

Caracterización del régimen de precipitación para el periodo 1998-2010, de las estaciones El Tigre y Ceniap - Maracay de la red agrometeorológica del INIA

RESUMEN

En Venezuela, la mayoría de los trabajos realizados referentes a estudios del impacto del clima en la agricultura están relacionados con el régimen de humedad, ya que la gran variabilidad de este elemento climático ha generado grandes pérdidas económicas a lo largo de nuestra historia agrícola. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el régimen de precipitación para las estaciones El Tigre y Ceniap - Maracay pertenecientes a la red agrometeorológica del Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas (INIA) para el periodo 1998-2010. Se emplearon datos diarios y datos de promedios anuales y se realizó un análisis estadístico para determinar la disponibilidad de humedad a través de los balances hídrico. La calidad de la serie climatológica utilizadas fue adecuada en términos de longitud de registro, número de datos faltantes y dudosos, y homogeneidad de los datos. Se observó un comportamiento similar en las dos estaciones estudiadas marcando un periodo de crecimiento bien definido y una variabilidad interanual aceptable para la ubicación de las mismas, arrojando así una marcada estacionalidad y un comportamiento normal donde se pueden ver satisfechas las demandas de evapotranspiración de los cultivos y una máxima cobertura, así como también el déficit de humedad del suelo.

Palabras claves: Precipitación, Régimen humedad, Instrumentos

ABSTRACT

In Venezuela, The most of the work performed of studies to the impact of climate on the agriculture are related with the humidity regime, because the big variability of this climate element has generated big economic misses along our agricultural history. The objective of this work was to characterize the regimen of precipitation to "El Tigre" and "Ceniap - Maracay" stations belonging to the agrometeorological red of the National Institute of Agricola Investigations (the Spanish's acronym "I.N.I.A") for the period 1998-2010. Were employed daily data and average annual data and a statistical analysis was performed to determinate the moisture's availability through the water balances. The quality for the climatologically series used was adequate in term of record length, number of missing data and doubtful, and homogeneity in the data. Similar behavior was observed in the two stations studied marking a period of growth well defined and a variability in the years acceptable for the locations of the stations, thus throwing a marking seasonality and a normal behavior where you can see satisfactions in the evapotranspiration of the cultivars demand, and a maximum coverage, thus the deficit of the humidity on the soil.

Keywords: Precipitation, humidity regime, Tools

María Fonseca^{1*}
Adriana Cortez²

¹ Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos, Facultad de Ingeniería Agronómica. San Juan de los Morros, Guárico. Venezuela.

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Ceniap, Recursos Agroecológicos. Maracay, Aragua. Venezuela.

*maria_ale_fonseca@hotmail.com

Recibido: 06 / 05 / 2014

Aceptado: 17 / 07 / 2014

INTRODUCCIÓN

La caracterización del régimen de las variables climáticas de un lugar es indispensable al momento de desarrollar un sistema de producción agrícola o pecuaria. Esta información en conjunto con los requerimientos climáticos del sistema permite detectar potencialidades y limitaciones, para así efectuar una planificación y darle el manejo adecuado a las tierras destinadas a esta actividad. Es por ello que los estudios de descripción y análisis del comportamiento de las variables que componen el clima son tan importantes en el campo agrícola y ambiental.

Según Comerma y Sánchez (1999), desde el punto de vista agrícola, se considera que los elementos climáticos de mayor interés son radiación global, temperatura y precipitación, debido a la gran influencia que ejercen sobre las plantas y animales. En Venezuela, la mayoría de los trabajos realizados, referentes a estudios del impacto del clima en la agricultura, están relacionados con el régimen de humedad, ya que la gran variabilidad de este elemento climático ha generado grandes pérdidas económicas a lo largo de nuestra historia agrícola. Una de las mayores dificultades a las que se enfrentan los agricultores es conocer el momento oportuno para la realización de la siembra y el de las labores culturales a fin de reducir considerablemente las pérdidas agrícolas debido a los factores o variables climáticas.

Algunos de los eventos que pueden presentarse son la ocurrencia de lluvias tempranas seguidas de un

periodo seco, que ocasionan la pérdida de la siembra, ya que las semillas no germinan o las plántulas se mueren por falta de agua (déficit hídrico). En otras ocasiones, el agricultor retrasa la siembra para evitar este riesgo y se presentan problemas en la cosecha, por lluvias y disminución de los rendimientos por ocurrencia de déficit momentos críticos del cultivo.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el régimen de precipitación para las estaciones El Tigre y Ceniap - Maracay para el periodo 1998-2010

MATERIALES Y METODOS

Para caracterizar el régimen de precipitación se emplearon datos diarios y datos de promedios anuales calculadas a partir de promedios mensuales, registrados por las estaciones del INIA en El Tigre, estado Anzoátegui, Venezuela, y Ceniap en Maracay, estado Aragua, Venezuela, para el periodo 1998 al 2010 (Cuadro 1). Este lapso (10 años) es el periodo mínimo de registro de precipitación que establece la Organización Mundial de Meteorología (OMM) para estudios agroclimáticos, según Jagannathan (1967).

Se siguió la metodología según Kundzewic y Robson (2000), para realizar un análisis estadístico con el que se caracterizan las variables climáticas y el método del balance hídrico para determinar la disponibilidad de humedad.

Obtención y preparación de la base de datos

Los registros de las estaciones climáticas variables precipitación y evaporación se obtuvieron en formato digital a través del portal del INIA (<http://>

Cuadro 1. Características generales de las estaciones agrometeorológicas.

Serial	Estación	Tipo	Años de Registro	Latitud	Longitud	Altitud Mnm	Estado
I3715	El Tigre	Convencional	13	08°51'N	64°13'O	271	Anzoátegui
I2604	Ceniap - Maracay	Convencional	13	10°17'N	67°37'O	455	Aragua

Fuente: Unidad de agrometeorología INIA-Aragua, 2012.

agrometeorologia.inia.gov.ve/).

Estos archivos se manejaron en el programa Microsoft Excel 2007, en el que se crearon hojas de cálculos de datos diarios, y a partir de ellos los mensuales, para cada estación agrometeorológica.

Se considera que los registros obtenidos de un mismo mes para varios años de registro son series climatológicas, es decir series de datos compuestas de variables aleatorias seleccionadas de una única población, generalmente infinita en su extensión (OMM, 1990).

Una vez organizadas las series, es esencial comprobar que se trata de series climatológicas válidas, utilizando por ello un procedimiento de verificación de calidad de datos, que comprende los siguientes criterios:

a) Longitud de la serie

Este criterio se aplicó para la selección de las estaciones, y consiste en la selección de series de observación en función de un periodo mínimo de años de registro, que ha sido establecido por la OMM como se menciona en la selección de estaciones.

b) Datos faltantes y dudosos

En Venezuela es muy frecuente en las series climatológicas la presencia de datos faltantes y dudosos. Las posibles causas son faltas de control sobre la red y observadores por parte de los organismos encargados de las estaciones, errores de medición y problemas en la transcripción de los datos. En este sentido, se realizó una revisión profunda de los datos diarios de precipitación y evaporación para cada una de las estaciones evaluadas, pudiendo detectar datos faltantes y datos errados. Los resultados obtenidos se resumieron en cuadros y se graficaron para cada elemento: precipitación y evaporación, para cada estación, donde se detalla el número de datos faltantes y de datos dudosos.

