

PROCESOS SINÓPTICOS OBJETIVOS EXTREMOS DE LA ESTACIÓN LLUVIOSA VENEZOLANA EN LOS PERÍODOS 1956-1977 Y 1978-1999*

Extreme Objective Synoptic Processes of the Venezuelan Rainy
Season during the Periods 1956-1977 and 1978-1999

*Estatio Gutiérrez, Carlos Iván Varga
y Antonio Fernández*

RESUMEN:

Empleando la clasificación sinóptica automática desarrollada por Fernández y Díaz (2005) se relacionan los patrones circulatorios de la temporada lluviosa venezolana (mayo-octubre) con el comportamiento de las precipitaciones. Según la clasificación existen 23 situaciones sinópticas o Procesos Sinópticos Objetivos asociados a eventos extremos, distribuidos en los bimestres mayo-junio, julio-agosto y, septiembre-octubre. El análisis de los datos de precipitación diaria de 132 estaciones permitió determinar la intensidad y probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones asociadas a eventos extremos sobre Venezuela, estableciéndose comparaciones entre ambos parámetros para los períodos 1956-1977 y 1978-1999 en cada uno de los bimestres por separado,

* Recibido: 19-10-2007.

Aceptado: 21-01-2008.

como para la temporada de lluvias en su totalidad. Se aprecia un aumento en la probabilidad de ocurrencia así como en la intensidad de los eventos para el período 1978-1999 principalmente sobre la región de los llanos y costa venezolana.

PALABRAS CLAVE: Climatología, meteorología, proceso físico, precipitación, Venezuela.

ABSTRACT:

Employing the automatic synoptic classification developed by Fernandez and Diaz (2005), it may be shown that the circulation patterns of the Venezuelan rainy season (may-october) are related to the behavior of rainfall. According to classification there are 23 synoptic situations or Objective Synoptic Processes associated to extreme events distributed in the bimonthly periods of may-june, july-august and september-october. The analysis of daily rainfall data of 132 stations allowed us to determine the intensity and probability of rainfall associated to extreme events throughout Venezuela, establishing comparisons between both parameters for the periods 1956-1977 and 1978-1999 in each of the bimonthly periods separately and also in the whole rainy season. An increase in the probability and intensity of the phenomena was found for the period 1978-1999, mainly above the Plains Region (Los Llanos) and the Venezuelan Coast.

KEY WORDS: Climatology, meteorology, physical processes, precipitation, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La climatología sinóptica estudia las interacciones existentes entre la circulación atmosférica y las condiciones presentes en superficie

(Yarnal, 1993), por ello tiene un alto potencial para ser utilizada en investigaciones referentes a fenómenos meteorológicos asociados a una región. Por su parte, los **Procesos Sinópticos Objetivos (PSOs)** permiten establecer una relación entre el comportamiento del tiempo en diferentes lugares de una región con las configuraciones sinópticas de la atmósfera.

La metodología desarrollada por Fernández y Díaz (2005) para la obtención de los PSOs representa la primera clasificación objetiva de los patrones circulatorios para la temporada de lluvias (mayo-octubre) en Venezuela, técnica utilizada en países como Cuba, España y China. El resultado del proceso de clasificación lo constituye un catálogo bimestral que integra los patrones circulatorios predominantes en superficie, niveles medios (500 hPa) y altos (200 hPa), considerando las 24 horas previas y posteriores al desarrollo del evento, para los períodos 1956-1977 y 1978-1999, razón por la cual cada figura presentada está conformada por tres mapas sinópticos. Parte del catálogo está constituido por 23 patrones circulatorios que engloban eventos de poca recurrencia o extremos, y han sido construidos mapas promedios que reflejan las condiciones sinópticas para cada bimestre. Los eventos extremos están enmarcados por sistemas provenientes principalmente de latitudes medias como son las vaguadas intensas, los Frentes Fríos Modificados y las Depresiones Aisladas en Niveles Altos (DANAs), a su vez se hacen presentes pero con menor recurrencia la acción de Depresiones Tropicales e intensas Ondas del Este.

La finalidad de esta investigación, radica en la determinación de la respuesta del campo de precipitación en Venezuela en las distintas situaciones sinópticas asociadas a eventos extremos presentes en la clasificación de Fernández y Díaz (2005), para ello, se emplearon los registros de 132 estaciones distribuidas en todo el territorio con una mayor densidad al norte del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

La clasificación sinóptica objetiva se compone de una serie de mapas sinópticos en tres niveles de la troposfera (Superficie, 500 hPa y 200 hPa), así como el registro de los días que componen a cada patrón de la clasificación, material que hizo posible establecer la relación de los PSO con las variables en superficie. La información utilizada para la obtención de los procesos sinópticos objetivos fue la base de datos diarios del modelo de reanálisis del Centro Europeo de Pronóstico de Plazo Medio para el período comprendido entre el 1 de enero de 1956 y el 31 de diciembre de 1999 (para un total de 44 años, a las 12:00 UTC, con una rejilla de 2,5 grados). El espacio geográfico seleccionado comprende la región ubicada entre los 10° S-30° N y 35°-95° O para un total de 425 nodos de rejilla.

Los registros diarios de precipitación fueron obtenidos del Banco Nacional de Datos de la Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente, y de la base de datos del Departamento de Predicción y Estudios Hidroclimáticos de CVG-EDELCA. El número total de estaciones que cumplieron con los requisitos para realizar el análisis fue de 132 distribuidas en toda la extensión del país con una mayor densidad al norte del territorio nacional.

PATRONES SINÓPTICOS ASOCIADOS A EVENTOS EXTREMOS EN EL PERÍODO 1956-1977 Y 1978-1999

El bimestre mayo-junio en el período 1956-1977 (figura 1) se caracteriza por la presencia de ondulaciones en el flujo del oeste por encima de los 15° N enmarcados en un proceso de intensificación en los 200 hPa. La actividad anticiclónica, en niveles medios, se presenta con carácter moderado, intensificándose hacia el noreste de Venezuela. El eje de mínima presión en superficie, representado por la línea roja continua, se ubica aproximadamente sobre los 10° N afectando a

Panamá y parte de Centroamérica así como a la costa venezolana. Para el período 1978-1999 (figura 2) es posible apreciar el desarrollo de una vaguada en niveles medios y altos, representada por la línea naranja discontinúa, proveniente del océano Atlántico, que penetra en el mar Caribe, y afecta principalmente las condiciones meteorológicas de la República Dominicana y Puerto Rico. La actividad anticiclónica en la media y alta troposfera sobre Venezuela se intensifica, en comparación con el período anterior, específicamente hacia el noreste del país. Parte del eje de mínima presión se mantiene sobre los 10° N, presenta un aumento en la magnitud del parámetro sobre Centroamérica y Panamá, incrementa la estabilidad atmosférica sobre la zona, proceso inverso al presente sobre Brasil con respecto al período 1956-1977, asimismo en la etapa más reciente se produce una intensificación de la componente este de los vientos Alisios.

