

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDROMETEOROLÓGICA
Centro Regional de Enseñanza y Formación Profesional



ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA DE LOS PATRONES CIRCULATORIOS DE LA
ESTACIÓN LLUVIOSA VENEZOLANA EN EL PERÍODO 1978-1999.**

(TOMO I)

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Hidrometeorologista
Por los Brs. Gutiérrez Q., Estatio J.
Varga S., Carlos Iván

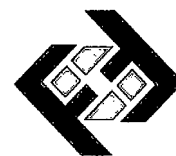
Caracas, Noviembre de 2005



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDROMETEOROLÓGICA
Centro Regional de Enseñanza y Formación Profesional



ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA DE LOS PATRONES CIRCULATORIOS DE LA
ESTACIÓN LLUVIOSA VENEZOLANA EN EL PERÍODO 1978-1999.**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Porfirio Arellano.

TUTOR INDUSTRIAL: Dr. Antonio de Jesús Fernández García.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Hidrometeorologista
Por los Brs. Gutiérrez Q., Estatio J.
Varga S., Carlos Iván

Caracas, Noviembre de 2005

AGRADECIMIENTO

Debemos agradecer la ayuda desinteresada del Dr. Antonio Fernández, poniendo a nuestra disposición sus conocimientos y permitiendo el empleo de su metodología en la descripción de los patrones sinópticos en Venezuela, sin su colaboración este trabajo no hubiese podido realizarse.

Agradecemos al prof. Abraham Salcedo por haber aportado parte del financiamiento para el viaje realizado a nuestro país del Dr. Fernández con el propósito de orientarnos en nuestra investigación y compartir sus conocimientos con el resto de la comunidad universitaria.

Las recomendaciones dictadas por la Ing. MsC. Maria Teresa Martelo, el Ing. Luís Felipe García y el prof. Porfirio Arellano fueron claves para alcanzar cada uno de los objetivos propuestos, por tal razón les extendemos nuestros agradecimientos.

Al equipo de Ingenieros del Departamento del Sistema de Información Ambiental de C.V.G.-E.D.E.L.C.A. que siempre nos ha prestado su colaboración.

Asimismo agradecemos a la División de Meteorología, Hidrología y Oceanología del M.A.R.N., al departamento de Agroclimatología de la U.C.V.-Maracay y a la Gerencia de Gestión Ambiental de C.V.G.-E.D.E.L.C.A. por facilitar los datos de precipitación requeridos en este trabajo.

Los datos de radiación de onda larga saliente (OLR) y temperatura de la superficie marina fueron tomados de la página web del Climate Diagnostics Center perteneciente a la N.O.A.A, de los cuales estamos agradecidos.

RESUMEN

Empleando la clasificación sinóptica automática desarrollada por Fernández y Díaz (2003) se relacionan los patrones circulatorios de la Temporada Lluviosa Venezolana (Mayo-Octubre) con el campo de precipitaciones, radiación de onda larga saliente (OLR) y la temperatura de la superficie del mar (TSM) en el océano Pacífico (Niño 1-2), Atlántico Norte y parte del Caribe para el período 1978-1999. Según la clasificación existen 80 situaciones sinópticas o Procesos Sinópticos Objetivos distribuidos en los bimestres mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre en donde destacan la frecuente presencia de Ondas Tropicales y Vaguadas en altura de distintas intensidades. El análisis de los datos de precipitación diaria de 132 estaciones permitió determinar la intensidad y probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones sobre el territorio nacional y la cuenca del Río Caroní asociadas a cada (PSO). Se analiza la relación existente entre las zonas de mínima presión y OLR para definir el comportamiento de la ZCIT y de la actividad convectiva sobre Venezuela, destacándose la complejidad que constituye la descripción del sistema con las variables utilizadas y la disminución generalizada de la convección sobre todo el país en el bimestre julio-agosto. La elaboración de mapas promedios diarios de temperatura de la superficie marina en los procesos que conformaban el 66% del total y eventos extremos, así como la elaboración de correlaciones estadísticas, permitieron evaluar la posible influencia que ejerce la TSM sobre la intensidad de la precipitación asociada a los PSO; debido a la diferencia en la resolución temporal entre los datos de TSM y la precipitación no fue posible obtener resultados concluyentes.

proces
sinópt
observa

Finalmente se establecieron comparaciones entre la intensidad y la ocurrencia de precipitaciones asociadas a procesos excluidos o eventos extremos entre los períodos 1956-1977 y 1978-1999 para cada uno de los bimestres por separado 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 sinóptica, clasificación sinóptica automática, Venezuela, Precipitación, Proceso Sinóptico Objetivo, Cambio Climático.

ABSTRACT

Using the automatic synoptic classification developed by Fernandez and Diaz (2003) the fields of precipitation, outgoing longwave radiation (OLR) and sea surface temperature (SST) in the Caribbean Sea, Pacific and Atlantic Oceans were linked with the Venezuelan rainy season circulation patterns (May-October) between 1978-1999. According to this classification there are 80 synoptic situations or Synoptic Objective Processes (PSOs) separated between May-June, July-August and September-October, in which the presence of Tropical Waves and Upper Troughs of variable intensities are often present. The daily precipitation analysis of 132 stations allows us to know the intensity and probability of precipitations associated with every process along Venezuela and the Caroni river basin. The relationship between minimum pressure zones and OLR was analyzed to define the movement of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and convective activity over Venezuela, highlighting the complexity between the variables that conform the system and general decrease in convective activity in July-August. Daily average sea surface temperature maps and statistical correlations were created for 66% of the processes and extreme events which allowed to evaluate the influence of the sea surface temperature on the precipitation intensity associated with every process; it was not possible to obtain final results due to the difference in the temporary resolution between the sea surface temperature and rainfall data.

Comparisons were finally established between the intensity and the probable rainfall associated to excluded events between the periods from 1956-1977 and from 1978-1999 for every two months as well as the complete rainy season. An increase in the probability and intensity of rainfall is noticeable mainly in the Venezuelan plains and shores for the period from 1978-1999.

Keywords: Synoptic Climatology, Synoptic Automatic Classification, Venezuela, Rainfall, Synoptic Objective Process, Climate Change.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimiento.	i
Resumen.	ii
Abstract.	iii
Índice de Figuras.	vi
Índice de Cuadros.	viii
Índice de Anexos.	xii
INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVOS.	3
Objetivo General.	3
Objetivos Específicos.	3

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO.	4
1.1 Climatología Sinóptica.	4
1.1.1 Introducción a la Climatología Sinóptica.	4
1.1.2 Objetivos de la Climatología Sinóptica.	6
1.2 Metodologías Utilizadas en las Clasificaciones Sinópticas.	9
1.2.1 Clasificación Manual.	9
1.2.2 Clasificación basada en la Correlación de Patrones Atmosféricos.	13
1.2.3 Clasificación basada en Eigenvectores.	19
1.3 Aplicaciones de la Climatología Sinóptica.	23
1.4 Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).	27
1.4.1 Consideraciones Generales.	27
1.4.2 Estructura de la Zona de Convergencia Intertropical.	29
1.4.3 Desplazamiento Anual de la ZCIT.	31
1.4.4 La ZCIT sobre Venezuela.	33
1.5 Radiación de Onda Larga Saliente (OLR) y Nubes Altamente Reflectantes.	35
1.5.1 Empleo de Satélites Meteorológicos para la obtención de la OLR.	38

1.6 La Climatología Sinóptica en Venezuela.	40
1.6.1 Situaciones Sinópticas que Afectan a Venezuela.	40
1.6.2 Identificación de Patrones Sinópticos Meteorológicos en Venezuela.	49

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS.	59
2.1 Obtención de los Patrones de Circulación.	59
2.2 Metodología desarrollada para la obtención de los Procesos Sinópticos Objetivos.	60
2.3 Obtención de los Registros de las Variables Meteorológicas.	63
2.3.1 Datos de Precipitación.	63
2.3.2 Registro de Radiación de Onda Larga Saliente (OLR).	68
2.3.3 Registro de Temperatura de la Superficie del Mar.	68
2.4 Procesamiento de los Registros de Precipitación.	69
2.4.1 Selección de Estaciones.	69
2.4.2 Reducción del Porcentaje de Datos Faltantes.	69
2.5 Vinculación de los Procesos Sinópticos Objetivos con los Registros de Precipitación.	70
2.5.1 Descripción del Programa "Datos de Tesis".	70
2.5.2 Criterio para el Análisis de la Distribución Espacial de la Precipitación.	72
2.6 Vinculación de los Registros de OLR y Temperatura de la Superficie del Mar con los Procesos Sinópticos Objetivos.	72
2.7 Vinculación de la Temperatura de la Superficie del Mar con las Precipitaciones sobre Venezuela.	74
2.8 Estudios de las Anomalías de la Temperatura del Mar para Eventos Frecuentes y Extremos.	76
2.9 Elaboración de Mapas utilizando Surfer 8.	77
2.9.1 Mapas Isoyéticos y Probabilísticas.	77

2.9.2 Mapas de Radiación de Onda Larga Saliente (OLR) y Temperatura de la Superficie del Mar.	79
2.10 Elaboración de Histogramas de Precipitación-Probabilidad	80

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
3.1 Bimestre Mayo-Junio	82
3.2 Bimestre Julio-Agosto	174
3.3 Bimestre Septiembre-Octubre	290
3.4 Relación entre la Distribución Espacial de la OLR y la Actividad Convectiva sobre Venezuela	393
3.5 Resultados obtenidos de la Correlaciones de la Temperatura de la Superficie Marina y la Precipitación	398
3.6 Precipitaciones asociadas a los Eventos Extremos en el Período 1956-1977 y 1978-1999	406
CONCLUSIONES	414
RECOMENDACIONES	418
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	421

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Capítulo 1	
1.1 Satélites utilizados en la obtención de la OLR.	39
Capítulo 2	
2.1 Listado de Estaciones, parte 1.	64
2.2 Listado de Estaciones, parte 2.	65
2.3 Listado de Estaciones, parte 3.	66
2.4 Listado de Estaciones, parte 4.	67
2.5 Intensidades de Precipitación.	72
2.6 Ejemplo de Salida del Programa para TSM.	75
2.7 Ejemplo de Tabla con Coeficientes de Correlación y Nivel de Significancia.	76
2.8 Lista de Estaciones Divididas por Regiones.	81
Capítulo 3	
Bimestre Mayo-Junio	
3.1 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 1, Bimestre Mayo-Junio.	89
3.2 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 1, Bimestre Mayo-Junio.	90
3.3 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 2, Bimestre Mayo-Junio.	94
3.4 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 2, Bimestre Mayo-Junio.	95
3.5 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 3, Bimestre Mayo-Junio.	98

Cuadro	Página
3.6 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 3, Bimestre Mayo-Junio.	99
3.7 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 4, Bimestre Mayo-Junio.	103
3.8 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 4, Bimestre Mayo-Junio.	104
3.9 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 5, Bimestre Mayo-Junio.	107
3.10 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 5, Bimestre Mayo-Junio.	108
3.11 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 6, Bimestre Mayo-Junio.	112
3.12 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 6, Bimestre Mayo-Junio.	113
3.13 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 17, Bimestre Mayo-Junio.	146
3.14 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 18, Bimestre Mayo-Junio.	151
3.15 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 19, Bimestre Mayo-Junio.	155
3.16 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 20, Bimestre Mayo-Junio.	158
3.17 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 21, Bimestre Mayo-Junio.	162
3.18 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 22, Bimestre Mayo-Junio.	166

Cuadro	Página
3.19 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 23, Bimestre Mayo-Junio.	171
Bimestre Julio-Agosto	
3.20 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 1, Bimestre Julio-Agosto.	179
3.21 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 1, Bimestre Julio-Agosto.	180
3.22 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 2, Bimestre Julio-Agosto.	184
3.23 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 2, Bimestre Julio-Agosto.	185
3.24 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 3, Bimestre Julio-Agosto.	188
3.25 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 3, Bimestre Julio-Agosto.	189
3.26 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 4, Bimestre Julio-Agosto.	193
3.27 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 4, Bimestre Julio-Agosto.	194
3.28 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 5, Bimestre Julio-Agosto.	197
3.29 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 5, Bimestre Julio-Agosto.	198

Cuadro	Página
3.30 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 6, Bimestre Julio-Agosto.	202
3.31 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 6, Bimestre Julio-Agosto.	203
3.32 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 7, Bimestre Julio-Agosto.	206
3.33 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 7, Bimestre Julio-Agosto.	207
3.34 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 8, Bimestre Julio-Agosto.	211
3.35 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 8, Bimestre Julio-Agosto.	212
3.36 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 9, Bimestre Julio-Agosto.	215
3.37 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 9, Bimestre Julio-Agosto.	216
3.38 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 10, Bimestre Julio-Agosto.	220
3.39 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 10, Bimestre Julio-Agosto.	221
3.40 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 11, Bimestre Julio-Agosto.	224
3.41 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 11, Bimestre Julio-Agosto.	225

Cuadro	Página
3.42 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 12, Bimestre Julio-Agosto.	229
3.43 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 12, Bimestre Julio-Agosto.	230
3.44 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 23, Bimestre Julio-Agosto.	263
3.45 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 24, Bimestre Julio-Agosto.	267
3.46 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 25, Bimestre Julio-Agosto.	270
3.47 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 28, Bimestre Julio-Agosto.	280
3.48 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 29, Bimestre Julio-Agosto.	284
3.49 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 30, Bimestre Julio-Agosto.	287
Bimestre Septiembre-October	
3.50 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 1, Bimestre Septiembre-October.	295
3.51 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 1, Bimestre Septiembre-October.	296
3.52 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 2, Bimestre Septiembre-October.	300
3.53 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 2, Bimestre Septiembre-October.	301

Cuadro	Página
3.54 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 3, Bimestre Septiembre-Octubre.	304
3.55 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 3, Bimestre Septiembre-Octubre.	305
3.56 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 4, Bimestre Septiembre-Octubre.	309
3.57 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 4, Bimestre Septiembre-Octubre.	310
3.58 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 5, Bimestre Septiembre-Octubre.	313
3.59 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 5, Bimestre Septiembre-Octubre.	314
3.60 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 6, Bimestre Septiembre-Octubre.	318
3.61 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 6, Bimestre Septiembre-Octubre.	319
3.62 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 7, Bimestre Septiembre-Octubre.	322
3.63 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 7, Bimestre Septiembre-Octubre.	323
3.64 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 8, Bimestre Septiembre-Octubre.	327
3.65 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 8, Bimestre Septiembre-Octubre.	328

Cuadro	Página
3.66 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 9, Bimestre Septiembre-Octubre.	331
3.67 Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 9, Bimestre Septiembre-Octubre.	332
3.68 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 20, Bimestre Septiembre-Octubre.	366
3.69 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 21, Bimestre Septiembre-Octubre.	370
3.70 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 22, Bimestre Septiembre-Octubre.	373
3.71 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 23, Bimestre Septiembre-Octubre.	377
3.72 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 24, Bimestre Septiembre-Octubre.	380
3.73 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 25, Bimestre Septiembre-Octubre.	384
3.74 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 26, Bimestre Septiembre-Octubre.	387
3.75 Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 27, Bimestre Septiembre-Octubre. Valores de anomalías en la temperatura de la superficie del mar.	391
3.76 Bimestre Mayo-Junio.	400
3.77 Valores de anomalías en la temperatura de la superficie del mar. Bimestre Julio-Agosto.	400
3.78 Valores de anomalías en la temperatura de la superficie del mar. Bimestre Septiembre-Octubre	401
3.79 Anomalías promedio de temperatura en los diferentes bimestres.	401
3.80 Anomalías promedio de temperatura en los diferentes bimestres con LAG-1.	401

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Capítulo 1.		
1.1	Representación de la Doble ZCIT.	29
1.2	Desplazamiento de la ZCIT.	32
1.3	Desplazamiento de la ZCIT sobre Venezuela.	34
1.4	Desplazamiento de la ZCIT sobre Venezuela (1988-1997).	35
1.5	Balance Radiativo Terrestre.	36
1.6	Media Anual de la OLR (Wm-2) y La desviación estándar de las anomalías mensuales (Wm-2) (1979-1995).	37
1.7	Zona de Convergencia Intertropical.	39
1.8	Onda Tropical.	41
1.9	Vaguada.	41
1.10	Vaguada en la altura.	42
1.11	Dorsal.	42
1.12	Ciclón Tropical.	43
1.13	Baja Presión del Lago de Maracaibo.	43
1.14	Ciclón Subtropical.	44
1.15	Baja Fría.	44
1.16	Alta Presión en los Llanos Bajos y Occidentales.	45
1.17	Vórtice Anticiclónico en la Altura y Vaguada en los Niveles Bajos.	45
1.18	Vórtices Anticiclónicos en la Altura.	46
1.19	Convergencia Costanera.	46
1.20	Convergencia al Sur del Lago de Maracaibo.	47
1.21	Líneas de Cizalladura en la Altura.	47
1.22	Líneas de Cizalladura Asociadas a Sistemas Frontales Viejos.	48
1.23	Frentes Fríos del Norte.	48
1.24	Frentes Fríos del Sur.	49
1.25	Representación de una Vaguada en Altura.	
1.26	Representación de un Frente Frío.	53

Figura		Página
1.27	Representación de la Formación de una Gota Fría.	54
1.28	Vaguada Tropical en Niveles Altos .	55
1.29	Representación de las Corrientes de Chorro Subtropical y Polar.	57
1.30	Representación de los Sistemas de Altas Presiones.	58

Capítulo 2.

2.1	Grilla empleada en la clasificación sinóptica.	60
2.2	Localización de las estaciones empleadas en la investigación.	64
2.3	Ejemplo de mapas isoyéticos elaborados con Surfer 8 sobre la cuenca del Río Caroní y Venezuela.	78
2.4	Ejemplo de mapas de probabilidad de precipitación elaborados con Surfer 8 sobre la cuenca del Río Caroní y Venezuela.	78
2.5	Ejemplo de mapa de radiación de onda larga saliente (OLR) elaborado con Surfer 8.	79
2.6	Ejemplo de mapas de la temperatura de la superficie del mar elaborados con Surfer 8.	80
2.7	Ejemplo de histogramas de intensidad y probabilidad de ocurrencia de precipitación en distintas regiones de Venezuela.	80

Capítulo 3

Bimestre Mayo-Junio.

3.1	Frecuencia de los PSO. Bimestre Mayo-Junio.	83
3.2	Período de Retorno de los PSO. Bimestre Mayo-Junio.	83
3.3	Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 1 Bimestre Mayo-Junio.	88
3.4	Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 1, Bimestre Mayo-Junio.	88

Figura	Página
3.5 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 1, Bimestre Mayo-Junio.	91
3.6 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 1 y 2, Bimestre Mayo-Junio.	92
3.7 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 2 Bimestre Mayo-Junio.	93
3.8 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 2, Bimestre Mayo-Junio.	93
3.9 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 2, Bimestre Mayo-Junio.	96
3.10 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 3 Bimestre Mayo-Junio.	97
3.11 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 3, Bimestre Mayo-Junio.	97
3.12 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 3, Bimestre Mayo-Junio.	100
3.13 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 3 y 4, Bimestre Mayo-Junio.	101
3.14 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 4 Bimestre Mayo-Junio.	102

Figura	Página
3.15 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 4, Bimestre Mayo-Junio.	102
3.16 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 4, Bimestre Mayo-Junio.	105
3.17 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 5 Bimestre Mayo-Junio.	106
3.18 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 5, Bimestre Mayo-Junio.	106
3.19 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 5, Bimestre Mayo-Junio.	109
3.20 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 5 y 6, Bimestre Mayo-Junio.	110
3.21 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 6 Bimestre Mayo-Junio.	111
3.22 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 6, Bimestre Mayo-Junio.	111
3.23 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 6, Bimestre Mayo-Junio.	114
3.24 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 7 Bimestre Mayo-Junio.	115
3.25 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 7, Bimestre Mayo-Junio.	115

Figura	Página
3.26 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 7, Bimestre Mayo-Junio.	117
3.27 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 8 Bimestre Mayo-Junio.	118
3.28 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 8, Bimestre Mayo-Junio.	118
3.29 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 8, Bimestre Mayo-Junio.	120
3.30 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 9 Bimestre Mayo-Junio.	121
3.31 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 9, Bimestre Mayo-Junio.	121
3.32 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 9, Bimestre Mayo-Junio.	123
3.33 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 10 Bimestre Mayo-Junio.	124
3.34 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 10, Bimestre Mayo-Junio.	124
3.35 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 10, Bimestre Mayo-Junio.	126
3.36 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 11 Bimestre Mayo-Junio.	127

Figura	Página
3.37 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 11, Bimestre Mayo-Junio.	127
3.38 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 11, Bimestre Mayo-Junio.	129
3.39 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 12 Bimestre Mayo-Junio.	130
3.40 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 12, Bimestre Mayo-Junio.	130
3.41 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 12, Bimestre Mayo-Junio.	132
3.42 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 13 Bimestre Mayo-Junio.	133
3.43 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 13, Bimestre Mayo-Junio.	133
3.44 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 13, Bimestre Mayo-Junio.	135
3.45 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 14 Bimestre Mayo-Junio.	136
3.46 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 14, Bimestre Mayo-Junio.	136
3.47 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 14, Bimestre Mayo-Junio.	138

Figura	Página
3.48 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 15 Bimestre Mayo-Junio.	139
3.49 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 15, Bimestre Mayo-Junio.	139
3.50 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 15, Bimestre Mayo-Junio.	141
3.51 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 16 Bimestre Mayo-Junio.	142
3.52 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 16, Bimestre Mayo-Junio.	142
3.53 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 16, Bimestre Mayo-Junio.	144
3.54 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 17 Bimestre Mayo-Junio.	145
3.55 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 17, Bimestre Mayo-Junio.	145
3.56 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 17, Bimestre Mayo-Junio.	148
3.57 Precipitación Promedio y Probabilidad de Precipitación en Venezuela asociada al PSO 17, Bimestre Mayo-Junio.	149
3.58 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 18 Bimestre Mayo-Junio.	150
3.59 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 18, Bimestre Mayo-Junio.	150

Figura	Página
3.60 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 18, Bimestre Mayo-Junio.	152
3.61 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 18 y 19, Bimestre Mayo-Junio.	153
3.62 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 19 Bimestre Mayo-Junio.	154
3.63 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 19, Bimestre Mayo-Junio.	154
3.64 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 19, Bimestre Mayo-Junio.	156
3.65 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 20 Bimestre Mayo-Junio.	157
3.66 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 20, Bimestre Mayo-Junio.	157
3.67 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 20, Bimestre Mayo-Junio.	159
3.68 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 20 y 21, Bimestre Mayo-Junio.	160
3.69 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 21 Bimestre Mayo-Junio.	161
3.70 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 21, Bimestre Mayo-Junio.	161

Figura	Página
3.71 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 21, Bimestre Mayo-Junio.	164
3.72 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 22 Bimestre Mayo-Junio.	165
3.73 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 22, Bimestre Mayo-Junio.	165
3.74 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 22, Bimestre Mayo-Junio.	168
3.75 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 22 y 23, Bimestre Mayo-Junio.	169
3.76 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 23 Bimestre Mayo-Junio.	170
3.77 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 23, Bimestre Mayo-Junio.	170
3.78 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 23, Bimestre Mayo-Junio.	173
Bimestre Julio-Agosto	
3.81 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 1 Bimestre Julio-Agosto.	178
3.82 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 1, Bimestre Julio-Agosto.	178

Figura	Página
3.83 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 1, Bimestre Julio-Agosto.	181
3.84 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 1 y 2, Bimestre Julio-Agosto.	182
3.85 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 2 Bimestre Julio-Agosto.	183
3.86 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 2, Bimestre Julio-Agosto.	183
3.87 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 2, Bimestre Julio-Agosto.	186
3.88 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 3 Bimestre Julio-Agosto.	187
3.89 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 3, Bimestre Julio-Agosto.	187
3.90 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 3, Bimestre Julio-Agosto.	190
3.91 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 3 y 4, Bimestre Julio-Agosto.	191
3.92 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 4 Bimestre Julio-Agosto.	192
3.93 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 4, Bimestre Julio-Agosto.	192

Figura	Página
3.94 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 4, Bimestre Julio-Agosto.	195
3.95 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 5 Bimestre Julio-Agosto.	196
3.96 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 5, Bimestre Julio-Agosto.	196
3.97 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 5, Bimestre Julio-Agosto.	199
3.98 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 5 y 6, Bimestre Julio-Agosto.	200
3.99 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 6 Bimestre Julio-Agosto.	201
3.100 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 6, Bimestre Julio-Agosto.	201
3.101 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 6, Bimestre Julio-Agosto.	204
3.102 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 7 Bimestre Julio-Agosto.	205
3.103 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 7, Bimestre Julio-Agosto.	205

Figura	Página
3.104 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 7, Bimestre Julio-Agosto.	208
3.105 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 7 y 8, Bimestre Julio-Agosto.	209
3.106 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 8 Bimestre Julio-Agosto.	210
3.107 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 8, Bimestre Julio-Agosto.	211
3.108 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 8, Bimestre Julio-Agosto.	213
3.109 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 9 Bimestre Julio-Agosto.	214
3.110 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 9, Bimestre Julio-Agosto.	214
3.111 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 9, Bimestre Julio-Agosto.	217
3.112 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 9 y 10, Bimestre Julio-Agosto.	218
3.113 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 10 Bimestre Julio-Agosto.	219
3.114 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 10, Bimestre Julio-Agosto.	219

Figura	Página
3.115 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 10, Bimestre Julio-Agosto.	222
3.116 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 11 Bimestre Julio-Agosto.	223
3.117 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 11, Bimestre Julio-Agosto.	223
3.118 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 11, Bimestre Julio-Agosto.	226
3.119 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 11 y 12, Bimestre Julio-Agosto.	227
3.120 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 12 Bimestre Julio-Agosto.	228
3.121 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 12, Bimestre Julio-Agosto.	228
3.122 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 12, Bimestre Julio-Agosto.	231
3.123 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 13 Bimestre Julio-Agosto.	232
3.124 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 13, Bimestre Julio-Agosto.	232

Figura	Página
3.125 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 13, Bimestre Julio-Agosto.	234
3.126 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 14 Bimestre Julio-Agosto.	235
3.127 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 14, Bimestre Julio-Agosto.	235
3.128 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 14, Bimestre Julio-Agosto.	237
3.129 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 15 Bimestre Julio-Agosto.	238
3.130 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 15, Bimestre Julio-Agosto.	238
3.131 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 15, Bimestre Julio-Agosto.	240
3.132 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 16 Bimestre Julio-Agosto.	241
3.133 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 16, Bimestre Julio-Agosto.	241
3.134 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 16, Bimestre Julio-Agosto.	243
3.135 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 17 Bimestre Julio-Agosto.	244