En el caso de los datos dudosos, se efectuó una primera revisión visual a través de la hoja de cálculo Excel donde se obtuvieron los valores errados,

localizando así valores que no correspondían con el comportamiento normal de la serie de observación. Luego, se utilizó un segundo criterio para detectarlos, que consistió en aplicar filtros en los archivos de Excel, localizando así valores que no corresponden con el comportamiento normal de la serie.

c) Homogeneidad de los datos

Una vez totalizados los datos faltantes y datos dudosos, se procedió a verificar que las series mensuales climatológicas fuesen homogéneas, ya que este es un requisito para realizar cualquier análisis estadístico posterior. Se entiende por series homogéneas, aquellas series que varían de acuerdo con los factores climáticos naturales, y se mantendrá homogénea si permanecen constante el entorno natural y los instrumentos de medición (OMM, 1990). Una serie puede no ser homogénea, cuando la variable bajo estudio presenta cambios significativos en la media, tendencia o fluctuaciones no aleatorias, debido a diversas causas, entre las que se destacan, según Fernández (1999):

- Las características intrínsecas de las variables climáticas, que determinan que una misma serie sea el resultado de la mezcla de poblaciones diferentes.
- Las modificaciones en las condiciones de medida, bien sea por un cambio en el emplazamiento del observatorio o de las técnicas de instrumentos de medida.

Existen una serie de pruebas dirigidas a evaluar la homogeneidad de las series de observaciones. La prueba de rachas (Thom, 1966) es una de ellas y un método comúnmente utilizado y consiste en determinar el número de veces que los elementos de una serie climatológica están por arriba o por debajo del valor de la mediana. Dichos cambios se denominan rachas que son comparados con los umbrales que indican aleatoriedad para distintos niveles de probabilidad, de acuerdo al número de elementos de la serie.

Análisis exploratorio

En esta parte del proceso de análisis se realizó un análisis exploratorio de datos (AED), calculando la

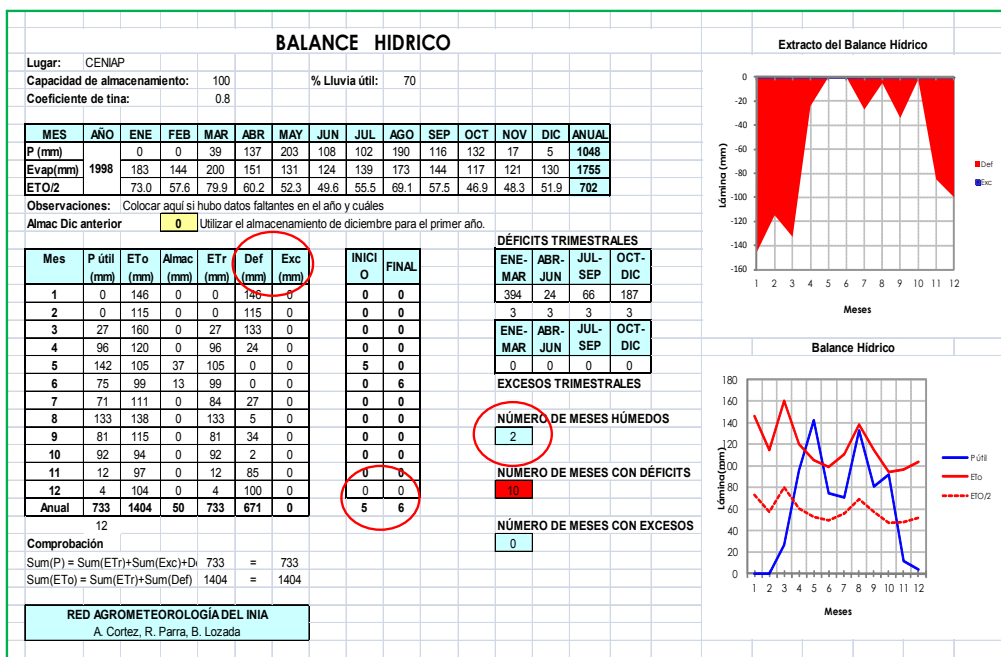


Figura 1. Plantilla para el cálculo del balance hídrico.

media aritmética, mediana, percentiles, desviación estándar, coeficiente de variación, los valores máximos y mínimos de la serie, relación MJJ (Mayo, Junio y Julio) y el índice MJJ/promedio anual. Luego se construyeron gráficos de las variables climáticas con la finalidad de apreciar el comportamiento y la estacionalidad de los mismos.

Determinación de los balances hídricos

Se construyeron los balances hídricos año a año para las estaciones seleccionadas. Es importante acotar que para la realización de los balances hídricos, se utilizó una plantilla automatizada que fue suministrada por la unidad de agrometeorología del INIA Maracay (Figura 1).

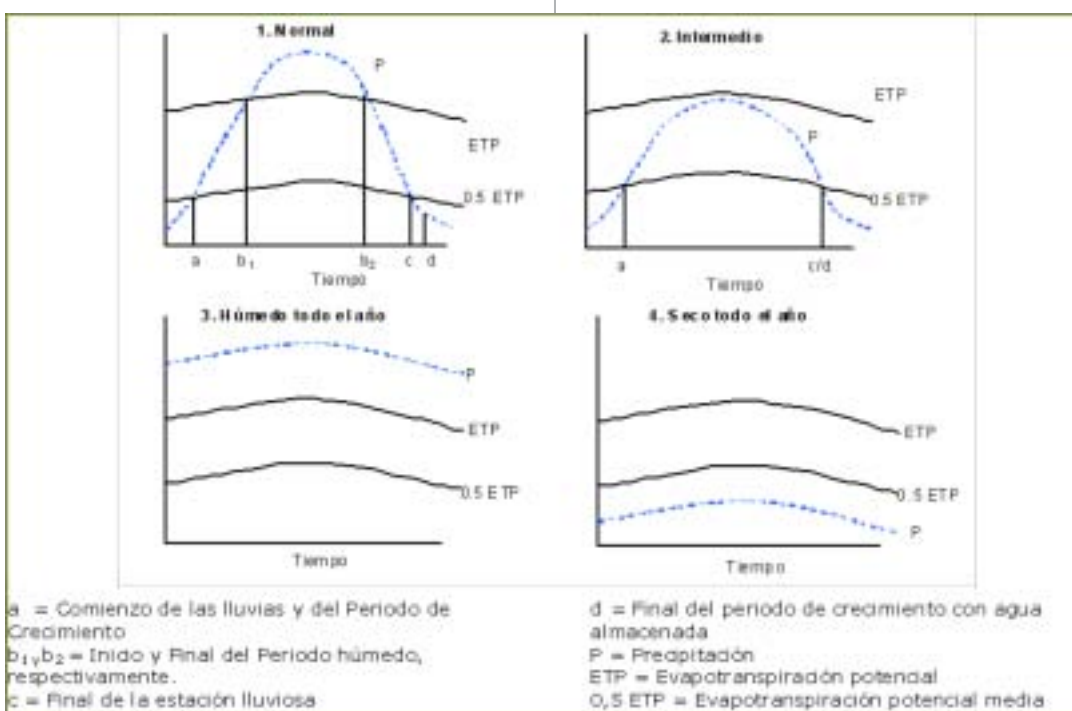


Figura 2. Tipos de periodos de crecimiento

Determinación de los índices derivados del balance hídrico simple

A partir de los balances hídricos realizados año a año para cada estación fueron extraídos los siguientes datos:

- Mes de inicio del período húmedo
- Longitud del período húmedo
- Mes de término del período húmedo
- Déficit y excesos
- Determinación de elementos de periodo de crecimiento y su probabilidad de ocurrencia, tal como se muestra en la Figura 2.

RESULTADOS Y DISCUSION

La calidad de los datos de las series climatológicas diarias y mensuales cumplieron los criterios de longitud de la serie y para cada una de las estaciones se superó el mínimo establecido.

Los datos faltantes se presentan por estación El Tigre y Ceniap - Maracay y por variable precipitación (Figuras 3a,b y 4a,b) y evaporación (Figuras 5a,b y 6a,b). Se muestra claramente que ambas estaciones presentaron un número muy reducido de datos faltantes mensuales durante todo el año y para todas las series evaluadas.

Para la variable precipitación en la estación El

Tigre, el porcentaje de datos faltantes diarios fue de apenas 1% de las series diarias y cuando se contabilizo la información mensual para cada uno de los años evaluados se observó que de los 13 años seleccionados hubo solamente dos donde hubo información faltante para la serie climática de enero años (2000 y 2003) y diciembre año (2002). En la estación Ceniap-Maracay no hubo datos faltantes para las series climáticas evaluadas.

Para la variable evaporación en la estación de El Tigre, el porcentaje de datos faltantes diarios fue mucho más elevado que para la variable precipitación de dicha estación representado en un 8%, siendo los meses julio, agosto y septiembre donde se observaron la mayor cantidad de datos faltantes y los meses febrero, marzo y diciembre donde se presentaron menores datos faltantes. Cuando se contabilizo la información anual para cada serie mensual se muestra claramente la ocurrencia de datos faltantes excepto para los meses febrero y marzo.

En la estación Ceniap-Maracay el porcentaje de datos faltantes resulto mayor que la estación El Tigre, siendo los meses abril, julio, noviembre y diciembre los de mayor cantidad representando un 12% y siendo el mes de junio el que tuvo la menor cantidad de datos faltantes. A partir de esta información se observa que para el caso de datos

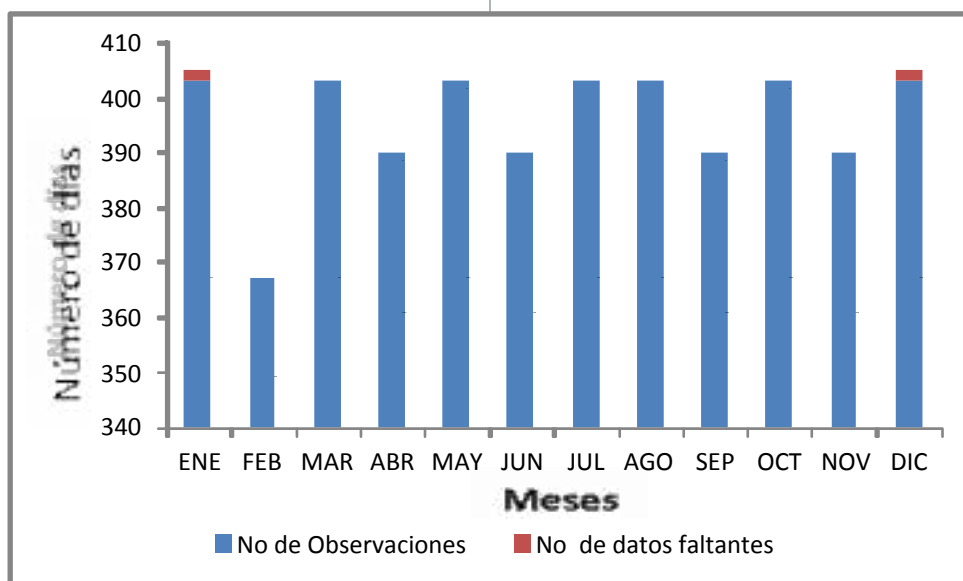


Figura 3a. Número de datos faltantes y observados en la serie de precipitación diaria para la estación El Tigre, estado Anzoátegui.

faltantes de la variable evaporación en la estación Ceniap-Maracay hubo una ocurrencia de datos faltantes para todos los meses del año de la serie estudiada.

En consecuencia, los datos de precipitación y evaporación de ambas estaciones poseen una calidad de datos considerada como adecuada en función a

las observaciones faltantes según Parra y Cortez (2006). Ambas series de datos pueden ser confiables para hacer estudios de caracterización espacial de la precipitación. Cabe resaltar, que en el caso de los datos dudosos no fue necesario eliminarlos, sino que se pudo verificar con los registros originales y corregir el dato.

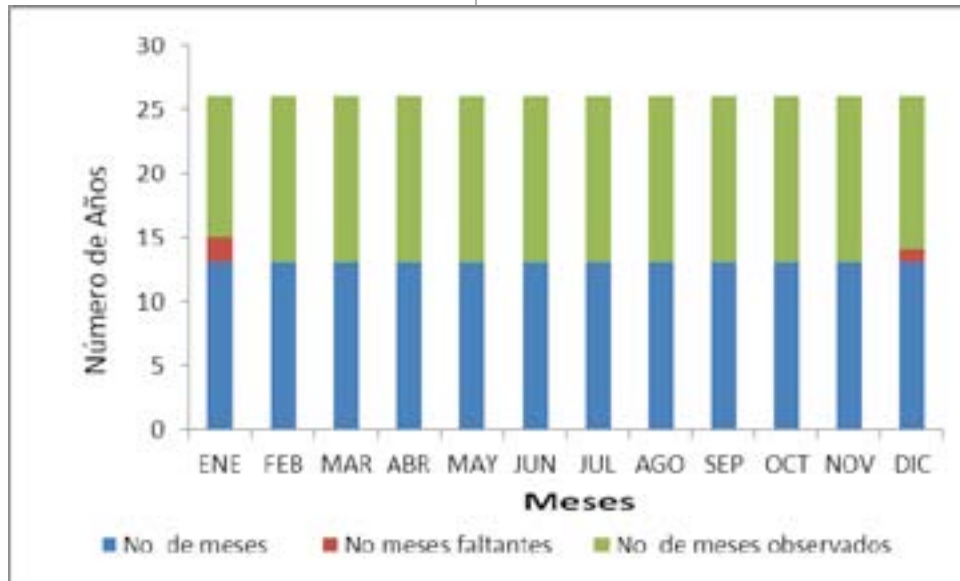


Figura 3b. Numero de datos faltantes y observados en la serie de precipitación anual para la estación El Tigre, estado Anzoátegui.