En el bimestre julio-agosto en el período 1956-1977 (figura 3) se destaca la presencia de la vaguada tropical en niveles altos (TUTT, por su siglas en inglés) extendiéndose desde el Atlántico hasta el Caribe. En los 500 hPa, una dorsal anticiclónica se desplaza sobre el extremo norte de Sudamérica introduciendo un flujo en sentido este-sureste sobre Venezuela, para el resto del Caribe se mantiene una componente este en el desplazamiento del flujo. El eje de mínima presión, asociado a la Zona de Convergencia Intertropical, se posiciona sobre los 10° N, con un centro de baja presión ubicado en el sureste de Colombia en proceso de intensificación. El período 1978-1999 (figura 4) se caracteriza por una débil Vaguada en niveles altos sobre el oeste del Atlántico con una intensificación de la actividad anticiclónica sobre Venezuela y Centroamérica en comparación con el período anterior, situación que se hace presente de igual manera en niveles medios. Desplazamiento en sentido noreste de la alta presión del Atlántico Norte con presencia de una baja presión sobre sureste de Venezuela y parte de Guyana son las condiciones más destacables en superficie.

En el tercer bimestre analizado en el período 1956-1977 (figura 5) se hace presente una vaguada en niveles medios y altos extendiéndose hasta el norte del mar Caribe. En superficie, el norte de Brasil y parte de Colombia presentan centros de baja presión asociados a mal tiempo. El segundo período (figura 6), en la alta troposfera, se produce una intensificación en la velocidad del flujo por encima de los 20° N con un componente netamente zonal sin ondulaciones; de igual manera en 200 hPa como en niveles medios la presencia de una cuña anticiclónica sobre el este del extremo septentrional de Suramérica introduce un flujo del sur hacia el territorio venezolano. Existe un debilitamiento de los vientos alisios en ambos períodos principalmente en la etapa más reciente (1978-1999), alcanzando el eje de mínima presión su posición más septentrional en la totalidad de la temporada de lluvias venezolana.

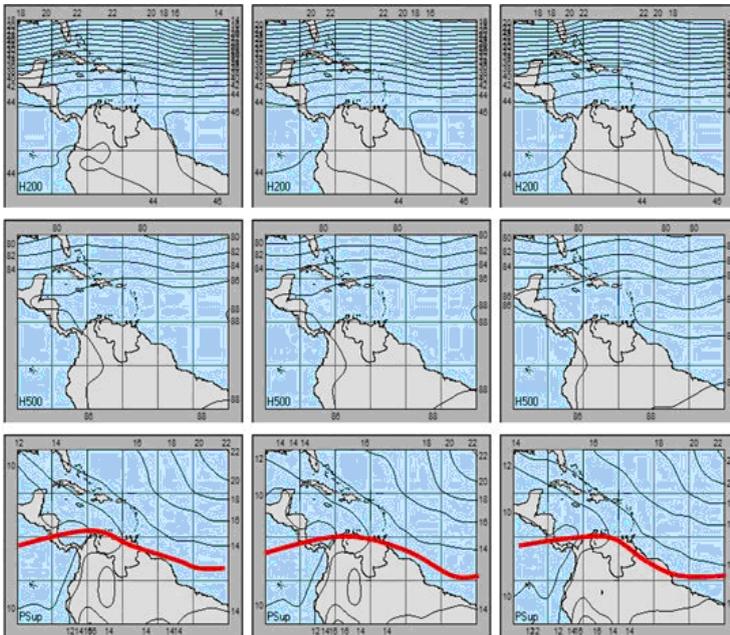


Figura 1. Representación sinóptica media de los procesos extremos bimestre mayo-junio (1956-1977)

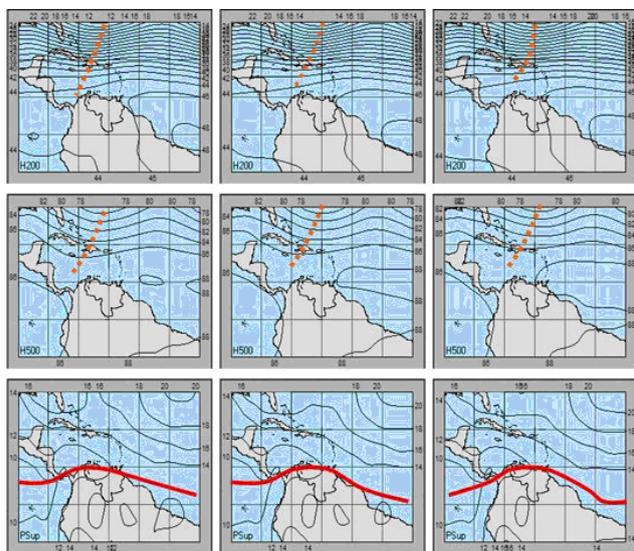


Figura 2. Representación sinóptica media de los procesos extremos bimestre mayo-junio (1978-1999)

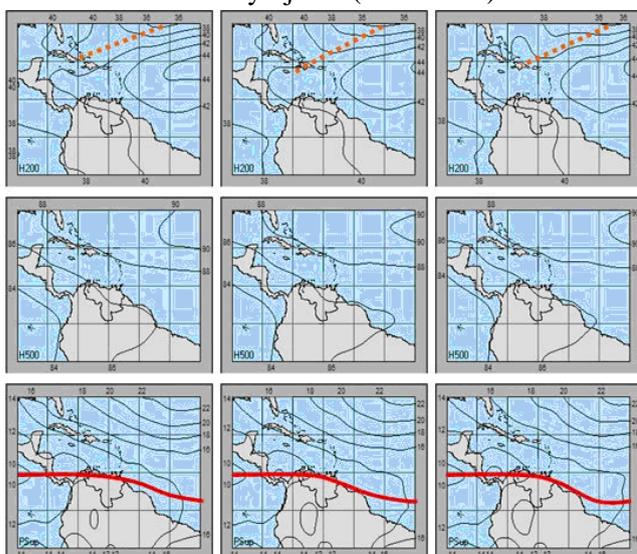


Figura 3. Representación sinóptica media de los procesos extremos bimestre julio-agosto (1956-1977)

