

Análisis multivariante en la determinación de la influencia de las variables macroclimáticas en los patrones de precipitación. Caso: Maracay, Venezuela

Multivariate analysis in determining the influence of macroclimatic variables on the rainfall patterns. Case: Maracay, Venezuela

Willin Álvarez, Héctor Vásquez, Arcángelo Sena

Palabras clave: Atlansurca, clúster, componentes principales, pronóstico estacional

Key words: Atlansurca, cluster, principal components, seasonal forecast

RESUMEN

En esta investigación se presenta la influencia de las variables macroclimáticas de las temperaturas superficiales del Atlántico Tropical Norte (NATL), Atlántico Tropical Sur (SATL), Pacífico (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4) y Caribe sobre las precipitaciones de la localidad de Maracay, ubicada en la región central de Venezuela. El estudio se realizó con datos de precipitaciones mensuales del período 1982 a 2009. Previamente, se realizó un análisis exploratorio de datos, y posteriormente, para disminuir la dimensión de las variables se aplicó un análisis factorial con el método de extracción de componentes principales con rotación de factores por el método Varimax. Seguidamente, se efectuó un análisis clúster para establecer los grupos de variables más importantes. Finalmente, se concluye que la variabilidad de las precipitaciones en Maracay durante el período lluvioso (mayo-octubre) corresponden a las variables de las temperaturas superficiales del Atlántico Tropical Norte (NATL), Atlántico Tropical Sur (SATL) y Caribe (a esta composición se le ha denominado Atlansurca) y el modo de variabilidad de las temperaturas superficiales del Pacífico 1 (Niño 3, Niño 3.4). Las principales influencias se manifiestan así: cuando ocurre un calentamiento del NATL y Caribe acompañado de un enfriamiento del SATL y Pacífico 1, entonces las precipitaciones de Maracay tienden a incrementarse. Por el contrario, se observan disminuciones en las precipitaciones si ocurre un enfriamiento del NATL y Caribe simultáneamente con un calentamiento de las SATL y Pacífico 1. Estas relaciones pueden usarse para mejorar el pronóstico estacional de la precipitación en Maracay.

ABSTRACT

The influence of the macroclimatic variables of the Tropical North Atlantic (NATL), Tropical South Atlantic (SATL), Pacific (Niño 1 + 2, Niño 3, Niño 3 + 4, Niño 4) and the Caribbean were analyzed in relation to rainfall at Maracay city, located in the central region of Venezuela. The study was conducted using monthly rainfall data from 1982 to 2009. Initially, an exploratory analysis was performed, and then, to diminish variables dimension, a factor analysis was applied using the extraction method of principal component analysis and a factor rotation by the Varimax method. Then, a cluster analysis was performed to establish the most important variable groups. It was concluded that the main modes of variability that account for about 77% of the variability on Maracay rainfall during de rainy season (from May to October) are the variables of surface temperatures Tropical North Atlantic (NATL), Tropical South Atlantic (SATL) and Caribbean that we have called Atlansurca and the mode of variability of Pacific 1 surface temperatures (Niño 3, Niño 3.4). The main influences are as follows: when NATL and Caribbean heat up and SATL and Pacific 1 cool down, then Maracay rainfall tend to increase. Conversely, decreases were observed in rainfall if NATL and Caribbean were cooling and SATL and Pacific 1 heat up. The relationships founded can be used to improve forecast rainfall in Maracay.