Figura	Página
3.136 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 17, Bimestre Julio-Agosto.	244
3.137 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 17, Bimestre Julio-Agosto.	246
3.138 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 18 Bimestre Julio-Agosto.	247
3.139 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 18, Bimestre Julio-Agosto.	247
3.140 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 18, Bimestre Julio-Agosto.	249
3.141 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 19 Bimestre Julio-Agosto.	250
3.142 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 19, Bimestre Julio-Agosto.	250
3.143 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 19, Bimestre Julio-Agosto.	252
3.144 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 20 Bimestre Julio-Agosto.	253
3.145 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 20, Bimestre Julio-Agosto.	253
3.146 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 20, Bimestre Julio-Agosto.	255

Figura	Página
3.147 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 21 Bimestre Julio-Agosto.	256
3.148 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 21, Bimestre Julio-Agosto.	256
3.149 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 21, Bimestre Julio-Agosto.	258
3.150 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 22 Bimestre Julio-Agosto.	259
3.151 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 22, Bimestre Julio-Agosto.	259
3.152 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 22, Bimestre Julio-Agosto.	261
3.153 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 23 Bimestre Julio-Agosto.	262
3.154 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 23, Bimestre Julio-Agosto.	262
3.155 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 23, Bimestre Julio-Agosto.	264
3.156 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 23 y 24, Bimestre Julio-Agosto.	265
3.157 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 24 Bimestre Julio-Agosto.	266

Figura	Página
3.158 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 24, Bimestre Julio-Agosto.	266
3.159 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 24, Bimestre Julio-Agosto.	268
3.160 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 25 Bimestre Julio-Agosto.	269
3.161 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 25, Bimestre Julio-Agosto.	269
3.162 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 25, Bimestre Julio-Agosto.	271
3.163 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en el PSO25, Bimestre Julio-Agosto.	272
3.164 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 26 Bimestre Julio-Agosto.	273
3.165 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 26, Bimestre Julio-Agosto.	273
3.166 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 26, Bimestre Julio-Agosto.	275
3.167 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 27 Bimestre Julio-Agosto.	276
3.168 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 27, Bimestre Julio-Agosto.	276

Figura	Página
3.169 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 27, Bimestre Julio-Agosto.	278
3.170 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 28 Bimestre Julio-Agosto.	279
3.171 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 28, Bimestre Julio-Agosto.	279
3.172 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 28, Bimestre Julio-Agosto.	281
3.173 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 28 y 29, Bimestre Julio-Agosto.	282
3.174 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 29 Bimestre Julio-Agosto.	283
3.175 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 29, Bimestre Julio-Agosto.	283
3.176 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 29, Bimestre Julio-Agosto.	285
3.177 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 30 Bimestre Julio-Agosto.	286
3.178 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 30, Bimestre Julio-Agosto.	286

Figura	Página
3.179 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 30, Bimestre Julio-Agosto.	288
3.180 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en el PSO 30, Bimestre Julio-Agosto.	289
Bimestre Septiembre-October	
3.181 Frecuencia de los PSO. Bimestre Septiembre-October.	290
3.182 Período de Retorno de los PSO. Bimestre Septiembre-October.	290
3.183 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 1 Bimestre Septiembre-October.	294
3.184 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 1, Bimestre Septiembre-October.	294
3.185 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 1, Bimestre Septiembre-October.	297
3.186 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 1 y 2, Bimestre Septiembre-October.	298
3.187 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 2 Bimestre Septiembre-October.	299
3.188 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 2, Bimestre Septiembre-October.	299
3.189 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 2, Bimestre Septiembre-October.	302

Figura	Página
3.190 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 3 Bimestre Septiembre-Octubre.	303
3.191 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 3, Bimestre Septiembre-Octubre.	303
3.192 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 3, Bimestre Septiembre-Octubre.	306
3.193 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 3 y 4, Bimestre Septiembre-Octubre.	307
3.194 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 4 Bimestre Septiembre-Octubre.	308
3.195 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 4, Bimestre Septiembre-Octubre.	308
3.196 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 4, Bimestre Septiembre-Octubre.	311
3.197 Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 5 Bimestre Septiembre-Octubre.	312
3.198 Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 5, Bimestre Septiembre-Octubre.	312
3.199 Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 5, Bimestre Septiembre-Octubre.	315
3.200 Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 5 y 6, Bimestre Septiembre-Octubre.	316

INTRODUCCIÓN

La climatología sinóptica estudia las interacciones existentes entre la circulación atmosférica y las condiciones presentes en superficie, por ello tiene un alto potencial para ser utilizada esta metodología en investigaciones referentes a fenómenos meteorológicos asociados a una región. Los **Procesos Sinópticos Objetivos (PSOs)** permiten establecer una relación entre el comportamiento del tiempo en diferentes lugares de un país con las configuraciones sinópticas de la atmósfera.

La metodología desarrollada por Fernández y Díaz (2003) para la obtención de los Procesos Sinópticos Objetivos representa la primera clasificación objetiva de los patrones circulatorios para la temporada de lluvias (Mayo-Octubre) en Venezuela, siendo esta técnica utilizada en países como Cuba, España y China con resultados satisfactorios. 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), tomando en cuenta las 24 horas previas y posteriores en las que ocurrió el evento, para el período 1978-1999. El catálogo está constituido por 80 patrones circulatorios que engloban eventos de alta frecuencia como situaciones de poca recurrencia o extremas. Entre las situaciones sinópticas encontradas destacan la presencia de Ondas Tropicales, Vaguadas en niveles medios y/o altos, así como el desplazamiento de la ZCIT sobre el extremo septentrional de Suramérica; los eventos extremos están enmarcados por sistemas provenientes principalmente de latitudes medias como los son las Vaguadas intensas, los Frentes Fríos Modificados y las Depresiones Atmosféricas en Niveles Altos (DANAs), a su vez se hacen presentes pero con menor recurrencia la acción de Depresiones Tropicales o intensas Ondas del Este.

La finalidad de esta investigación radica en la determinación de la respuesta del campo de precipitación en Venezuela a las distintas situaciones sinópticas presentes en la clasificación del Dr. Fernández, para ello se emplearon los registros de 132 estaciones distribuidas a lo largo de todo el territorio con una mayor densidad al norte del Río Orinoco. La distribución espacial de la precipitación y los promedios espaciales producto de la agrupación por regiones permiten establecer las condiciones en intensidad y probabilidad de ocurrencia de la variable presentes en cada PSO.

La radiación de onda larga saliente (OLR) es utilizado como un indicador indirecto de la convección sobre una zona, empleando los datos de la variable disponibles en el sitio web del Climate Diagnostic Center fue posible establecer la vinculación en el comportamiento de la OLR con los distintos procesos sinópticos con el objetivo de determinar la intensidad de la actividad convectiva asociada a los sistemas que componen cada PSO, en donde destaca una disminución generalizada de la convección sobre el territorio nacional en julio-agosto en comparación con los bimestres restantes que componen a la temporada lluviosa.

La temperatura de la superficie marina es un factor determinante en el desarrollo de la precipitación. Establecer la influencia de la temperatura del Atlántico Norte, el Pacífico oriental, específicamente la zona Niño 1-2 y el Mar Caribe sobre el campo de precipitaciones en Venezuela es uno de los objetivos primordiales dentro de la investigación, proceso influenciado fuertemente por la resolución espacial de ambas variables (TSM y precipitación) que impidió establecer resultados conclusiones con respecto a las conexiones entre el comportamiento de los parámetros.

Para cada PSO se encontrará un breve análisis de la situación sinóptica existente, el comportamiento de la nubosidad asociada a la OLR, la distribución del campo de precipitación y probabilidad de ocurrencia de la misma sobre la cuenca del río Caroní así como para Venezuela con sus mapas y gráficos correspondientes, los cuales pudieron ser elaborados gracias al desarrollo de programas en Visual Fortran 6.6 a que permitieron en manejo de la gran cantidad de datos utilizados.

Finalmente, para determinar la influencia del cambio climático en Venezuela se estableció la comparación entre la intensidad y probabilidad de la precipitación asociada a eventos extremos en los períodos 1956-1977 y 1978-1999 presentando un incremento notable principalmente en la probabilidad de ocurrencia en los procesos excluidos a partir de 1978.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un estudio integral de climatología sinóptica que identifique los patrones de circulación asociados a la ZCIT y otros sistemas en el entorno venezolano en el período 1978-1999 y su relación con el campo de las precipitaciones en el país.

Objetivos Específicos

- Identificar los patrones circulatorios en los tres bimestres del período lluvioso (1978-1999): Mayo-Junio, Julio-Agosto y Septiembre-Octubre.
- Determinar la distribución espacial de las precipitaciones en Venezuela, asociada a cada uno de los Procesos Sinópticos Objetivos en cada uno de los tres bimestres del período lluvioso.
- Identificar el vínculo entre los Procesos Sinópticos Objetivos y la actividad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) con el empleo de la distribución espacial de la Radiación de Onda Larga Saliente (OLR).
- Determinar la conexión entre los Patrones Sinópticos Objetivos y la Temperatura del Mar Caribe, parte de los Océanos Atlántico y Pacífico.
- Determinar la variación del campo de precipitación en Venezuela asociado a procesos sinópticos poco frecuentes entre los períodos 1956-77 y 1978-1999.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace una descripción de la información básica referente a la climatología sinóptica, con la finalidad de aportar al lector las herramientas necesarias para el entendimiento de la metodología utilizada. A su vez se hace mención de las principales situaciones sinópticas que afectan a Venezuela, con especial énfasis en la Zona de Convergencia Intertropical. Finalmente, se presenta un resumen de las investigaciones previas realizadas en el país en el área de la climatología sinóptica.

1.1 CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA

En esta sección se describirán los conceptos que definen a la climatología sinóptica así como sus distintas modalidades con la respectiva reseña histórica, para concluir con las posibles aplicaciones en la meteorología y otras ramas científicas.

1.1.1 Introducción a la Climatología Sinóptica

La climatología sinóptica es una rama de la climatología que busca explicar las interacciones entre la atmósfera y el ambiente, haciendo énfasis en como las variaciones en la circulación atmosférica induce cambios en las variables en superficie. *y todo dentro de un análisis de la distribución espacial de esas variables, a una escala sinóptica, que permite luego al incluir diferentes análisis en el tiempo, deducciones en cuanto a su variación temporal y extensión temporal a corto plazo.*

En la década de los años 50 comenzó a desarrollarse esta disciplina, en donde Court presentó las definiciones de climatología dinámica y sinóptica, esta no ha sido aceptada en los últimos tiempos debido a que no establece una clara diferencia entre ambos conceptos. Lydolph (1975) definió a la climatología sinóptica como "una explicación del tiempo local utilizando patrones conocidos de la atmósfera".

Paralelamente a la evolución computacional, la climatología sinóptica se ha desarrollado vertiginosamente desde finales de la década de los setenta, y se puede decir que ahora es uno de los campos dominantes en la climatología geográfica. El procesamiento de una gran cantidad de información, que requiere una cantidad considerable de tiempo y dinero, en las últimas décadas con ayuda de computadoras, este trabajo puede ser realizado en minutos y con un mínimo de personal, haciendo más

sencillo encontrar la relación entre los procesos atmosféricos y las variables en superficie, así como reduciendo en gran medida la incertidumbre en los cálculos.

Barry y Perry (1973) definieron el curso para la mayoría de las investigaciones en climatología sinóptica de las últimas dos décadas. Ellos definieron la climatología sinóptica como el estudio de la relación entre la circulación atmosférica local y los climas regionales, concluyendo que la climatología sinóptica se debe llevar a cabo en dos etapas: (1) La clasificación de la circulación atmosférica; y (2) estimación de la relación entre esas categorías y los elementos meteorológicos de la región. La segunda fase ha sufrido una considerable ampliación debido a que es posible relacionar variables no meteorológicas con patrones de circulación, un ejemplo de ello son los estudios realizados sobre calidad de agua, cultivos, ozono troposférico, etc.

Existen dos maneras de aplicar la climatología sinóptica. La inductiva comprende el desarrollo de modelos matemáticos que describen la circulación atmosférica y su respuesta en superficie. La aproximación deductiva utiliza la estadística para establecer dicha conexión. Ambas técnicas no son mutuamente excluyentes sino complementarias, ya que se hace necesario la generación de datos a través de modelos numéricos en zonas donde las mediciones son inexistentes para así tener una visión completa del área de estudio, una vez obtenido estos datos, el empleo de la estadística es la técnica que ofrece menor incertidumbre en el establecimiento de las relaciones entre la circulación y las variables en superficie.

La clasificación de los procesos sinópticos puede realizarse a través de dos métodos, es posible establecer una relación circulación-a-ambiente, que se fundamenta en la descripción de los campos de las variables en superficie a través de la caracterización de los patrones sinópticos; y ambiente-a-circulación, en donde en primera instancia se caracterizan los campos de las variables en superficie para posteriormente asociarlos a patrones sinópticos.

Los estudios en climatología sinóptica poseen cuatro factores en común. El primero radica en la clasificación, que consiste en la agrupación de procesos circulatorios en concordancia con la similitud de sus propiedades. Segundo, los climatólogos sinópticos al

menos relacionan dos escalas en el análisis: la gran escala de los procesos de circulación atmosférica y la pequeña escala de los procesos en superficie; este factor ha sido un gran problema debido a la complejidad que conlleva establecer una relación entre ambas escalas, éste ha sido resuelto con el empleo de la estadística en lugar de los modelos matemáticos que requieren de una capacidad computacional que todavía no es accesible para cualquier organismo. Para Harman y Winkler (1991) establecer la relación entre ambas escalas es la base de la climatología sinóptica.

Tercero, se estudia el efecto de la variabilidad climática sobre las condiciones en superficie. Las fluctuaciones interanuales e intermensuales de la circulación determinan el clima en superficie en un período dado, por consiguiente uno de los aspectos más importantes de la climatología sinóptica es la identificación de la influencia de estas variaciones sobre el ambiente.

Cuarto, la región es la entidad espacial fundamental. La escala de la circulación atmosférica puede variar de planetaria hasta una pequeña escala sinóptica pero la circulación siempre es relacionada con las condiciones en superficie de una región. En algunos casos la información en superficie obtenida en un solo punto puede ser utilizada para la realización del análisis si el investigador considera que el punto es representativo de la región.

1.1.2 Objetivos de la Climatología Sinóptica

La climatología sinóptica, como se ha mencionado anteriormente, tiene un objetivo general: entender las relaciones entre la circulación atmosférica y en ambiente en superficie. Los climatólogos sinópticos clasifican en primer lugar las estructuras atmosféricas (tipos sinópticos o mapas patrones) para tener un sentido climático de la circulación.

Esta rama de la climatología también tiene objetivos específicos. El primero es identificar los mapas patrones recurrentes o variables que muestran una circulación atmosférica típica. El segundo, se refiere a clasificar cada patrón en un grupo de ellos. Desafortunadamente algunos patrones son atípicos y simplemente no encajan en algunas

clasificaciones, a pesar que sean climatológicamente significativos. Por ejemplo, las tormentas tropicales no alcanzan casi nunca el centro de Pennsylvania, E.E.U.U., por lo que son estructuras sinópticas raras y no entran en ninguna clasificación sinóptica de la región. Sin embargo, la cuenca del río Susquehanna recibió más de 250 mm de precipitación del Huracán Agnes en 1972, causando uno de los desastres naturales más costos en E.E.U.U. La evidencia muestra que esas incursiones tropicales ocurren una o dos veces por década, y a pesar de eso, rara vez se obtienen resultados como el de Agnes, que afectan de manera significativa la hidrología.

Uno de los avances más importantes en los últimos 20 años es la automatización de la clasificación sinóptica. El primer objetivo de la misma, es generar categorías sinópticas reproducibles. El resultado de clasificaciones manuales es único porque el investigador basa su categorización en sus interpretaciones subjetivas. Las investigaciones muestran que dos investigadores no necesariamente generan resultados similares. Además la clasificación "propia" de cada investigador tomaría más tiempo. Un computador producirá siempre el mismo resultado si el parámetro del algoritmo es iniciado con los mismos valores, utilizando procedimientos recurrentes que no alteran los datos.

El segundo objetivo es reducir el tiempo y el esfuerzo que emplean los procesos de clasificación. Las técnicas manuales toman mucho tiempo y mucho trabajo humano. Las clasificaciones basadas en el uso de sistemas computacionales utilizan mucho menos tiempo para desarrollar o adaptar una clasificación en cualquier lugar. Asimismo, cuando el sistema trabaja adecuadamente y el investigador se hace familiar con el procedimiento, la clasificación automática se hace rápida.

El tercer objetivo de la clasificación es ser objetiva. Las clasificaciones manuales son subjetivas por naturaleza, de hecho, se denominan "clasificaciones subjetivas" en muchos lugares. En contraste, las clasificaciones sinópticas asistidas por computador fueron referidas como objetivas por muchos años.

La climatología sinóptica, como cualquier otra rama de la ciencia, se fundamenta en suposiciones. La más importante de todas es que la circulación atmosférica es el factor más determinante del ambiente en superficie. Previo al inicio de un estudio, el climatólogo debe

determinar que la observación o teoría sugiera vínculos entre la circulación y la superficie. De otra manera, no existe una razón por la cual se debe continuar la investigación.

La mayoría de los climatólogos se fundamenta en los mapas de análisis de superficie para estimar la circulación atmosférica, por lo que asumen que la escuela Bergen de modelos conceptuales de estructura y evolución de ciclones en latitudes medias a mediana escala, es correcta. Este modelo no supone algunas características básicas de la evolución de los ciclones, pero Mass (1991) señala que la teoría y práctica revelan deficiencias serias. Estas están compuestas por la falta de procedimientos para definir frentes y analizar mapas sinópticos. Él hace un llamado para mejorar los modelos conceptuales y además unas líneas de desarrollo consistentes y claras para aplicar estos métodos analíticos.

Cada climatología sinóptica involucra la clasificación de la circulación y supone que la atmósfera puede ser dividida en intervalos discretos, no sobrepuestos. Realmente, la atmósfera es un sistema multidimensional continuo.

Los climatólogos deben suponer también que la clasificación identifica todos los mapas patrones o tipos sinópticos importantes. Con esta suposición, el investigador toma un lugar importante. Los "separadores" no toleran incertidumbre y ambigüedad; prefieren colocar todas las estructuras sinópticas importantes en una clase bien definida. Los "agregadores" aceptan mas incertidumbre y ambigüedad; están satisfechos si trabajan con menor cantidad de mapas y una categoría sinóptica más diversa. Un "agregador" no clasificará las perturbaciones tropicales o creará una clasificación en la cual pueda situar esta situación en una categoría más amplia.

De las suposiciones anteriormente explicadas, se presenta el siguiente corolario: los métodos de clasificación realmente hacen lo que el investigador cree que hacen. Gould (1982) demostró convincentemente que la clasificación basada en software estadístico y análisis computacionales es un acercamiento de tipo "caja negra". No es necesario que cada climatólogo tenga que convertirse en un experto matemático y analista de componentes principales para usar ese acercamiento para clasificar. Cada experto debe asumir que ha trabajado la suficiente cantidad de problemas para realizar un procedimiento

de clasificación. Sin embargo, esto no elimina de responsabilidad al investigador para tomar decisiones adecuadas basadas en investigaciones previas en climatología sinóptica.

Una suposición de todas las climatologías sinópticas es que las escalas temporales de las observaciones y de los procesos de circulación atmosférica coincidan. Por ejemplo, los investigadores suponen que algunos elementos de diagnóstico en mapas diarios operen en escala de días. Esto es aceptado. Un día tiene aproximadamente 10^5 segundos (86.400 segundos exactamente). Un millón de segundos (10^6) equivalen a 11,6 días, los cuales se encuentran cerca de un límite de los sistemas sinópticos a gran escala. Los sistemas sinópticos promedios, sobreviven por varios días y por lo tanto, operan dentro del orden de magnitud de los datos de escala sinóptica. Igualmente, cada sistema varía a medida que avanza el tiempo.

Conjuntamente, en clasificaciones sinópticas automatizadas los investigadores suponen que las escalas espaciales de los datos en rejillas y la circulación coinciden. Esto no es un problema cuando los sistemas atmosféricos son más grandes que el tamaño horizontal de la rejilla. De manera opuesta, si el tamaño de la rejilla es mayor a un sistema atmosférico, se produce un filtrado de las configuraciones sinópticas. Esto puede tener un impacto importante en los resultados de climatología sinóptica. Es por eso, que los climatólogos deben seleccionar una rejilla que se adecue abarque todos los sistemas atmosféricos de interés en el estudio.

1.2 METODOLOGÍAS UTILIZADAS EN LAS CLASIFICACIONES

1.2.1 Clasificación Manual

El primer método para clasificar patrones atmosféricos fue desarrollado previo a la existencia de las computadoras, y se basaba en el conocimiento y juicio del investigador. En este tipo de clasificación el investigador agrupaba subjetivamente todos los datos sinópticos en categorías predeterminada.

Los dos métodos para la clasificación manual son los mismos dos métodos para la climatología sinóptica: ambiente-circulación y circulación-ambiente. Cada una tiene un solo sentido. En cualquiera de las dos el investigador inicia el proceso de clasificación

recopilando los datos de circulación, que la mayoría de las veces son mapas meteorológicos. Los datos en superficie, para la segunda etapa de la climatología sinóptica, también se recopilan.

El investigador inicialmente clasifica los patrones de circulación y luego los relaciona con las condiciones de superficie. A esto se le denomina circulación-ambiente. Si el investigador desea usar las condiciones en superficie para controlar la selección manual de los datos de circulación, entonces se establece un método ambiente-circulación.

A pesar que las clasificaciones automáticas son muy usadas, varios investigadores prefieren todavía las técnicas de clasificación manual por tres razones:

- El investigador puede producir una clasificación sin el uso de un computador, lo cual era una ventaja en países subdesarrollados, donde el uso de un computador no era frecuente.
- El investigador puede elaborar la clasificación manual de acuerdo a las necesidades que se requiera, según los datos y las investigaciones que se hayan elaborado.
- El investigador puede controlar todo el proceso de clasificación completamente.

También la clasificación manual posee ciertas desventajas:

- La clasificación manual requiere de un trabajo muy intensivo. El investigador que desee tener control total del proceso de clasificación debe soportar todo el trabajo. Alternativamente, se puede constituir un equipo de trabajo para distribuir la carga de trabajo. No importa la manera como el trabajo sea distribuido, el proceso requiere muchas horas-hombre.
- A pesar de tener suficientes conocimientos, una vasta cantidad de información sinóptica puede ser ambigua y el investigador debe tomar una decisión subjetiva para categorizar el proceso. Cada investigador puede dar una opinión diferente a la de otro tratando los datos sinópticos.

Estas diferencias son tan significativas que muchos investigadores le han dado la espalda al potencial de las clasificaciones manuales, lo cual es un error. Un buen programa sinóptico-climatológico bien desarrollado debería utilizar métodos manuales en conjunto con metodologías automatizadas.

Clasificaciones Genéricas

Las clasificaciones genéricas de tipo circulación-ambiente se elaboran para que puedan ser relacionadas en diferentes condiciones de superficie. Tiene sus debilidades y fortalezas.

El investigador se puede enfocar en aspectos importantes para estudiar y relacionar las condiciones de circulación atmosférica para relacionarlas con las condiciones en superficie, en vez de utilizar el tiempo en elaborar la clasificación, lo cual demuestra una de sus ventajas. También el investigador que trabaje con una región debe asociar una clasificación genérica con muchas variables atmosféricas. Esto permite observar a grandes rasgos la climatología sinóptica de la región y permite que además los investigadores exploren simultáneamente variables atmosféricas de circulación que se puedan asociar a estos procesos.

Las clasificaciones genéricas más reconocidas en la literatura son las siguientes:

1. Tipos meteorológicos de Lamb: El climatólogo británico H.H. Lamb desarrolló una clasificación de mapas meteorológicos diarios de escala sinóptica sobre las islas Británicas. El catálogo data desde 1861 hasta 1971 y es actualizado continuamente en el "Climate Monitor" de la Universidad de Anglia del Este. Lamb (1972) reconoció siete patrones básicos:

- *A. Anticiclónicos.*
- *C. Ciclónicos.*
- *W. Oestes.*
- *NW. Noroestes.*
- *N. Nortes.*
- *E. Estes.*
- *S. Sures.*

Lamb también identificó días que no pudo clasificar y otros a los que llamó *híbridos*. Los híbridos reducían el número de días no clasificados y consistían en la mezcla de dos tipos de patrones que pueden existir durante un día debido a cambios rápidos en la atmósfera.

2. Clasificación de Muller: R.A. Muller de la Universidad Estatal de Louisiana generó una clasificación manual genérica de tipo sinóptico que relacionaba las condiciones en superficie con las actividades humanas en la Costa del Golfo de Estados Unidos (Muller, 1977). La clasificación tiene ocho tipos de patrones de clima en superficie que en encuentran en la mayoría de los Estados Unidos:

- Alta del Pacífico.
- Alta Continental.
- Frente extendido.
- Retorno Costero.
- Retorno del Golfo.
- Retorno frontal del Golfo.
- Perturbación tropical del Golfo.
- Alta del Golfo.

Estos tipos sinópticos se presentan en ciclos estacionales, variabilidad interanual y con variación geográfica de las propiedades dentro de la misma región.

3. Grosswetterlagen: Es una clasificación climatológica sinóptica para el centro de Europa que se basa en los esquemas genéricos y además consulta los mapas sinópticos de días anteriores que preceden a cualquier día, de manera de ubicarlo en una escala temporal y espacial más amplia, a la misma vez que mejora el rendimiento de la clasificación. La clasificación más conocida respecto a estas es la *Grosswetterlagen* del *Deutscher Wetterdienst* (Servicio Meteorológico Alemán).

4. El modelo ciclónico: El modelo clásico ciclónico de la escuela Bergen – que posee en superficie un centro de baja presión, frentes cálidos, fríos y ocluidos y anticiclones asociados – forma la base de los tipos meteorológicos de Lamb, Muller y Grosswetterlagen. Sin importar los esquemas de clasificación, la diferencia principal con los demás procedimientos es su focalización regional. La confianza de un modelo ciclónico viene dada una clasificación genérica manual que es usada en cualquier región extratropical. Este modelo utiliza una onda de ciclón en superficie. La clasificación se enfoca en las características típicas del patrón meteorológico de las masas de aire, separadas por los frentes de la onda ciclónica.

Clasificaciones Únicas

Como todas las climatologías sinópticas, la clasificación única cae en las dos metodologías: circulación-ambiente y ambiente-circulación.