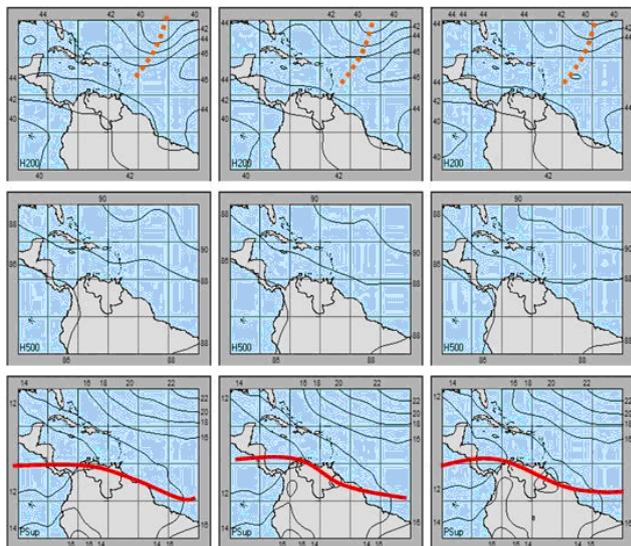


Figura 4. Representación sinóptica media de los procesos extremos bimestre julio-agosto (1978-1999)

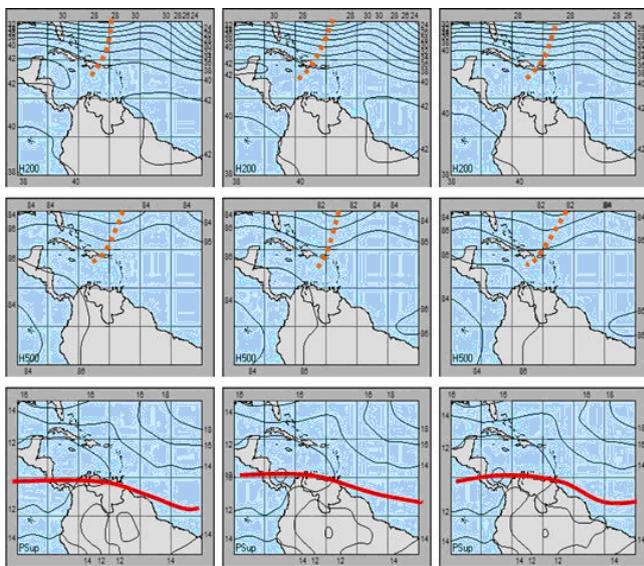


Figura 5. Representación sinóptica media de los procesos excluidos bimestre septiembre-octubre (1956-1977)

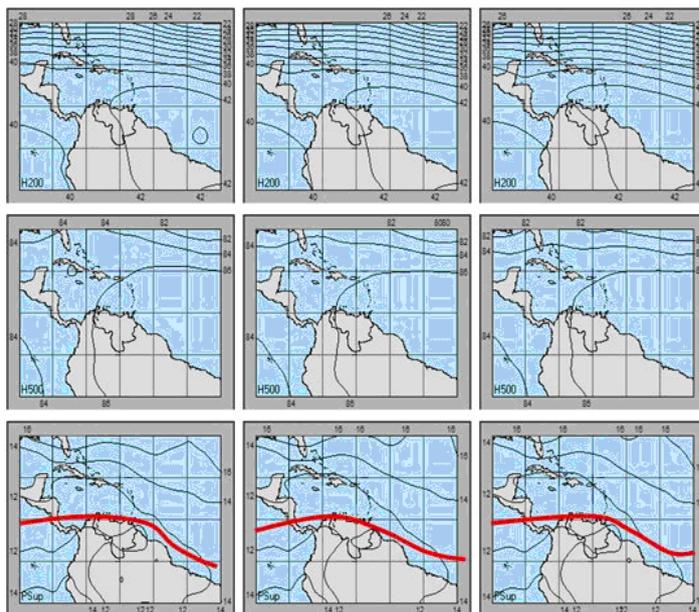


Figura 6. Representación sinóptica media de los procesos extremos bimestre septiembre-octubre (1978-1999)

PRECIPITACIONES ASOCIADAS A EVENTOS EXTREMOS EN EL PERÍODO 1956-1977 Y 1978-1999

Para mediados de la década de los años setenta se produjeron ciertas variaciones en el comportamiento de ciertos parámetros meteorológicos. Por ejemplo, mundialmente se ha registrado un período de calentamiento desde 1976 así como una disminución del promedio de la lluvia en superficie sobre los Trópicos (GIECC, 2001). En Venezuela, Cárdenas y Alonso (2003) determinaron cambios en el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas estableciendo que ha ocurrido una disminución de la temperatura máxima, aumento

de la temperatura mínima y una tendencia a la disminución de la oscilación térmica diaria, observándose cambios notables en el período que comprende desde mediados de la década de los 70 hasta el 2002.

Identificar los cambios en el campo de precipitaciones sobre el país es de suma dificultad debido a la variabilidad espacial y temporal que presenta el parámetro, así como el conjunto de factores que intervienen en su formación que van desde una escala global regional o local. Cárdenas y De Grazy (2003) realizaron una evaluación de los cambios ocurridos en el patrón de lluvias en el país, la mayoría de las estaciones presentan una disminución de la cantidad de agua precipitada anualmente tanto para la época seca (noviembre-abril) como en la lluviosa (mayo-octubre), afianzándose este comportamiento a partir de 1975. En base a la investigación antes mencionada, Martelo (2003) empleó la distribución generalizada de la variable para determinar cambios en el comportamiento de los valores extremos de precipitación diaria a lo largo del siglo XX en Venezuela, en el análisis realizado para el bimestre julio-agosto en tres períodos distintos, antes de 1975, después de 1975, y para todo el registro se determinó que los valores extremos más altos se dan en el período lluvioso a excepción de las estaciones de montaña cerca de la costa y existe un aumento de los valores extremos en el período después de 1975 en la época lluviosa.