INTRODUCCIÓN

La lucha por la conservación del medio ambiente se ha convertido en unos de los grandes retos de la humanidad, el clima es un factor que incide en los sistemas de producción (como la industria agroalimentaria), transformación de energía y servicios de las naciones; la influencia de las variables macroclimáticas en los patrones de precipitación es un importante punto de partida para el estudio del clima, dentro de estas variables destaca la presencia de El Niño, fenómeno que fue bautizado con este nombre por los pescadores de la costa de Perú y Ecuador ya que aparecía como una corriente anormalmente cálida cerca de la Navidad por lo que lo relacionaron con el nacimiento de El Niño Jesús. El término fenómeno de El Niño se refiere a un evento de la variabilidad climática que se produce por la interacción de las condiciones del océano y la atmósfera en el océano Pacífico Tropical; es así, que cuando se habla de El Niño se señala a un calentamiento en las aguas del océano Pacífico Tropical. Este calentamiento en la superficie del mar produce un cambio en la circulación oceánica y atmosférica provocando variaciones en el clima a nivel planetario. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) coordina las actividades de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de sus 188 miembros, de los cuales Venezuela es uno de ellos. La OMM es el portavoz autorizado del sistema de las Naciones Unidas sobre el tiempo, el clima y el agua; esta importante organización establece las cuatro Regiones de El Niño, que pueden verse en la Figura 1, el cuadro amarillo representa el área que cubre la zona Niño 4, el recuadro con bordes negro indica la zona Niño 3.4, el rojo la región Niño 3 y el cuadro blanco, cerca de la costa Oeste de Sur América, representa la región Niño 1+2. La relación entre la Oscilación del Sur con "El Niño", se le denomina "El Niño - Oscilación del Sur" o ENOS (en inglés ENSO, El Niño-Southern Oscillation) la relación entre ENOS y los patrones de precipitación a gran escala ha sido bastante estudiada. Los pioneros en este

tema fueron Walker (1923, 1924) y Walker y Bliss (1930) quienes generaron las primeras informaciones sobre el ENOS a escala global, con el fin de entender y predecir las variaciones de las precipitaciones monzónica en la India. Posteriormente, fue aplicado en los estudios de precipitación de otras regiones del mundo (Ropelewski y Halpert, 1987).

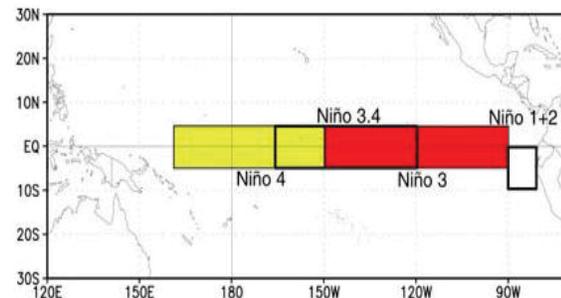


Figura1: Ubicación de las regiones El Niño.

Fuente: ENSO Cycle: Recent Evolution, Current Status and Predictions, de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

Enfield y Alfaro (1999) mostraron que sobre una gran región del sur de Estados Unidos, América Central y el Caribe, incluyendo la parte Norte de América del Sur hasta el Ecuador, el índice de anomalías de temperatura (SSTA) del Atlántico Tropical Norte (NATL) tiene una cobertura de correlaciones sobre las anomalías de precipitación (PCPA) al igual que el índice de SSTA del Niño3 en el este del Pacífico Ecuatorial. Por otra parte, Martelo (2003) menciona una influencia del ENOS en los llanos de Venezuela, destacando que tal fenómeno no afecta por igual a todo el territorio, teniendo su máxima incidencia hacia el occidente donde aparece un retraso de la época lluviosa. Sin embargo, en la parte centro-norte costera y oriente del territorio aparecen indistintamente fechas tempranas, normales y tardías del inicio de la estación lluviosa, por lo que la influencia en esta zona está matizada por otros factores, en este caso por la situación del Atlántico Tropical Norte. Velásquez (2002) plantea que un calentamiento del Atlántico Tropical Norte produce un aumento de la precipitación en la región de los llanos, mientras un

enfriamiento origina una disminución de la precipitación.

Se ha evidenciado en los estudios mencionados anteriormente la compleja influencia que pueden ejercer el Océano Pacífico, Atlántico Tropical y Mar Caribe sobre la variabilidad de las precipitaciones en Venezuela. Esta investigación tiene como objetivo describir la influencia de las variables macroclimáticas en los patrones de precipitación en la ciudad de Maracay, estado Aragua, Venezuela, para contribuir a mejorar los pronósticos

