X" es el año y la variable dependiente "Y" es la precipitación mensual (mm/mes). Se seleccionaron y analizaron los meses mayo y julio como representativos del período lluvioso (Cárdenas y De Grazy 2003).

Por otro lado, la homogeneidad de la serie estudiada se verificó con la aplicación de la prueba de correlación serial de Wald-Wolfowitz (WMO 1989; Sneyers 1990). En este caso, la hipótesis nula consiste en asumir que todas las observaciones de la serie provienen de la misma población y que son independientes; es decir, la serie se comporta de forma aleatoria (Watt 1989).

La prueba de correlación serial de Wald-Wolfowitz $u(r)$, según Sneyers (1990), evalúa el carácter aleatorio simple de una serie. El estadístico de la prueba es:

$$u(r) = [(n-1)r + 1] / \sqrt{n-1} \quad (1) \text{ donde:}$$

$$r = R / S_2 \quad (2)$$

$$R = S_2 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i' - y_{i+1}')^2}{2} \quad (3)$$

$$S_2 = \sum (y_i')^2 \quad (4)$$

n: número de elemento; y_i' : rangos centrados ($=y_i - \bar{y}$) de las observaciones ordenadas de menor a mayor. Para muestras grandes, el estadístico r , sigue la distribución normal estándar y la probabilidad α_1 , determinada de la N (0,1) es:

$$\alpha_1 = P(u > u(r)) \quad (5)$$

La hipótesis nula de no correlación es rechazada al nivel de significancia α_0 ($\alpha_0=0,05$) si $\alpha_1 < \alpha_0$

Si la serie de datos analizada resulta homogénea, se puede considerar en un análisis de variabilidad climática. Esto debido a que todas las observaciones de la serie provienen de la misma población y, por lo tanto, la serie se comporta de manera aleatoria. La no homogeneidad de las series puede ser atribuida directa o indirectamente al personal que efectúa la medición en las estaciones o en las operaciones de estas; también, a los cambios de localización de las estaciones o derivaciones locales características de la región (Olivares *et al.* 2012).

Análisis de dispersión de las series temporales

El análisis de dispersión de las series temporales se realizó mediante diagramas de caja o "boxplots", con determinación de valores atípicos moderados y severos. Estos pueden tener un impacto potencial en análisis estadísticos posteriores (Parra y Cortez 2005). Se define un valor atípico moderado el que se encuentra por encima del tercer cuartil (Q_3) o por debajo del primer cuartil (Q_1). Se considera como valor atípico severo cuando el alejamiento es mayor que 3 veces el RIQ (Tukey 1977).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Detección de datos faltantes

El Cuadro 2 presenta el número de datos diarios de la serie mensual de precipitación, para el periodo 1970-2011, registradas por las estaciones meteorológicas Central Matilde, Naranjal y Yaritagua. En este se observa la ocurrencia de datos faltantes. En la estación Yaritagua se encontró entre 2 y 4 % de datos faltantes en los meses enero, abril, mayo y diciembre.

Por su parte, en la estación meteorológica Central Matilde se evidenció un 10 % de datos faltantes en 7 meses del año. La serie mensual de la estación Naranjal, muestra entre 0,2 y 0,7 % de datos faltantes en los meses enero y agosto, respectivamente. Esto permitió que al generar los valores mensuales con la condición $df=0$, se conservaran entre 28 y 31 años de registros mensuales en la estación Central

Matilde; entre 17 y 19 años de registros mensuales en la estación Naranjal y entre 41 y 42 años de registros mensuales en la estación Yaritagua, excepto el mes de mayo con 37 años.

De acuerdo a la cantidad de observaciones faltantes, los datos de precipitación generados en estas estaciones poseen una calidad adecuada y son confiables para estudios relacionados con: la caracterización regional de la precipitación (Olivares *et al.* 2017a; calendarios de siembra (Hernández *et al.* 2017); variabilidad espacio temporal de la precipitación (Cortez *et al.* 2016; Olivares *et al.* 2013b); zonificación de cultivos, análisis espacio temporal de tipos climáticos (Olivares *et al.* 2018) y análisis de sequía meteorológica (Paredes *et al.* 2014; Trejo *et al.* 2016; Olivares *et al.* 2016, Cortez *et al.* 2018; Parra *et al.* 2018; Olivares y Zingaretti 2018).

Detección de valores extremos

El Cuadro 3 presenta la desviación estándar (DE) y la desviación absoluta de la mediana (dam) de las series de precipitaciones mensuales de las estaciones en estudio; estas desviaciones permitieron determinar la existencia de valores extremos. Además, se incluye la precipitación diaria máxima, con la que se verifica si el valor extremo es consecuencia de lluvias pocos

frecuentes, errores de procesamiento de datos o lluvias acumuladas.