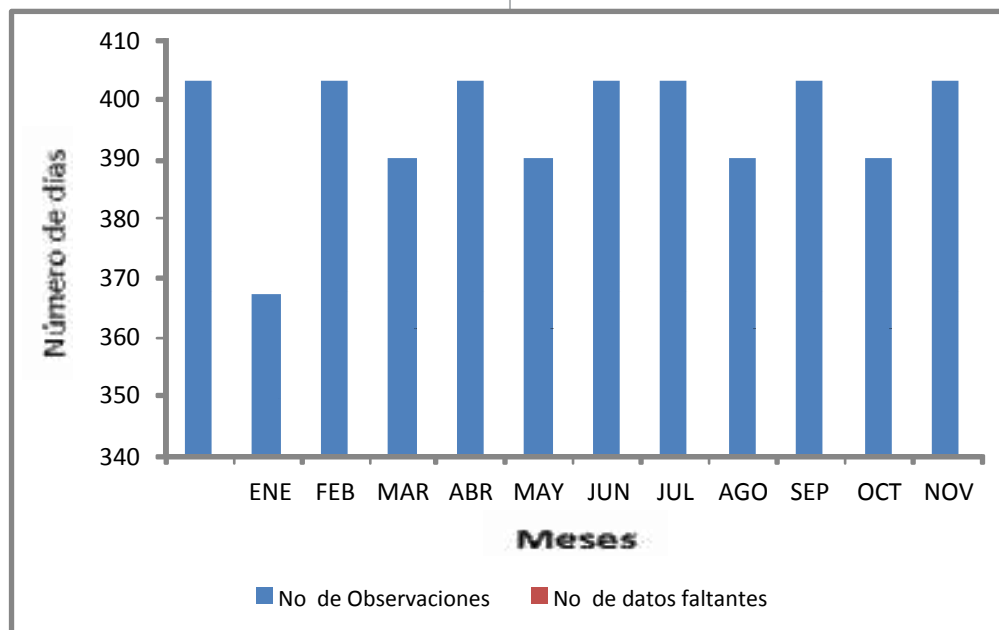


Figura 4a. Número de datos faltantes y observados en la serie de precipitación diaria para la estación Ceniap-Maracay, estado Aragua.

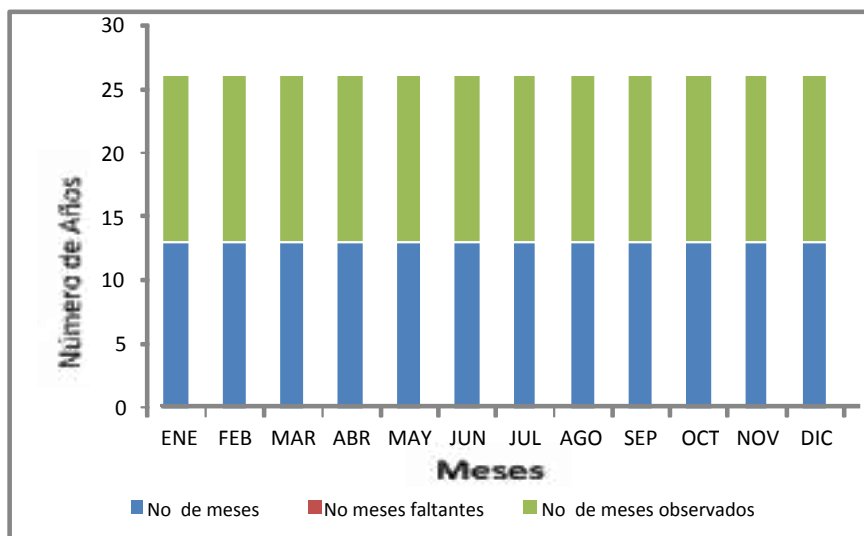


Figura 4b. Número de datos faltantes y observados en la serie de precipitación anual para la estación Ceniap-Maracay, estado Aragua.

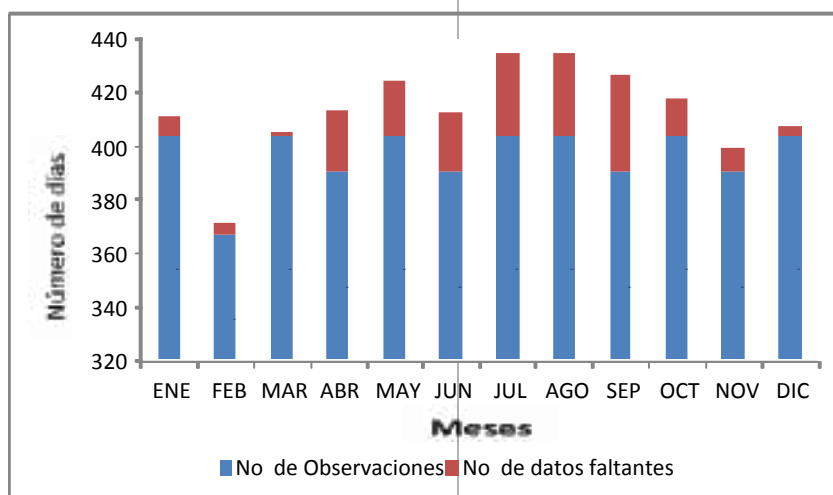


Figura 5a. Número de datos faltantes y observados en la serie de evaporación diaria para la estación El Tigre, estado Anzoátegui.

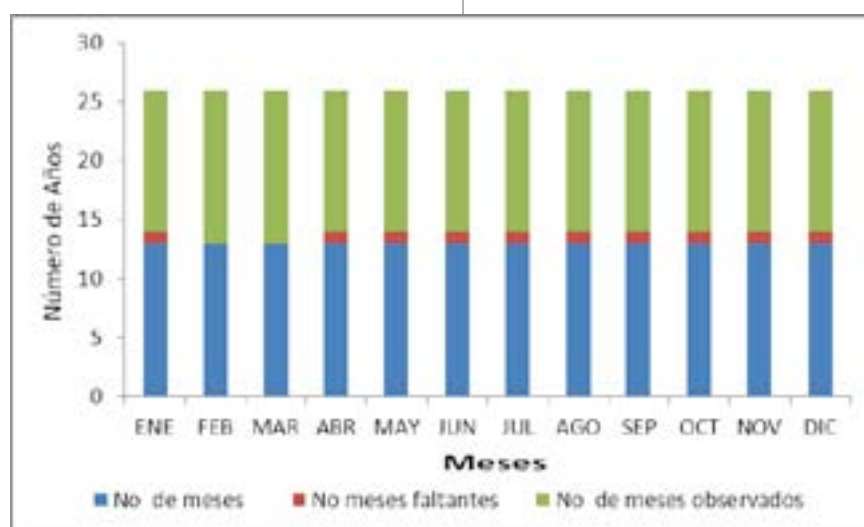


Figura 5b. Número de datos faltantes y observados en la serie de evaporación anual para la estación El Tigre, estado Anzoátegui.