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos de las anomalías de temperaturas superficiales del mar (SSTA) utilizada en este estudio se obtuvo de la página web (www.cpc.noaa.gov/data/indices). Los datos de precipitación mensual, medidos en milímetros (mm), provienen de la estación meteorológica ubicada en Maracay (67° 38' O, 10° 15' N), perteneciente al Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Bolivariana. Los datos de SST y precipitaciones mensuales de Maracay (Precsvbs) utilizadas en el estudio corresponden al periodo comprendido entre mayo 1982 hasta octubre 2009. Estos datos fueron estandarizados debido a la diferencia de escalas. Para el análisis estadístico se aplicó en primer lugar un análisis exploratorio de los datos y posteriormente, se realizó un análisis factorial con el método de extracción de componentes principales e interpretados con rotación de factores por el método Varimax y finalmente, se ejecutó un análisis clúster. El análisis exploratorio de datos facilita el control de calidad de los datos y la interpretación de los estadísticos descriptivos de las diferentes variables (Levy y Varela, 2005). El análisis factorial, permite determinar las variables más influyentes dentro del periodo lluvioso de Maracay. En referencia al

estacionales de precipitaciones y de igual manera, facilitar información científica para la planificación sectorial, la gestión de los riesgos y los controles necesarios para la industria agroalimentaria de Maracay, ya que como establecen las investigaciones de Richards (1973) y Yousef (1985), los animales viven en un estado de cercana interacción entre la complejidad de los procesos físicos y químicos de su propio cuerpo y el entorno que los rodea, demostrando con ello la influencia del clima en la producción bovina (Johnson 1987).

análisis clúster se aplica en primer lugar al conjunto de datos del periodo lluvioso (Mayo-Octubre), luego se estratifica a cada uno de los meses. El procedimiento consistió en aplicar el algoritmo jerárquico aglomerativo (utilizando como medida de similitud la distancia Euclídeana al cuadrado y para la agrupación de conglomerados la vinculación intergrupo) con la finalidad de detectar los centros iniciales y el número adecuado de conglomerados a través del dendrograma, para posteriormente utilizar el método de optimización de K-Medias. En cuanto a las variables macroclimáticas utilizadas para describir el estado y los cambios del sistema climático se emplearon índices climáticos que captan las anomalías de las temperaturas superficiales del mar correspondientes al Atlántico Tropical Norte (5°- 20° N, 60°- 30° O), Atlántico Tropical Sur (0°-20° S, 30°O -10° E), Caribe (10°- 20° N, 60°- 74° O), y Pacífico tropical con los índices Niño1+2 (0° - 10° S, 90°- 80° O), Niño 3 (5°N - 5° S, 150°- 90° O), Niño 4 (5° N - 5° S, 160° E - 150° O) y Niño 3.4 (5° N - 5° S, 170° - 120° O). Se ha convenido en esta investigación codificar a las variables independientes de estudio como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Codificación de las variables macroclimáticas de las temperaturas superficiales del mar

Codificación de las variables independientes	Variables macroclimáticas de las temperaturas superficiales del mar
NATL	Atlántico Tropical Norte (5°- 20° N, 60°- 30° O)
SATL	Atlántico Tropical Sur (0°-20° S, 30°O -10° E)
Caribe	Caribe (10°- 20° N, 60°- 74° O)
Niño 1+2	Niño1+2 (0° - 10° S, 90°- 80° O)
Niño 3	Niño 3 (5°N – 5° S, 150°- 90° O),
Niño 3.4	Niño 3.4 (5° N – 5° S, 170° - 120° O).
Niño 4	Niño 4 (5° N – 5° S, 160° E – 150° O)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Factorial

En el análisis preliminar de los datos la prueba estadística Káiser-Meyer-Olkin arrojó el valor de 0,65, el cual representa una medida pertinente para la aplicación de análisis factorial, existe una buena adecuación de los datos para un análisis factorial. El primer componente principal explica el 43,18% de la varianza total de los datos asociada al periodo lluvioso de Maracay (mayo-octubre), mientras que el segundo componente explica el 33,96%. Es decir, que entre los dos primeros componentes principales recae la variabilidad del 77,14% de los

datos. El Cuadro 2 muestra los valores de los dos primeros componentes principales (sin rotación y con rotación) asociados a las variables Niño 1+2, Niño 3, Niño 4, Niño 3.4, NATL, SATL, Caribe y Precsvbs, para el período comprendido entre mayo y octubre. Se evidencia que la gran mayoría de las variables muestran alta correlación en el primer componente. Las variables Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y SATL presentan una alta correlación positiva con el primer componente, mientras que NATL, Caribe y Precsvbs reflejan alta correlación negativa con esta componente.