En las series de precipitaciones de las estaciones estudiadas, la ocurrencia de los valores extremos se debe a lluvias poco frecuentes en el período seco. Al respecto, las series de precipitaciones mensuales de la estación Yaritagua presentaron valores extremos en enero, febrero y marzo (período seco). Estos valores extremos, se deben a la ocurrencia de precipitaciones diarias aisladas inferiores a 15,8 mm durante en el mes de enero; de 20,4 mm (febrero) y 69 mm (marzo), precedidas y seguidas de valores cero. Dichas precipitaciones se presentaron con una frecuencia de uno a dos días al mes. Según Martelo (2003) y Olivares (2018), los eventos lluviosos registrados en las series históricas entre los meses enero y febrero pueden ser con gran probabilidad la consecuencia de la llegada de Frentes Fríos.

La serie de datos generada por la estación Central Matilde reflejó valores extremos en los meses enero, marzo y junio. El valor extremo y máximo (80,4 mm/día) en el mes de junio fue consecuencia de lluvia intensa de corta duración (Olivares *et al.* 2013a).

Cuadro 2. Número de datos diarios observados y faltantes en la serie de precipitación mensual (1970-2011).

Estación	Tipo dato	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Yaritagua	Obs	1271	1185	1301	1301	1254	1258	1302	1295	1260	1302	1259	1271
	Falt	31	1	1	30	47	2	0	6	0	0	0	31
Central Matilde	Obs	310	282	310	310	310	330	309	341	328	310	330	341
	Falt	31	28	31	30	31	0	31	0	2	31	0	0
Naranjal	Obs	588	537	589	589	587	570	589	585	570	589	570	589
	Falt	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0

Obs: observado. Falt: faltante.

Cuadro 3. Valores de desviación estándar y absoluta de la mediana, precipitación diaria máxima de las estaciones estudiadas durante el periodo 1970-2011.

Estación	Indic.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Yaritagua	DE	10.4	9.1	25.5	62.0	52.2	82.0	63.0	55.7	40.5	43.8	49.9	32.2
	mad	0	0.5	4.8	28.9	29.6	36.3	37.9	40.5	21.7	21.3	24.8	12.7
	Pdm	15.8	20.4	69.0	100.5	78.0	210.6	98.2	118.1	83.5	133.6	56.0	57.2
Central Matilde	DE	14.5	7.7	27.7	50.9	90.2	62.3	49.4	78.0	58.7	20.8	39.2	28.7
	mad	2.0	3.3	2.8	28.2	57.1	15.1	32.2	34.1	38.1	15.9	21.5	17.3
	Pdm	19.0	13.2	42.0	78.5	78.0	80.4	50.2	79.0	85.0	49.2	65.2	40.6
Naranjal	DE	72.6	56.1	32.2	94.9	81.6	45.4	84.9	40.2	62.4	70.6	59.8	87.0
	mad	13.9	13.4	10.0	32.3	57.0	37.8	45.2	29.4	44.2	30.9	39.7	37.7
	Pdm	62.1	210	46.8	94.3	129.0	113.0	92.3	71.0	110.5	125.2	123.8	87.8

Indic.: Indicador. DE: Desviación estándar; mad: Desviación absoluta de la mediana; Si DE > 4mad, entonces existen valores extremos. Pdm: Precipitación diaria máxima (mm).

Así mismo, las series de precipitaciones mensuales de la estación Naranjal, presentaron valores extremos en enero y febrero. Los valores extremos ocurridos en enero, son consecuencia de lluvias intensas; no así el valor extremo del mes de febrero que fue resultado de valores acumulados en las series de datos de precipitación.

Estadística descriptiva básica

La representación gráfica de los parámetros que constituye la estadística descriptiva de la serie de precipitación se muestra en la Figura 1. Estos indicadores mostraron valores dentro de los rangos reportados por la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela (MARN 2005), Parra y Cortez (2005) y Olivares *et al.* (2013a).

La serie de precipitación de Yaritagua del periodo 1970-2011 evidenció una distribución unimodal, donde el 70 % del total anual se concentró en el período lluvioso, con mayores descargas durante los meses junio y julio. Durante los meses del periodo seco (enero a marzo), las precipitaciones fueron inferiores a los 69 mm,

con una alta proporción de valores cero. En contraste, la serie de precipitación de la estación Central Matilde exhibió una distribución bimodal; en el periodo lluvioso se concentró el 78 % del total anual de precipitación, con un máximo en mayo y un repunte en agosto. En los meses del periodo seco (enero a marzo) las precipitaciones fueron inferiores a los 42 mm, con una alta proporción de valores cero. Asimismo, la serie de precipitación de la estación Naranjal, mostró una distribución bimodal, donde el 77 % del total anual de precipitación se concentró en el período lluvioso, con mayores descargas en los meses mayo y julio.