Clasificación de circulación-ambiente: Muchos investigadores usan esta técnica para problemas referentes a la nieve y al hielo, lluvia ácida, variabilidad de precipitación en países que son Colonias Británicas. Alt (1978,1979) determinó controles sinópticos en los balances de masas de hielo de las Islas Devon y Meighen, localizadas en Las Islas Reina Elizabeth del Ártico de Canadá. Posteriormente encontró tres situaciones sinópticas únicas que regulan los balances de hielo a lo largo de las Islas Reina Elizabeth. De su trabajo desarrolló patrones sinópticos para su aplicación en reconstrucción paleoclimática.

Clasificación de ambiente-circulación: Los investigadores que trabajan con la precipitación recurrentemente utilizan esta técnica para sus estudios. Esto se debe a que la precipitación varía enormemente en el tiempo y espacio. La clasificación ambiente-circulación permite al investigador centrarse en eventos de precipitación de interés para afinar su estudio. También este enfoque sirve para deducir patrones sinópticos que causen inundaciones. Se han desarrollado patrones hidroclimáticos en Arizona utilizando este método para pronosticar posibles inundaciones.

1.2.2 Clasificación Basada en la Correlación de Patrones Atmosféricos

La clasificación basada en correlación de patrones atmosféricos es una de las dos más importantes categorías de la climatología sinóptica automatizada. Su principio se basa en la colocación de patrones atmosféricos similares dentro de cierto número de categorías. La ventaja de este método radica en el producto final, el cual es un sencillo mapa de presiones que puede ser fácilmente interpretado por el investigador.

La técnica de la correlación emplea el método de circulación-ambiente, en donde los datos de circulación atmosférica son clasificados antes de que sean procesados los datos en superficie, es decir, las categorías establecidas para la circulación son independientes a las condiciones en superficie.

La clasificación por correlación se lleva a cabo a través de una serie de pasos descritos a continuación: el primer paso del proceso consiste en seleccionar el área de trabajo y las grillas de presión correspondientes a la región en donde se desea realizar el análisis. En algunos casos la influencia de la estacionalidad puede ser una fuente de error en el proceso, por tal razón el segundo paso consiste en la estandarización de las variables a utilizar, tanto para los valores de presión en superficie como las alturas geopotenciales en los distintos niveles.

Cada punto estandarizado de la grilla es comparado con los puntos de las otras grillas, el coeficiente de correlación obtenido define la similitud entre los patrones. El investigador debe establecer el valor umbral de correlación, estos valores fluctúan generalmente entre 0.5 y 0.7. El par de grillas que cumplan con la condición establecida por el coeficiente de correlación son agrupadas dentro de una categoría.

La grilla con un mayor número de correlaciones, después de un largo proceso iterativo realizado por el computador, es definida como el patrón clave o "keyday". El programa removerá todas grillas asociadas con el "keyday" formando así cada grupo, el número mínimo de grupos puede ser determinado previamente por el investigador. Una vez obtenidos todos los grupos, se realiza un proceso de reclasificación en donde se comparan cada una de las grillas con cada uno de los "keydays", debido a que por ejemplo puede producirse una correlación de 0.71 de una grilla con el keyday 1, por lo cual es asignada al grupo 1 pero es posible que dicha grilla tenga una correlación de 0.9 con el keyday 2 por lo cual pertenece en realidad al segundo grupo, lo que justifica una posterior reclasificación, siendo la finalidad de esta la de aumentar las similitudes intragrupos y las diferencias entre grupos. Es posible que existan grillas que no se relacionen con ningún grupo, generalmente se tratan de eventos extremos en donde los patrones de circulación no guardan relación con los patrones comunes.

La técnica de clasificación por correlación requiere que el investigador realice una serie de decisiones subjetivas. Las decisiones a tomar son las siguientes: (1) número de mapas, que se relaciona con el período de tiempo empleado para el análisis; (2) similitudes intragrupos y diferencias entre grupos; (3) porcentaje de grillas clasificadas. Una mayor cantidad de grillas y de puntos en la grilla arrojará un mayor número de patrones

atmosféricos que se traduce en un mayor número de grupos o categorías. Como solución a este problema es posible reducir el área de trabajo o aumentar la distancia entre cada uno de los puntos, siendo esta última opción la menos recomendable debido a que al aumentar el espacio entre puntos es posible que pequeñas características sinópticas sean inapreciables.

La principal meta de cualquier clasificación es maximizar las distancias entre grupos y minimizar la varianza intragrupos, este aspecto es definido por el umbral del coeficiente de correlación. Existen dos problemas asociados con la elección de este valor, primero a mayor coeficiente de correlación mayor será el número de grupos obtenidos, es posible que se obtengan docenas de grupos que son inmanejables para fines prácticos. El segundo problema con altos valores de coeficiente de correlación radica en el aumento del porcentaje de grillas no clasificadas en consonancia con el aumento del valor de coeficiente, con un $r=0.9$ se producirán docenas de categorías y más de la mitad de la grillas no serán clasificadas. La selección de dicho valor depende de las características de la investigación y de los objetivos que se plantee el investigador, generalmente como se mencionó anteriormente los valores utilizados pueden fluctuar entre 0.5 y 0.7, es posible utilizar valores de 0.3 o 0.9 dependiendo de cada caso.

Para la definición de los grupos se utiliza con frecuencia la correlación sectorial, en donde sectores específicos de las grillas son comparados entre sí, un valor umbral de coeficiente de correlación debe ser establecido para este procedimiento, altos valores producen una gran cantidad de grupos con un bajo porcentaje de grillas clasificadas y bajos valores producen pocos grupos con un gran porcentaje de grillas clasificadas, el investigador está en la obligación de determinar valores adecuados tanto globales como sectoriales del umbral del coeficiente de correlación.

En conclusión, en el empleo de la clasificación por correlación el investigador debe realizar un número de decisiones subjetivas que influyen directamente en los resultados finales, por tal razón es necesario una clara definición de los objetivos de la investigación que permitirá una toma de decisiones correcta con el fin de obtener resultados que se adapten a las condiciones del área en estudio.

Estudios Previos

La introducción del método de clasificación basada en correlación de patrones atmosféricos fue realizada por Lund en 1963, en su primera investigación clasificó los patrones de circulación de cinco períodos de invierno utilizando la presión en superficie de 22 estaciones en el noreste de los Estados Unidos. Identificó 10 patrones o "keydays" utilizando un coeficiente de correlación de 0.7. Los patrones encontrados fueron asociados a la precipitación, radiación, y nevadas en Boston. Los resultados de su investigación permitieron la determinación de los patrones de circulación atmosférica asociados a los eventos de intensas nevadas, días totalmente nublados y eventos de precipitaciones de considerable intensidad.

Scholefield (1973) realizó un esfuerzo por comprender como el método de clasificación por correlación trabajaba, para ello creó 10 mapas con 12 puntos cada uno. Nueve mapas eran hipotéticos y uno fue elaborado con datos observados. Manteniendo las isobaras dibujadas en los mapas constantes, comparó los gradientes de presión, la magnitud absoluta de los gradientes y la dirección de los gradientes de presión, con esto encontró una serie de fundamentos claves en la metodología.

- Los valores de correlación dependen totalmente del patrón global que presente el mapa y la dirección del gradiente de presión.
- Diferencias en el valor absoluto de la presión entre mapas no tiene ningún efecto en el valor de la correlación cuando los gradientes de presión son iguales y los mapas tienen la misma distribución de altas y bajas presiones.
- Las correlaciones entre mapas serán altas si la distribución de altas y bajas es más o menos la misma pero los gradientes de presión sean muy diferentes.

Sabien (1974) atacó el gran problema en la determinación del umbral del coeficiente de correlación para establecer las clasificaciones, hizo especial énfasis en dos partes del problema: (1) Optimización de la relación entre el coeficiente de correlación y el número de patrones encontrados, teniendo en cuenta que altos valores del coeficiente de correlación arrojan un gran número de patrones muy específicos, en cambio un valor bajo del coeficiente produce una baja cantidad de patrones que engloban un número considerable de eventos; (2) La relación entre los patrones y las condiciones en superficie

depende en gran medida del valor de coeficiente de correlación empleado, la meta era conseguir el valor que produjera la relación más fuerte entre ambas escalas.

Para resolver estas disyuntivas utilizó 403 grillas de presión en superficie con doce puntos para el mes de enero, y utilizó valores de coeficiente de correlación de 0.7, 0.8 y 0.9. De la investigación fue posible concluir que el valor de 0.8 es con el cual se obtienen mejores resultados, en futuras investigaciones se determinó que el valor del coeficiente de correlación está íntimamente relacionado con la cantidad de puntos empleado en la grilla.

Overland-Hiester(1980) y Yarnal (1984,1987) determinaron la influencia del espaciamiento de los puntos en la grilla en el proceso de clasificación. Grillas con una alta resolución acentúan el número de ondas y la frecuencia de las configuraciones sinópticas produciendo un mayor número de patrones una vez realizada la clasificación, por otro lado en el incrementando del espaciamiento de la grilla existe un proceso de filtrado de los procesos a pequeña escala sinóptica.

Otro factor determinante dentro de la clasificación por correlación es el número de puntos por grilla seleccionados por el investigador. Yarnal (1987) determinó una baja proporción de grillas clasificadas y una gran cantidad de patrones cuando se utilizaban números altos de puntos por grilla, este comportamiento es atribuido al grado de detalle en el campo de presión. Yarnal (1988) demostró que la variación en el número de puntos en la grilla utilizado en el proceso de clasificación influye en la relación entre los patrones atmosféricos y el clima en superficie, produciendo mayores variaciones cuando el número de puntos es alto, por consiguiente es recomendable el empleo de pocos puntos de grilla que engloben el área que se desea analizar.

La clasificación por correlación ha sido utilizada para relacionar la circulación atmosférica con una serie de diferentes condiciones en superficie. Por ejemplo, Moritz (1979) en una investigación realizada sobre la costa del mar de Beaufort en Alaska determinó los patrones de circulación atmosférica para verano e invierno y los relacionó con el comportamiento de la temperatura, precipitación, velocidad del viento y dirección del viento obteniendo excelentes resultados caracterizando por completo el clima de la zona.

Bradley y England (1979) estudiaron las variaciones de la temperatura y precipitación anual en tres estaciones en el Ártico, estableciendo los controles sinópticos que definen el comportamiento de las variables.

Keen (1980) utilizó la clasificación por correlación para explicar las variaciones interanuales e interdecadales del clima en las Islas Baffin. Hizo énfasis en las diferencias entre los períodos zonales y meridionales utilizando datos desde 1951 a 1960 y 1964 a 1973. Los resultados permitieron concluir la imposibilidad de la descripción de la variabilidad interanual e interdecadal de la temperatura a través de los patrones obtenidos; resultados similares fueron obtenidos por Barry (1981) sobre los Estados Unidos, lo que resalta la importancia de la variabilidad intragrupo, factor crítico en el análisis de la variabilidad climática a través de la climatología sinóptica. Posteriormente Yarnal (1986) demostró que los resultados negativos obtenidos por los investigadores mencionados anteriormente fueron producto de la mezcla de datos de dos diferentes regímenes de circulación lo que introduce una severa variabilidad intragrupos, concluyendo que para cada régimen la variabilidad intragrupo es relativamente pequeña y los patrones obtenidos describen gran parte de la variabilidad interanual del clima en superficie. Por las razones anteriormente expuestas se hace necesario que los investigadores identifiquen el punto de quiebre entre los regímenes y desechen la mezcla de las dos poblaciones.

Sharon y Ronberg (1988) encontraron una asociación entre sistemas de circulación a escala global y la variación en tormentas de invierno a escala sinóptica en Israel. Los autores demostraron que el número de "Bajas de Chipre" que se aproximaban a Israel variaban con la posición de la vaguada del Mediterráneo.

Suckling y Hay (1978) utilizaron la climatología sinóptica para determinar los regímenes de la radiación solar sobre el suroeste de Canadá. Su objetivo fue usar las relaciones entre la circulación atmosférica y la radiación en algunos puntos para determinar un catálogo regional del comportamiento de la variable.

Robinson y Boyle (1979) aplicaron la clasificación basada en la correlación en la distribución diaria del monóxido de carbono y de la concentración total de partículas suspendidas en la ciudad de St. Louis, Estados Unidos. Encontraron una clara asociación entre los patrones de presión en superficie y las concentraciones de los elementos

mencionados, en donde alta presión y vientos de poca intensidad favorecen a las altas concentraciones y por el contrario bajas concentraciones están asociadas a patrones de bajas presiones y fuertes vientos.

En conclusión es posible utilizar la clasificación basada en la correlación de patrones atmosféricos para analizar una variada gama de condiciones en superficie.

1.2.3 Clasificación basada en Eigenectores

Este tipo de clasificación fue virtualmente imposible realizarla hasta después de la invención del computador. La cantidad de cálculos a mano que debían hacerse para un análisis de un eigenector de una matriz de moderado tamaño tomaba demasiado tiempo y trabajo. Actualmente, estos análisis son comunes, pues una computadora personal puede realizar estos cálculos de manera rápida.

Los tres esquemas basados en eigenectores emplean el método de circulación-ambiente en análisis climatológicos sinópticos.

Análisis Eigenector en Climatología Sinóptica

Los investigadores confrontan un número muy grande de decisiones subjetivas utilizando la técnica de eigenectores, de las cuales, muchas tendrán su impacto al final de la investigación. De hecho, el número de soluciones que satisfacen las ecuaciones de modelos de eigenectores es infinita (Richman 1986).

Los pasos en la clasificación basada en Eigenectores son los siguientes:

Idealmente, la serie de datos que se pretenda analizar debe ser continúa en el tiempo y espacio. Los datos faltantes deben ser minimizados. Para análisis de mapas de superficie, los datos sobre los puntos deben estar distribuidos espacialmente.

Un eigenector utiliza uno de seis modos de descomposición. En aplicaciones climatológicas de análisis de eigenectores, existen tres entidades: una variable o campo atmosférico, tiempo y estación (Richman 1986). El investigador realiza el análisis fijando una de las tres variables y variando las otras dos, produciendo uno de seis resultados posibles. En climatología sinóptica, existen dos tipos de análisis muy comunes: Modo-P,

que analiza un conjunto de variables que varían en el tiempo; Modo-S que varia una sola variable en el espacio.

Después de seleccionar los datos y preparar la matriz de observaciones, el investigador debe escoger la matriz de dispersión ha introducir en el análisis. Existen tres posible matrices: Correlación, covarianza y productos cruzados.

En climatología se emplean tres tipos de análisis: análisis de factor común (AFC), análisis de componentes principales (ACP) y análisis de función ortogonal empírica (FOE).

Los investigadores eventualmente aplican una rotación al modelo eigenvector porque facilita la interpretación de los componentes principales. También se han descubierto otras ventajas de la rotación. Existen dos categorías de rotación: Ortogonal y oblicua. La rotación ortogonal cambia la relación entre los componentes pero mantiene restringida la ortogonalidad del modelo eigenvector. La oblicua es más flexible en cuanto a las restricciones, permitiendo alguna variación entre sus componentes.

Richman (1986) señaló que los investigadores no deberían aplicar rotaciones cuando buscaban reducir la cantidad de datos o cuando utilizaban los componentes principales para regresiones sin interpretarlos.

Los patrones de mapas sinópticos requieren de una rotación porque los ACP identifican los tipos espaciales de variación sobre un mapa.

Luego de aplicar o no la rotación, el investigador debe ejecutar el análisis del eigenvector. Tres productos emanan de los ACP: los componentes principales, la matriz de carga de componentes y la matriz de puntuación de componentes. De la matriz de dispersión $n \times m$, el algoritmo permite calcular una componente principal para cada una de las m variables. El primer componente indica la variación más grande en los datos, y los demás componentes, en forma sucesiva, describen variaciones más pequeñas. La matriz de carga de componentes $m \times p$ es calculada y describe el peso de cada variable en cada componente. Si se suma cualquier fila en dicha matriz, la suma de las cargas cuadradas equivale a la unidad. Multiplicando la matriz de dispersión por la de carga se obtiene una

matriz de puntuación de $n \times p$ componentes. Estos muestran la relación entre las observaciones y sus componentes.

Los ACP son básicamente técnicas de reducción de variables. A pesar que el algoritmo produce m componentes principales explicando toda la variación de los datos, los primeros componentes generalmente describen la mayoría de la variación. Por eso el investigador debe descartar aquellos que no les sean tan útiles.

Existen varias técnicas para determinar el número óptimo de componentes principales. White *et al.* (1991) sugiere que el mejor sistema es aplicar una serie de técnicas numéricas y empíricas y luego tomar una decisión acerca del número de componentes para retener, evidenciados en la convergencia que se tenga, según las técnicas.

Si el investigador desea clasificar los diferentes tipos de mapas o tipos sinópticos, debe aplicar una técnica de agrupamiento. Aplicar el algoritmo más adecuado de agrupamiento es crítico para obtener un resultado significativo en la clasificación. Existen varias técnicas de agrupamiento, las cuales arrojan diferentes tipos de resultados según las necesidades: Mínima varianza de Ward, centroide y promedios vinculados.

Clasificación tipo sinóptica basada en eigenectores

Los intentos por clasificar mapas sinópticos mediante este método tratan de capturar la naturaleza y las variaciones de la circulación atmosférica durante un período determinado. Las variaciones espaciales no son tan importantes en esta metodología. Para aplicar esta técnica, se deben seguir los pasos anteriormente descritos. El número de tipos sinópticos y características específicas de los mismos, dependerá de dos factores: el algoritmo de agrupamiento aplicado a las puntuaciones y el punto de truncamiento del procedimiento de agrupación. Kalkstein y sus colaboradores (1986), hallaron que utilizando cualquiera de los algoritmos de agrupamiento, el tamaño de los grupos varía con el tipo de clima de la estación. Para producir grupos significativos, el investigador debe cambiar el algoritmo con las condiciones locales. Esto requiere un conocimiento previo de la climatología sinóptica de la zona de estudio. El punto de truncamiento y el tipo de procedimiento de agrupación afectaran el resultado de tipos sinópticos. El paso final es

identificar en que grupo se encuentran cada uno de las situaciones sinópticas para introducirlos en el catálogo que se desea elaborar.

Clasificación de mapas patrones basadas en eigenvectores

Estas clasificaciones utilizan eigenvectores para producir configuraciones espaciales de mapas sinópticos.

Los patrones de carga de cada eigenvector representan la variación del campo de presión en superficie. Los datos de entrada en este caso, son mapas que contienen una rejilla de presión en superficie y posiblemente mapas de alturas geopotenciales. Si los datos no están ubicados en una rejilla, deben aplicarse procedimientos de interpolación para dispersarlos en una rejilla.

Este tipo de clasificación esta orientado hacia el principal tipo de variación espacial de una sola variable, lo cual indica un análisis eigenvector del Modo-S. Este modo utiliza la matriz de correlación porque los gradientes de varianza no la afectan como es el caso de la matriz de covarianza. También este procedimiento permite obtener beneficios cuando se usan datos que traspasan límites estacionales porque los procesos de estandarización de matrices permiten eliminar los ciclos estacionales. El investigador introduce la matriz de correlación de preferencia, en el análisis del eigenvector, que usualmente es la de ACP.

Usando métodos empíricos, matemáticos el investigador descarta un número importante de eigenvectores para determinar cuales son los más importantes que debe retener.

El tipo de rotación aplicada debe ser ortogonal por dos razones: el investigador agrupa las puntuaciones de los componentes diarios en el siguiente paso y la rotación oblicua prohíbe el cálculo de la varianza (R^2), que es una medida significativa para la importancia de la carga de cada componente.

El investigador aplica un algoritmo de agrupamiento a la matriz de puntuación para identificar las combinaciones más comunes de las puntuaciones de componentes principales. Ningún tipo de agrupamiento aparece como favorito a la hora de aplicar este

algoritmo. Existe también una manera indirecta para colocar la configuración atmosférica asociada a cada grupo. El investigador puede promediar todas las grillas de cada grupo para calcular mapas promedios.

Una vez que el investigador determina el número apropiado de grupos y asigna a cada día un grupo, crea un catálogo que contiene esa información.

Regionalización sinóptica basada en eigenectores

Los datos más fáciles de utilizar en este procedimiento son aquellos datos de presión ubicados sobre una rejilla, como en el caso anterior. La regionalización exige una descomposición Modo-S con la matriz de datos mostrando n puntos de la rejilla por N números de datos de presión.

Este método emplea una matriz de dispersión de covarianza, lo cual permite obtener campos con anomalías. Además exige una rotación de los componentes principales pues se obtienen mejores resultados y mejor definición si se usa una rotación oblicua.

Luego que el investigador determina los m eigenectores que debe retener, se producen los mapas de las regiones que se desean.

1.3 APLICACIONES DE LA CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA

El campo de la climatología sinóptica estudia las relaciones entre la circulación atmosférica y las condiciones en superficie de una región, debido a esto tiene un amplio potencial para desarrollar investigaciones en ciencias ambientales. También puede contribuir a otros campos de las ciencias atmosféricas y a la geografía.

La climatología sinóptica es importante en otras ciencias atmosféricas porque sintetiza varios campos climatológicos:

- La climatología dinámica investiga los procesos y patrones del aire en movimiento; la climatología sinóptica se enfoca en la circulación, por lo tanto, los investigadores deben incorporar los conceptos de dinámica atmosférica en su investigación.

- Una de las principales preocupaciones en la climatología sinóptica es como las variaciones en la circulación atmosférica inducen cambios en las condiciones ambientales en superficie. Por eso el campo de cambio y variabilidad climática es un componente necesario en la climatología sinóptica.
- La climatología regional determina la similitud del clima dentro de ciertas áreas, demostrando las causas y efectos relacionados con procesos climatológicos dentro de esa región.
- La climatología física examina la masa y los flujos de energía en el ambiente, con énfasis en la capa límite de la Tierra. La climatología sinóptica asocia la circulación con estos flujos en superficie, por eso debe estar familiarizada con procesos físicos.
- Finalmente la climatología sinóptica es una forma de climatología aplicada. El climatólogo sinóptico está motivado por considerar como las variaciones en la circulación atmosférica afectan la superficie terrestre.

La climatología sinóptica provee a los investigadores en ciencias atmosféricas y geográficas con herramientas útiles. Por ejemplo, los modeladores físicos y dinámicos en meteorología usualmente utilizan promedios de condiciones climáticas o casos individuales para llevar a cabo sus modelos. Un número importante de meteorólogos están empleando la climatología sinóptica para determinar los tipos primarios de circulación atmosférica, además de desarrollar escenarios más reales y representativos para correr sus modelos. Otro ejemplo son los experimentos que se llevan a cabo a gran escala, en las ciencias atmosféricas. Estos resultan muy costosos llevarlos a cabo. Hidy (1988) propuso que la climatología sinóptica debía ser usada para identificar configuraciones meteorológicas claves. Activando el equipo adecuado solo cuando los pronosticadores detectaran o pronosticaran un patrón meteorológico importante, ahorraría tiempo, esfuerzo y dinero, además de producir mejores resultados.

Con el aumento de las incorporaciones de procesos dinámicos en los análisis climatológicos sinópticos, la climatología sinóptica representa una promesa importante como un puente para simulaciones funcionales en el complejo sistema climático.

Los procesos asociados con problemas ambientales como la calidad del aire, la lluvia ácida, la calidad y la cantidad del agua están fuertemente influenciados por la

circulación de la atmósfera. La climatología sinóptica permite el entendimiento de cómo trabajan las variables ambientales que ocasionan los efectos antes mencionados.

Calidad del Aire Urbano

El ozono es uno de los más severos contaminantes en las principales ciudades del mundo. Este compuesto es un contaminante secundario, es decir no es emitido directamente al ambiente sino es producido por complejas reacciones de contaminantes primarios conocidos como precursores. Los precursores del ozono incluyen varios tipos de óxidos nitrogenados, compuestos orgánicos volátiles e hidrocarburos. En la presencia de luz solar, los precursores reaccionan para formar el ozono y otros químicos. Debido a que la formación del ozono depende de la actividad fotoquímica, las concentraciones de ozono están relacionadas íntimamente con las condiciones meteorológicas.

La atmósfera también produce ozono troposférico naturalmente. Considerables cantidades de ozono son transportadas desde la estratosfera hacia la capa límite de la troposfera, este proceso ocurre generalmente en presencia de frentes y procesos convectivos.

El problema del ozono no se restringe a las grandes ciudades, en donde es generado, las zonas aledañas a éstas pueden ser afectadas debido al transporte tanto del ozono como de los precursores por la influencia de las corrientes del viento producto de la circulación atmosférica. Por las razones anteriormente expuestas los estudios de la climatología sinóptica del ozono representan una metodología para el análisis y posible predicción de la contaminación del aire en las regiones urbanas.

Lluvia Ácida

Los procesos atmosféricos controlan el transporte, la transformación y precipitación, las condiciones meteorológicas determinan la dirección y la dispersión de las emisiones; la cantidad de radiación, calor y humedad regula el tipo y cantidad de contaminantes secundarios producidos; las condiciones meteorológicas determinan si va a ocurrir precipitación y la cantidad de contaminantes que llegan a la superficie provenientes del aire. En conclusión, la producción de lluvia ácida varía con el estado de la atmósfera.

Las investigaciones de la lluvia ácida son llevadas a cabo por dos corrientes diferentes, la meteorológica y la climatológica. Los estudios meteorológicos se fundamentan en los procesos físicos y químicos en cortos períodos de tiempo que producen la lluvia ácida, para ello generalmente se utilizan modelos matemáticos. En contrastes la climatología estudia la relación entre la atmósfera y la lluvia ácida en largos períodos de tiempo y grandes escalas.

La principal razón para la investigación climática de la lluvia ácida es la variabilidad temporal. A pesar de que las emisiones pueden mantenerse constantes, un cambio en el patrón de precipitaciones puede ocasionar cambios en la cantidad de lluvia ácida depositada en superficie. A su vez, cuando el total anual de precipitaciones no fluctúa, la variación interanual puede tener un impacto significativo en el promedio anual de acidez de la precipitación. En resumen, las cantidades y concentraciones de lluvia ácida pueden variar de año a año debido a la variabilidad climática.

Agricultura

La relación entre el clima y la agricultura es de fundamental importancia para la sociedad. En particular, las variaciones en los campos de siembra con el clima son muy importantes, es un hecho que el rendimiento de los sembradíos disminuye considerablemente cuando las condiciones meteorológicas no son favorables para el tipo de cultivo. La climatología sinóptica presenta una alternativa para determinar la relación entre el clima y el cultivo.

Hidrología

Uno de los problemas más serios en la calidad del agua es relacionado con la lluvia ácida, el aumento de las concentraciones de sulfatos afectan directamente a los ecosistemas acuáticos debido a que se produce un aumento de la acidez del agua.