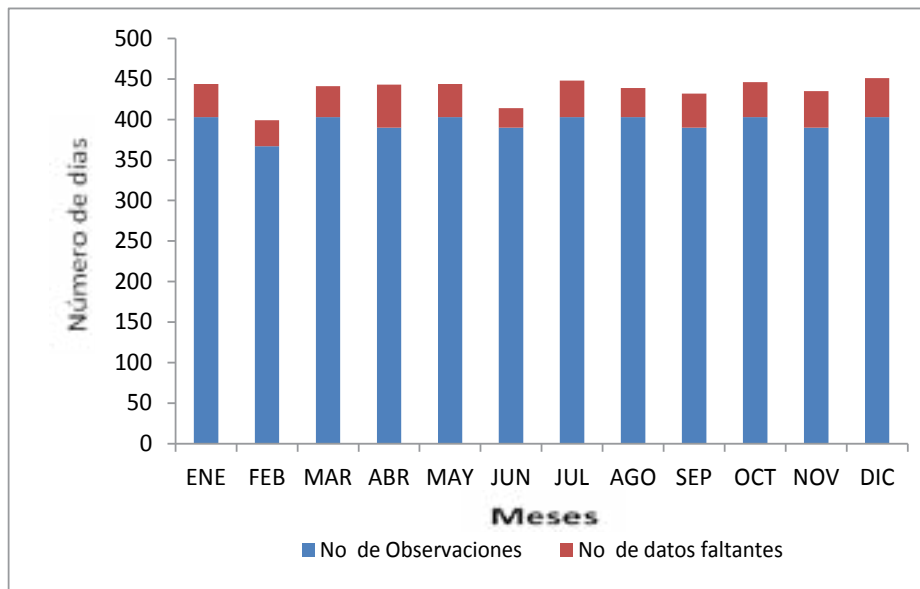


Figura 6a. Número de datos faltantes y observados en la serie de evaporación diaria para la estación Ceniap-Maracay, estado Aragua.

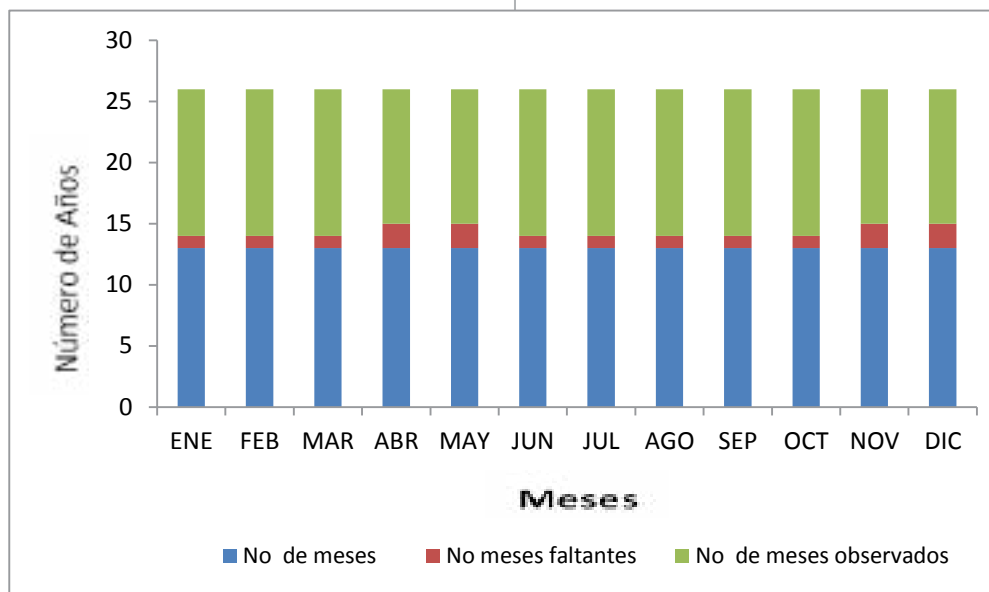


Figura 6b. Numero de datos faltantes y observados en la serie de evaporación anual para la estación Ceniap-Maracay, estado Aragua

La homogeneidad de los datos, obtenida de la prueba de racha, para conocer la aleatoriedad de los datos de las series mensuales de precipitación y evaporación en cada una de las estaciones resulto que, en general, las variables de precipitación y evaporación estudiadas fueron homogéneas, ya que casi todos los meses pasaron la prueba de rachas. Los meses que no presentan homogeneidad

fueron en la estación El Tigre el mes de julio para la variable evaporación y en la estación Ceniap-Maracay el mes de diciembre, igualmente para la variable evaporación. El número total de meses no homogéneos no superó los 2 meses para cada una de las estaciones (Cuadro 2); el número de rachas obtenidas se encuentran muy cercanas a los umbrales establecidos por Thom (1966).

Cuadro 2. Resultado de las pruebas de rachas de Thom, aplicadas a la series de precipitación y evaporación de las estaciones Ceniap-Maracay y El Tigre.

Estación	Variable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
El Tigre	Precipitación	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	Evaporación	H	H	H	H	H	H	-	H	H	H	H	H
Ceniap	Precipitación	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	Evaporación	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-

Variables Homogéneas

En síntesis se puede decir que las series mensuales de precipitación y evaporación en su mayoría fueron homogéneas y se consideró que las series pueden ser utilizadas para caracterizar el régimen hídrico, aunque algunos meses no obtuvieron el número de rachas aceptables. Esto se le puede atribuir a la cantidad de datos faltantes de la variable estudiada.

Los resultados del AED se presentan las Figuras 7a y b donde se muestra el comportamiento interanual de la precipitación para la estación El Tigre y Ceniap-Maracay respectivamente. Se observa en la estación El Tigre que los años 1999 y 2010 fueron los de mayor precipitación con valores entre 1400 a 1600 mm y los años de menor precipitación fueron el año 2009 seguido por el año 2002 y 2001 con precipitaciones en el rango de los 700 a 800 mm.

El monto promedio anual de precipitación para dicha estación es de 1066 mm con un coeficiente de variación moderado de 25,8% y oscilaciones entre 1572,9 y 727,8 mm. La estación Ceniap-Maracay tiene un comportamiento similar a la estación El Tigre donde los años más húmedos fueron también los años 1999 y 2010 con un promedio anual de 1115,3 mm y una moderada variabilidad interanual y el año con menor precipitación fue el año 2001 con valores que no superaron los 700 mm (CV= 27,2%) y oscilaciones entre 1698 y 723 mm.