Cuadro 2. Matriz de componentes y rotación de factores de las variables Niño 1+2, Niño 3, Niño 4, Niño 3.4, NATL, SATL, Caribe, y Precsvbs comprendidas durante el periodo mayo-octubre 1982 al 2009

Variable	Componente Principal		Componente Rotado	
	1	2	1	2
Niño 1+2	0,85	0,09	-0,62	0,58
Niño 3	0,91	0,31	-0,54	0,80
Niño 4	0,41	0,82	0,16	0,90
Niño 3.4	0,80	0,57	-0,30	0,94
NATL	-0,80	0,49	0,93	-0,09
SATL	0,80	-0,47	-0,89	0,08
Caribe	-0,81	0,45	0,92	-0,12
Precsvbs	-0,40	0,10	0,38	-0,16

Al rotar los factores por el método Varimax se aprecia que las variables más influyentes en la variabilidad de las precipitaciones de Maracay son NATL, SATL y Caribe, un modo de variabilidad que hemos denominado en este estudio como Atlansurca. Debido a que las variables irrelevantes distorsionan y dificultan las interpretaciones de los resultados especialmente en el análisis clúster, se realizó un análisis de componentes principales a las variables que conforman un patrón climático en el Pacífico Tropical en las cuatro regiones que determinan a EL Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4), aquí se les ha llamado simplemente Pacífico (Ver Figura 1), su importancia para el estudio puede evidenciarse en la componente dos del Cuadro 2.

Los resultados en esta parte del estudio son mostrados en el Cuadro 3, del mismo se destaca que las variables Niño 3 y Niño 3.4 (y que aquí se referirá a su variabilidad conjunta como Pacífico 1) mostraron altas correlaciones y mayor influencias sobre las precipitaciones de Maracay, constatado además por las máximas puntuaciones en las comunalidades.

Finalmente, se seleccionaron las variables más influyentes para destacar dos patrones climáticos, Pacífico1 y el Atlansurca, nuevamente se realizó un análisis de componentes principales estratificado para cada uno de los meses del período lluvioso, observándose una mejoría en la explicación de la variabilidad de las precipitaciones de Maracay, con un incremento de la correlación en los componentes.

En el caso del mes de mayo (Cuadro 4) las variables Niño 3 y Niño 3.4 (Pacífico 1) muestran correlación positiva alta con el primer componente. De igual manera, la precipitación de Maracay (Precsvbs) presenta una correlación positiva alta con el primer componente se puede inferir que cuando se presenta simultáneamente Pacífico 1 y NATL con calentamiento, y SATL con enfriamiento, las precipitaciones de Maracay tienden a aumentar. El mes de mayo es el único mes a lo largo del período lluvioso donde por calentamiento del Pacífico 1 las precipitaciones de Maracay tienden a aumentar.

Cuadro 3. Valor del componente 1 y comunalidades de las variables que conforman al Pacífico y precipitaciones de Maracay comprendida durante el período mayo-octubre (1982-2009)

Puntuación Z	Componente 1	Comunalidad	
		CP 1	CP 2
Niño 1+2	0,82	1,00	0,67
Niño 3	0,96	1,00	0,93
Niño 4	0,72	1,00	0,51
Niño 3.4	0,96	1,00	0,93
Precsvbs	-0,34	1,00	0,12

Cuadro 4. Componentes principales por mes del período lluvioso mayo-julio (1982-2009). Maracay

Variable	Mayo		Junio			Julio	
	CP 1	CP2	CP 1	CP2	CP3	CP 1	CP2
Niño 3	0,87	-0,30	0,93	-0,19	-0,10	-0,60	0,73
Niño 3.4	0,89	-0,30	0,91	-0,23	-0,06	-0,75	0,57
NATL	0,64	0,67	0,34	0,88	-0,14	0,68	0,66
SATL	-0,65	0,47	-0,71	0,20	-0,47	0,66	-0,26
Caribe	0,42	0,85	0,30	0,90	-0,13	0,68	0,57
Precsvbs	0,73	0,6	0,11	0,33	0,89	0,59	0,34