Las condiciones meteorológicas, la escorrentía y la acidez del agua están íntimamente relacionadas, las concentraciones de sulfatos en la superficie del agua varían considerablemente según las condiciones meteorológicas (Lynch y Corbett, 1989), generalmente la concentraciones de sulfato comienzan a crecer después de comenzadas las precipitaciones y decrecen después de terminadas estas. El caudal de agua que puede pasar

por un lugar determinado depende directamente de las precipitaciones ocurridas sobre la cuenca en donde descansa el cauce del río.

La climatología sinóptica provee metodologías para asociar las variaciones en la circulación atmosférica, caudal y acidez del flujo.

1.4 LA ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT)

A continuación se expondrán las principales características de la Zona de Convergencia Intertropical, la mayoría de la información ha sido extraída de la investigación "Avance de la Convergencia Intertropical de los Alisios (ITCZ) sobre Venezuela" realizada por Dr. Pedro Cárdenas, Ing. Luís Felipe García y Lic. Esteban Perdomo.

1.4.1 Consideraciones Generales

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT, o sus siglas en ingles ITCZ), se origina por la incidencia mas o menos perpendicular de los rayos solares durante todo el año, en la franja ecuatorial, aunado a la convergencia de los vientos Alisios del Noreste y Sureste. Estos elementos son los generadores de una franja que produce inestabilidad, nubosidad y precipitaciones sobre los océanos y continentes. La temporada de lluvias en Venezuela está estrechamente relacionada con la Zona de Convergencia Intertropical.

La Zona de Convergencia Intertropical también es conocida con otros nombres: vaguada ecuatorial, convergencia de los alisios cerca del ecuador, Confluencia Intertropical (ITC), eje ecuatorial de inestabilidad, frente intertropical, frente o vaguada monzónica, etc.

En la zona ecuatorial de los océanos Atlántico y Pacífico, la circulación general en los niveles bajos predominante consistes de un flujo proveniente de las altas presiones subtropicales cerca de 30° N y 30° S. Estos vientos son constantes en velocidad y dirección durante la mayoría del año. Estos vientos cargados de humedad, convergen y se mezclan dentro de una vaguada en forma de cinturón de bajas presiones cercana al ecuador. Esto intensifica el movimiento del aire ascendente. El movimiento vertical es necesario para la conservación de la energía, efectuado en las nubes tipo cumulonimbus, donde se producen

tormentas eléctricas. Generalmente el aire que asciende en la ITCZ se mueve hacia los polos y desciende en las altas presiones subtropicales. La ITCZ se caracteriza por el fuerte movimiento ascendente del aire (la mayoría del tiempo húmedo), precipitaciones de moderada a fuerte intensidad y actividad eléctrica. La dinámica de la energía se caracteriza por la importación de vapor de agua que acarrear los alisios y exportación de la energía geopotencial y calor sensible en la alta troposfera, ocasionando una liberación de calor atmosférico desde la zona de la vaguada ecuatorial hacia latitudes más altas.

Las asimetrías climáticas son prominentes en el Pacífico Tropical Oriental y en el Océano Atlántico. Aquí se pueden encontrar, al norte del ecuador, las máximas temperaturas de la superficie del mar, nubosidad y precipitaciones. Esto ocurre como consecuencia de una serie de interacciones entre el océano, la atmósfera y la geometría de los continentes, determinando las longitudes en las cuales las interacciones son efectivas y en cual hemisferio se localizan las aguas más cálidas y a ITCZ.

Donde la termoclina es poco profunda, las interacciones océano-atmósfera son más efectivas pues los vientos pueden afectar con mayor facilidad la temperatura del mar. La termoclina se hace poco profunda en el Pacífico ecuatorial y el Atlántico, pero no en el Océano Índico Oriental, debido a que los monzones, con una componente meridional mucho más fuerte, son dominantes en esta zona.

La explicación del hecho de que las asimetrías se hallen más en el hemisferio norte que en el sur, donde se encuentran aguas más cálidas y la ITCZ, implica detalles locales de la geometría de la costa: tales como la gran masa terrestre del África Occidental al norte del Golfo de Guinea y la vertiente montañosa de la costa occidental de las Américas, orientada meridionalmente. Nubes del tipo estrato de los niveles bajos sobre aguas frías son cruciales para mantener las asimetrías. (Philander, 1996).

La Zona de Convergencia Intertropical está formada por una porción al norte y otra al sur. La porción Norte se forma con la convergencia de los vientos alisios del noreste con los del sureste. Este proceso obliga la ascensión del aire y la humedad formando chaparrones y tormentas eléctricas. La porción Sur, se encuentra al sur del ecuador y no tiene interacción con los alisios del noreste. Es producida cuando los alisios del sureste son

seguidos por vientos más fuertes provenientes del sur creando un efecto de compresión. La Zona de Convergencia Intertropical Sur no tiene capacidad para formar nubes, a diferencia de la Zona de Convergencia Intertropical Norte. Mediante imágenes satelitales se pueden observar ambas zonas (norte y sur) durante la mayor época del año.

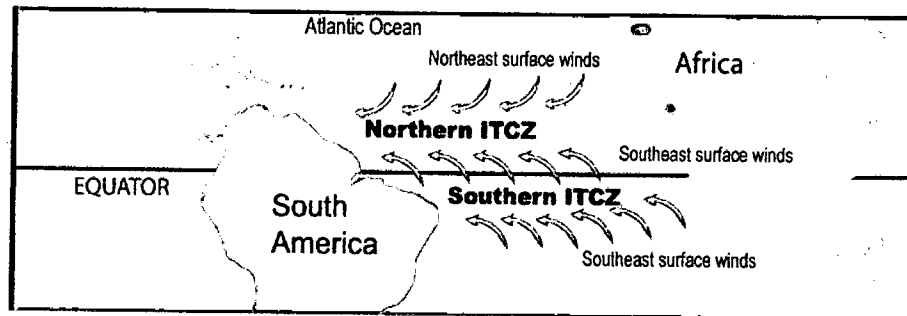


Figura 1.1 Representación de la Doble ZCIT. Fuente: www.earthobservatory.nasa.gov

1.4.2 Estructura de la Zona de Convergencia Intertropical

Según un estudio realizado por S. Hasterath (1996), utilizando una rejilla de un grado de resolución, define a la ITCZ de la siguiente forma:

Atlántico Oriental (10° - 30° W)

Al sur del ecuador existe una banda de temperaturas bajas en la superficie del mar. Entre los 4° y 5° N destaca un máximo de temperaturas de la superficie del mar. Ésta se ubica inmediatamente al sur de una amplia vaguada de baja presión. La discontinuidad del viento resultante (separación entre los alisios del noreste y los del sudeste), coincide en lo esencial con el eje de presiones mínimas. El valor máximo tanto de la velocidad del viento resultante y de su valor escalar se encuentra alrededor de 4° y 5° N. Un mínimo de velocidad se encuentra próxima a la discontinuidad del viento y coincide con el eje de confluencia superficial. La comparación entre la velocidad del viento escalar y resultante revela alta persistencia en cuanto a su dirección dentro de la mayor parte del flujo monzónico que cruza el ecuador en el sentido de las agujas del reloj, así como en los alisios del noreste corriente arriba. Las áreas próximas a la discontinuidad del viento, se caracterizan por valores bajos de persistencia. También, se identifica en el Atlántico Oriental una banda de marcada divergencia entre 1° S y 5° N, mostrando un amplio

cinturón de convergencia ubicado inmediatamente al norte. El máximo de convergencia permanece entre 3° y 4° de latitud al sur de la línea discontinuidad del viento.

Todos los ejes a que se ha hecho referencia pasan por marcadas variaciones anuales en latitud, pero de mayor interés son las variaciones de su arreglo espacial como un conjunto. En el Atlántico Oriental, la temperatura de la superficie del mar y la presión extrema y el eje de confluencia, se hallan muy próximos a través del año. El máximo de convergencia se localiza hacia el lado ecuatorial del eje de confluencia y de extremas de presión y temperatura de la superficie del mar durante la mayor parte del año, pero algo desplazados hacia el norte en verano y otoño.

Atlántico Occidental (30° - 50° W)

Se aprecia que la franja estrecha de valores extremos de temperatura de la superficie del mar y de presión atmosférica coincide ampliamente, y el eje cinemático, en forma de la asíntota de confluencia, se extiende a lo largo de la vaguada de presión. La velocidad del viento y su persistencia en dirección, decrecen a medida que se acercan al eje de confluencia y no desarrollan el máximo de velocidad próximo al ecuador, tal como ocurre en el Atlántico Oriental (y también en el Pacífico Oriental). La convergencia más fuerte se ubica también al sur del eje cinemático, aunque la separación latitudinal es menor (apenas un grado de latitud), que la observada sobre la parte oriental del Atlántico (casi cuatro grados de latitud). Al igual que en el Atlántico Oriental, el máximo de frecuencia de precipitación casi coincide (se halla ligeramente al norte, aguas abajo), del máximo de convergencia. En el Atlántico Occidental, a lo largo del año, la máxima temperatura de la superficie del mar y la presión mínima tienden a estar al sur, a partir del eje de confluencia. El máximo de convergencia, y la máxima frecuencia de precipitación y nubosidad, se ubican en el lado ecuatorial del eje de confluencia durante el verano del hemisferio norte y hacia el lado sur en invierno. El máximo de convergencia, y la máxima frecuencia de precipitación y nubosidad coinciden en lo primordial. Las bandas de máxima convergencia se localizan en gran parte en regiones de alta persistencia del viento, mostrando valores de 70% en el Atlántico Oriental y de 50% en el Atlántico Occidental. Valores bajos de persistencia en las proximidades del eje de confluencia están en una región de menor nubosidad. En el Atlántico Occidental la máxima convergencia se localiza cerca del eje de confluencia superficial, pero aún claramente al sur de él durante el verano boreal, cuando

la superficie de discontinuidad tiene mayor pendiente. En invierno boreal, la máxima convergencia se haya al norte del eje de confluencia superficial (el cual se ubica ligeramente al sur del ecuador), duplicándose la distancia que los separa.

Atlántico Occidental (50° – 60° W)

La ITCZ normalmente alcanza el tramo tropical del Atlántico al oeste de 50° W durante el verano del hemisferio norte (pudiendo alcanzar latitudes superiores a 6° N desde el mes de mayo y mantenerse por encima de esta latitud en promedio hasta el mes de noviembre, e incluso diciembre), cuando en su ascenso en latitud supera las costas del Estado de Amapá, en el extremo norte de Brasil. Aquí, la franja de máximas temperaturas de la superficie del mar coincide con este tramo del Atlántico, así como se hallan las presiones mínimas. El eje de confluencia coincide con la franja longitudinal de temperaturas máximas en el Atlántico tropical y de presiones mínimas, el cual se extiende hasta las costas del Delta del Orinoco – norte de Guyana, coincidiendo con una franja costera muy activa por convergencia de brisa de mar. La velocidad del viento alcanza valores estables próximos a los mínimos en la franja tropical entre 10° N y el ecuador, y su persistencia en dirección supera el 80%, valor máximo a lo largo de la ITCZ. La convergencia máxima coincide bastante bien con el eje de confluencia superficial, incluso más próximas que en el tramo entre 30° y 50° W. La máxima frecuencia de nubosidad se haya ligeramente al sur de la asíntota de confluencia, y ésta coincide con el eje de nubes altamente reflectivas y de mayor frecuencia de precipitaciones. En esta segmento los arreglos de las características semi permanentes atmosféricas y oceánicas cercanas al ecuador no difieren grandemente de la interpretación convencional de la ITCZ.

15°N en agosto/sep

1.4.3 Desplazamiento Anual de la ITCZ

La ITCZ se mueve de forma sinusoidal a lo largo de la longitud geográfica y también se desplaza hacia el norte y sur manteniendo una relación compleja con la posición cenital del sol. El desplazamiento vertical con la latitud esta rezagado con respecto al movimiento relativo del Sol entre uno a tres meses, motivado a que el calentamiento de la atmósfera no cesa con la llegada del solsticio. La máxima temperatura es más probable que se alcance un mes, después del solsticio, sobre las áreas continentales y dos meses más tarde sobre los océanos y atmósfera superior. El desplazamiento latitudinal de la vaguada es solo la mitad del desplazamiento aparente del sol. En el

Pacífico y Atlántico, el desplazamiento estacional, en latitud, se limita aproximadamente a 5° o menos. ($15^{\circ}N$ a $17^{\circ}S$)?

La ITCZ se desplaza en dirección hacia los polos buscando las bajas cálidas continentales de verano. Sobre los océanos, la ITCZ está bien definida, la mayoría del tiempo, pero sobre los continentes, puede ampliarse a pesar que no esté bien definida, donde es afectada por los vientos locales, mayor superficie de calentamiento y convección. Entre el 15 de Enero y el 15 de Febrero, la ITCZ se encuentra en su posición más meridional (invierno en el hemisferio norte) y alcanza su posición más septentrional entre el 15 de julio y el 15 de agosto (verano en el hemisferio norte).

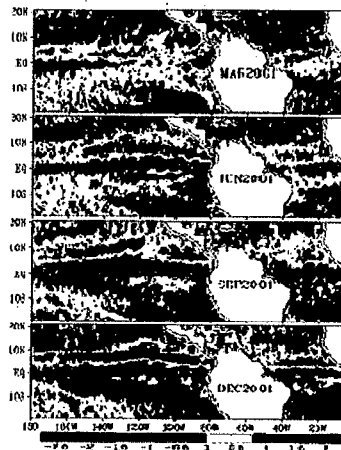


Figura 1.2 Desplazamiento de la ZCIT. Fuente: www.earthobservatory.nasa.gov

La posición más meridional esta caracterizada por:

- En el hemisferio norte, su posición sobre el globo terrestre se mantiene sobre los océanos Atlántico y Pacífico debido a la intensidad de los anticiclones centrados cerca de Santa Elena e Isla de Pascua.
- Una orientación norte-sur sobre África Central en el límite de los dos flujos transecuatoriales en direcciones opuesta: sur-norte sobre el océano Atlántico y África Central, y norte-sur sobre el océano Indico y África Oriental
- Una gran parte del hemisferio norte meteorológico se halla en el hemisferio sur geográfico en la parte sudoeste del océano Índico, entre 10° y 15° S, fuera de las costas de Mozambique.

La posición septentrional se caracteriza por:

- El ecuador meteorológico se ubica completamente dentro del hemisferio norte.
- Una proporción considerable del hemisferio sur meteorológico yace dentro del hemisferio norte geográfico, en particular el área continental Asia – África.

En enero la ITCZ se puede observar desde la costa de Liberia hasta el Delta del Amazonas, siguiendo desde el sur de la costa oeste de Colombia hasta la posición más septentrional cercano a los 10° N 125° W y de allí al ecuador entre 180° y 160° W. En esta zona la línea puede ser doble o discontinua. En julio, la ITCZ rara vez excede los 10° N en el Atlántico, cruzando la costa norte de Suramérica y Panamá, alcanzando los 15° N, al sur de Baja California y posteriormente bajando hacia el ecuador donde se encuentran las Islas Marshall, Gilbert y las Carolinas, siguiendo hacia el noroeste hasta la costa de China. Existen registros donde una línea de convergencia secundaria se extiende desde las cercanías de 15° S 160° W uniéndose a otra cercana a los 155° E. (Dvorak, s/f).

Las cuencas del Amazonas y del Orinoco se ven ampliamente influenciadas por el cambio estacional de los vientos. En enero, los alisios del noreste cruzan los países costeros del norte de Suramérica y el norte de Brasil. Durante el mes de julio, los alisios del sureste cruzan una masa continental mucho más extensa sobre Suramérica. En consecuencia aparece una época seca y otra húmeda, anualmente, con períodos de transición.

El tiempo en la región ecuatorial esta determinado por el movimiento anual de la ITCZ y el movimiento de aire asociado. La extensión de la vaguada ecuatorial es el factor más importante que determina las condiciones hidrometeorológicas de las cuencas del Amazonas y Orinoco.

1.4.4 La ZCIT sobre Venezuela

- Posición de la ITCZ de diciembre a marzo: Al sur de Venezuela, donde su influencia es de poca intensidad en el Estado Amazonas y sur del Estado Bolívar. La posición más meridional la alcanza en marzo.

- Posición de la ITCZ en abril y mayo: En abril la ITCZ inicia su movimiento hacia el norte, donde se observa su influencia en Amazonas y Bolívar, hasta 6° N sobre los Llanos occidentales, Piedemonte Andino, parte de los Andes y costa occidental del Lago de Maracaibo.
- Posición de la ITCZ entre junio y agosto: En junio la convergencia continúa su desplazamiento hacia el norte. Afecta mayormente el área de Guayana y la región suroccidental del país. Todo el país recibe precipitaciones como producto de la ITCZ, a excepción de una estrecha franja costera situada en el Centro y Occidente del país. La ITCZ en esta época afecta especialmente, con mucha intensidad los Llanos Occidentales.
- Posición de la ITCZ en septiembre y octubre: Se ubica en su posición más septentrional, alcanzando en su totalidad la costa Atlántica del país. A partir de noviembre la ITCZ inicia su movimiento hacia el sur, disminuyendo su intensidad. En primer lugar deja el Noroccidente del país y en diciembre se aleja de los Llanos y el norte del Estado Bolívar.

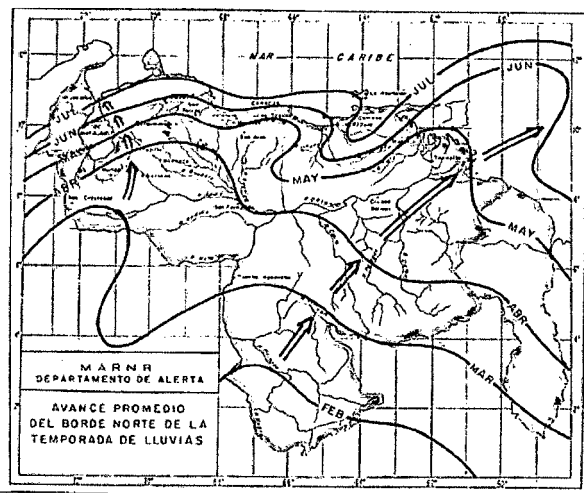


Figura 1.3. Desplazamiento del Eje de la ZCIT sobre Venezuela.

Fuente: Departamento de Alerta, MARNR.

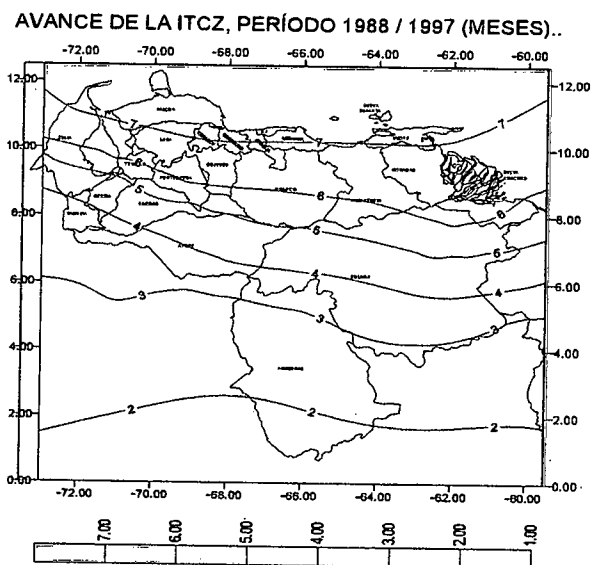


Figura. 1.4. Desplazamiento del Eje de la ZCIT sobre Venezuela (1988-97)

Fuente: CVG, EDELCA

1.5 RADIACIÓN DE ONDA LARGA SALIENTE (OLR) Y NUBES ALTAMENTE REFLECTANTES

Determinar el balance radiativo de la Tierra es esencial para el modelaje meteorológico y el estudio del clima. Los experimentos que se han llevado a cabo con el balance radiativo, han utilizado satélites para medir los parámetros fundamentales de radiación:

- Cantidad de energía solar recibida por el planeta.
- Albedo planetario (porción de radiación solar que se refleja hacia el espacio).
- Radiación terrestre emitida (radiación de onda larga saliente).
- Balance neto de energía planetaria

El promedio del albedo planetario es una variable climática clave, combinada con la insolación solar determina la energía de radiación que llega a la Tierra. El promedio anual del albedo es aproximadamente 0.30. El promedio anual del albedo planetario en ambos hemisferios es casi el mismo, lo que demuestra la importancia de la influencia de las nubes. El albedo varía con la región geográfica y la época del año, por ejemplo, en la región tropical, la variación del albedo varía de manera significativa por las perturbaciones

en la atmósfera y la distribución de las nubes, en cambio, en las regiones polares, la variación temporal del albedo se debe a la distribución de las cubiertas de hielo y a la disminución del ángulo solar con la latitud.

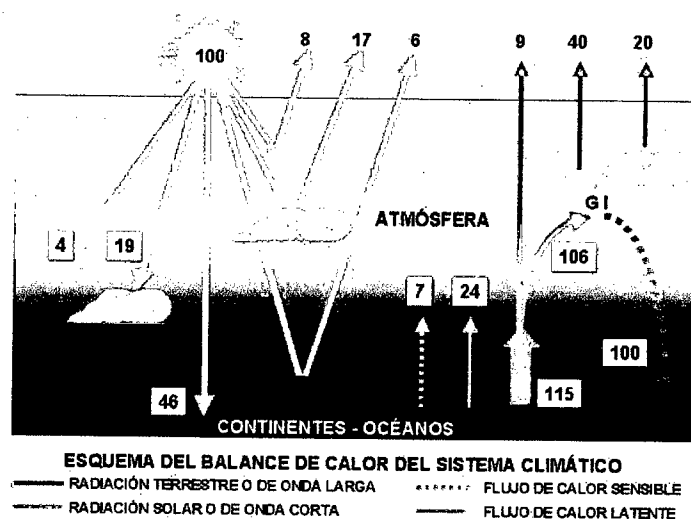


Figura 1.5. Balance Radiativo Terrestre. Fuente: www.centropatagonigo.com

La cantidad de energía radiada por un cuerpo cualquiera (como la tierra o una nube) por unidad de área y tiempo puede ser calculada por la ecuación de Stefan-Boltzmann. La emisividad es una propiedad del cuerpo irradiante y su valor absoluto es cercano a 1. Dado que la temperatura está elevada a la cuarta potencia, cualquier cambio pequeño de la misma implica una modificación de la energía irradiada.

Las nubes presentan temperaturas similares a la del aire circundante y es de esperar que las nubes altas registren temperaturas menores que las nubes bajas. Por lo expuesto anteriormente, las nubes altas emiten menor radiación infrarroja en comparación a las bajas, y estas últimas emiten menos radiación infrarroja que la superficie de la tierra. A pesar de que todas las nubes (en cierta forma) son uniformes en la reflexión de la radiación visible desde sus partes altas, difieren significativamente en la cantidad de radiación infrarroja emitida hacia arriba.

El mínimo de OLR se obtiene cercano al ecuador debido a las nubes de gran desarrollo vertical, asociados con la Zona de Convergencia Intertropical, como se puede observar en la figura 1.6. Se hace difícil observar estratos en las regiones oceánicas en los mapas de albedo, esto se debe a que la temperatura en las nubes es casi igual a la del

océano, haciéndolas difíciles de observar. Los desiertos más grandes tienen las OLR máximas durante el verano, como resultado del ciclo anual de temperatura (como el desierto se calienta, tiene mayor temperatura y emite más radiación de onda larga). De igual manera hay emisiones elevadas cercanas a las altas subtropicales.

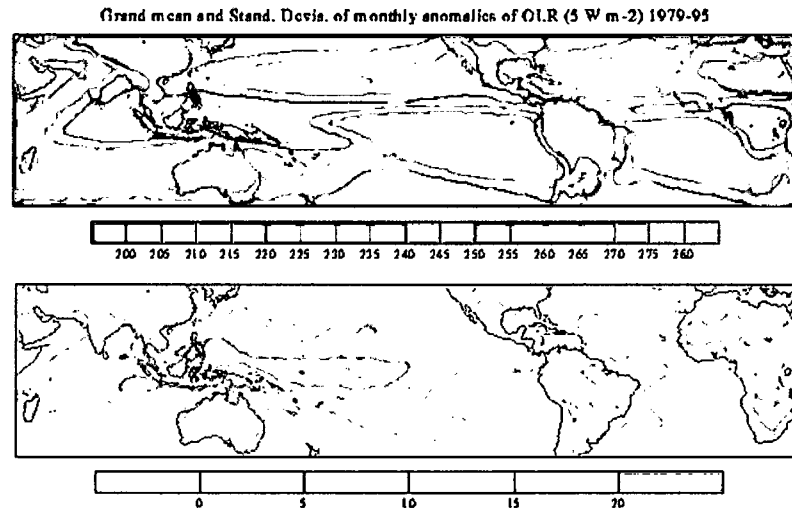


Figura 1.6. Media Anual de OLR (Wm^{-2}) y La desviación estándar de las anomalías mensuales (Wm^{-2}) 1979-95. Fuente: Nacional Oceanic and Atmospheric Administration (www.noaa.gov)

En general, la radiación solar absorbida supera la OLR en los trópicos y las regiones subtropicales, resultando en un calentamiento radiativo neto del planeta, mientras que en las latitudes medias y polares, hay enfriamiento neto. Esta diferencia de ecuador-al-polo, o gradiente de calentamiento radiativo, es el mecanismo principal que conduce los movimientos de circulación atmosférica y oceánica. En una base a largo plazo anual, donde no hay almacenamiento de energía, ni cambio en la temperatura media global, el desbalance de radiación entre los trópicos y los polos, debe ser balanceado por el transporte meridional del calor por la atmósfera y los océanos.

El albedo, OLR y la radiación neta, están relacionados en cuanto al tipo de superficie y régimen del tiempo. La cuenca del Amazonas, esta ubicada aproximadamente en 20 grados de latitud sur y el desierto del Sahara en 20 grados de latitud norte. La radiación solar entrante en Enero en el Amazonas es casi la misma que entra en el desierto del Sahara en Julio. Las dos regiones también tienen albedos altos en sus respectivas regiones de verano, pero por dos razones diferentes. Los albedos altos en el Amazonas, son

producto de la alta reflectividad de las nubes convectivas de gran desarrollo. En el desierto, hay pocas nubes, pero la superficie es suelo seco, siendo altamente reflectante. La OLR es muy diferente en estas dos regiones. La cantidad de radiación terrestre es una función de la temperatura, los toques de las nubes de gran desarrollo son muy fríos, por lo tanto la energía saliente u OLR es bajo, en contraste con la superficie del desierto, que es caliente, y la OLR es considerablemente alta.