La climatología sinóptica permite establecer comparaciones entre los patrones circulatorios y el comportamiento de distintas variables meteorológicas, como la precipitación, viento, humedad, etc., en diferentes períodos. Con la finalidad de aportar nuevas evidencias que permitan definir el posible cambio que se ha producido en el comportamiento de los eventos extremos en el país se ha utilizado la clasificación sinóptica de los procesos circulatorios en los períodos 1956-1977 y 1978-1999, haciendo énfasis en las variaciones presentadas por la intensidad y la probabilidad de ocurrencia de eventos de precipitación asociados a los patrones extremos o excluidos de la

clasificación que representan el 1% del total de casos. Para cada período, se realizó el análisis para los tres bimestres de manera separada (mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre) y se constituyó una agrupación que enmarca todos los procesos extremos o excluidos presentes en la temporada de lluvias.

En el bimestre mayo-junio (figuras 7 y 8) existe una tendencia al incremento de la precipitación asociada a eventos extremos principalmente sobre la costa y llanos venezolanos, sin embargo, en los estados Zulia y Falcón, que constituyen la región occidental, la intensidad de los eventos varía en poca proporción de un período a otro. El estado Amazonas presenta eventos de abundante pluviosidad en el período 1956-1977 que disminuye a moderados en la época más reciente. La mayor parte de la información que corresponde al estado Amazonas es producto de un proceso de interpolación ya que sólo se cuenta con datos medidos al norte del estado y probablemente los resultados obtenidos en esa región no reflejen adecuadamente el comportamiento de la variable. Por otra parte, se observa una distribución homogénea en la magnitud de la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones con valores menores a 0.4% sobre la mayor parte del territorio nacional en el período 1956-1977, el registro posterior al año 1978 presenta un notable incremento en todas las regiones, donde el sur y los llanos son las regiones con el aumento más notable de la precipitación.

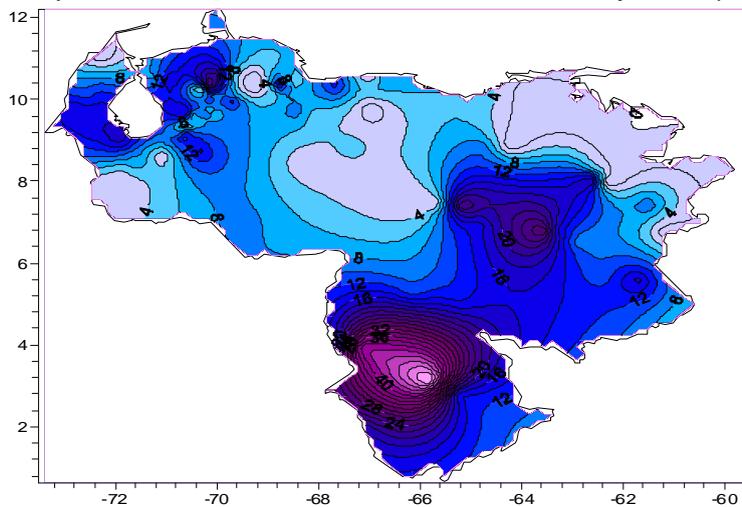
Para el bimestre julio-agosto (figuras 9 y 10) en la región de los llanos y sur del Orinoco se mantiene un aumento marcado de la intensidad y probabilidad de ocurrencia de precipitaciones asociadas a casos extremos. En el resto del país, la variación se hace mínima e incluso el período 1956-1977 presenta mayores valores de intensidad en el occidente, costa central y oriental. La probabilidad de ocurrencia para el período 1978-1999 comparativamente se duplicó en el territorio a excepción de la costa central que sólo presentó un aumento de 15%.

La variabilidad espacial registra un gradiente norte-sur incrementándose hacia los llanos y el sur de Venezuela.

El último bimestre de la temporada de lluvias (figuras 11 y 12) presenta una marcada variabilidad espacial de la probabilidad de ocurrencia de precipitación, registra a su vez los mayores acumulados del semestre. La variación de las magnitudes entre los períodos 1956-1977 y 1978-1999 es baja y alcanza un incremento de 10 y 15% para el segundo período. La región de la costa central presenta un comportamiento anómalo en comparación con el resto de las regiones con una probabilidad de ocurrencia más baja en período 1978-99 que en el período 1956-1977. La intensidad de la precipitación se mantiene más alta para el primer período sobre el occidente y la región de los Andes, las cuatro regiones restantes presentan incrementos en el segundo período, siendo más notables sobre la costa central y el sur del Orinoco.

La precipitación asociada a eventos extremos ha sufrido ciertos cambios después de mediados de la década de los años de 1970 (figuras 12 y 13). Se ha producido un incremento aproximadamente del 80% en la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones en todo el territorio nacional. Existe un incremento de alrededor de 2,5 mm/día en la intensidad de los eventos para todo el territorio nacional con excepción de los estados Falcón y Zulia. Los bimestres por separado muestran claras diferencias en el comportamiento de los parámetros analizados, en el bimestre mayo-junio se presenta el mayor incremento para el período 1978-1999, tanto de la intensidad como en la probabilidad de ocurrencia de los eventos, a diferencia del bimestre siguiente donde se reducen significativamente las diferencias entre las intensidades pero se mantiene un incremento notable de la probabilidad. En el bimestre septiembre-octubre aumenta nuevamente, pero en menor grado que en el primer bimestre de la temporada, la diferencia en la intensidad de la precipitación para ambos períodos pero con una disminución en la variación de la probabilidad de ocurrencia.

Precipitación Media Diaria, Procesos Excluidos Bimestre Mayo-Junio (56-77)



Probabilidad de Ocurrencia de Precipitaciones (%), Bimestre Mayo-Junio (56-77)

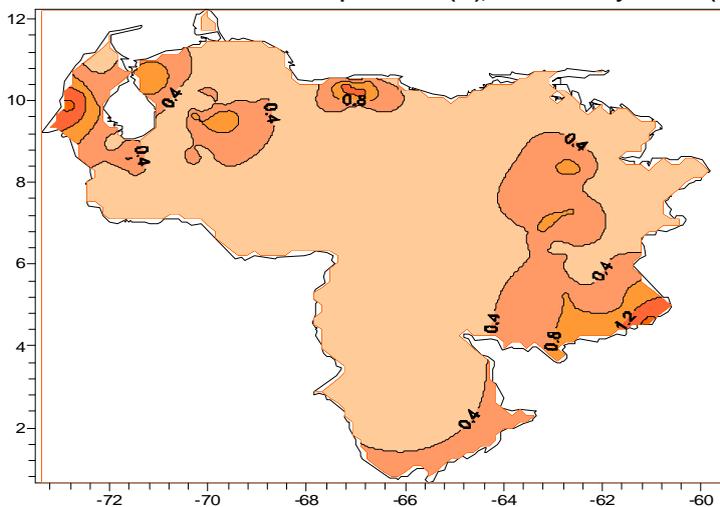


Figura 7. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos bimestre mayo-junio (1956-1977)