La Figura 2 muestra el número de días con precipitaciones mayores o iguales a 0.1 y 10.0 mm; las estaciones de Yaritagua y Central Matilde tuvieron un promedio de 0 a 1 día con precipitaciones mayores a 0,1 mm durante el periodo seco (enero a marzo) y de 1 a 3 días con precipitaciones mayores a 10 mm. En contraste, la estación Naranjal presenta un promedio de 9 a 12 días con precipitaciones mayores de 10 mm. A partir de abril, en las estaciones Yaritagua y Central

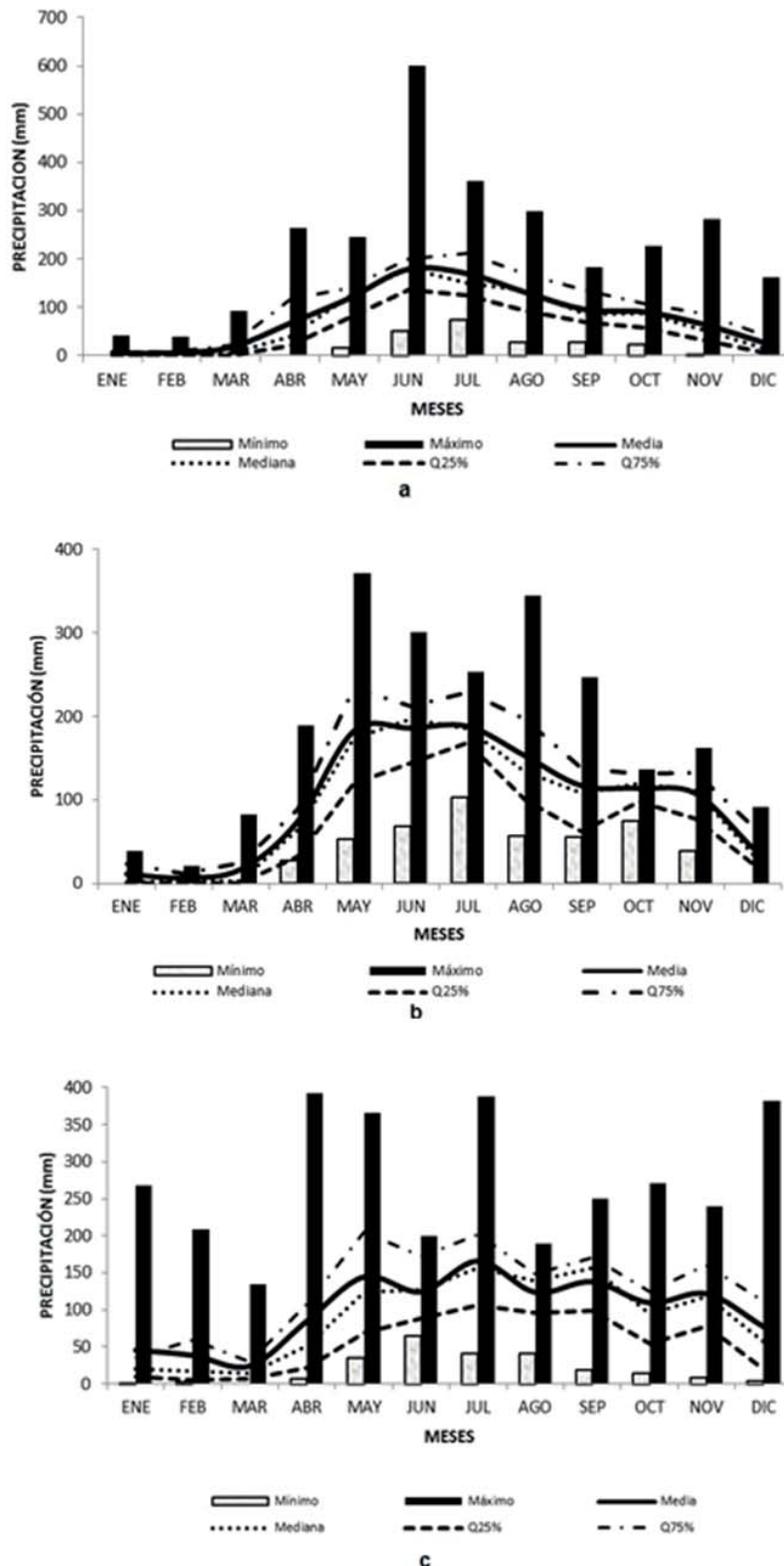


Figura 1. Comportamiento de la precipitación mensual (mm) durante el período 1970-2011. a. Estación Yaritagua. b. Estación Central Matilde. c. Estación Naranjal.