Se observa también que en las latitudes medias y altas del hemisferio sur, el balance de energía es zonalmente simétrico (las líneas de constante albedo u OLR son paralelas a los paralelos). Esto no ocurre en el hemisferio norte, donde el contraste entre el océano y los continentes es obvio. Durante el verano, la OLR es mayor sobre tierra que sobre los océanos, porque las temperaturas son mayores, mientras que el albedo es mayor sobre los océanos donde hay más nubes. En el balance de radiación neta, los continentes reciben más radiación que los océanos. Lo contrario ocurre en invierno.

1.5.1 Empleo de Satélites Meteorológicos para la obtención de la OLR

La radiación saliente de onda larga (OLR, por sus siglas en ingles) ha sido una poderosa herramienta en la investigación climática. Este tipo de información ha estado disponible desde los inicios de la época de los setenta en donde se logró el desarrollo integral de los satélites meteorológicos. Desde 1974 hasta la actualidad se han utilizado una serie de satélites para determinar el valor del parámetro, a continuación se presenta una tabla que resume los detalles más relevantes de cada uno de los satélites empleados.

Name	OLR data start date	OLR data finish date	Nominal ECT (LST)	Number of days	Sensor and window channel
NOAA-3	1 Jun 74	30 Jun 74	0850 morning	30	SR series
NOAA-2	1 Jul 74	15 Oct 74	0830 morning	107	10.5-12.5 μm
NOAA-3	16 Oct 74	16 Dec 74	0835 morning	62	
NOAA-4	17 Dec 74	14 Sep 76	0840 morning	638	
NOAA-5	15 Sep 76	16 Mar 78	0840 morning	548	
Gap	17 Mar 78	31 Dec 78	—	290	GAP
TIROS-N	1 Jan 79	31 Jan 80	1530 afternoon	396	AVHRR
NOAA-6	1 Feb 80	6 Sep 81	0730 morning	584	10.5-11.5 μm AVHRR
NOAA-7	7 Sep 81	4 Feb 85	1430 afternoon	1247	AVHRR/2
NOAA-9	5 Feb 85	7 Nov 88	1430 afternoon	1372	11.5-12.5 μm AVHRR/2
NOAA-10	8 Nov 88	30 Nov 88	0730 afternoon	23	AVHRR
	1 Jul 90	4 Jul 90	0730 morning	4	
	5 Mar 91			1	
	13 Mar 91			1	
	14 Aug 91			1	
NOAA-11	1 Dec 88	30 Jun 90	1430 afternoon	577	AVHRR/2
	5 Jul 90	4 Mar 91		243	
	6 Mar 91	12 Mar 91		7	
	14 Mar 91	13 Aug 91		153	
	15 Aug 91	14 Oct 92		427	
	16 Oct 92	1 Feb 94		474	
	3 Feb 94	13 Sep 94		223	
NOAA-12	15 Oct 92		0730 morning	1	AVHRR/2
	2 Feb 94			1	
	14 Sep 94	31 Jan 95		140	
	29 Jun 95			1	
	17 May 96	18 May 96		2	
NOAA-14	1 Feb 95	28 Jun 95	1430 afternoon	148	AVHRR/2
	30 Jun 95	16 May 96		322	
	19 May 96	14 Mar 99		1024	
			Total Days:	9053	

Cuadro 1.1. Satélites utilizados en la obtención de la OLR. Fuente: Lucas (2000)

La tabla muestra la utilización de doce satélites para la generación de los datos de OLR. El período del 1 de junio del 74 al 17 de marzo del 1978 fue recogido por la serie NOAA-SR (NOAA-2 y NOAA 5). Dicha serie uso un radiómetro con una ventana de 10.5-12.5 μm . TIROS-N y sus reemplazos NOAA-6 y NOAA-10 emplearon el radiómetro de alta resolución (AVHRR) cuya ventana es menor (10.5-11.5 μm) que los de la serie RS. La serie actual de satélites, la cual incluye NOAA-7, -9, -11, -12 y -14 utilizan el sensor AVHRR/2 que posee una ventana de 11.5-12.5 μm .

1.6 LA CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA EN VENEZUELA

En Venezuela se han llevado a cabo pocas investigaciones de los patrones sinópticos que determinan el comportamiento de las distintas variables meteorológicas y ambientales, a continuación serán presentados los resultados de dos de las principales investigaciones en el área de la climatología sinóptica realizadas en el país.

1.6.1 Situaciones Sinópticas que Afectan a Venezuela

El profesor Daniel Suárez como parte de su actividad académica e investigativa desarrolló una clasificación de las principales situaciones sinópticas que afectan al territorio nacional, basándose principalmente en informes realizados por distintos investigadores, como por ejemplo de Gol, Riehl, Grosske, Con, y otros.

Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ)

La influencia de la ITCZ se manifiesta, aproximadamente, desde mayo (abril) a noviembre, en gran parte del país, con precipitaciones, por lo general, en forma de chaparrones y tormentas.

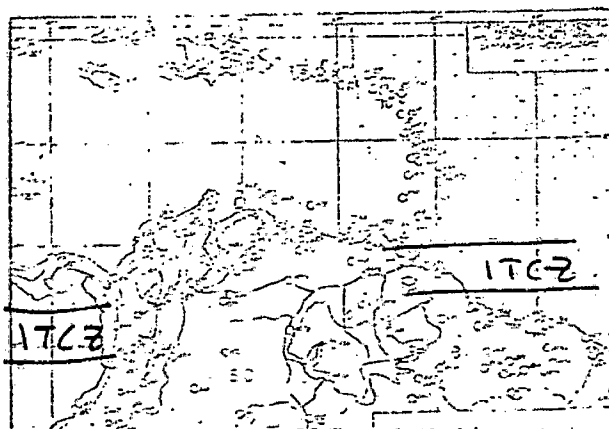


Figura 1.7 Zona de Convergencia Intertropical. Fuente Suárez.

Ondas Tropicales

La influencia de las Ondas Tropicales afecta la parte norte, especialmente la oriental y la central, aproximadamente de mayo a noviembre, con cualquier tipo de precipitación, aunque principalmente de tipo convectivo.

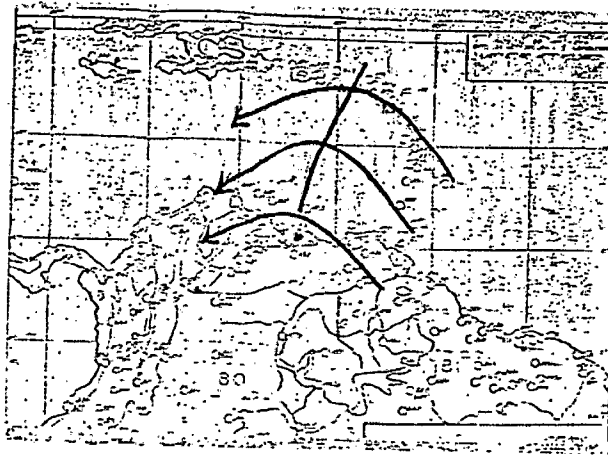


Figura 1.8 Onda Tropical. Fuente Suárez.

Vaguadas

Las vaguadas pueden afectar a Venezuela en cualquier época del año, especialmente de mayo a noviembre, cuando masa de nubes o tormentas aisladas encuentran en ellas un momento propicio. Usualmente están ligadas a otras situaciones sinópticas.

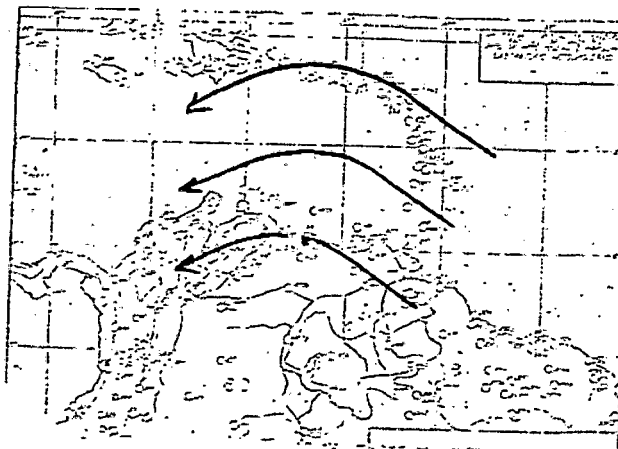


Figura 1.9 Vaguada. Fuente Suárez

Vaguadas en la Altura

Las Vaguadas en la Altura pueden manifestarse en cualquier época del año. Así durante el "verano", producen, principalmente, lluvias casi continuas; mientras que en el "invierno", ocasionan chaparrones y tormentas, especialmente en horas de la tarde.

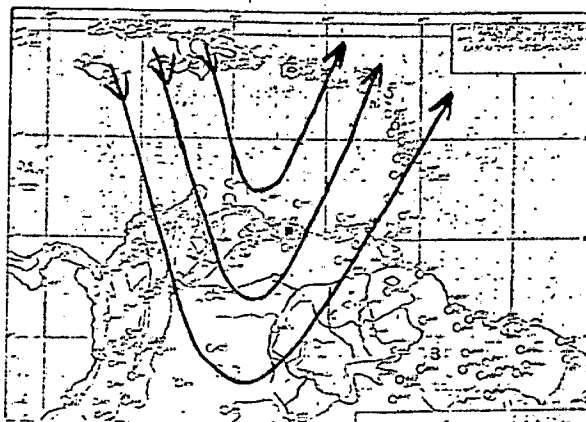


Figura 1.10 Vaguada en la altura. Fuente Suárez

Dorsales

La influencia de las Dorsales ocurre principalmente entre diciembre y abril, aunque temporalmente puede afectar en cualquier momento del año. Están asociadas a un relativo buen tiempo.

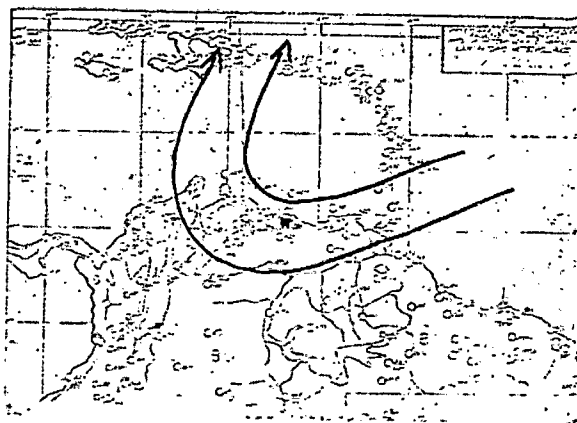


Figura 1.11 Dorsal. Fuente Suárez

Ciclones Tropicales

La influencia de los Ciclones Tropicales puede manifestarse en la parte norte del país entre julio y octubre (noviembre), con tiempos variables en cuanto a la nubosidad, precipitación y viento.

Los ciclones más cercanos a Venezuela, desde 1871 (83) han sido: el del 6 al 9 de octubre de 1892; el del 28-29 de junio de 1933 y la Tormenta Tropical "Alma", entre el 14 y 16 de agosto de 1974. Asimismo, en septiembre de 1987, una depresión tropical afectó la parte central del país. Entre el 7-8 de agosto de 1993, la Tormenta Tropical Bret afectó gran parte de Venezuela.

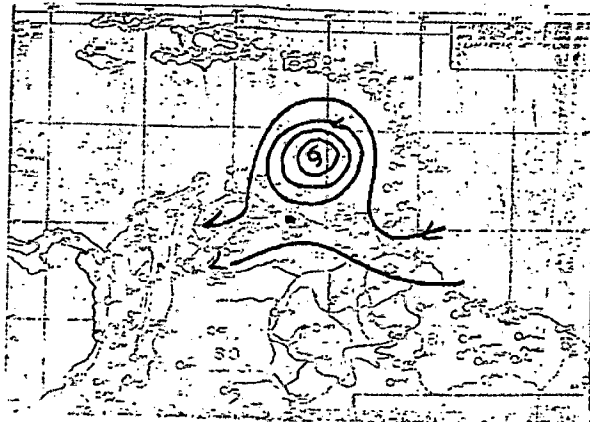


Figura 1.12 Ciclón Tropical. Fuente Suárez

Baja Presión del Lago de Maracaibo (Vórtice ciclónico en la baja troposfera, aprox. hasta 2000 m)

En cualquier época del año, esta baja puede afectar la cuenca del lago con precipitaciones convectivas, especialmente de diciembre a abril debido a la intensificación del Alisio.

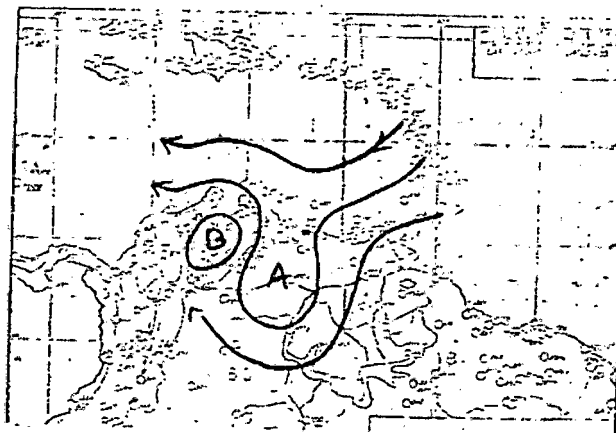


Figura 1.13 Baja Presión del Lago de Maracaibo. Fuente Suárez

Ciclones Subtropicales (Simpson) (Vórtice ciclónico en la troposfera media 700hPa)

Los Ciclones Subtropicales pueden afectar el norte del país, especialmente centro-oriente, principalmente de noviembre a marzo.

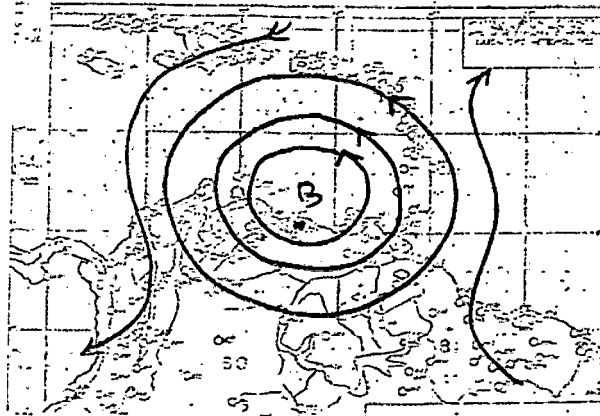


Figura 1.14 Ciclón Subtropical. Fuente Suárez

Bajas Frías (Vórtice ciclónico en la troposfera media y alta)

Las bajas frías están asociadas usualmente a una Vaguada en la Altura; su influencia puede afectar a Venezuela, entre agosto y noviembre, con precipitaciones convectivas. Ocasionalmente estas bajas originan tormentas con granizo en Caracas.

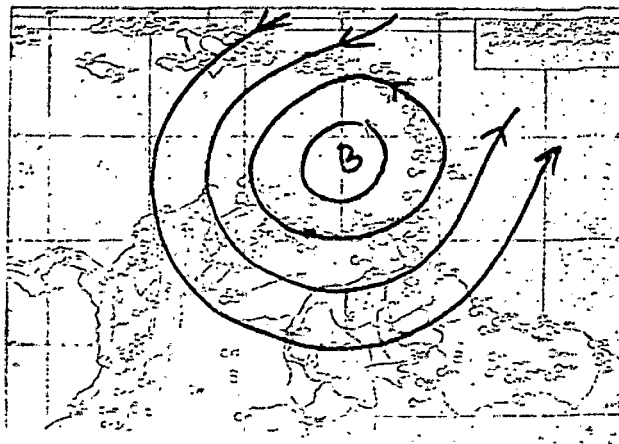


Figura 1.15. Baja Fría. Fuente Suárez

Alta Presión en los Llanos Bajos y Occidentales (Vórtice anticiclónico en la baja troposfera)

La alta presión en los llanos está asociada a la dorsal anticiclónica.

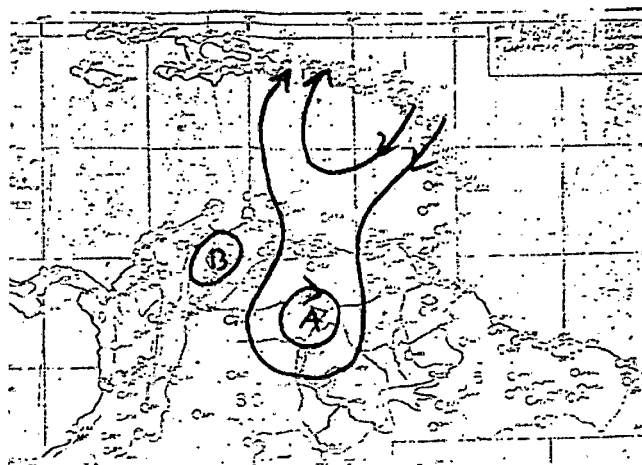


Figura 1.16 Alta Presión en los Llanos Bajos y Occidentales. Fuente Suárez

Vórtice Anticiclónico en la altura (en o por encima de 300 hPa) y Vaguada en los Niveles Bajos

Esta situación se manifiesta ocasionalmente durante el "invierno" cuando masas de nubes del sur alcanzan hasta la parte norte de Venezuela, originando precipitaciones normalmente convectivas.

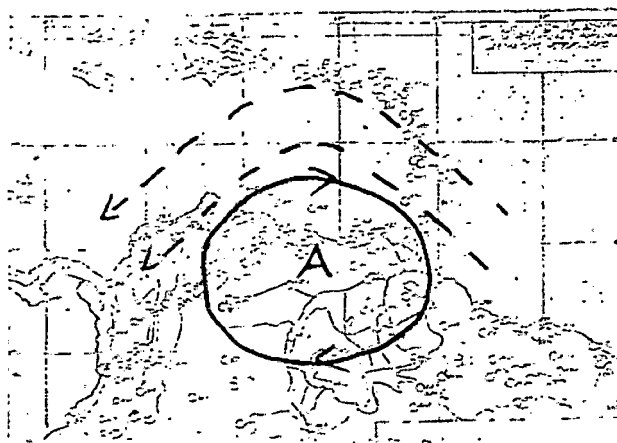


Figura 1.17 Vórtice Anticiclónico en la altura y Vaguada en los Niveles Bajos.

Fuente Suárez

Vórtices Anticiclónicos en la Altura

Los anticiclónicos en la altura se forman durante el “verano” a partir de 500 hPa. Son casi permanentes, principalmente en la parte norte del país, y causan persistente buen tiempo.

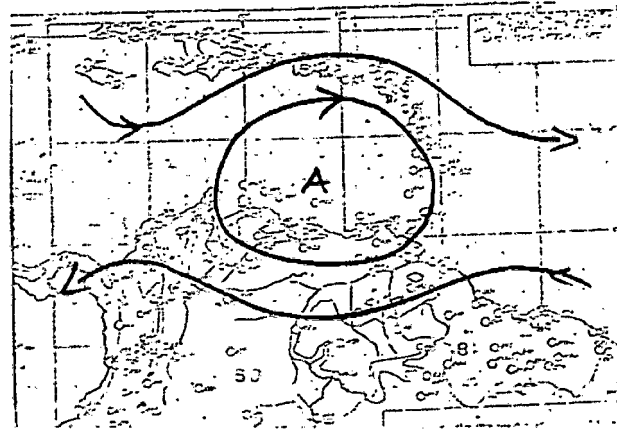


Figura 1.18 Vórtices Anticiclónicos en la Altura. Fuente Suárez

Convergencia Costanera (Col)

La Convergencia Costanera afecta principalmente el Distrito Federal y los Estados Miranda, Aragua, Carabobo, Portuguesa y Barinas, con precipitaciones convectivas. Se puede formar en cualquier época del año, aunque preferentemente durante el “invierno”. En ocasiones, se une con una convergencia local que se forma en Barlovento originando abundantes precipitaciones en la zona.

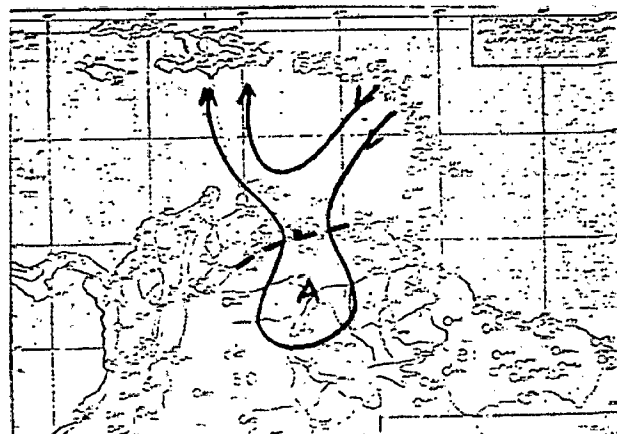


Figura 1.19 Convergencia Costanera. Fuente Suárez.

Convergencia al Sur del lago de Maracaibo

La Convergencia al sur del Lago se forma como consecuencia del choque de los vientos del norte con los del sur que soplan del Táchira. Puede afectar la zona durante cualquier período del año, básicamente con precipitaciones convectivas.

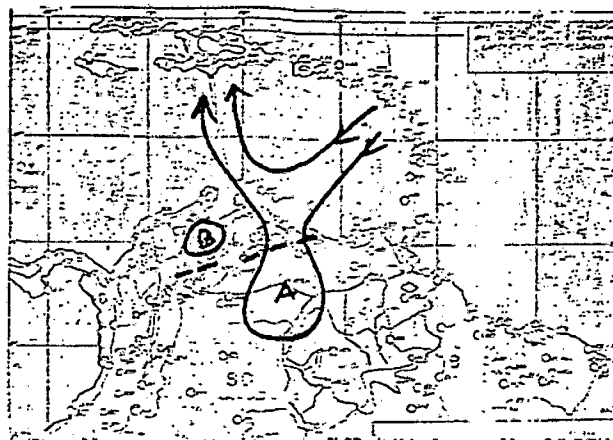


Figura 1.20. Convergencia al Sur del lago de Maracaibo. Fuente Suárez.

Líneas de Cizalladura en la Altura

Esta situación afecta principalmente la parte norte, en cualquier época del año, en especial durante el "invierno". Produce todo tipo de precipitación, aunque generalmente convectivas y, usualmente, viene acompañada con vientos violentos.

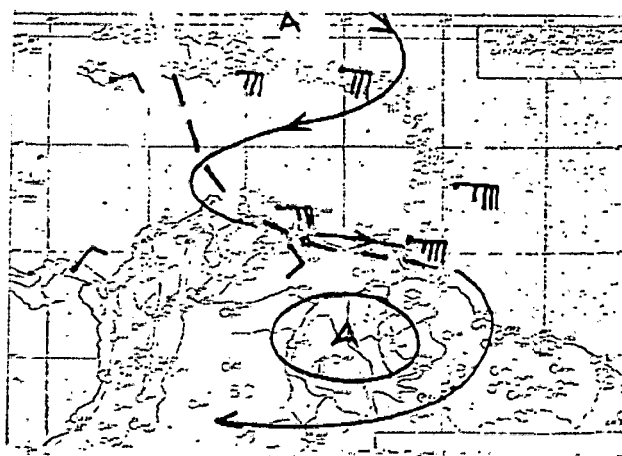


Figura 1.21 Líneas de Cizalladura en la Altura. Fuente Daniel Suárez

Líneas de Cizalladura Asociadas a Sistemas Frontales Viejos

Estas Líneas de Cizalladura se forman en la época de “verano”, básicamente, de enero a marzo, cuando restos frontales alcanzan l parte norte del país. Producen, en general, precipitaciones más bien en forma de lluvia y llovizna.

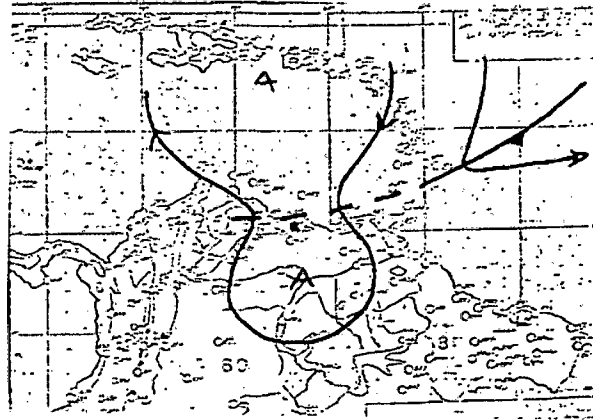


Figura 1.22 Líneas de Cizalladura Asociadas a Sistemas Frontales Viejos.

Fuente Suárez

Frentes Fríos del Norte

Los Frentes Fríos, proveniente del norte, afectan ocasionalmente la parte norte de Venezuela, aproximadamente desde diciembre a marzo. Pueden Producir precipitaciones de cualquier tipo.

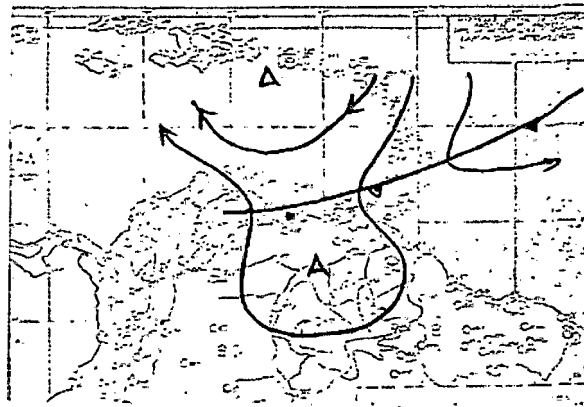


Figura 1.23 Frentes Fríos del Norte. Fuente Suárez

Frentes Fríos del Sur

Esta situación puede afectar la parte sur del país, desde junio a septiembre, con precipitaciones, por lo general, de tipo convectivo. En ocasiones, masas de nubes, asociadas originalmente a frentes fríos del sur, pueden alcanzar la parte norte de Venezuela.

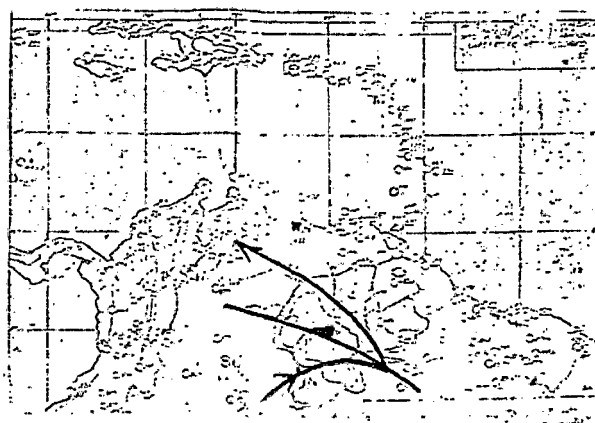


Figura 1.24 Frentes Fríos del Sur. Fuente Suárez

1.6.2 IDENTIFICACIÓN DE PATRONES SINÓPTICOS METEOROLÓGICOS EN VENEZUELA.

El Departamento de Alerta Contra Inundaciones y Sequías de la Dirección de Hidrología y Meteorología del MARN desarrolló una investigación, liderada por el Ing. Luís Felipe García y el Tec. Alexis Guerra, en el área de la climatología sinóptica utilizando la metodología de la clasificación manual para definir los patrones sinópticos meteorológicos que influyen al país. La información utilizada para la clasificación fue la siguiente:

- Boletines Diarios del Tiempo Meteorológico (aproximadamente 7000 boletines)
- Boletines semanales, quincenales y mensuales para Susceptibilidad de Incendios (más de 120 boletines)
- Boletines semanales, quincenales, y mensuales para agrometeorología (más de 120 boletines)
- Avisos y alertas emitidos, sobre eventos hidrometeorológicos extremos.