Al rotar los factores (Cuadro 5) se determina que las variables del Pacífico 1 (Niño 3 y Niño 3.4) son las de mayor influencia en la variabilidad de las precipitaciones. La varianza total de los datos asociada durante el mes de mayo en el primer componente principal es de 52,42% mientras que el segundo componente explica el 24,35 para un acumulado de 76,77%. Para el mes de junio (Cuadro 4), la precipitación de Maracay es mejor explicada en el tercer componente con una correlación positiva de 0,89. Al rotar los factores (Cuadro 5) se evidencia que las variables Pacífico 1 y SATL son las que tienen mayor relación con las componentes. La variabilidad explicada entre los

tres componentes retenidos durante este mes corresponde al 89,62%.

En el mes de julio la matriz de componentes muestra dificultades para la interpretación, debido a que las variables presentan valores altos tanto en el primer componente como en el segundo componente. Cuando hacemos la rotación de factores (Cuadro 5) la interpretación mejora y el NATL y Caribe pasan a ser las variables fundamentales en el primer componente donde Precsvbs muestra una correlación de 0,66. La variabilidad explicada en el primer componente es de 44,25% y en el segundo componente es de 30,14%.

Cuadro 5. Componentes principales rotados por el método de rotación Varimax estratificado por mes del período lluvioso mayo-Julio (1982-2009) de Maracay

Variable	Mayo		Junio			Julio	
	CP 1	CP2	CP 1	CP2	CP3	CP 1	CP2
Niño 3	0,91	0,16	0,93	0,12	-0,20	0,09	0,94
Niño 3.4	0,92	0,16	0,93	0,06	-0,17	-0,13	0,94
NATL	0,24	0,90	0,07	0,95	0,04	0,95	-0,01
SATL	-0,80	0,10	-0,78	0,07	-0,36	0,28	-0,65
Caribe	-0,04	0,95	0,02	0,95	0,06	0,88	-0,08
Precsvbs	0,61	0,40	-0,08	0,10	0,95	0,66	-0,18

En el mes de agosto la Precsvb muestra una correlación positiva de 0,57 en el primer componente (Cuadro 6). Sin embargo, para el resto

de las variables es necesario rotar los factores (Cuadro 7). Esto permitió determinar que las variables correspondientes a El Pacífico 1 son las

más influyentes en la variabilidad de las precipitaciones. La variabilidad explicada de los datos en el primer componente es de 42,47%, mientras que en el segundo componente es de 27,95% para un acumulado de 70,42%. En el mes de septiembre debido a las altas correlaciones en el primer componente de la matriz se puede inferir, que cuando concorra un Atlansurca con calentamiento y un Pacífico 1 con enfriamiento, las precipitaciones tienden a aumentar y viceversa. En la matriz de componentes rotados (Cuadro 7) las variables fundamentales o más influyentes corresponden al NATL y Caribe. La varianza

explicada entre los dos componentes corresponde al 67,05%.

En el mes de octubre la precipitación (Precsvbs) se explica en el primer componente (Cuadro 6) y se verifica que NATL y Caribe presentan los valores más alto en este componente, lo cual, infiere que cuando se presenta un NATL y Caribe con calentamiento las precipitaciones aumentan y viceversa. Al rotar los componentes (Cuadro 7) se obtiene que el NATL y el Caribe representan las variables fundamentales. La variabilidad de los datos explicada en el primer componente es de 37,50% y en el segundo componente recae el 35,04% para un acumulado de 72,54%.