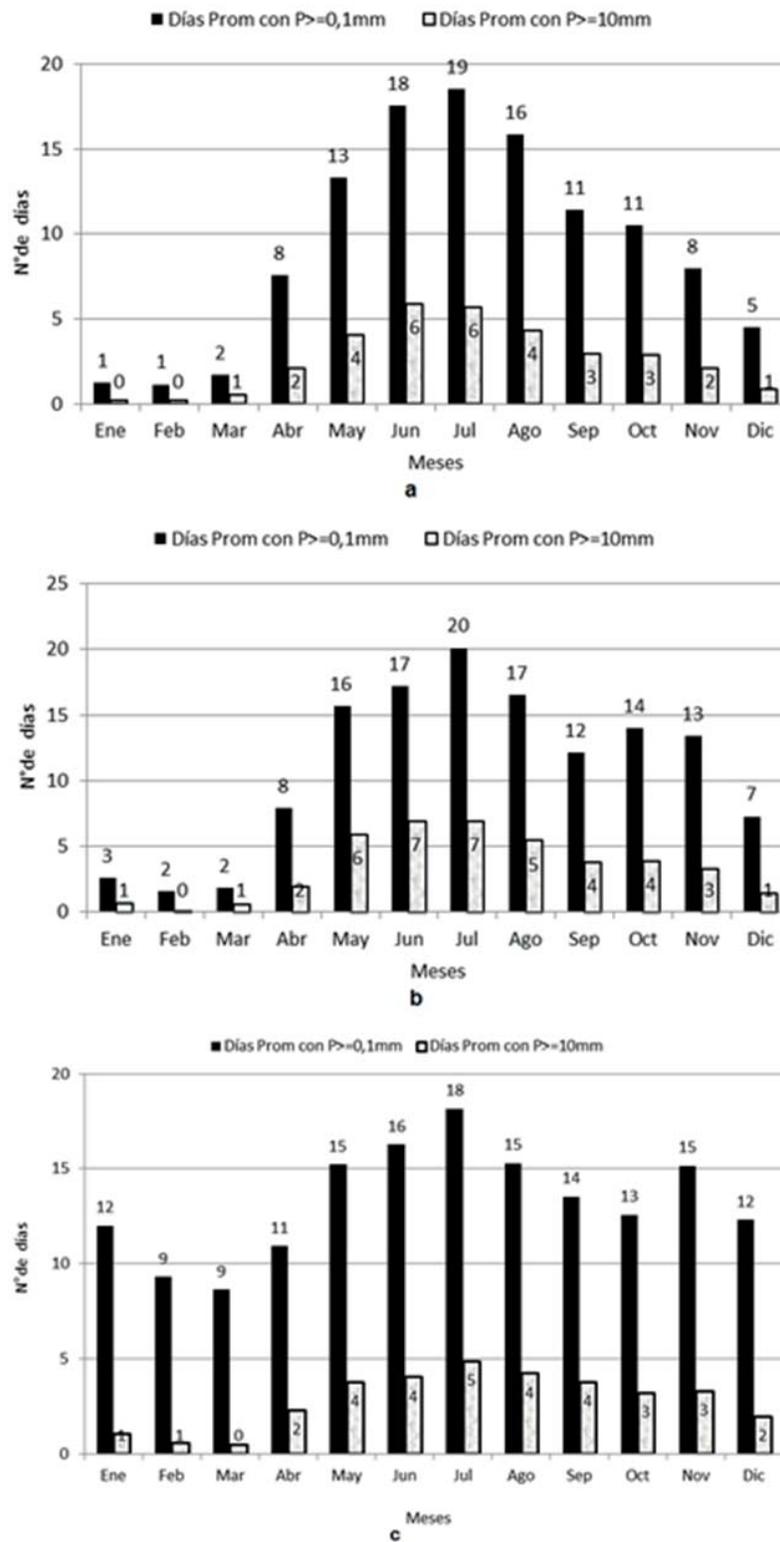


Figura 2. Número de días con precipitación mayor o igual a 0,1 y 10 mm, durante el período 1970-2011. a. Estación Yaritagua. b. Estación Central Matilde. c. Estación Naranjal.

Matilde se presenta un aumento de las precipitaciones alcanzando un máximo en julio, disminuyendo entre los meses agosto y septiembre. Con relación a esto, Martelo (2004) afirma que la tendencia típica de Venezuela se visualiza a partir del mes de abril, donde se observa un aumento de los días con precipitaciones mayores a 10 mm, los cuales disminuyen progresivamente en el mes de agosto. Es muy frecuente que en los meses febrero y marzo la precipitación registrada sea de cero milímetros. Así mismo, Olivares (2018) señala que la concentración de la precipitación obedece a la influencia de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), cuyo desplazamiento a lo largo del año define el período lluvioso a partir del mes de abril.

Análisis de concentración y tendencia de la serie temporal.