- Interpretación de imágenes de satélite (aproximadamente 3650 imágenes del GOES).
- Informe sobre eventos meteorológicos especiales, inundaciones, sequías, efectos de El Niño, y otros. La información corresponde al seguimiento de los eventos extremos de mal tiempo ocurrido en el período 1988 a 1997, los cuales han sido recabados y centralizados por el Departamento de alerta.

La metodología utilizada para definir los patrones sinópticos, consistió en revisar y analizar toda la información básica, y luego resumirla en tablas adecuadas, resaltando las siguientes variables:

- Análisis día por día, indicando la fecha para definir su variación temporal, e indicando la zona para definir su variación espacial.
- Situación meteorológica presente. Se distingue entre: Vaguada, Resto de Frente Frío del Norte, Restos de Frente Frío al Sur, Flujo Inestable del Sudoeste, Onda Tropical, Depresión Tropical, Tormenta Tropical, Huracán, Viento en Chorro, Baja Presión, Alta Presión, Burbuja de Aire Frío y Actividad de la ITCZ.
- Nubosidad y distribución espacial.
- Fenómenos meteorológicos y su ubicación.
- Intensidad con que se presenta el fenómeno.

Los resultados de la serie de análisis realizados es un catálogo de situaciones sinópticas, presentadas a continuación:

Ondas Tropicales de Este

Son agrupaciones de familias de nubes de gran desarrollo vertical, asociadas a chaparrones, ráfagas de viento, y tormentas eléctricas, las cuales se forman por ondulaciones inestables en el campo de los vientos Alisios.

Una vez formada la onda, en fechas comprendidas entre Junio y Noviembre, adquieren vida propia y se desplazan uniformemente desde el Este al Oeste a velocidades de 20 a 25 Kpm/h, manteniéndose agrupadas en una formación nubosa orientada Norte Sur sobre las regiones tropicales, y con precipitaciones por espacio de algunas hora por los lugares por donde se desplazan.

La temporada de Huracanes en el Atlántico y Caribe, se inicia en Junio y termina en Noviembre; durante ese tiempo se presentan cerca de 73 ondas tropicales. Las fuertes precipitaciones que se presentan durante la Temporada de Lluvias en Venezuela, generalmente tienen su origen en Ondas Tropicales. Para el mes de Junio, las Ondas Tropicales tienden a producir precipitaciones directamente en el país. Durante los meses siguientes, las ondas pasan un poco más al Norte sobre el Caribe, pero igualmente reactivan la ITCZ y producen lluvias generalizadas en el Norte del país.

Depresiones Tropicales

Cuando las ondulaciones de los vientos Alisios son marcadas pueden completar una circulación cerrada de los vientos en sentido contrario a las agujas del reloj, aumentando la inestabilidad y favoreciendo la convergencia del viento a un punto central, donde baja la presión y el aire asciende libremente. En la medida que el aire sube en la atmósfera en la parte central para formar nubes, mayor es la velocidad del viento en la superficie para sustituir ese aire que se escapa, creando una autoalimentación y adquiriendo vida propia.

Las Depresiones Tropicales son poco frecuentes sobre Venezuela, ya que ese desarrollo se activa en las aguas calientes sobre mar y cuando sienten efecto tierra se debilitan.

Tormentas Tropicales

Cuando el viento alrededor de un centro de baja presión en las depresiones tropicales, se intensifica a velocidades mayores de 63 km/h, y se forma el "ojo" en su centro, la perturbación tropical se hace más peligrosa y se le asigna la categoría de Tormenta Tropical. Se forman de Junio a Noviembre en los trópicos, con pasajes muy cercanos a la costa de Venezuela para mediados de Agosto y principios de Octubre. La frecuencia de tormentas en Venezuela es pequeña, aumentando rápidamente sobre el mar Caribe.

Huracanes

Si los vientos sostenidos alrededor del centro de una Tormenta Tropical, consiguen condiciones favorables en las aguas cálidas del mar, y superan los 115 Km/h, entonces es

tal el grado de peligrosidad que alcanza, que se le asigna la categoría superior de Huracán (en 5 categorías).

Estas perturbaciones se presentan también de Julio a Noviembre, y se identifican por las formaciones nubosas de gran desarrollo en forma de barrera vertical alrededor del ojo, y por las espirales de nubes que las bordean. Se desplazan usualmente desde el Este hacia el Oeste aunque con una tendencia en su trayectoria en forma de parábola hacia el Oeste-Noroeste. En la práctica, los huracanes se forman y desarrollan en el Atlántico Ecuatorial, al Norte de los 08° de latitud Norte, y luego en su traslado hacia el Oeste, el Caribe y Venezuela, derivan cada vez más hacia el Noroeste. En los últimos 100 años, solo se recuerda un huracán penetrando sobre Venezuela. Este lo hizo en el año 1993, sobre el Nororiente del país. El pasaje de huracanes por el Caribe o atlántico cercano, producen cambios en los patrones de vientos en Venezuela, generando inestabilidad y reactivación de las lluvias sobre tierra.

Vaguadas o Trough en la altura, de origen norte o sur

Son ondulaciones en el campo de vientos en la troposfera alta provenientes desde el Oeste, en las latitudes medias y altas, las cuales se manifiestan con un desvío del flujo de aire frío hacia el sudeste buscando los trópicos, y luego retornando hacia el Noreste buscando sus latitudes de origen. Esta ondulación o penetración de aire frío a los trópicos generan inestabilidad, y su viraje hacia el Norte después de alcanzar a los trópicos, genera un intento de circulación ciclónica la cual también crea ascenso del aire húmedo y formación de nubosidad y mal tiempo. El eje de la Vaguada o Eje de la Ondulación, es parecido al eje de un valle en forma de U, con un surco de bajas presiones en lo hondo del valle, y con presiones más altas en las laderas.

En Venezuela, las Vaguadas en la altura se pueden presentar en cualquier época del año, sin embargo se hacen más frecuentes en el período de Noviembre a Abril, cuando los ciclones extratropicales del hemisferio Norte que tienen relación con ellas, se desplazan un poco más al Sur de lo usual. Ellas se relacionan generalmente con situaciones persistentes de abundante nubosidad y precipitaciones. Sin embargo, las Vaguadas producen mal tiempo o buen tiempo en un área determinada, dependiendo del sector mismo de la Vaguada:

- Parte Trasera de la Vaguada (Lado Oeste): predomina el flujo de origen Norte, el flujo pierde velocidad en la altura. Produce subsidencia y relativo buen tiempo en superficie.
- Eje de la Vaguada (parte Central): el flujo de origen Norte gira en sentido ciclónico para regresar de nuevo hacia el Noreste, y produce una transición de buen a mal tiempo. Predominan explosivas formaciones de nubes de tormentas en sitios locales de muy corta duración en las tardes, cuando el calentamiento diurno ayuda a inestabilizar el perfil de la atmósfera.
- Parte Delantera de la Vaguada: el flujo se acelera desde el Suroeste en los trópicos, hacia el Noreste en las latitudes medias. Genera divergencia en la altura y activa la formación de nubosidad en la baja atmósfera. Se relaciona con situaciones de nubosidad y precipitaciones persistentes al menos por dos o tres días, aunque pueden durar hasta semanas. Mientras más profunda es la Vaguada y mayor el cambio ciclónico del viento, mayor serán las intensidades y la frecuencia de las precipitaciones.

Las Vaguadas en la Altura de origen Sur, se relacionan y acompañan situaciones de Frentes Fríos de origen Sur. Estos frentes, se prolongan desde Argentina hacia el Uruguay, Paraguay, Sur de Brasil y hasta Bolivia y el Perú. Sin embargo al desplazarse hacia los trópicos, pierden sus condiciones y se manifiestan solo como una Vaguada en la Altura. En esta condición pueden llegar hasta el Norte del Brasil, Ecuador, Colombia y Venezuela, y producir situaciones de buen o mal tiempo.

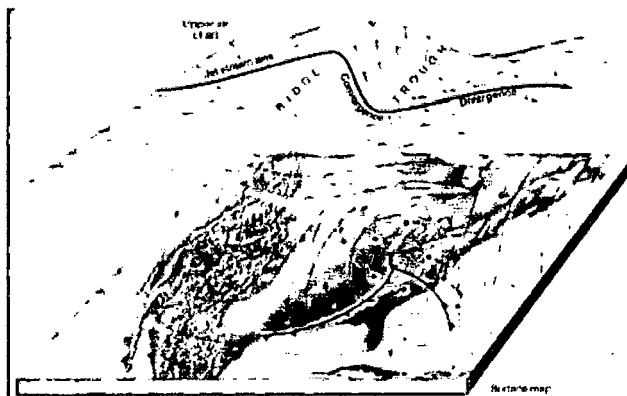


Figura 1.25. Representación de una Vaguada en Altura. Fuente: Inzunza (2000)

Ciclón Extratropical o Circulación de Baja Presión

Los Frentes Fríos asociados a bajas presiones, los cuales nacen en el Ciclón Extratropical y se prolongan hacia el Sur llegando a los trópicos, pueden eventualmente en su barrido desde el Oeste hacia el Este, penetrar en el Caribe e incluso llegar en forma difusa a Venezuela. Ellas producen de dos a tres situaciones por mes, relacionadas con persistentes lluvias durante la Temporada Seca.

Restos de Frente Frío o Estacionario de Origen Norte o Sur

Los Frentes Fríos son zonas de discontinuidad que separan dos masas de aire con características físicas diferentes, y donde predomina el avance del aire frío proveniente desde el Norte del aire caliente existente en latitudes más bajas. Generan en su avance, una franja de nubosidad asociada a precipitaciones intensas, la cual aunque se debilitan al llegar a las zonas tropicales, sin embargo se manifiestan con lluvias persistentes sobre el norte de Suramérica. En estos casos especiales durante la Temporada Seca, y sobre los trópicos se les prefiere llamar Restos de Frentes Fríos o Estacionarios. Estas situaciones de Restos de Frentes Fríos, al llegar a la costa de Venezuela, sienten el efecto orográfico de la cordillera de la Costa y generan varios días de lluvias no muy intensas, pero continua y persistentes por varios días.

En ocasiones y en forma mucho más indirecta, viejas Vaguadas asociadas a viejos Restos de Frentes Fríos, que se inician en bajas presiones en el Atlántico Nororiental cerca de Europa, logran influencias en su cola más al Sur, sobre la costa Nororiental de Suramérica. En estas situaciones, es frecuente observar, aumento en los eventos de lluvias y lloviznas y reducción de la temperatura en esas áreas.

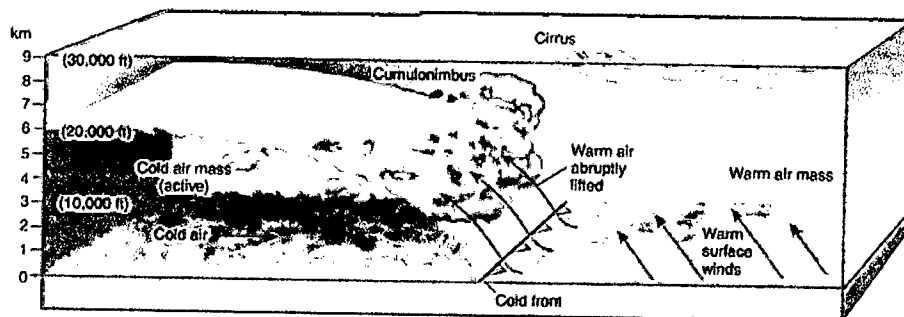


Figura 1.26. Representación de un Frente Frío. Fuente: Christopherson (2001)

Línea de Cizalladura Asociada a Sistemas Frontales Viejos

Las líneas de cizalladura se forman principalmente de enero a marzo, cuando restos frontales alcanzan la parte Norte del país. Produce, en general, precipitaciones más bien en forma de lluvia y lloviznas. Cuando el avance del aire frío es evidente, y se forma sobre mar nubes típicas de aire frío viajando sobre superficies calientes, sobre tierra una banda lineal zonal bien definida de nubosidad y precipitaciones, se prefiere llamarlos Restos de Frentes Fríos.

Gotas Frías o Baja Ciclónica en la Tropósfera Media (Burbuja de Aire Frío)

Es una circulación ciclónica (baja presión cerrada), formada dentro del eje de una vaguada, cuando el aire frío proveniente desde el Norte que penetra a los trópicos, no puede regresar y queda aislado y rodeado de aire tropical más caliente. Esta situación es muy explosiva y tiende a generar rápidos chaparrones severos con ráfagas de viento y hasta violentas granizadas.

Cuando se ubican en el Sur del Caribe, originan por efectos orográficos, sistemas nubosos asociados a rápidos y violentos chaparrones sobre tierra al Norte de Venezuela. Pueden ocurrir también, aunque son muchos menos frecuentes, más al Sur sobre la región Guayana. La situación sinóptica como un todo, en general tiende a moverse hacia donde se orienta el viento ciclónico más fuerte. Cuando se forman en la troposfera media se le suele llamar Gotas Frías; pero cuando se forman en la troposfera alta se les llama Bajas Frías.

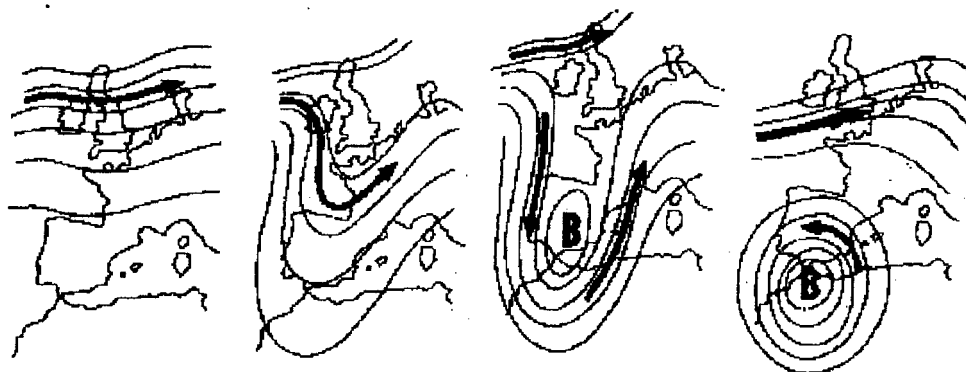


Figura 1.27. Representación de la Formación de una Gota Fría.

Fuente: www.spainsevereweather.com

Vaguada Tropical en la Tropósfera Superior (TUTT)

Durante el verano astronómico del hemisferio Norte, es usual observar en el Atlántico, una situación de una persistente Vaguada en la altura, justo en la alta troposfera muy cerca de la Tropopausa, con vértices ciclónicos internos. Estas vaguadas tropicales, tienen influencia en reducción de las perturbaciones tropicales durante la temporada de lluvias en el Caribe, pero también por otro lado, con la reactivación del flujo del Suroeste, y la intensificación de la divergencia en la altura, generan persistentes situaciones de lluvias, y pueden ayudar a ser más intensos los centros de las perturbaciones.

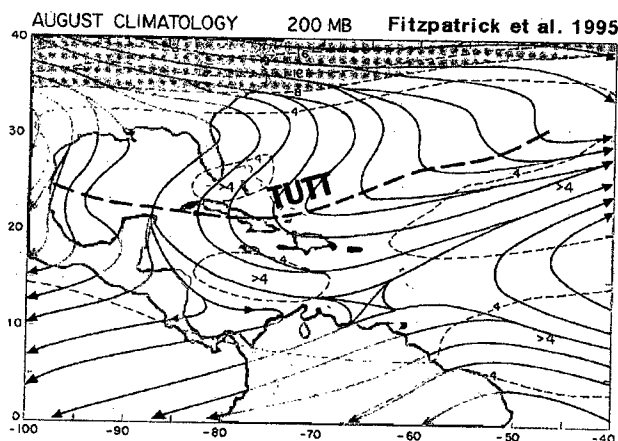


Figura 1.28. Vaguada Tropical en Niveles Altos. Fuente: www.naturgewalten.de

Eje de Vientos Máximos en la Altura

Cuando los vientos se concentran en franjas estrechas o tubos, en la atmósfera alta, pero su velocidad no sobrepasa los 90 Km/h (50 Kt), se prefiere denominarlos Ejes de Vientos Máximos. Al igual que los Vientos en Chorro son un elemento importante en el transporte de humedad en la altura desde las zonas Ecuatoriales a otras latitudes, incluyendo Venezuela,

Eje de Vientos en Chorro (Jet Stream Subtropical)

Son corrientes de aire fuertes que se concentran en franjas estrechas o especies de tubos de varios kms. de altitud, y decenas de km. de ancho en la atmósfera media y alta, y que recorren miles de km. en el plano horizontal a través de una trayectoria sinuosa alrededor del mundo. Los vientos en el eje superan a los 90 km/h, usualmente sobrepasan los 130 km/h y pueden llegar en casos muy especiales casi hasta los 500 km/h.

Estos tubos generalmente acompañan a los frentes polares (Jet Stream Polar), y también pueden existir en los trópicos (Costa Norte de Suramérica y Sur África, con el nombre de Jet Stream Subtropical). En las imágenes de satélite se observa con frecuencia bandas de nubosidad asociadas a estos ejes de vientos fuertes. Estas bandas de nubosidad, son indicadas también de algún Resto de Frente Frío, o la presencia de la parte delantera de alguna Vaguada en la Altura.

Esta situación de aceleración de vientos en la altura, cuando actúa sobre el Sur de Venezuela, reactiva el viento fuerte del Suroeste en la altura, el cual se relaciona al unirse con el efecto orográfico, en situaciones de abundante nubosidad en bandas orientadas con el viento procedente del Suroeste, y mayor frecuencia de lluvias en la región.

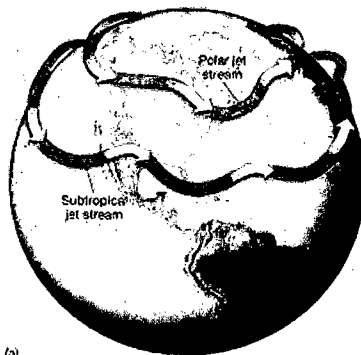


Figura 1.29. Representación de las Corrientes de Chorro Subtropical y Polar.

Fuente: www.crystalinks.com

Vórtice Anticiclónico en Altura

Un anticiclón es una zona donde se concentra y predomina una presión atmosférica mayor que los alrededores, y está asociada en el plano horizontal a una circulación de los vientos en sentido de las agujas del reloj (HN), la cual genera por dinámica en el plano vertical, un flujo de vientos desde la altura hacia abajo (Subsidencia). Esto bloquea el ascenso del aire húmedo para formar nubes, generando cielos despejados y relativo buen tiempo.

Los anticiclones en la altura, son frecuentes en el Caribe y Venezuela durante la Temporada Seca, cuando las altas permanentes e intensas a todos los niveles de la

atmósfera, pero en especial por encima de los 500 hPa, bajan de latitud, y alcanzan el Norte del país, causando buen tiempo.

Alta Presión en Superficie y los Niveles Bajos, Anticiclón o Circulación de Alta Presión

En Venezuela, predomina entre Noviembre y Marzo, la influencia de las Altas Presiones del Atlántico Norte, la cual origina subsidencia, relativo buen tiempo, bloqueo a la formación de nubes de precipitación y e general produce la Temporada Seca en el país. Los centros de altas, se ubican normalmente cerca de los 30° de latitud, y son las causantes del bloqueo a la formación de nubes, y del relativo buen tiempo predominante en las zonas desérticas de estas latitudes. A partir de abril, la Alta Presión del Atlántico se aleja al subir de latitud, pero también paralelamente se acerca por el Sudeste, la Alta Presión del hemisferio Sur. Esto origina que en Venezuela, se ubique ahora entre dos altas presiones, justo en la zona donde convergen los Alisios del Nordeste con los del Sudeste. *y esto origina el inicio de la Temporada de lluvias*

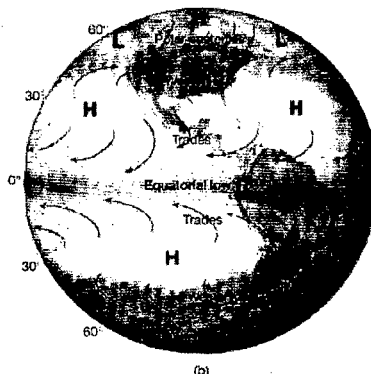


Figura 1.30. Representación de los Sistemas de Altas Presiones.

Fuente: Inzunza (2000)

Dorsal Anticiclónica

Las Dorsales Anticiclónicas son surcos de relativa alta presión pero sin llegar a conformar una circulación cerrada. El flujo del aire desplazándose a través de una circulación en sentido de las agujas del reloj, genera tendencias hacia subsidencia y buen tiempo, bloqueando la formación de nubosidad. Las prolongaciones de las Altas Subtropicales del Atlántico hacia los trópicos, durante diciembre a abril, aunque pueden ocurrir en cualquier época del año, generan situaciones de poca nubosidad relativo buen tiempo.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo de la investigación es relacionar los patrones circulatorios en el entorno venezolano con el comportamiento de variables en superficie, precipitación, temperatura superficial del mar, y distribución de la nubosidad a través de la OLR. En este capítulo será descrito el proceso de obtención de cada una de las variables y las técnicas empleadas en su procesamiento para determinar la relación existente con cada uno de los grupos que componen a la clasificación.

2.1 OBTENCIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN

El Dr. Antonio Fernández del Instituto de Meteorología en Cuba desarrolló una metodología para clasificar objetivamente los patrones circulatorios denominados Patrones Sinópticos Objetivos (PSO). El análisis realizado arrojó 23 patrones para el bimestre mayo-junio, 30 patrones para julio-agosto y 27 patrones para septiembre-octubre, éste material fue proporcionado directamente por el Dr. Fernández y 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 con el cual se estableció la relación de los PSO con las distintas variables. El material utilizado para la obtención de los Procesos Sinópticos Objetivos fue la base de datos diarios del Reanálisis del Centro Europeo de Pronóstico de Plazo Medio para el período comprendido entre el 1 de Enero de 1978 y el 31 de Diciembre de 1999, (un total de 22 años, para las 12:00 UTC, con una rejilla de 2,5 grados). El entorno geográfico seleccionado comprende la región ubicada entre 10°S-30°N y 35°-95° O (Figura 2.1), para un total de 425 nodos de rejilla. Los campos utilizados fueron: Presión atmosférica en superficie del nivel medio del mar (P_{Sup} en hPa), altura en los niveles de 500 hPa (H_{500}) y en 200 hPa (H_{200} , ambos en metros geopotenciales).

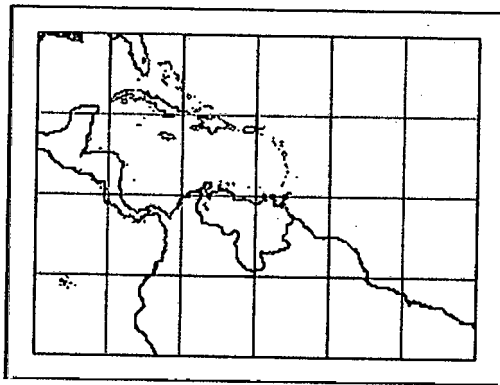


Figura 2.1. Grilla empleada en la clasificación sinóptica.

Fuente: Fernández (2005)

2.2 METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PROCESOS SINÓPTICOS OBJETIVOS

La metodología expuesta en los siguientes párrafos es extraída textualmente de del libro “Catálogo de Procesos Sinópticos del Archipiélago Cubano en el período 1979-1993” realizado por el Dr. Antonio Fernández y Yosvanis Díaz.

El procedimiento de selección de los PSOs empleado en la investigación, partió del principio de agrupación de los procesos sinópticos que más se asemejan entre sí. El criterio de medida de similitud empleado corresponde con un parámetro representativo de la diferencia de los valores absolutos del campo de presión en superficie, de la altura geopotencial de los 500 hPa y 250 hPa de forma simultánea. La fórmula general se expresa mediante la relación:

A) Cálculo de las iteraciones entre las ternas de situaciones sinópticas, evaluando el valor de la distancia ξ , representado por la fórmula general:

$$\xi(k) = \left(\sum_{i=1,m} \sum_{j=1,n} | F_{\text{mod}}(i, j, k) - F_{\text{dat}}(i, j, k) | \right) / m * n$$

Donde $F_{\text{mod}}(i, j, k)$ es la matriz de datos de cada iteración de las variables empleadas P_{Sup} , H_{500} y H_{250} , $F_{\text{dat}}(i, j, k)$ es el banco de los campos diarios incluidos para la obtención de los PSOs. El subíndice i corresponde a las filas (latitud) y el subíndice j , a las columnas (longitud), de las matrices de datos de la presión atmosférica en la superficie del nivel medio del mar, de la altura H_{500} y la altura H_{250} en hPa. “ k ” representa el índice

que cuenta el número de iteraciones de cada PSO. El número de filas de la matriz se define por “ m ” y el de columnas por “ n ”.

B) Proceso de iteraciones continuas de cálculo de distancia con nivel de significancia estadística de $\alpha \leq 0,05$. Determinación del conjunto de iteraciones de la distancia $\xi(k)$ para la cual se cumple la condición A) y cálculo de S_1 y S_2 , para la selección de los grupos que integran los PSOs. Se calcula S_1 y S_2 , como elementos integradores de la llamada función discriminante de Miller. Las fórmulas empleadas son:

$$S_1(x_p) = \sum_{g=1,G} \sum_{k=1,n_g} (x_{pgk} - x_{pg})^2$$

$$S_2(x_p) = \sum_{g=1,G} n_g (x_{pg} - x_p)^2$$

Donde $(x_{pgk} - x_{pg})^2$ representan las diferencias cuadráticas entre la media interior de cada grupo PSO y cada uno de los valores observados de P_{Sup} , H_{500} y H_{250} . G es el número de PSOs y $S_1(x_p)$ representa la suma total de las desviaciones intragrupos de todos los PSOs. El término $(x_{pg} - x_p)^2$ representa las diferencias entre las “Grandes medias de cada PSO” y la media total de la muestra analizada, ponderada por el número de casos de cada PSO, mientras que $S_2(x_p)$ da una medida de las desviaciones intergrupos.