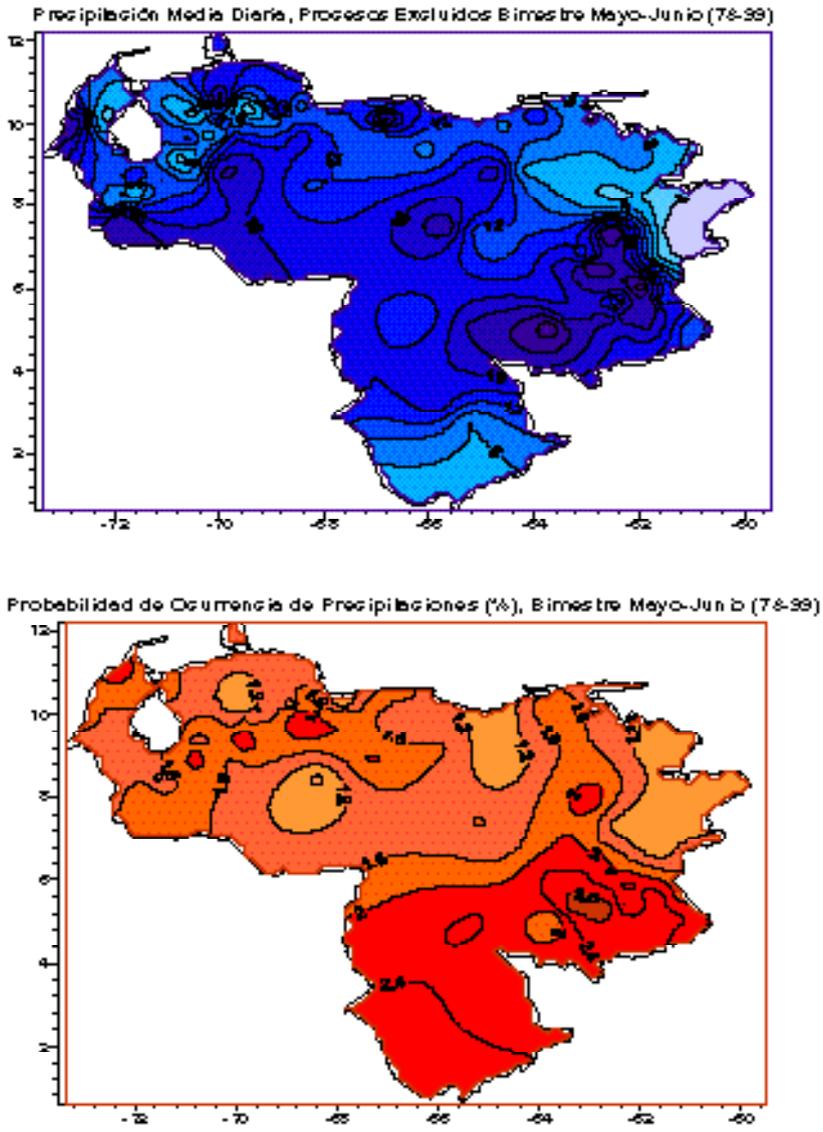
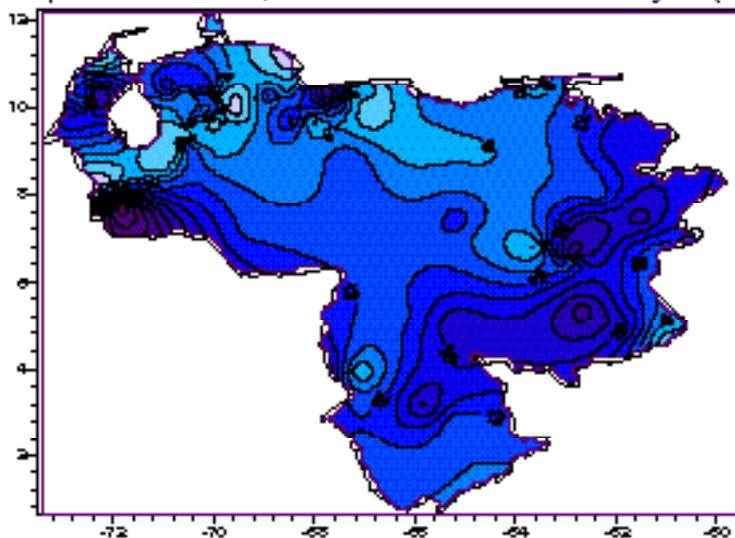


Figura 8. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos bimestre mayo-junio (1978-1999).

Precipitación Media Diaria, Procesos Excluidos Bimestre Julio-Agosto (56-77)



Probabilidad de Ocurrencia de Precipitaciones (%), Bimestre Julio-Agosto (56-77)