Las tendencias en las series temporales de precipitación se detectaron mediante un análisis de

regresión lineal simple. Se determinaron los valores de probabilidad $> F$ calculado ($\text{Prob}>F$), que indican la significación del ajuste a una recta y el coeficiente de determinación (R^2) que cuantifica la bondad de ajuste del modelo. En la Figura 3 se observa que todos los casos presentan probabilidades mayores que el nivel alfa común de 0.05, indicando que no es estadísticamente significativo. Así mismo, presentan coeficientes de determinación (R^2) bajos que oscilan entre 0.0014 a 0.27 indicando la ausencia de ajustes lineales; correspondiéndose con Parra y Cortez (2005), donde resaltan que en una serie homogénea no se esperarían tendencias positivas ni negativas que sean significativas, es decir, que presenten probabilidades menores que 0,05 ni R^2 elevados que revelen un buen ajuste.

Con relación a la aplicación de la prueba de Wald-Wolfowitz para verificar la homogeneidad y carácter aleatorio de la serie estudiada,

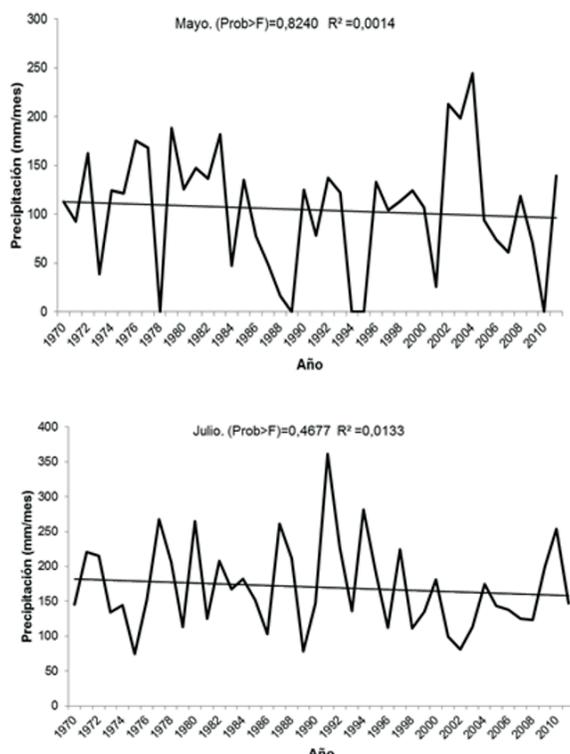


Figura 3. Series temporales de precipitación mensual promedio y ajuste lineal para los meses del período lluvioso. a. Estación Yaritagua.