En las estaciones estudiadas, la variabilidad interanual de la precipitación resulto considerable aunado a la presencia de dos años atípicos como fueron las lluvias caídas en el año 1999 y 2010 influenciadas por un evento climático conocido como el fenómeno de La Niña.

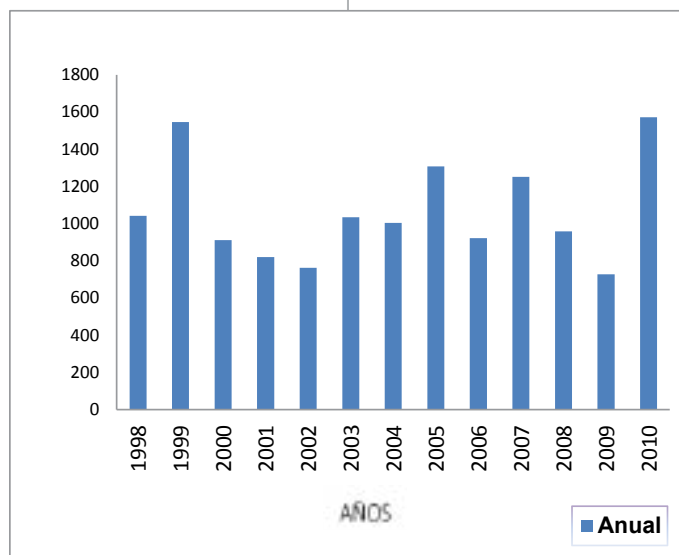


Figura 7a. Comportamiento de la precipitación anual (mm) para el periodo (1998-2010) para la estación el Tigre estado Anzoátegui.

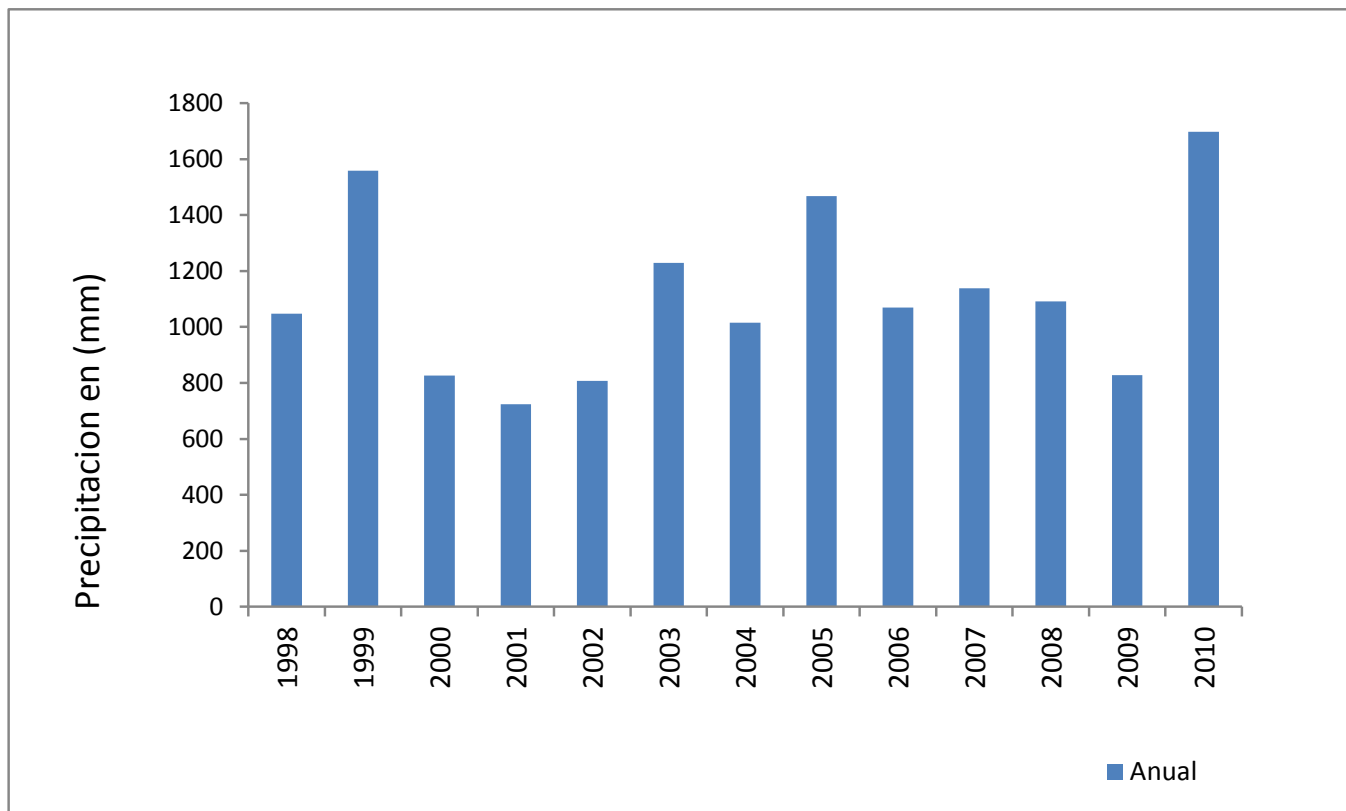


Figura 7b. Comportamiento de la precipitación anual (mm) para el periodo (1998-2010) para la estación Ceniap-Maracay estado Aragua.

Las representaciones graficas de la estadística descriptiva para cada estación se muestran en las Figuras 8a y b y estuvieron constituidas por el valor máximo, mínimo, el percentil 75 y el coeficiente de variación. Para el caso de la estación El Tigre se mostraron valores aceptables y lógicos para una estación de la región oriental, donde el percentil 75 de la precipitación muestra que para el mes de agosto en el 75% de los años estudiados presentan 278,2 mm y el mes de febrero de 9,6 mm. Los valores máximos ocurren en el mes de agosto registrándose valores para dicho mes de 413,3 mm y los valores mínimos en febrero y marzo. Estos resultados confirman un comportamiento bianual para la precipitación de la estación El Tigre y una marcada estacionalidad, es decir un periodo seco que va desde diciembre hasta marzo y un periodo lluvioso que va de mayo a octubre considerándose los meses de abril y noviembre como meses de transición.

Para la estación Ceniap-Maracay en cuanto a la estacionalidad, se presenta un periodo lluvioso bien definido (mayo a octubre) donde el mes de agosto es uno de los meses más lluviosos con 229 mm y un periodo seco (diciembre a marzo) en el que se define a febrero como el mes más seco con un P75% de 1,7 mm. El patrón de precipitación fue igual que la estación El Tigre con un comportamiento bianual, es decir un solo máximo al año. En cuanto a la variabilidad interanual, se evidencia que para ambas estaciones hubo una alta variación que está representada para la estación El Tigre en los meses de marzo y abril con un coeficiente de variación superior al 100%, lo que implicaría un alto riesgo en término de la temporada lluviosa. Para la estación Ceniap-Maracay los meses enero y febrero fueron los de mayor variabilidad con coeficiente de variación superiores a 150%. Para ambas estaciones el periodo seco resulto ser más inestable en cuanto a la variación de las precipitaciones registradas.