El cociente entre las desviaciones intergrupos e intragrupos, forman parte integral del estadístico más utilizado en análisis discriminante, el cual es conocido con el nombre de Distancia de Mahalanobis, Miller (1962). La metodología concebida para la clasificación de los PSOs, denominó con el nombre de Parámetro de Mahalanobis, al cociente $S_2(x_p)/S_1(x_p)$.

C) Cálculo del Parámetro de Mahalanobis para todas las iteraciones, seleccionándose aquella donde se maximiza dicho cociente. De esa manera se seleccionan los Grupos de la clasificación que conforman los PSOs.

D) Obtención de los mapas promediados de los campos de P_{Sup} , H_{500} y H_{250} de los días $(d - 24 \text{ horas})$, d y $d+1(d+24 \text{ horas})$, pertenecientes al número de ternas de cada grupo que conforman los PSOs. Se halla además, la frecuencia relativa de cada proceso, en el bimestre y se relacionan los días que integran cada uno de los PSOs.

En el proceso de clasificación no necesariamente entran todos los casos que integran la muestra analizada. Aquellas ternas que no formaron parte de uno de los PSOs se corresponden en general con situaciones meteorológicas extremas, procesos atmosféricos que experimentan variaciones temporales muy significativas, etc. también, aquellos PSOs de frecuencia muy baja están en correspondencia con situaciones meteorológicas poco comunes para la época o de baja frecuencia. Se adoptó el criterio de no considerar los PSOs con una frecuencia $< 1\%$, cuyos casos quedarían en consecuencia, fuera de la clasificación.

El listado de casos excluidos de la clasificación forma parte integral del procedimiento. Las situaciones sinópticas independientes que forman el banco de referencia de situaciones extremas, puede ser empleado con fines múltiples: descripción de procesos de baja frecuencia por época del año, banco de situaciones sinópticas que pueden enmarcar episodios sinópticos extremos, etc.

El proceso de selección de los PSOs se caracterizó también por los siguientes aspectos:

1. La inclusión del entorno temporal del proceso mediante la inserción de matrices de los campos de presión en la superficie del nivel medio del mar, y altura de los niveles geopotenciales de 500 y 250 hPa, para el $d-1, d$ y $d+1$. Los PSOs fueron estudiados como parte integrante de un proceso temporal.
2. Para la selección de los PSOs se calculó la matriz de la distancia de similitud donde fueron incluidos todos los casos. El criterio empleado se fundamentó en la adopción de un valor crítico de ξ (resultado de las diferencias absolutas promediadas entre dos matrices de datos que contienen los campos de presión en superficie y de H en 500 hPa). Cuando el valor de ξ fue inferior al valor crítico

($\xi_{\text{crítico}}$), entonces pasa a formar parte de un posible PSO, de lo contrario se rechaza y queda fuera del grupo.

3. El orden de selección de los PSOs se realizó en forma descendiente, de forma tal que el primero correspondió con el proceso de mayor frecuencia, seguido en forma consecutiva hasta el último de los procesos, con frecuencia igual o mayor al 1%.
4. El procedimiento desarrollado para la selección del $\xi_{\text{crítico}}$, consistió en aquel valor de ξ a partir del cual queda incluido al menos el 95% de la muestra de estudio, es decir con un nivel de significación α menor o igual a 0,05. En cada ciclo se seleccionó la "cadena de situaciones sinópticas correspondientes", de manera que en el procedimiento de selección los primeros PSOs corresponden con los de mayor frecuencia relativa hasta llegar a las familias de casos de baja probabilidad. La carta promedio para ambos niveles por separado ilustra de forma objetiva el PSO resultante. Ellas contienen el proceso en tres momentos: $d-1$, d y $d+1$.
5. Para la selección definitiva del entorno temporal óptimo del PSO, fue realizado un análisis de la medida de dispersión del comportamiento de las variables meteorológicas en el día central "d", de los casos de estudios analizados

2.3 OBTENCIÓN DE LOS REGISTROS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

Los registros de las variables precipitación, temperatura de la superficie del mar y OLR fueron obtenidos por distintas vías detalladas a continuación.

2.3.1 Datos de Precipitación

Los registros de precipitación de la mayor parte de las estaciones se obtuvieron del Banco Nacional de Datos de la Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente y Los Recursos Naturales. Los datos correspondientes a la cuenca del Río Caroní fueron proporcionados por el Departamento de Predicción y Estudios Hidroclimáticos de CVG-EDELCA. La Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela aportó también el registro de sus estaciones. En total el número de estaciones que cumplieron con los requisitos para realizar el análisis fue de 132, distribuidas en todo el país, pero con una mayor densidad al norte del Río Orinoco.

Gerencia de
Gestión
Ambiental
?

Mapa de Venezuela con las estaciones utilizadas

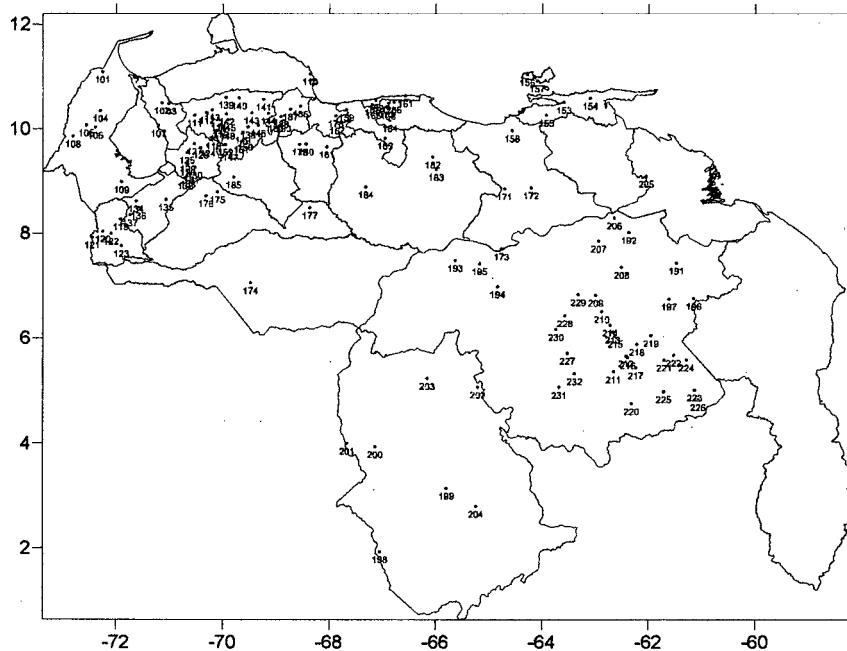


Figura 2.2. Localización de las estaciones empleadas en la investigación.

Lista de estaciones utilizadas

Número	Estación	Latitud (°N)	Longitud (°E)
1	EL CARBON	11.07	-72.26
2	EL CONSEJO	10.49	-71.14
3	QUIROZ-EL TABLAZO	10.47	-71.02
4	VILLA DEL ROSARIO	10.33	-72.3
5	MACHIQUES-GRANJA M.A.C.	10.06	-72.56
6	SANJOSE	10.01	-72.39
7	CANAL V.O.C.	10.05	-71.21
8	EL TUCUCO	9.85	-72.81
9	SANTA BARBARA	8.98	-71.9
10	TOCUYO DE LA COSTA	11.04	-68.37
11	QUEBRADA ARRIBA	10.24	-70.53
12	SANFRANCISCO	10.29	-70.3
13	ALTAGRACIA	10.35	-70.2
14	CARORA-GRANJA	10.16	-70.08
15	SABANA GRANDE-T.S.	10.07	-70.04
16	LOS ARANGUES	10.03	-70.05
17	SICARIGUA	9.95	-70.11
18	TRENTINO-LA PASTORA	9.81	-70.18
19	PUEBLO HONDO COLON-ESCUELA FEDERAL	8.27	-71.92
20		8.03	-72.25

Cuadro 2.1. Listado de Estaciones, parte 1.

Número	Estación	Latitud (°N)	Longitud (°E)
21	UREÑA	7.92	-72.45
22	PARAMO EL ZUMBADOR	7.98	-72.1
23	EL PARADERO	7.75	-71.9
24	VALLE HONDO	9.67	-70.28
25	CENIZO-CAMPAMENTO VIVIAN	9.54	-70.67
26	GUAMAS DE MONAY	9.64	-70.42
27	SABANA GRANDE	9.71	-70.53
28	ESCUQUE	9.31	-70.66
29	LAS CRUCES	9.37	-70.66
30	SANTIAGO DE TRUJILLO	9.25	-70.53
31	LA QUEBRADA	9.16	-70.59
32	LA MESA DE ESNUJAQUE	9.05	-70.71
33	JAJO	9.08	-70.66
34	EL VIGIA	8.61	-71.63
35	TABAY	8.64	-71.07
36	MESA BOLIVAR	8.48	-71.58
37	TOVAR	8.34	-71.74
38	CANAPE	10.02	-69.53
39	BARAGUA	10.59	-69.94
40	SIQUISIQUE	10.58	-69.69
41	MOROTURO	10.55	-69.24
42	RIO TOCUYO	10.27	-69.93
43	BOBARE	10.29	-69.46
44	DUACA	10.28	-69.15
44	DUACA	10.28	-69.15
45	ARENALES	10.16	-69.91
46	BARQUISIMETO-C/AGUA	10.06	-69.34
47	SABANA GRANDE-GUAGO	9.59	-69.86
48	CURARIGUA	10	-69.92
49	QUIBOR	9.92	-69.63
50	CUBIRO	9.79	-69.58
51	SANARE	9.74	-69.66
52	HUMOCARO BAJO	9.69	-69.96
53	CARIACO	10.5	-63.6
54	TUNAPUY	10.58	-63.11
55	CUMANACOA-LA GRANJA	10.25	-63.93
56	SAN FRANCISCO MACAN.	11.03	-64.29
57	PUNTA DE PIEDRAS	10.91	-64.11
58	CURATAQUICHE	9.96	-64.58
59	RANCHO GRANDE	10.35	-67.68
60	EMBALSE DE CAMATAGUA	9.82	-66.96

Cuadro 2.2. Listado de Estaciones, parte 2.

Número	Estación	Latitud (°N)	Longitud (°E)
61	LOS CARACAS	10.62	-66.58
62	CARAYACA	10.53	-67.13
63	CARACAS-LA MARIPOSA	10.41	-66.93
64	CUA-TOVAR	10.15	-66.87
65	AGUA FRIA	10.39	-67.18
66	CARACAS-CAURIMARE	10.51	-66.79
67	SAMAN MOCHO	10.1	-67.86
68	EL LAUREL	10.38	-66.91
69	BAJO SECO VIEJO	10.46	-67.2
70	UCV	10.49	-66.89
71	PARIAGUAN	8.85	-64.72
72	EL TIGRE-CIA-GUANIPA	8.87	-64.22
73	MUSINACIO	7.7	-64.78
74	ELORZA	7.05	-69.48
75	BARRANCAS	8.78	-70.1
76	QUEBRADA SECA	8.71	-70.32
77	ARISMENDI	8.48	-68.37
78	GUACARA	10.24	-67.88
79	SAN CARLOS-UNELLEZ	9.7	-68.56
80	TINACO	9.7	-68.44
81	EL PAO-OFICINA	9.65	-68.05
82	PRESA TAMANACO	9.45	-66.06
83	VALLE DE LA PASCUA	9.22	-66
84	BIOLOGICA LOS LLANOS	8.88	-67.32
85	MESA DE CAVACAS	9.07	-69.8
86	TARIA	10.43	-68.54
87	SAN FELIPE	10.36	-68.74
88	CAMPO ELIAS	10.22	-68.91
89	URACHICHE	10.15	-69.01
90	CENTRAL MATILDE	10.14	-68.87
88	CAMPO ELIAS	10.22	-68.91
89	URACHICHE	10.15	-69.01
90	CENTRAL MATILDE	10.14	-68.87
91	HATO BUENA VISTA	7.43	-61.49
92	UPATA	8.02	-62.38
93	SANTA ROSALIA	7.48	-65.64
94	LAS TRINCHERAS	6.98	-64.85
95	MARIPA	7.42	-65.18
96	ANACOCO	6.76	-61.17
97	EL DORADO	6.75	-61.63
98	SAN CARLOS RIO NEGRO	1.93	-67.05
99	TAMA-TAMA	3.14	-65.8
100	SANTA BARBARA-ORINOCO	3.94	-67.14

Cuadro 2.3. Listado de Estaciones, parte 3.

Número	Estación	Latitud (°N)	Longitud (°E)
101	SAN FERNANDO DE ATABAPO	4	-67.67
102	YEKUANA	5.07	-65.22
103	SAN JUAN MANAPIARE	5.23	-66.17
104	SANTA MARIA GUAICAS	2.8	-65.25
105	TUCUPITA-GRANJA	9.09	-62.06
106	CARONI EN MACAGUA	8.29	-62.66
107	LAS BABAS EN GURI	7.85	-62.95
108	EL MANTECO	7.35	-62.52
109	PERIQUERA	6.82	-63
110	AREKUNA	6.51	-62.89
111	URIMAN	5.36	-62.67
112	KAMARATA	5.67	-62.43
113	MAYUPA	6.12	-62.68
114	TEPOCHI	6.25	-62.73
115	AONDA	6.04	-62.64
116	URUYEN	5.63	-62.4
117	QUIBATEI	5.43	-62.25
118	WAIQUIMBA	5.88	-62.23
119	TUNA	6.05	-61.97
120	ARIPICHI	4.75	-62.33
121	KAVANAYEN	5.58	-61.72
122	PARUPA	5.68	-61.54
123	SAN IGNACIO DE YURUANI	5.01	-61.15
124	SAN RAFEL DE CAMOIRAN	5.58	-61.3
125	WONKEN	4.98	-61.73
126	AGUA FRIA	4.83	-61.08
127	CARAPO	5.72	-63.53
128	EL CAZABE	6.43	-63.58
129	LA PARAGUA	6.83	-63.33
130	TONORO	6.17	-63.75
131	GUAINA	5.06	-63.69
132	KARUN	5.32	-63.4

Cuadro 2.3. Listado de Estaciones, parte 4.

2.3.2 Registro de Radiación de Onda Larga Saliente (OLR)

El registro empleado está conformado por datos medios diarios, con una distancia de $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ entre cada punto de la grilla, producidos por el Nacional Centre for Environmental Prediction-National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP-NOAA). El período comprende desde el 1 de enero de 1978 hasta el 31 de diciembre de 1999. Dentro de este período existe una serie de datos faltantes comprendidos desde el 17 de marzo al 31 de diciembre de 1978 debido a una falla en el satélite NOAA-5. El formato netCDF es el utilizado en el archivo que contiene la base de datos, para su visualización fue utilizado el software Panoply desarrollado por la NASA y de distribución gratuita en Internet. Se extrajo la totalidad de la grilla presente en el archivo (90N-90S y 0.0E-357.5E).

El registro de OLR fue obtenido de la página del Climate Diagnostic Center (NOAA-CIRES):

http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.interp_OLR.html

2.3.3 Registro de Temperatura de la Superficie del Mar

El Centro de Diagnostico Climático ha puesto a la disposición en archivos con formato netCDF datos semanales interpolados de la temperatura de la superficie del mar (NOAA OI TSM V2), con una resolución de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ a lo largo de todo el globo terráqueo (89.5N-89.5S y 0.5E-359.5E) para el período que comprende desde Noviembre de 1981 hasta el presente. La metodología para obtener este tipo de datos utiliza mediciones in situ, satelitales y simulaciones de la cubierta de hielo en latitudes altas. Los datos contenidos en los archivos netCDF presentan la fecha de inicio del período de siete días promediado, para el período 1990-1999 las semanas están centradas en el día Miércoles a diferencia del período 1981-1989 centradas el día Domingo. El período de registro utilizado para llevar a cabo esta investigación comprende desde 1982 hasta 1999.

El registro de datos NOAA Optimum Interpolation (OI) TSM V2 fue obtenido a través de la página del Climate Diagnostic Center (NOAA-CIRES):

<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.noaa.oiTSM.v2.html>

2.4 PROCESAMIENTO DE LOS REGISTROS DE PRECIPITACIÓN

2.4.1 Selección de Estaciones

Las condiciones consideradas para la selección de las estaciones fueron las siguientes:

- Estaciones con un mínimo de 15 años de datos dentro del período (78-99).
- Un máximo de 15% de datos faltantes incluyendo datos englobados, a estas estaciones se les aplicó una reducción de datos faltantes por métodos estadísticos.
- Estaciones con menos 5% de datos faltantes, para las cuales no fueron aplicadas técnicas para la reducción de los datos faltantes.

2.4.2 Reducción del Porcentaje de Datos Faltantes

Con el fin de reducir el mayor número de datos faltantes en cada estación, se desenglobaron los datos diarios que tenían un registro de precipitación acumulada de hasta 5 días consecutivos. Este proceso consistió en comparar los registros de precipitaciones de 2 o más estaciones cercanas a la estación problema. La precipitación de las estaciones cercanas, correspondiente a los días englobados se sumó para obtener el total en cada una y calcular los porcentajes de precipitación ocurrida en cada día. Posteriormente los porcentajes fueron promediados diariamente para utilizar sus valores en la estación incompleta. El valor del porcentaje se multiplicó por el valor acumulado y así se obtuvo el valor diario estimado. Como cada proceso requiere estrictamente el valor de dato diario de precipitación en cada estación para ser promediado, se trató de reducir el valor de incertidumbre al no desenglobar o promediar series más largas a 5 días consecutivos. Correlaciones entre estaciones con datos diarios no fueron determinadas debido a los bajos valores del coeficiente de correlación obtenidos que en su mayoría alcanzaron valores menores a 0.4 y con niveles de significancia por debajo al 0.05. El registro de cada estación fue almacenado en un archivo de formato ".dat", con la estructura siguiente:

Nombre de la Estación	Latitud	Longitud									
Año inicio del período de registro	Año final del período de registro										
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

1

2

.

.

31

Con este tipo de estructura el registro de cada estación esta conformado por una sola matriz en donde se encuentra la totalidad de los datos; la información faltante como cualquier espacio vacío dentro de la matriz fue sustituido por el valor 999 para que el programa diseñado, descrito en la siguiente sección, estuviese en la capacidad de procesar los datos y asociarlos con los Procesos Sinópticos Objetivos.

2.5 VINCULACIÓN DE LOS REGISTROS DE PRECIPITACIÓN CON LOS PROCESOS SINÓPTICOS OBJETIVOS

Establecer la relación entre los Procesos Sinópticos Objetivos y las condiciones en superficie, en este caso la precipitación, constituye la fase clave dentro de la investigación debido a que a través de este análisis será posible determinar la influencia de las distintas configuraciones sinópticas sobre el comportamiento de las precipitaciones en el período de lluvias en el país.

Cada PSO posee un registro de las fechas en las cuales se produjo la configuración sinóptica en cuestión para un periodo de 22 años, con esta información se ubican cada uno de estos días dentro del registro de precipitación de cada estación para luego ser promediados y ser calculada la probabilidad de ocurrencia de eventos de precipitación asociados a cada PSO. Realizar el procesamiento de forma manual requiere un gran consumo de tiempo y esfuerzo, por tal razón se diseñó un programa en Visual Fortran 6.6a, llamada "Datos de Tesis" con el propósito de automatizar todo el proceso de manera rápida y sencilla.

2.5.1 Descripción del Programa "Datos de Tesis"

El programa desarrollado para establecer la vinculación de los PSO y el campo de precipitación consta fundamentalmente de tres partes:

- 1) Lectura de los registros de los PSO: bimestralmente se realiza la lectura del registro de las fechas asociadas a cada uno de los Procesos Sinópticos Objetivos, siendo éstos almacenados en distintas matrices, por ejemplo el bimestre mayo-junio posee veintitrés (23) procesos sinópticos por lo cual el programa genera veintitrés matrices que contienen el inventario de fechas de cada proceso.

2) Lectura de los registros de precipitación: por estación se lleva a cabo, en primera instancia, la lectura de la información de identificación, esta constituye el nombre de la estación, latitud, longitud, año inicio del período de registro, año en que finaliza el registro. Posteriormente se procede a la lectura y almacenamiento de la matriz de datos de precipitación que componen a cada año de registro, es decir se le asigna una matriz a cada año en donde las filas constituyen los días del mes y las columnas los meses del año.

3) Asignación de valores de precipitación a los PSO: a través de un proceso iterativo el programa asigna y almacena los valores de precipitación correspondiente a cada PSO. Una vez almacenadas las fechas que corresponden a cada proceso el programa está en la capacidad de ubicar el lugar en las distintas matrices de precipitación que corresponde a cada fecha, ésta información es almacenada en una variable acumulativa hasta que se almacena la cantidad total de precipitación que se produjo en las fechas correspondientes al PSO, posteriormente para la obtención del promedio es dividido el valor de precipitación acumulada entre el número de días en los cuales ésta se produjo:

$$P(i) = \frac{\sum_1^n p(j)}{n}$$

Siendo "P(i)" la precipitación promedio asociada a cada PSO, "i" el número del PSO, "p(j)" la cantidad de precipitación registrada en el día "j" y "n" número de días en que se presentó el patrón de circulación definido como PSO(i).

La probabilidad de ocurrencia de precipitación asociada a los PSO es determinada por el programa a través de un contador, el cual registra el número de veces en las que se produjo un evento de precipitación, para posteriormente realizar la división entre el número de casos totales y multiplicarlo por cien para obtener la probabilidad en porcentaje:

$$Prob(i) = \frac{c}{n} \times 100$$

Siendo "Prob(i)" la probabilidad de precipitación asociada a cada PSO, "i" el número del PSO, "c" la cantidad de casos en los cuales se produjo al menos 0.1 mm de precipitación, "n" número de días en que se presentó el patrón de circulación definido como PSO(i).

Es importante recalcar que el programa detecta las fechas en que existen datos faltantes, identificados como 999, con la finalidad de que la ausencia de estos valores no altere el promedio de la precipitación así como la probabilidad de que ésta se produzca.

Finalmente, la información de cada estación es impresa en distintos archivos de formato ".dat" correspondientes a cada Proceso Sinóptico Objetivo, por ejemplo para el bimestre mayo-junio serán generados veintitrés archivos de formato ".dat" con la una estructura que permite la elaboración, de manera rápida, de las grillas en el software SURFER para su posterior graficación, a continuación un ejemplo de la estructura de los archivos de salida.

Longitud	Latitud	Nombre de la Estación	Precipitación Promedio	Probabilidad de Precipitación
10.5	-66.8	UCV	25.1	46.3
8.3	-62.7	Macagua	55.6	98.2

2.5.2 Criterio para el Análisis de la Distribución Espacial de la Precipitación

La definición de la intensidad de la precipitación en Venezuela fue extraída del criterio elaborado por el Centro de Pronóstico Hidrometeorológico de CVG-EDELCA en donde se establecen los siguientes umbrales.

INTENSIDAD	
No Lluvia	Registro de 0
Débil	Entre 0.1 y 5 mm
Moderada	Entre 5.1 y 20 mm
Fuerte	Entre 20.1 y 50 mm
Severas	Mayores que 50 mm

Cuadro 2.5. Intensidades de precipitación.

2.6 VINCULACIÓN DE LOS REGISTROS DE OLR Y TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR CON LOS PROCESOS SINÓPTICOS OBJETIVOS

El procedimiento para establecer la vinculación de los Procesos Sinópticos Objetivos con el comportamiento de la radiación saliente de onda larga (OLR) y la temperatura de la superficie del mar (TSM) consiste en seleccionar, para posteriormente

promediar, los valores de los parámetros correspondientes a las fechas en las que se produjo cada proceso sinóptico.

Como se ha mencionado, existe una matriz de valores (144 columnas y 73 filas) por cada fecha en el período de registro de la OLR, todas estas matrices fueron agrupadas manualmente según el registro de fechas que posee cada PSO, teniendo como resultado una serie de archivos en donde cada uno posee una matriz con un número de columnas fijo (144) pero un número de filas que varía según la recurrencia del proceso sinóptico al cual está asociada.

Para el caso de los datos de la temperatura de la superficie del mar el tratamiento de agrupación sufrió una modificación debido a que la escala de tiempo del registro es semanal, a diferencia de la escala de tiempo de los PSO que es diaria. Para realizar la conexión entre ambas escalas temporales se establecieron una serie de criterios que permitieron asociar el comportamiento de esta variable con los PSO, los criterios establecidos son mencionados a continuación.

- 1) La asociación de los PSO con la temperatura de la superficie del mar fue realizada con los procesos que constituyen un 66% de los datos y los eventos extremos. No fueron tomados en cuenta los procesos que incluyen el 33% de los casos debido a que el número de matrices de TSM asociadas es muy pequeño, estando sujeta la descripción de la influencia de la TSM por dos o tres matrices, el promedio seguramente no representa el verdadero vínculo entre la variable y el proceso.
- 2) Las matrices de datos de TSM en donde las situaciones se mantuvieron por más de cuatro días dentro de la semana promediada fueron seleccionadas; esta condición permite que no se le atribuya una misma matriz a varios procesos sinópticos manteniendo así las diferencias entre grupos factor fundamental en los procesos de clasificación.
- 3) Eventos en los procesos sinópticos con tres días de duración dentro de la semana promediada de la TSM fueron atribuidas a ese proceso sinóptico si no existían más de dos días de esa semana en otros PSO.

El simple hecho de promediar cada punto de las matrices (10512 puntos para el caso de la OLR y 16380 para la temperatura de la superficie del mar) y ordenarlas de manera que pudiesen ser graficadas fácilmente representaba una considerable tarea. Los programas "Datos OLR" y "TSM" fueron diseñados para solventar este problema, ambos se elaboraron utilizando Visual Fortran 6.6a. El principio de funcionamiento es básicamente el mismo para ambos programas, se efectúa la lectura y almacenamiento de los archivos de entrada, en esta etapa el programa tiene la capacidad de separar las distintas matrices que componen a un grupo, para luego realizar el promedio punto por punto almacenándose estos resultados en una matriz solución. Una vez obtenidos los promedios se procede a la fase de impresión de las matrices en archivos ".dat" de manera tal que puedan ser convertidos fácilmente en grillas del software SURFER para su posterior graficación, la estructura de los archivos de salida se presenta a continuación.

Longitud	Latitud	OLR
0	90	150.1
2.5	90	140.2
-2.5	-90	155.6

2.7 VINCULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR CON LAS PRECIPITACIONES SOBRE VENEZUELA

El objetivo de realizar este análisis es relacionar la influencia de los cambios de temperatura en la superficie marina con el campo de las precipitaciones distribuidas a lo largo del territorio nacional.