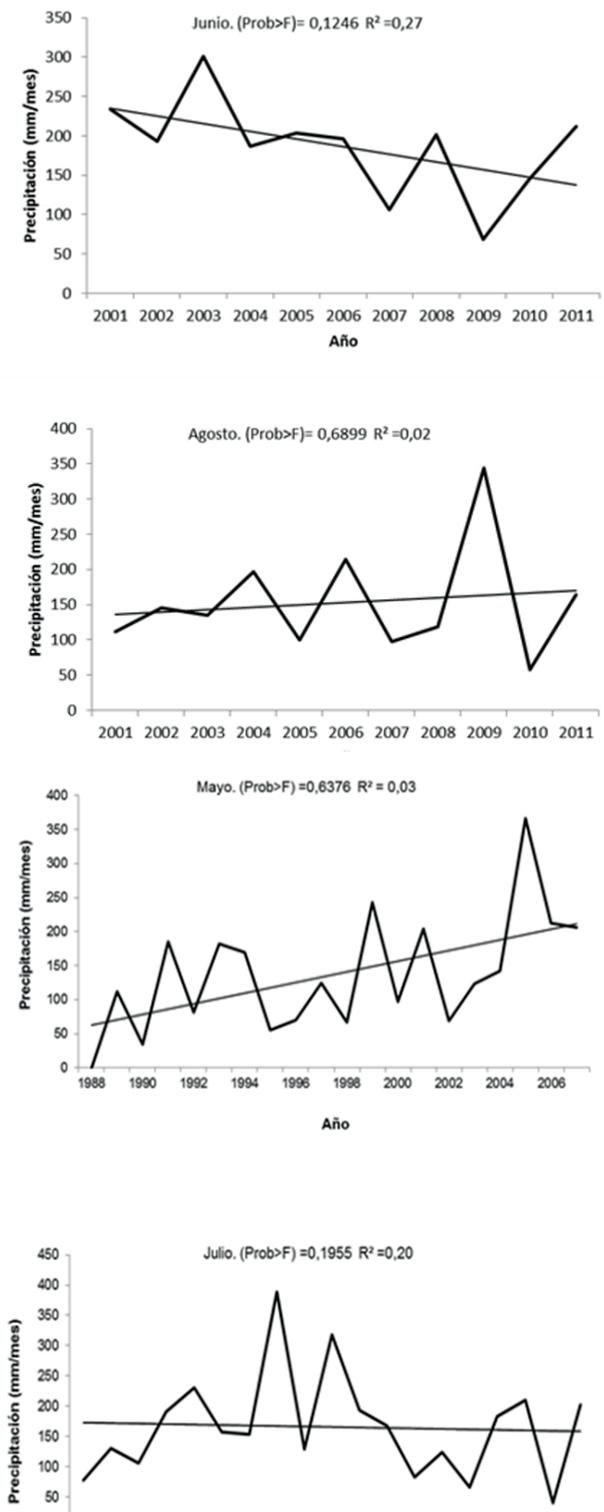


Figura 3. Series temporales de precipitación mensual promedio y ajuste lineal para los meses del período lluvioso. b. Estación Central Matilde. c. Estación Naranjal.

el Cuadro 4 muestra valores de probabilidad de las estaciones en estudio. En la mayoría de los casos, presentaron valores de probabilidad que favorecieron la hipótesis nula, es decir, que la serie de datos se comportó de manera aleatoria ($P > 0,05$). En la estación de Yaritagua se observa que, solo los meses enero y febrero mostraron valores de probabilidad que no favorecieron la hipótesis nula. En este caso, Parra y Cortez (2005) y Olivares *et al.* (2012) recomiendan la aplicación de procedimientos de homogeneización de la serie previo a la realización de cualquier análisis que requiera de este supuesto.

Análisis de dispersión de las series temporales

Los valores atípicos tales como la ocurrencia de eventos extremos de precipitación, errores en la toma de datos, se detectaron en los primeros cinco meses de las estaciones analizadas. La estación Central Matilde presentó valores atípicos entre los meses enero, junio, agosto y septiembre. La estación Naranjal mostró valores atípicos entre enero, mayo, julio, octubre y diciembre (Figura 4). La estación Yaritagua exhibió valores atípicos durante todo el año, concentrándose en los meses secos de enero a

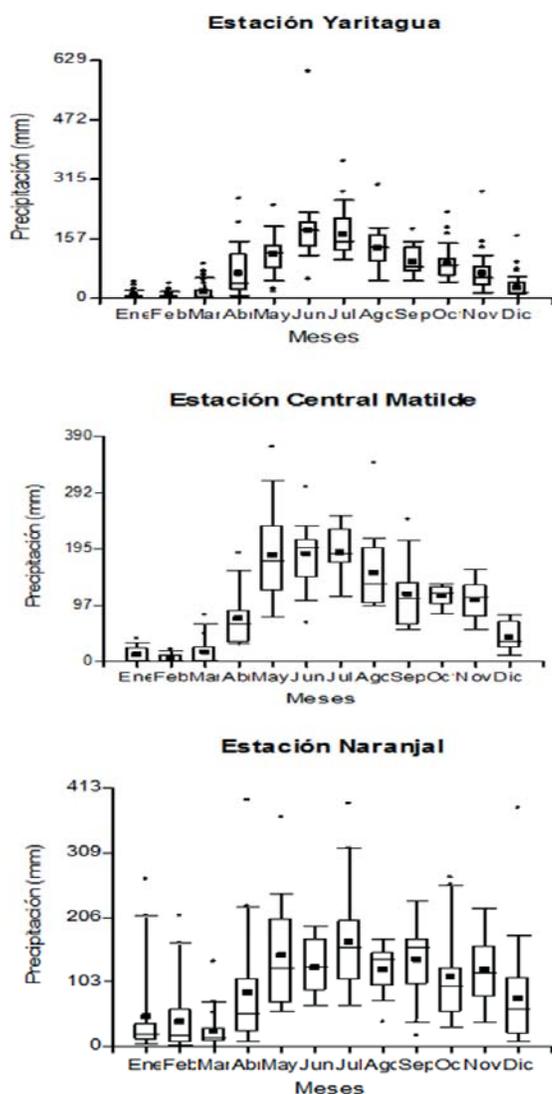


Figura 4. Diagrama "Boxplot" de la precipitación mensual (mm) para el periodo 1970-2011.