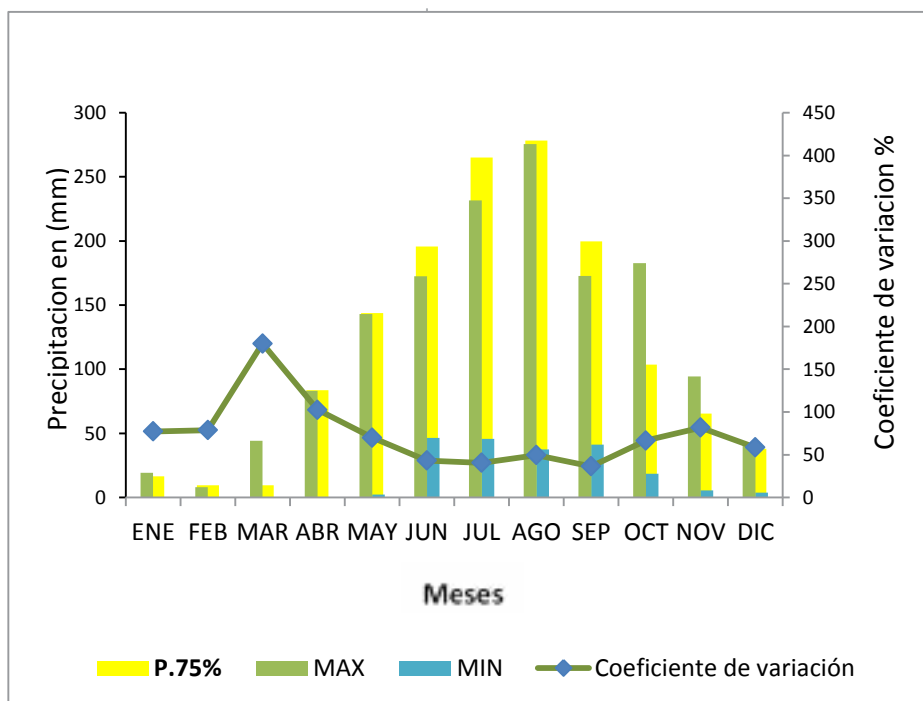


Figura 8a. Comportamiento de la precipitación mensual (mm) para el periodo (1998-2010) para la estación El Tigre estado Anzoátegui.

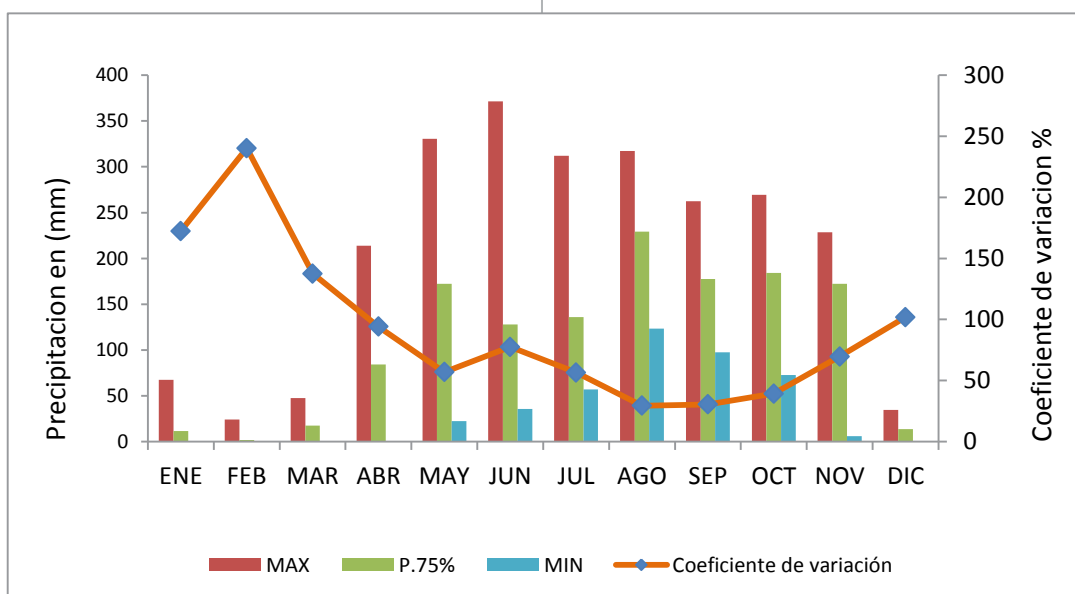


Figura 8b. Comportamiento de la precipitación mensual (mm) para el periodo (1998-2010) para la estación Ceniap-Maracay estado Aragua.

En las Figuras 9a y 9b se observa el coeficiente precipitación MJJ/anual promedio que explica cuanto representa el monto acumulado de precipitación en los meses de mayo, junio y julio con respecto al total anual promedio de la serie 1998-2010, para ambas estaciones. Este índice sirve en la caracterización del régimen de

precipitación para observar en los meses de inicio de las siembras con cuanto disponibilidad de agua se cuenta. Para la estación de El Tigre tenemos que el año 2005 se registró un valor de 0,62 lo que indica que ese año en los meses de mayo a julio cayó el 62% de la lámina total anual promedio de la serie 1998-2010 y en los últimos años se

observa que hay un incremento en el índice. Para la estación Ceniap-Maracay se observa que el año 2010 resulto con 0,54 representando la lámina

total anual de la serie estudiada en un 54% y al igual que la estación El Tigre hay un incremento o una tendencia al aumento de este.

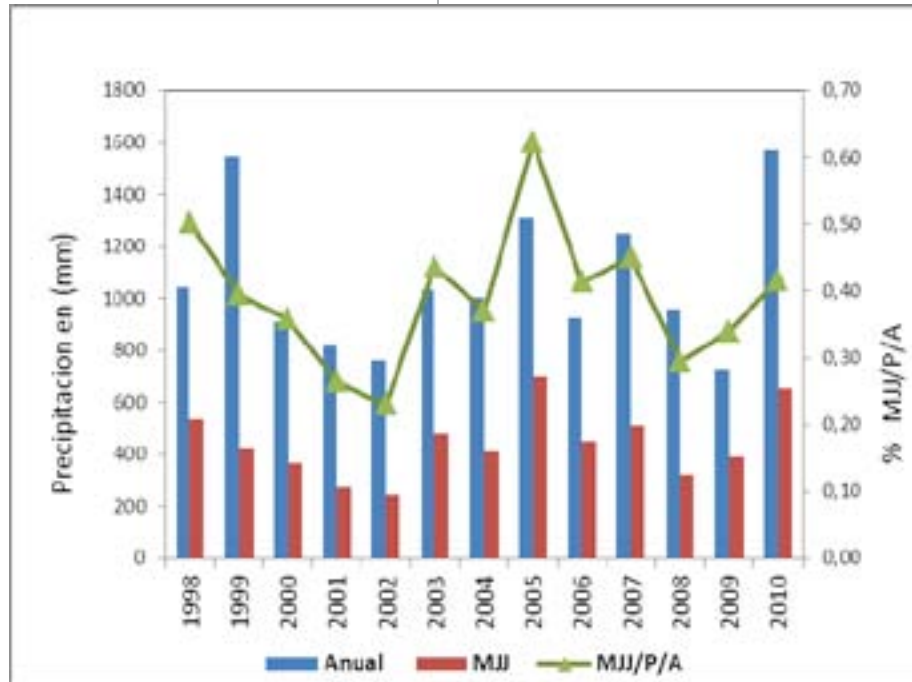


Figura 9a. Relación entre la precipitación de los meses mayo, junio, julio con respecto al promedio anual de la serie 1998-2010 para la Estación El Tigre.