Cuadro 6. Componentes principales por mes del período lluvioso agosto-octubre (1982-2009). Maracay

Variable	Agosto		Septiembre		Octubre	
	CP 1	CP2	CP 1	CP2	CP 1	CP2
Niño 3	-0,74	0,58	-0,67	0,69	-0,04	0,97
Niño 3+4	-0,83	0,43	-0,73	0,65	-0,07	0,97
NATL	0,48	0,83	0,61	0,73	0,93	0,25
SATL	0,59	-0,03	0,44	0,08	0,31	0,19
Caribe	0,64	0,70	0,69	0,64	0,93	0,07
Precsvbs	0,57	0,09	0,43	0,05	0,66	0,38

Cuadro 7. Componentes principales rotados por el método de rotación Varimax estratificado por mes del período lluvioso agosto-octubre (1982-2009) de Maracay

Variable	Agosto		Septiembre		Octubre	
	CP 1	CP2	CP 1	CP2	CP 1	CP2
Niño 3	0.93	0.13	-0.02	0.97	0.10	0.97
Niño 3,4	0.93	-0.4	-0.09	0.97	0.7	0.97
NATL	-0.01	0.96	0.94	0.11	0.96	0.12
SATL	-0.53	0.27	0.38	-0.24	0.33	0.14
Caribe	-0.21	0.93	0.94	-0.01	0.93	-0.06
Precsvbs	-0.54	0.20	0.35	-0.26	0.60	-0.47

Análisis de clúster

En los conglomerados del período lluvioso (Figura2), se observan cuatro clústers. El primer clúster muestra que cuando se presenta simultáneamente un calentamiento en las aguas superficiales del Atlántico Tropical Sur (SATL) y un enfriamiento en las aguas superficiales del Atlántico Tropical Norte (NATL) y Caribe las precipitaciones tienden a disminuir. El clúster 2 se presenta cuando tenemos un enfriamiento en Atlansurca donde las precipitaciones tienden a disminuir y finalmente los clúster 3 y 4 se presentan con calentamiento tanto del NATL y Caribe y un enfriamiento del SATL donde las precipitaciones tienden a comportarse entre normal a sobre normal (por encima de los valores medios).

Cuando se presenta la dipolaridad Atlántica Tropical Norte y Sur, es decir, cuando concurre un calentamiento (o enfriamiento) de las aguas superficiales del Atlántico Tropical Norte y un enfriamiento (o calentamiento) de las aguas superficiales del Atlántico Tropical Sur, ejerce un mecanismo de control en la fluctuación o desplazamiento latitudinal de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), principal fenómeno meteorológico que rige las precipitaciones sobre Venezuela, la cual tiende a desplazarse hacia el área más caliente llevando consigo las precipitaciones, este fenómeno es captado por los clústers 1, 3 y 4, tal como puede verse en la Figura 2.

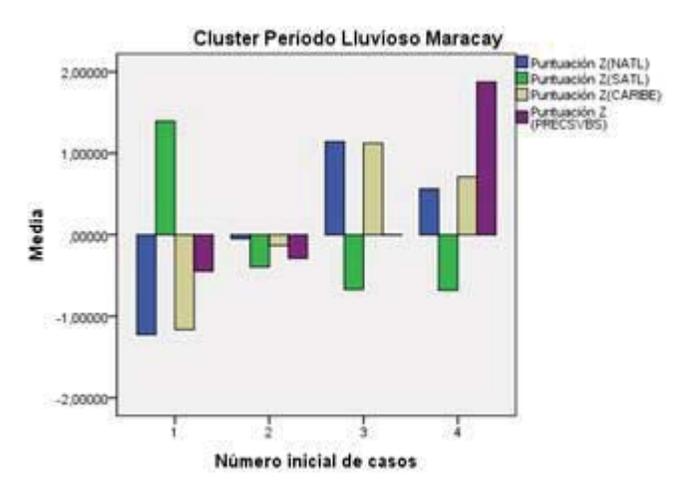


Figura 2. Clúster del período lluvioso mayo-octubre (1982-2009) de Maracay con las variables fundamentales (Atlansurca)

CONCLUSIONES

Las herramientas estadísticas usadas permiten interpretar la influencia de las variables macroclimáticas en los patrones de precipitación de Maracay, estado Aragua, Venezuela, la reducción de la dimensión por el análisis de componentes principales, ayuda a tener una información que descarta la redundancia de la información; mientras que el análisis factorial brinda una información que está asociada a los patrones de variabilidad encontrando variables latentes, en este caso Atlansurca y Pacífico 1. Por último, el análisis clúster permitió encontrar similitudes entre las regiones del Pacífico clasificándolas en zonas de calentamiento o enfriamiento.