Cuadro 4. Valores de P para la prueba de correlación serial de homogeneidad y carácter aleatorio de Wald-Wolfowitz.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Yaritagua	0,0027	0,0024	0,1709	0,1820	0,3133	0,9543	0,2784	0,2946	0,1112	0,4407	0,1631	0,3662
Central Matilde	0,2633	0,3204	0,1507	0,2317	0,0586	0,6328	0,5530	0,5662	0,2855	0,3949	0,9255	0,7743
Naranjal	0,9115	0,2799	0,0625	0,1260	0,3751	0,0548	0,5964	0,7240	0,8740	0,7311	0,0855	0,9990

Nota: Las celdas sombreadas representan valores de $P(U>U(r)) < \alpha$ ($\alpha=0,05$), lo que indica que la serie no cumple con el carácter aleatorio (Sneyers 1990).

marzo y de octubre a diciembre. En general, la ocurrencia de estos valores atípicos se puede explicar por el sesgo que produce la ocurrencia de muchos valores ceros en las observaciones (Olivares *et al.* 2013a).

CONCLUSIONES

Los procedimientos del control de calidad de datos, aplicados en este estudio, permitieron comprobar la amplitud de variación y la consistencia de los datos registrados en las estaciones climatológicas: Yaritagua, Central Matilde y Naranjal. Se obtuvo información relevante respecto a la proporción de datos faltantes, detección de valores extremos, una descripción estadística básica, homogeneidad y dispersión de las series temporales de precipitación.

El aspecto más importante de las series de precipitación estudiadas está representado por la presencia de valores extremos. En este caso, se recomienda replicar el análisis con la inclusión de los datos atípicos y sin estos, con la finalidad de determinar su influencia sobre los resultados finales.

La no homogeneidad de los dos primeros meses de las series de precipitación de la estación de Yaritagua, se debió a la presencia de valores atípicos y extremos. Estos valores pueden o no ser considerados en el análisis en función de los objetivos.

Las series de precipitación, del periodo 1970-2011, generadas por las estaciones de Yaritagua, Central Matilde y Naranjal del estado Yaracuy

contienen datos con calidad adecuada y aceptable. Estas series cumplen con las condiciones de continuidad, homogeneidad, representatividad, entre otros. Las mismas pueden ser utilizadas en estudios de caracterización de la precipitación, zonificación de cultivos, calendarios de siembra, análisis de sequía y estudios de la variabilidad de la precipitación en zonas de importancia agrícola.

LITERATURA CITADA

- Ablan, M; Andressen, R; Vargas, MP; Acevedo, M. 2008. Propuesta metodológica para el control de calidad de datos de precipitación. *Agronomía Tropical* 58(1):57-60.
- Aguilar, E; Auer, I; Brunet, M; Peterson, TC; Wieringa, J. 2003. Guidelines on Climate Metadata and Homogenization. World Meteorological Organization. Génova. P. ed. 50 p.
- Cárdenas, P; De Grazy, E. 2003. Tendencia a largo plazo en la precipitación para Venezuela. Proyecto MARNPNUP VEN/00/G31 Primera Comunicación nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela. 46 p.
- Crawley, M. 2002. Statistical Computing: An Introduction to Data Analysis using S-plus. John Wiley & Sons. England. 761 p.
- Cortez, A; Rodríguez, MF; Rey, JC; Ovalles, F; González, W; Parra, R; Olivares, B; Marquina, J. 2016. Variabilidad espacio temporal de la precipitación en el estado

- Guárico, Venezuela. Revista Facultad Agronomía (LUZ) 33(3):292-310.
- Cortez, A; Olivares, B; Parra, R; Lobo, D; Rodríguez, MF; Rey, JC. 2018. Descripción de los eventos de sequía meteorológica en localidades de la cordillera central, Venezuela. Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones I (1):22-44.
- Hernández, R; Pereira, Y; Molina, JC; Coelho, R; Olivares, B; Rodríguez, K. 2017. Calendario de siembra para las zonas agrícolas del estado Carabobo en la República Bolivariana de Venezuela. Sevilla, Spain, Editorial Universidad Internacional de Andalucía. 247 p.
- InfoStat/p. 2013. Infostat for Windows Version 9.0. Grupo Infostat, Inc. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Jones, PD; Osborn, TJ; Briffa, KR. 1997. Estimating sampling errors in largescale temperature averages. Journal Climate 10:2548-2568.
- Martelo, MT. 2003. Metodología para la selección de Modelos de Circulación General de la Atmósfera y Escenarios Climáticos a incluir en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31, Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas - Venezuela. 56 p.
- Martelo, MT. 2004. Consecuencias ambientales generales del cambio climático en Venezuela. Trabajo de ascenso profesor agregado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay. Venezuela. 172 p.
- MARN (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Venezuela). 2005. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Proyecto MARN-PNUDVEN/00/G31. Dirección de hidrología, meteorología y oceanología – Dirección General de Cuencas Hidrográficas – MARN. Caracas. 123 p.
- Medina R. 2008. Estimación estadística de valores faltantes en series históricas de lluvia. Trabajo de investigación. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela de postgrados Pereira. Disponible en línea: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1126/1/51954M491.pdf>. [Consulta: 2014, 19 de abril].
- Olivares, B; Parra, R; Cortez, A; Rodríguez, MF. 2012. Patrones de homogeneidad pluviométrica en estaciones climáticas del estado Anzoátegui, Venezuela. Revista Multiciencias 12:11-17.
- Olivares, B; Cortez, A; Parra, R; Rodríguez, MF; Guevara, E. 2013a. Aplicación de procedimientos estadísticos para el control de calidad de las series de precipitación mensual en los llanos orientales venezolanos. Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 30:367-391.
- Olivares, B; Torrealba, J; Caraballo, L. 2013b. Variability of the precipitation regime in the period 1990-2009 in the location of El Tigre, Anzoátegui state, Venezuela. Revista Facultad Agronomía (LUZ) 30(1):19-32.
- Olivares, B; Cortez, A; Lobo, D; Parra, R; Rey, JC; Rodríguez, MF. 2016. Estudio de la Sequía Meteorológica en Localidades de los Llanos de Venezuela Mediante el Índice de Precipitación Estandarizado. Revista Acta Nova 7(3):266-283.
- Olivares, B; Parra, R; Cortez, A. 2017a. Characterization of precipitation patterns in Anzoátegui state, Venezuela. *Ería* 3(3):353-365.
- Olivares, B; Zingaretti, ML; Demey, JA; Demey, JR. 2017b. Application of the STATIS-ACT method to the rain regime in the Venezuelan Oriental Region. UNED Research Journal 9(1):97-106.
- Olivares, B. 2018. Tropical conditions of seasonal rain in the dry-land agriculture of Carabobo,