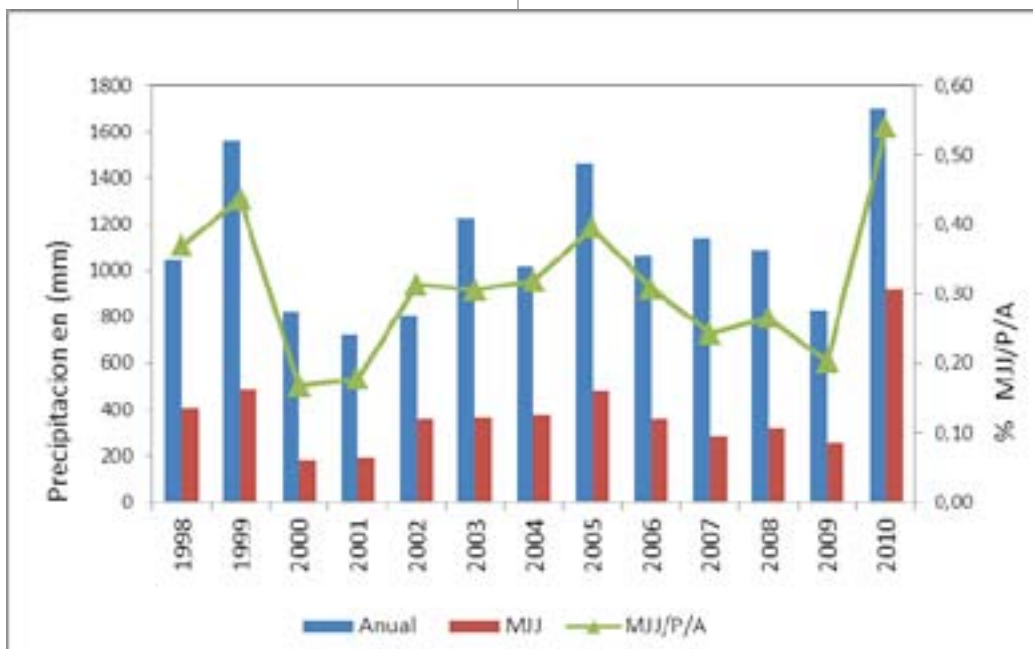


Figura 9b. Relación entre la precipitación de los meses mayo, junio, julio con respecto al promedio anual de la serie 1998-2010 para la Estación Ceniap-Maracay

Cuadro 3. Resumen de balance hídrico y periodo de crecimiento estación el Tigre y Ceniap- Maracay.

Estación	Variable	Inicio de la temporada de lluvia	Inicio del Periodo húmedo	Fin del Periodo húmedo	Fin de la temporada de lluvia	Número de días húmedos	Número de días secos	Tipo de periodo de crecimiento
El Tigre	Fecha	13 abril	10 mayo	23 junio	14 sept.	44	143	Normal
	Probabilidad	0,91	0,91	0,91	0,91	100,0	100,0	
Ceniap	Fecha	28 marzo	28 marzo	10 junio	6 oct.	41	123	Normal
	Probabilidad	0,91	0,91	0,91	0,91	100	81,82	

En el Cuadro 3 se describen los resultados obtenidos de los índices derivados del balance hídrico, como el inicio de la temporada de lluvia, inicio del periodo húmedo, fin del periodo húmedo, fin de la temporada de lluvia, número de días húmedos, número de días secos y tipo de periodo de crecimiento. Para la estación El Tigre se determinó que el inicio de la temporada de lluvia resulto en el 91% de los casos que para el 13 de abril ya se ha iniciado la temporada de lluvia, para el 10 de mayo el inicio del periodo húmedo, para el 23 de junio el fin del periodo húmedo y el 14 de septiembre el fin de la temporada de lluvia. Según la metodología de la FAO se pudo determinar que existe un periodo húmedo ($\text{precipitación} > \text{ETO}$) bastante corto con 44 días húmedos y un periodo seco ($\text{precipitación} < \text{ETO}$) de 143 días que abarca los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Para la estación Ceniap- Maracay en el 91% de los años evaluados, el inicio de la temporada de lluvia y periodo húmedo resulto el 28 de marzo, el fin del periodo el 10 de junio y el fin de la temporada de lluvia el 6 de octubre. Se pudo observar que existe un periodo húmedo corto con 41 días y un periodo

seco con 123 días respectivamente.

Ambas estaciones presentaron un periodo de crecimiento normal, evidenciado por su comportamiento y un periodo húmedo bien definido, y donde se pueden ver satisfechas las demandas de evapotranspiración de los cultivos a una máxima cobertura, así como también el déficit de humedad en el perfil del suelo.

CONCLUSIONES

La calidad de las series climatológicas utilizadas fue adecuada en términos de longitud de registro, número de datos faltantes y dudosos, y homogeneidad de los datos y se pudo observar un comportamiento similar en las dos estaciones estudiadas marcando un periodo de crecimiento bien definido y una variabilidad interanual aceptable para la ubicación de las mismas, arrojando así una marcada estacionalidad y un comportamiento normal donde se pueden ver satisfechas las demandas de evapotranspiración de los cultivos, y una máxima cobertura, así como también el déficit de humedad del suelo.

BIBLIOGRAFIA

- Comerma, J.; Sánchez, A. 1981. Agroclimatología. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela
- Fernández, F. 1999. Manual de climatología aplicada: Clima, Medio ambiente y planificación. Madrid, España, Síntesis 285p.
- Jagannathan 1967. A note on climatological normals. World Meteorological Organization, Technical Note N°84. Denver, EUA. 19 p
- Kundzewic, Z.; Robson, A. 2000, Detecting trend and other changes in hydrological data. WCP-WMO. Ginebra, Suiza. 153 p
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1990. Guía de prácticas climatológicas. N°100. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza 260p
- Thom, 1966. Some methods of climatological analysis. World Meteorological Organization, Technical Note N°81. Denver, EUA. 53p.
- Parra R y Cortez, A. 2006. Control de calidad de las series de precipitaciones de las estaciones del INIA-Venezuela en el periodo 1970-2000. Rev. Arg. Agrometeorología, 5-6. 63-73p.