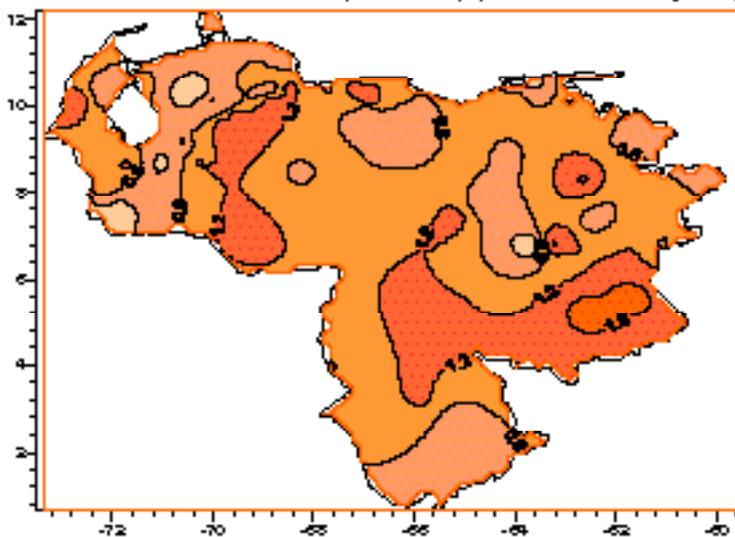
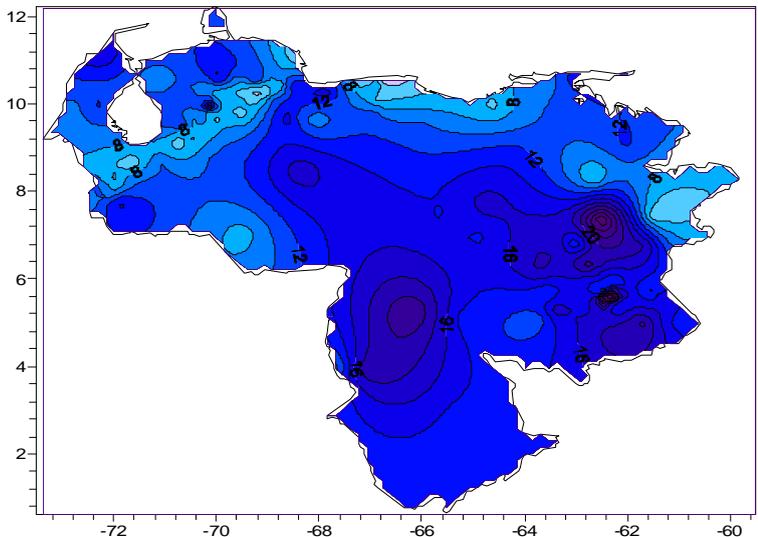


Figura 9. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos bimestre julio-agosto (1956-1977).

Precipitación Media Diaria, Procesos Excluidos Bimestre Julio-Agosto (78-99)



Probabilidad de Ocurrencia de Precipitaciones (%), Bimestre Julio-Agosto(78-99)

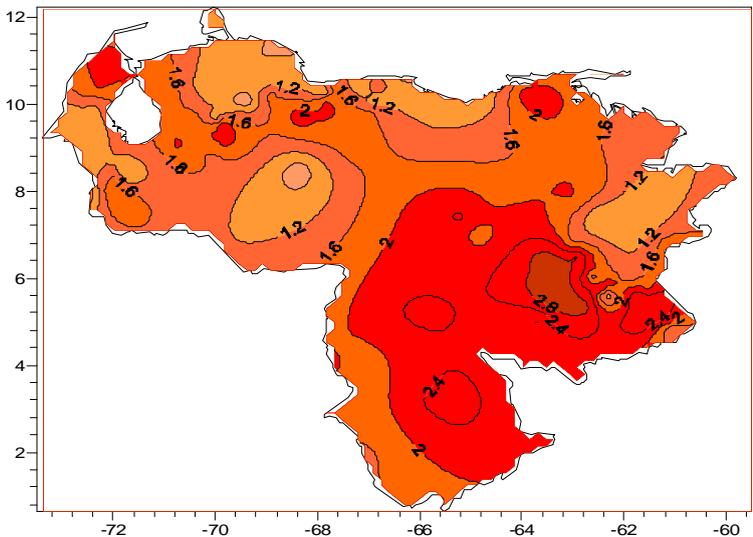


Figura 10. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos bimestre julio-agosto (1956-1977).

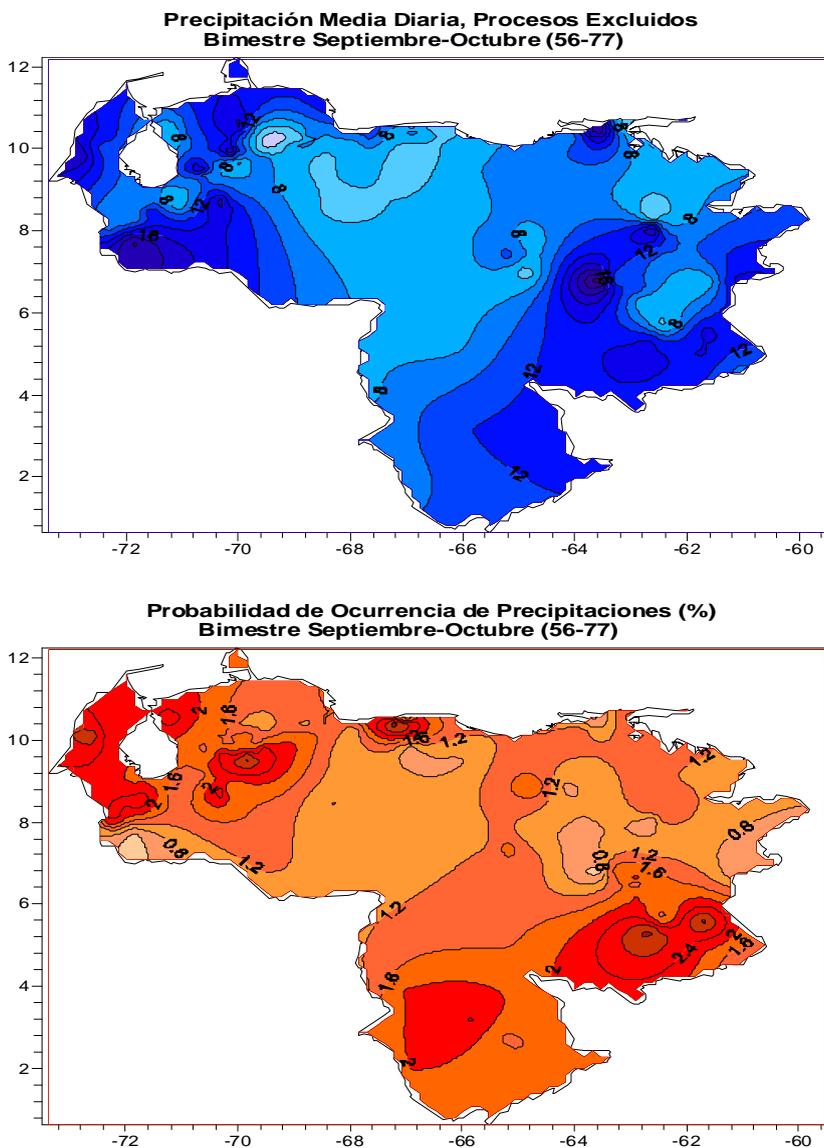


Figura 11. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos bimestre septiembre-octubre (1956-1977).