- Venezuela. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida 27(1):86-102.
- Olivares, B; Hernández, R; Coelho, R; Molina, JC; Pereira, Y. 2018. Analysis of climate types: Main strategies for sustainable decisions in agricultural areas of Carabobo, Venezuela. *Scientia Agropecuaria* 9(3):359–369.
- Olivares, B; Zingaretti, ML. 2018. Analysis of the meteorological drought in four agricultural localities of Venezuela through the combination of multivariate methods. *UNED Research Journal*. 10(1):181-192.
- Parra, R; Cortez, A. 2005. Control de calidad de series de precipitación de las series de precipitación del INIA Venezuela en el periodo 1970-2000. *Revista Argentina de Agrometeorología* (5-6):63-73.
- Parra, R; Olivares, B; Cortez, A; Lobo, D; Rodríguez, MF; Rey, JC. 2018. Características de la sequía meteorológica (1980-2014) en dos localidades agrícolas de los andes venezolanos. *Revista de Investigación*. 42(95):38-55.
- Paredes, F; La Cruz, F; Guevara, E. 2014. Análisis regional de frecuencia de las sequías meteorológicas en la principal región cerealera de Venezuela. *Bioagro* 26(1):21-28.
- Rodríguez, MF; Cortez, A; Olivares, B; Rey, JC; Parra, R; Lobo, D. 2013. Análisis espacio temporal de la precipitación del estado Anzoátegui y sus alrededores. *Agronomía Tropical* 63 (1-2):57-65.
- Sevruk, B. 1989. Precipitation measurement. *Proceedings of the International Workshop on Precipitation Measurement*, St. Moritz, Switzerland, 3-7 December, 1989. Institute of Geography, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, WMO/TD-No.32, Geneva. 589 p.
- Sneyers, R. 1990. On the statistical analysis of series of observations. *World Meteorological Organization, WMO-N° 415, Technical Note N°143*. Geneva, Switzerland. 193 p.
- Solís, O. 2011. Control de calidad de datos para estudios de cambio climático. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Oficina General de Estadística e informática*. 7 p. Disponible en línea: http://sania.comunidadandina.org/Upload/Contenido/9/21/01_control%20de%20calidad%20de%20datos.pdf.
- Trejo, FJ; Barbosa, HA; Ruiz, IQ; Peñaloza-Murillo, MA. 2016. Meso scale oceanic atmospheric circulation patterns linked with severe and extensive droughts in Venezuela. *Revista Brasileira de Meteorología* 31(4):468-489.
- Tukey, JW. 1977. *Exploratory data analysis*. Eddison Esley Edt. USA. 219 p.
- Watt, WE. 1989. *Hydrology of floods in Canada: a guide to planning and design*, Consejo Nacional de Investigación de Canadá, Ottawa. 245 p.
- WMO (World Meteorological Organization). 1989. *Proceedings of international workshop on precipitation measurements*. Geneva, Switzerland. 584 p.
- WMO (World Meteorological Organization). 2011. *Guide to climatological practices*. WMO-N° 100. Geneva, Switzerland. 128 p.
- Wulfmeyer, V; Henning-Müller, I. 2005. The climate station of the University of Hohenheim: Analyses of air temperature and precipitation time series since 1878. *International Journal of Climatology* 26:113-138.