Los principales patrones de variabilidad de las precipitaciones durante el período lluvioso de Maracay (mayo-octubre) están conducidos por los cambios de las temperaturas superficiales en el Pacífico 1 (Niño 3 y Niño 3.4) y por los cambios de las temperaturas superficiales del Atlansurca (Atlántico Tropical Norte, Atlántico Tropical Sur y Caribe). Los principales hallazgos se manifiestan así: cuando ocurre un calentamiento del NATL y Caribe acompañado de un enfriamiento del SATL y Pacífico 1, entonces las precipitaciones de Maracay tienden a incrementarse. Por el contrario,

se observan disminuciones en las precipitaciones si ocurre un enfriamiento del NATL y Caribe simultáneamente con un calentamiento del SATL y Pacífico. El mes de mayo es el único mes a lo largo del período lluvioso donde un calentamiento del Pacífico 1 las precipitaciones de Maracay tienden a aumentar. Cuando se presenta la dipolaridad Atlántica Tropical Norte y Sur, es decir, cuando concurre un calentamiento (enfriamiento) de las aguas superficiales del Atlántico Tropical Norte y un enfriamiento (calentamiento) de las aguas superficiales del Atlántico Tropical Sur las precipitaciones de la ciudad de Maracay tienden a aumentar (disminuir). En tal sentido, los patrones climáticos o modos de variabilidad Pacífico 1, Atlansurca y Dipolaridad Atlántica Tropical detectados en este estudio pueden ser usados para predecir el comportamiento de las precipitaciones durante la estación lluviosa de esta ciudad, y debido a que el clima es un recurso natural que afecta a la producción agraria; así como el desempeño productivo del ganado bovino, entre otros elementos, este estudio redundará en beneficios a la zona industrial agroalimentaria y ganadera de Maracay.

REFERENCIAS

Enfield, D. y Alfaro, E. (1999). The dependence of Caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific oceans. *J. Climate* 12: 2093-2103.

Martelo, T. (2003). *Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela Reporte Técnico*. Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología. Ministerio del Ambiente, Caracas, Venezuela.

Levy, J. y Varela, J. (2005). *Análisis multivariante para las ciencias sociales*. Madrid: Pearson Educación, S.A.

Richards S.A. (1973). *Temperature regulation*. Wykeham Publications, London, Great Britain, Pp 212.

Ropelewski, C. y Halpert, M. (1987). Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*. 115: 1606 – 1626.

Velásquez, R. (2002). *Influencia de los Océanos Pacífico y Atlántico en la Variabilidad Interanual de la precipitación y las temperaturas extremas en Venezuela*. Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana. Caracas - Venezuela

Walker, G. (1923). Correlation in seasonal variations of weather, VIII: A preliminary study world weather. *Mem. Indian. Meteor. Dept.* 24: 75-131.

Walker, G. (1924). Correlation in seasonal variations of weather IX: A further study of world weather. *Mem. Indian. Meteor. Dept.* 24: 275-332.

Walker G. y Bliss W. (1930). World Weather IV. *Mem. Roy. Meteor. Soc.* 3: 81-95.

Yousef M.K. (1985). *Stress Physiology: Definition and terminology*. Stress physiology in Livestock Volume I Basic Principles. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, p. 3-8.

Johnson H.D. (1987). *Bioclimates and livestock*. World Animal Science B5 Bioclimatology and the adaptation of Livestock, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands, p. 3-16.

Autores

Willin Álvarez. Doctor en Estadística. Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

E-mail: willin.elaprendiz@gmail.com

Héctor Vásquez. Servicio de Meteorología de la Aviación Militar de la República Bolivariana de Venezuela, Maracay, Venezuela

E-mail: vasquezhector@hotmail.com

Arcángelo Sena. MSc en Química. Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo. Caracas, Venezuela.

E-mail: arcangsen@yahoo.com

Recibido: 01-11-2014

Aceptado: 15-05-2015