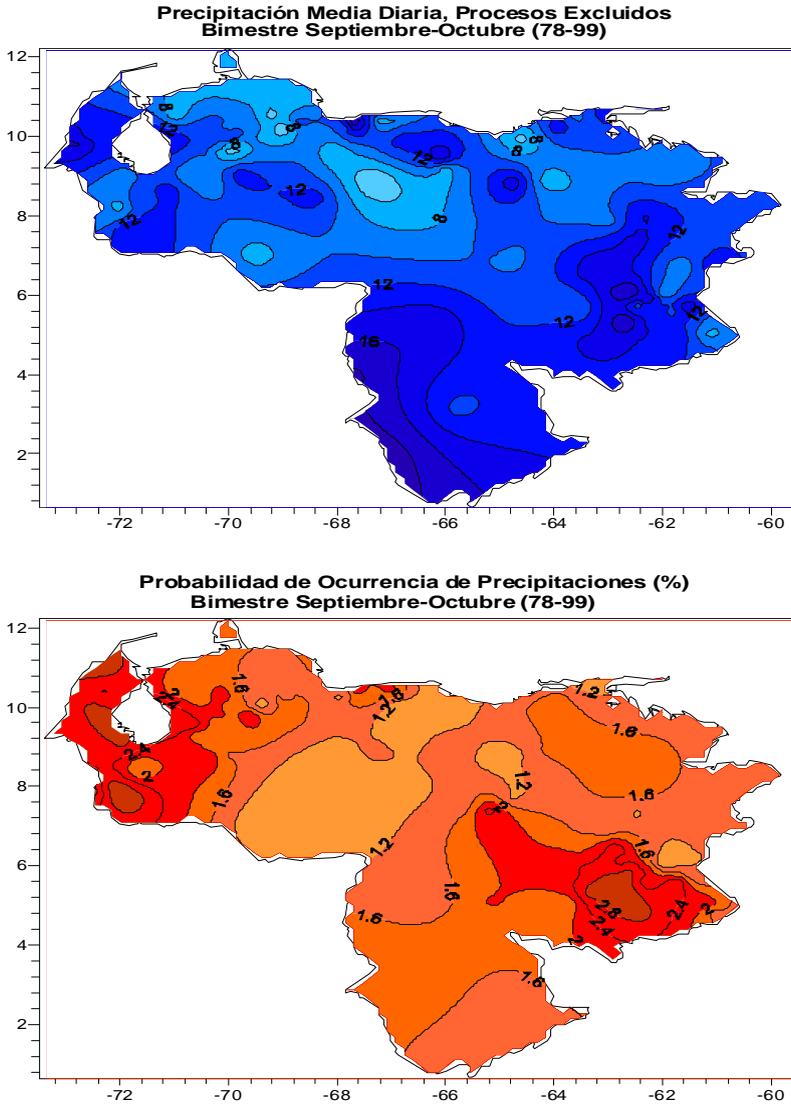
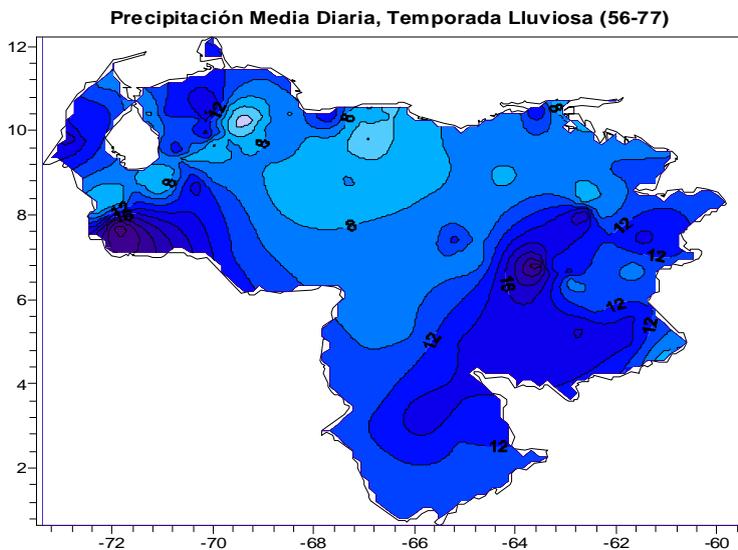


Figura 12. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos bimestre septiembre-octubre (1978-1999).



Probabilidad de Ocurrencia de Precipitaciones (%), Temporada Lluviosa (56-77)

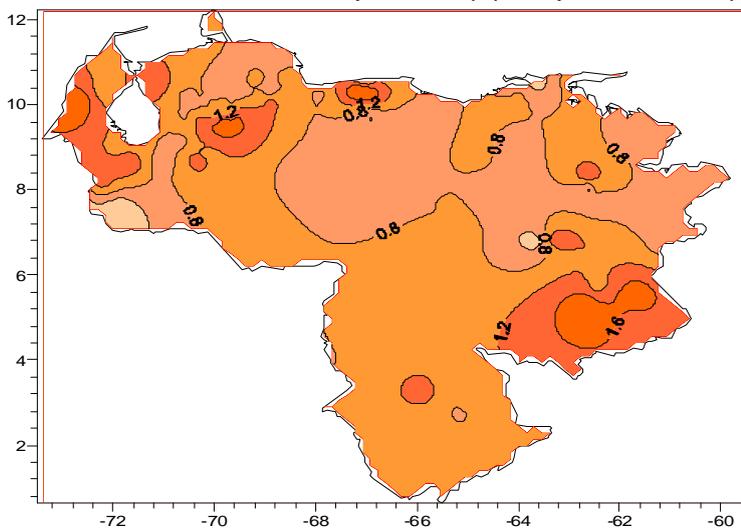


Figura 13. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos temporada lluviosa (1956-1977).

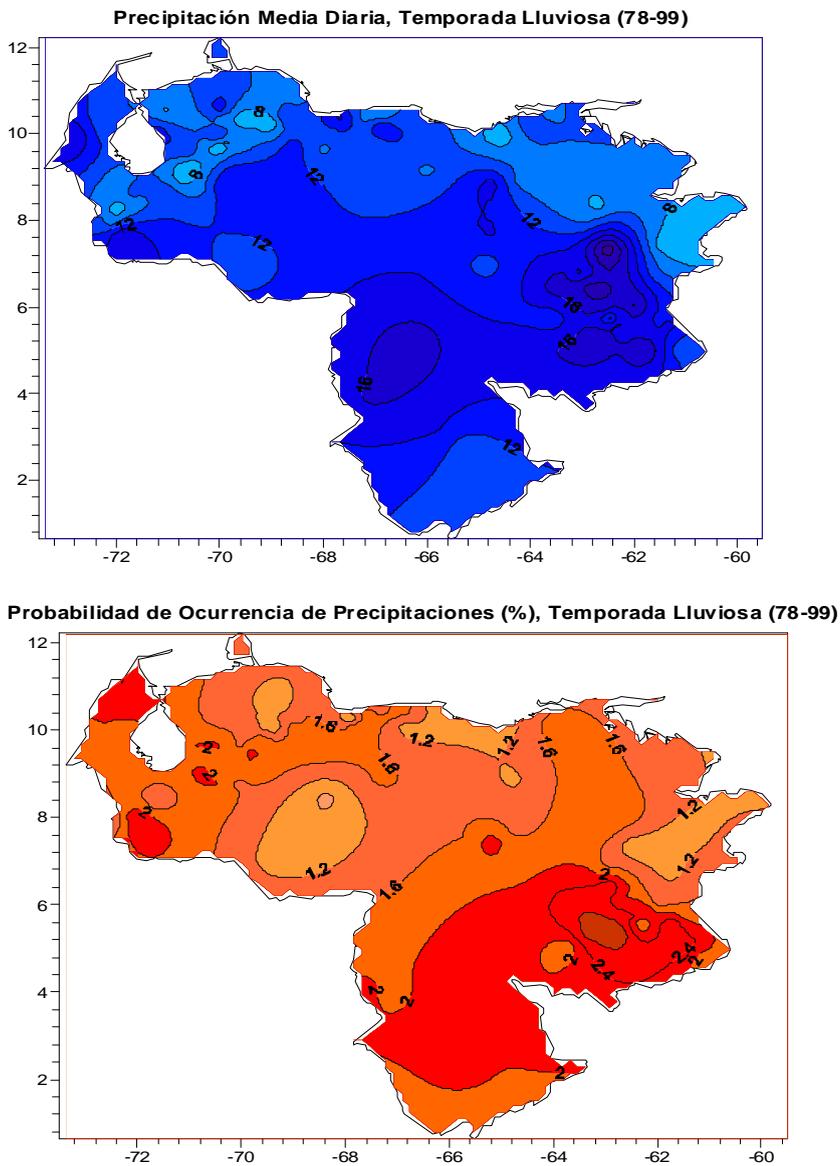


Figura 14. Precipitación media diaria (mm) y probabilidad de ocurrencia de precipitación (%). Procesos extremos temporada lluviosa (1978-1999).

Por otra parte, en el análisis de la precipitación no se discriminaron eventos secos ni lluviosos, promediándose todos éstos sin distinción; la metodología permite establecer dos posibles escenarios: el primero supone un aumento en la intensidad de la precipitación, tanto para los eventos secos, como para los lluviosos en el período 1978-1999 en comparación con el período anterior; el segundo escenario, plantea un aumento considerable de la intensidad de las precipitaciones para los casos lluviosos (1978-99), manteniéndose en igualdad de condiciones los eventos secos en ambos períodos.

Es recomendable que para futuras investigaciones de casos extremos, al utilizar climatología sinóptica, se diseñe un criterio para definir eventos secos y lluviosos, y así realizar un análisis por separado que permita establecer con mayor precisión, donde los escenarios planteados se ajustan para cada una de las regiones.

CONCLUSIONES

Los eventos extremos presentan una reducción en la intensidad de la precipitación en el bimestre julio-agosto, en la mayor parte del territorio, a excepción de la región sur, donde se presenta un máximo en la magnitud de la variable. La probabilidad de ocurrencia mantiene leves variaciones en el semestre con máximos en el bimestre septiembre-octubre para ambos períodos en el occidente y los Andes, lo que contrasta con el resto del territorio, donde se producen los mínimos para ese período. Los máximos de intensidad y probabilidad de ocurrencia de precipitaciones se registran principalmente en mayo-junio o septiembre-octubre, con un predominio de registros fuertes precipitaciones sobre los eventos de sequía.

La precipitación asociada a procesos excluidos o casos extremos se ha incrementado, tanto en intensidad, como en probabilidad de

ocurrencia en la mayor parte del territorio nacional. Según los resultados obtenidos en el período 1978-1999, los eventos lluviosos asociados a patrones poco comunes han adquirido un carácter más intenso, a diferencia de los casos de escasa precipitación o secos que han disminuido su intensidad, y se presentan con una mayor cantidad de agua precipitada que los eventos de sequía, observados en el período 1956-1977.

Existe en el país una marcada variabilidad espacial de la precipitación asociada a los eventos extremos, en donde una situación sinóptica es causal de intensas o severas precipitaciones en ciertas zonas del territorio, mientras que la precipitación en otras regiones tiene una respuesta de carácter débil o incluso su ausencia. La reducción en el tamaño de la grilla utilizada, permitirá determinar la interacción existente entre las condiciones locales, la topografía y el patrón de circulación que dan origen a la variabilidad antes mencionada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cárdenas, P., & Alonso, R. (2003). *Variaciones de la temperatura del aire en Venezuela*. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela, 43 pp.
- Cárdenas, P., & De Grazy, E. (2003). *Tendencia a largo plazo en la precipitación en Venezuela*. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31, Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela. 43 pp.
- Fernández, A. & Díaz, Y. (2005). *Catálogo de procesos sinópticos del Archipiélago Cubano en el Período 1979-1993*. Primera Edición. Instituto de Meteorología, Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba, 167 pp.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2001). *Cambio Climático 2001: La base científica*. Tercer informe de evaluación del IPCC, Ginebra, 84 pp.

Martelo, M. T. (2003). *Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela*. Facultad de Agronomía, Trabajo de ascenso. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 192 pp.

Yarnal, B. (1993). *Synoptic Climatology in Environmental Analysis*. Primera Edición. Belhaven Press. Londres, Inglaterra, 195 pp.

Estatio José Gutiérrez Quevedo. Ing. Hidrometeorologista. (UCV). Docente en las áreas de Estadística para Ingenieros, Meteorología General e Instrumentos y Observación. Ponente en congresos nacionales e internacionales: México, Colombia y Cuba. Correo electrónico: estatio@yahoo.com.

Carlos Iván Varga. Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica de la Universidad Central de Venezuela.

Antonio Fernández. Instituto de Meteorología de Cuba, Centro Meteorológico Provincial Cienfuegos.