Motivado a que los datos de temperatura de superficie del mar son promedios semanales, para escoger los datos de temperatura de una semana, el número de días de ocurrencia de un proceso no debería ser menor de 4 dentro de una misma semana. Sin embargo, en los eventos extremos, los casos que tenían 4 o más días dentro de una semana eran reducidos, por lo que se disminuyó a 3 días el criterio para tomar la temperatura de esa semana.

La precipitación de cada región en Venezuela, fue correlacionada con 3 zonas, dos de las cuales son usadas por la N.O.A.A. para investigaciones y una tercera definida en este trabajo, la cual utiliza una zona próxima a las costas venezolanas:

- Atlántico Norte: 5° S – 20° N y 35° O – 60° O.
- Niño 1+2: 10° S – 0° N y 80° O – 90° O.
- Mar Caribe: 10.5° N – 15.5° N y 75.5° O – 60.5° O.

En estas zonas se estudió la influencia de la temperatura durante la misma semana de ocurrencia del proceso, así como la semana anterior (LAG-1).

Para un proceso determinado, se extrajeron las matrices de datos semanales de temperatura de la superficie marina, identificando las zonas de estudio correspondientes en la matriz. Se separaron los datos de temperatura dentro de cada una de ellas para ser promediadas individualmente. Seguidamente, para cada día de cada proceso, se obtiene una temperatura en cada zona de estudio, además de las temperaturas en cada zona para la semana anterior, todo este procedimiento se llevo a cabo a través del empleo de un programa desarrollado en Visual Fortran 6.6a.

El siguiente paso fue organizar los datos de precipitación en archivos individuales para cada proceso. Cada línea del archivo consta de la fecha de ocurrencia del proceso, el nombre de la estación, la precipitación registrada y las temperaturas para cada zona del mar (en total 6 contando las que se refieren a LAG-1). Un ejemplo del formato de la línea de un archivo es el siguiente:

DIA	MES	AÑO	ESTACION	PREC. (mm)	T.(°) AN	T.(°) NINO 1+2	T.(°) CA	T.(°) AN (LAG-1)	T.(°) NINO 1+2 (LAG-1)	T.(°) CA (LAG-1)
19	8	1982	EL CARBON	0.3	27.512	21.878	27.726	27.45	21.99	27.872

Cuadro 2.6. Ejemplo de Salida del Programa para TSM.

Utilizando Microsoft Excel 2003, se abrieron estos archivos y usando un filtro se pudo separar las estaciones y agruparlas según sus regiones correspondientes, para luego traspasar estos datos al software Minitab 14 y correlacionar la precipitación con la temperatura del mar de cada zona. Los resultados arrojados por Minitab indican el valor

del coeficiente de correlación y el valor de significancia estadística de la correlación "p-value"

Como resultado de este proceso se obtiene un cuadro como el siguiente para cada proceso:

	Mayo-Junio. PSO 1			Mayo-Junio. PSO 1 (LAG -1)		
	OCCIDENTE					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.006	0.026	0.018	0.003	0.021	-0.002
p-value	0.817	0.327	0.489	0.907	0.42	0.938
	ANDES					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.004	0.014	0.032	-0.001	0.01	0.031
p-value	0.819	0.485	0.1	0.976	0.617	0.104
	COSTA ORIENTAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.048	0.016	0.005	-0.044	0.001	0.023
p-value	0.303	0.728	0.908	0.337	0.99	0.618
	COSTA CENTRAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.131	0.068	0.133	0.078	0.093	0.115
p-value	0	0.037	0	0.018	0.004	0
	LLANOS					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.014	-0.015	0.067	0.019	-0.01	0.075
p-value	0.585	0.557	0.009	0.474	0.713	0.004
	SUR					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.033	0.02	0.076	0.048	0.018	0.096
p-value	0.058	0.262	0	0.006	0.303	0

Cuadro 2.6. Ejemplo de Tabla con Coeficientes de Correlación y Nivel de Significancia.

2.8 ESTUDIO DE LAS ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA DEL MAR PARA EVENTOS FRECUENTES Y EXTREMOS

Este estudio complementa en cierta manera el proceso anterior, ya que se trata de identificar la posible influencia de las anomalías de la temperatura de la superficie marina sobre la ocurrencia de la precipitación.

Los promedios de TSM para cada zona se obtuvieron a través del empleo de las expresiones presentadas a continuación:

$$\text{Temperatura } \overline{AN} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Temperatura dia } n_{AN}}{n}$$

$$\overline{\text{Temperatura NIÑO1+2}} = \frac{\sum_{1}^n \text{Temperatura dia } n_{\text{NIÑO1+2}}}{n}$$

$$\overline{\text{Temperatura CA}} = \frac{\sum_{1}^n \text{Temperatura dia } n_{\text{CA}}}{n}$$

De esta manera el valor medio de una zona se puede restar de cada valor individual en todos los procesos de la misma zona para obtener la anomalía.

$$\text{Anomalia para dia } i_{\text{AN}} = \text{Temperatra dia } i_{\text{AN}} - \overline{\text{Temperatura AN}}$$

$$\text{Anomalia para dia } i_{\text{NIÑO1+2}} = \text{Temperatra dia } i_{\text{NIÑO1+2}} - \overline{\text{Temperatura NIÑO1+2}}$$

$$\text{Anomalia para dia } i_{\text{CA}} = \text{Temperatra dia } i_{\text{CA}} - \overline{\text{Temperatura CA}}$$

Los valores anómalos para un proceso se promedian de manera de obtener un único valor anómalo en cada proceso y cada zona.

$$\overline{\text{Anomalia AN, PROCESO } i} = \frac{\sum_{1}^n \text{Anomalia para dia } n_{\text{AN}}}{n}$$

$$\overline{\text{Anomalia NIÑO1+2, PROCESO } i} = \frac{\sum_{1}^n \text{Anomalia para dia } n_{\text{NIÑO1+2}}}{n}$$

$$\overline{\text{Anomalia CA, PROCESO } i} = \frac{\sum_{1}^n \text{Anomalia para dia } n_{\text{CA}}}{n}$$

2.9 ELABORACIÓN DE MAPAS UTILIZANDO EL SOFTWARE SURFER 8

2.9.1 Mapas Isoyéticos y Probabilísticos

Se elaboraron mapas isoyéticos y probabilísticos correspondientes al territorio nacional y a la cuenca del río Caroní para cada proceso sinóptico. Partiendo de los archivos generados por el programa que vinculaba la precipitación con cada Proceso Sinóptico Objetivo, el software Surfer 8 es capaz de utilizar estos datos ordenados y realizar interpolaciones espaciales, basado en la en la información georeferenciada. El método de interpolación utilizado fue Kriging.

La grillas de salida de la interpolación son almacenadas en archivos tipo .GRD que se sobrepone en un mapa base (archivo tipo .BLN, .MIF, etc. soportado por el software) donde se observa de manera gráfica resultados obtenidos por el software. Como la interpolación se realiza sobre una grilla rectangular, es necesario aplicarle otro tratamiento

posterior para “eliminar” las líneas que quedan fuera de los límites del mapa. El producto final es presentado a continuación.

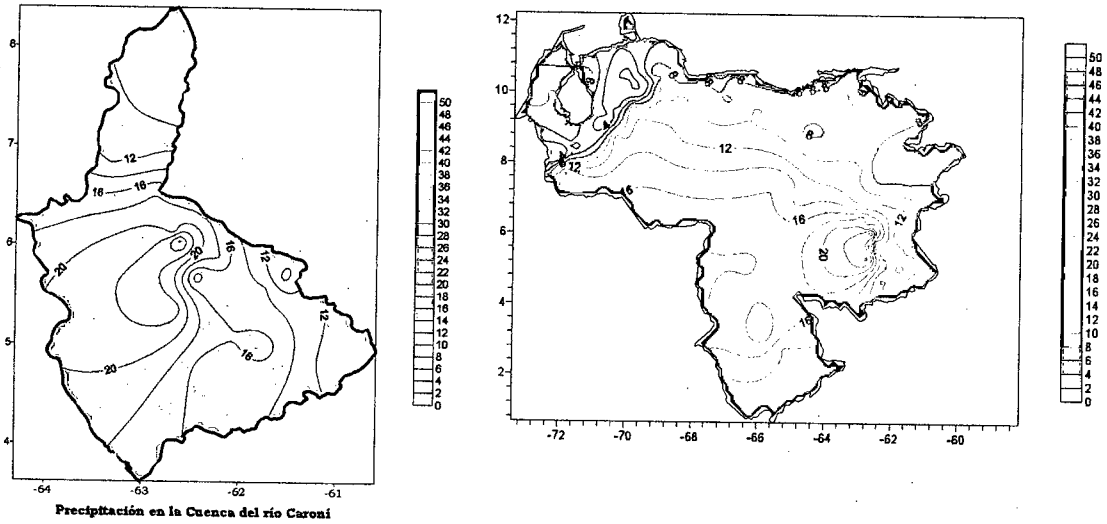


Figura 2.3. Ejemplo de mapas isoyéticos elaborados con Surfer 8 sobre la cuenca del Río Caroní y Venezuela.

Siguiendo la misma metodología anteriormente descrita, pero esta vez con la columna de los datos de probabilidad de ocurrencia de precipitación en cada estación, arrojados por el programa, fue posible elaborar los mapas de distribución espacial de la probabilidad de precipitación sobre Venezuela y sobre la cuenca del río Caroní.

prob. Prec \geq ?
91

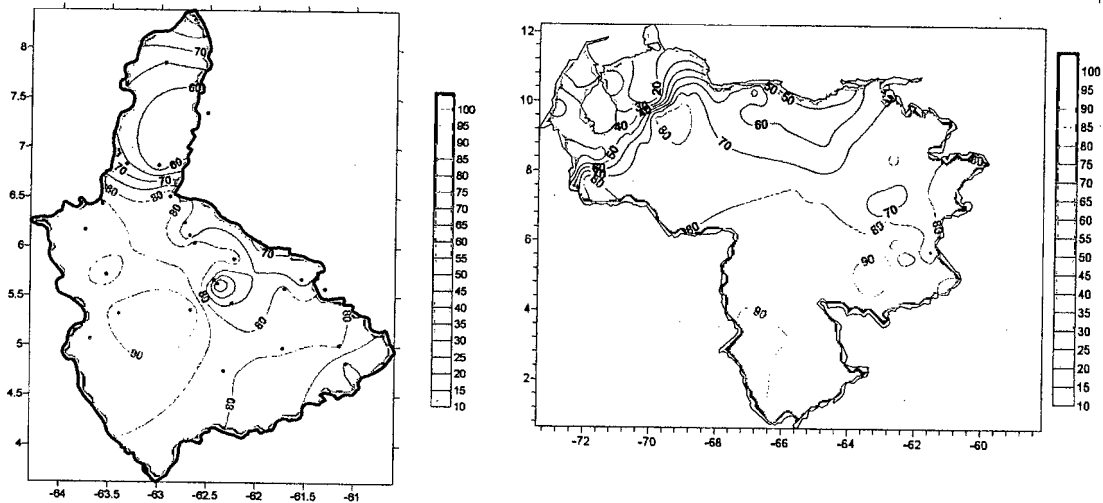


Figura 2.4. Ejemplo de mapas de probabilidad de precipitación elaborados con Surfer 8 sobre la cuenca del Río Caroní y Venezuela.

Cada isolínea tiene asociado su valor correspondiente de precipitación o probabilidad, según se el caso. Se hace más fácil visualizar los valores sobre el mapa con los números en las isolíneas en vez de colocar una escala de colores asociados a la precipitación o la probabilidad, de igual manera que se ahorra espacio necesario para la ubicación de los mapas sobre las hojas.

2.9.2 Mapas de Radiación de Onda Larga Saliente (OLR) y Temperatura de la Superficie del Mar.

En la elaboración de los mapas de OLR y temperatura de la superficie marina, se utilizaron mapas con los límites dados en los Procesos Sinópticos Objetivos, es decir, ubicando su rango entre los 35° O a 95° O y 10° S a 30° N.

Basados en la metodología anteriormente descrita para elaborar mapas de precipitación, pero usando los archivos de salida ".dat" del programa que vincula la OLR y temperatura de la superficie marina con los procesos sinópticos, Surfer 8 es capaz de interpolar estos valores, utilizando nuevamente el método Kriging para crear mapas de la distribución espacial de la radiación de onda larga saliente y temperatura de la superficie marina en el área de estudio. Un ejemplo se visualiza a continuación.

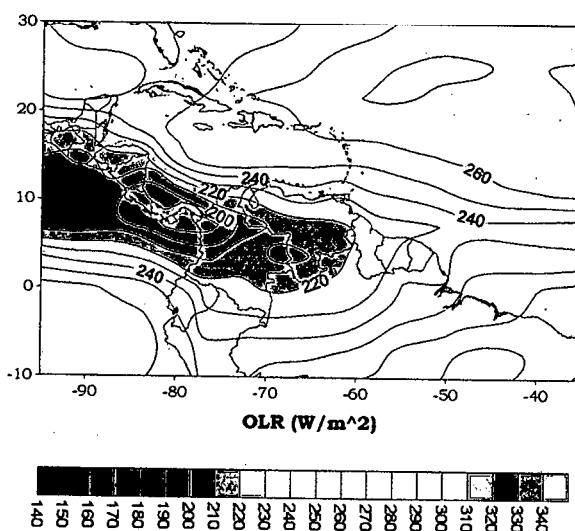


Figura 2.5. Ejemplo de mapa de radiación de onda larga saliente (OLR) elaborado con Surfer 8.

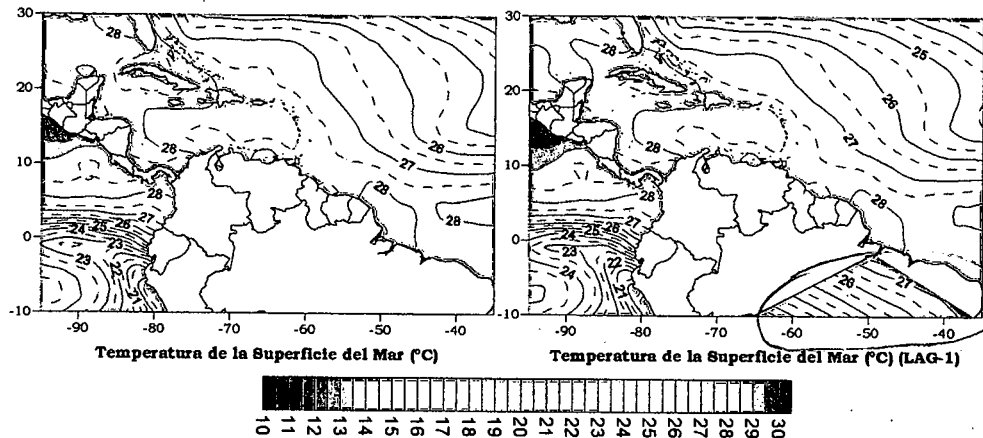


Figura 2.6. Ejemplo de mapas de la temperatura de la superficie del mar elaborados con Surfer 8.

2.10 ELABORACIÓN DE HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN PROBABILIDAD

Los histogramas de precipitación y probabilidad de ocurrencia de eventos sobre Venezuela sirvieron como herramienta de ayuda en el análisis de las lluvias asociadas a los procesos sinópticos. Las distintas regiones en Venezuela (Occidente, Andes, Costa Oriental, Costa Central, Llanos y Sur) fueron definidas según el régimen de precipitaciones que presentan las estaciones y su ubicación geográfica (ver Cuadro 2.8). El promedio de precipitación obtenido en cada región, y en cada proceso, tanto así como los valores de probabilidad de ocurrencia de lluvias, se graficaron utilizando Microsoft Excel 2003. En el histograma se aprecian ambas variables, con los ejes verticales indicando las unidades.

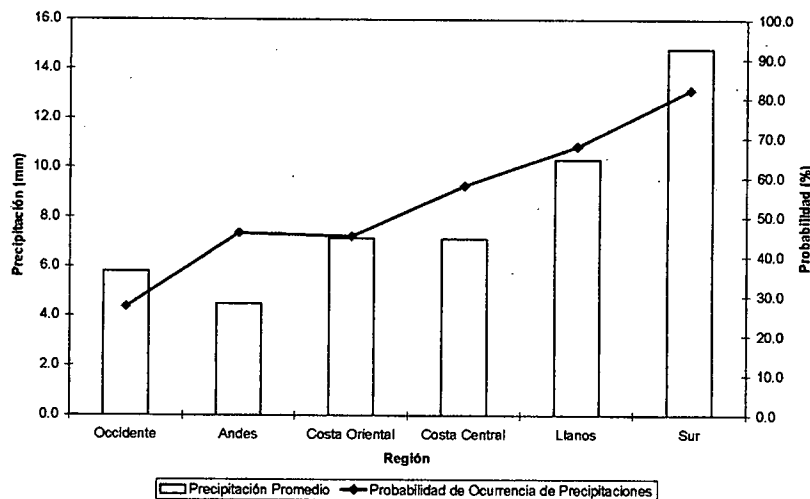


Figura 2.7. Ejemplo de histogramas de intensidad y probabilidad de ocurrencia en distintas de precipitación en distintas regiones de Venezuela.

OCCIDENTE	ANDES	C. ORIENTAL	C. CENRAL	LLANOS	SUR
EL CARBON	PUEBLO HONDO	CARIACO	RANCHO GRANDE	PARIAGUAN	HATO BUENA VISTA
EL CONSEJO QUIROZ-EL TABLAZO	COLON-ESCUELA FEDERAL	TUNAPUY	EMBALSE DE CAMATAGUA	EL TIGRE-CIA-GUANIPA	UPATA
VILLA DEL ROSARIO	UREIA	CUMANACOA-LA GRANJA	LOS CARACAS	MUSINACIO	SANTA ROSALIA
MACHIKUES-GRANJA M.A.C.	PARAMO EL ZUMBADOR	SAN FRANCISCO MACAN.	CARAYACA	ELORZA	LAS TRINCHERAS
SANJOSE	EL PARADERO	PUNTA DE PIEDRAS	CARACAS-LA MARIPOSA	BARRANCAS	MARIPA
CANAL V.O.C.	VALLE HONDO	CURATAQUICHE	CUA-TOVAR	QUEBRADA SECA	ANACOCO
EL TUCUCO	CENIZO-CAMPAMENTO VIVIAN		AGUA FRIA	ARISMENDI	EL DORADO
SANTA BARBARA TOCUYO DE LA COSTA	GUAMAS DE MONAY		CARACAS-CAURIMARE	GUACARA	CARONI EN MACAGUA
QUEBRADA ARRIBA	SABANA GRANDE		SAMAN MOCHO	SAN CARLOS-UNELLEZ	LAS BABAS EN GURI
SANFRANCISCO	ESCUQUE		EL LAUREL	TINACO	EL MANTECO
ALTAGRACIA	LAS CRUCES		BAJO SECO VIEJO	EL PAO-OFICINA	PERIQUERA
CARORA-GRANJA SABANA GRANDE-T.S.	SANTIAGO DE TRUJILLO		UCV	PRESA TAMANACO	AREKUNA
LOS ARANGUES	LA QUEBRADA			VALLE DE LA PASCUA	URIMAN
SICARIGUA	LA MESA DE ESNUJAQUE			BIOLOGICA LOS LLANOS	KAMARATA
TRENTINO-LA PASTORA	JAJO			MESA DE CAVACAS	MAYUPA
	EL VIGIA			TARIA	TEPOCHI
	TABAY			SAN FELIPE	AONDA
	MESA BOLIVAR			CAMPO ELIAS	URUYEN
	TOVAR			URACHICHE	QUIBATEI
	CANAPE			CENTRAL MATILDE	WAIQUIMBA
	BARAGUA				TUNA
	SIQUISIQUE				ARIPICHI
	MOROTURO				KAVANAYEN
	RIO TOCUYO				PARUPA
	BOBARE				SAN IGNACIO DE YURUANI
	DUACA				SAN RAFAEL DE CAMOIRAN
	ARENALES				WONKEN
	BARQUISIMETO-C/AGUA				AGUA FRIA
	SABANA GRANDE-GUAGO				CARAPO
	CURARIGUA				EL CAZABE
	QUIBOR				LA PARAGUA
	CUBIRO				TONORO
	SANARE				GUAINA
	HUMOCARO BAJO				KARUN
					SAN CARLOS RIO NEGRO
					TAMA-TAMA
					SANTA BARBARA-ORINOCO
					SAN FERNANDO DE ATABAPO
					YEKUNA
					SAN JUAN MANAPIARE
					SANTA MARIA GUAICAS
					TUCUPITA-GRANJA

Cuadro 2.8. Lista de Estaciones Divididas por Regiones.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 BIMESTRE MAYO-JUNIO

El bimestre mayo-junio caracteriza el comienzo del periodo lluvioso en Venezuela. Específicamente en mayo se presenta la entrada de la temporada de precipitaciones en la mayor parte del territorio con un aumento de la precipitación en dirección SO hacia el NE siguiendo el desplazamiento de la ZCIT. *Para el mes de junio se establece la temporada de T. Lluviosa en el sur y centro del país, dando inicio en este mes a las precipitaciones en la costa central y oriental del país.* Para las zonas en donde la precipitación posee un régimen bimodal en este bimestre se registra el primer máximo del año, los Andes, Zulia, Llanos orientales y el extremo sur del país presentan este tipo de comportamiento.

Para este bimestre se mantiene una influencia de la Alta Presión del Atlántico Norte sobre las costas venezolanas inhibiendo la convección, sin embargo la advección de aire frío proveniente de latitudes medias introduce inestabilidad con una influencia directa del eje de las Vaguadas posicionadas en las cercanías de la zona.

La selección de los PSO identificó 23 patrones circulatorios (Fig.3.1). Los 6 primeros procesos acumulan el 66% de la muestra total para el período 1978-1999, el 33% está distribuido en los siguientes 10 procesos y el 1% restante lo constituyen los PSO del 17 al 23, considerados estos últimos como eventos de poca recurrencia o extremos. El período de retorno aumenta considerablemente en los procesos excluidos principalmente en los tres últimos en donde el proceso 23 alcanza un período de retorno de 660 días bimestre (Fig.3.2). En mayo-junio, según la clasificación, existe la mayor estabilidad en los patrones circulatorios en la temporada lluviosa en Venezuela debido a que presenta la menor cantidad de Procesos Sinópticos Objetivos.

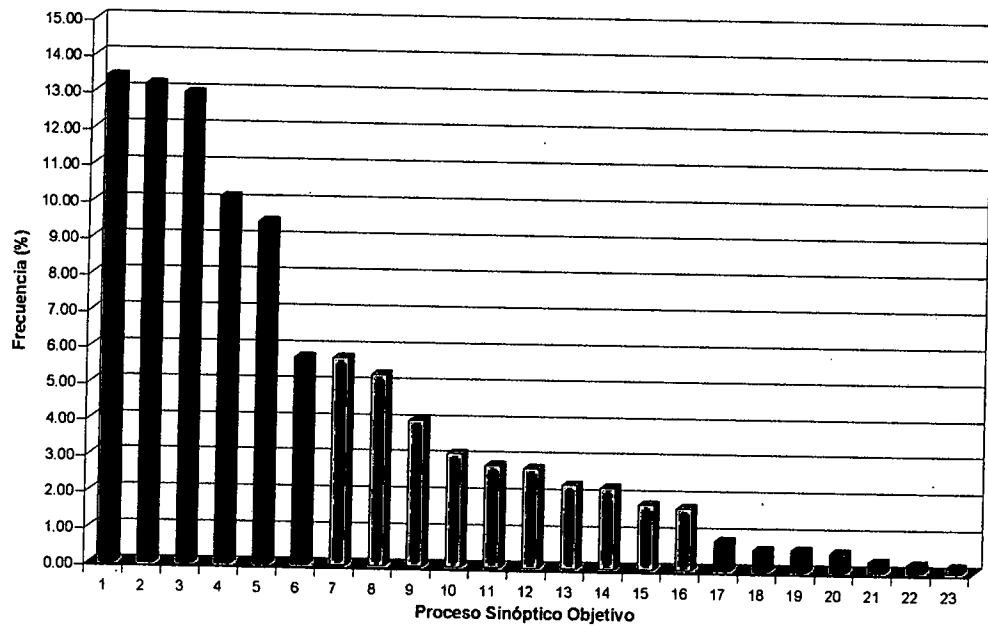


Figura 3.1. Frecuencia de los PSO. Bimestre Mayo-Junio.

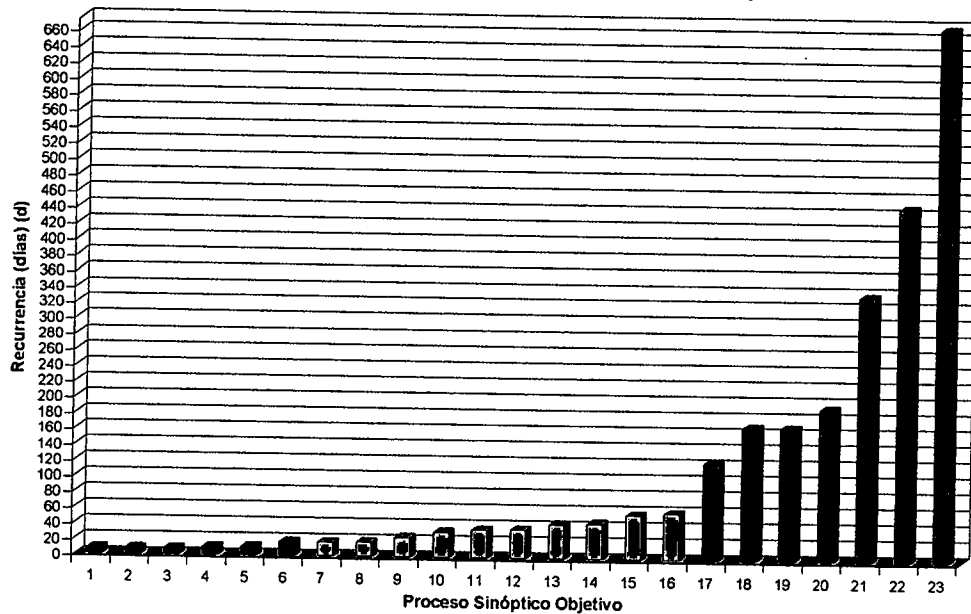


Figura 3.2. Período de Retorno de los PSO. Bimestre Mayo-Junio.

En el 66% de los casos el patrón sinóptico describe un flujo del oeste de moderada intensidad por encima de los 20° N acompañado de la presencia de una Vaguada en 200 hPa. Sobre Venezuela una dorsal anticiclónica, con alturas geopotenciales cercanas a los 12440 m, se posiciona sobre el oriente del país con penetración de flujo proveniente del sur. En niveles medios predomina el flujo del este sobre Venezuela con mayor influencia

Se requiere hoja o párrafo indicada del PROCESO SINÓPTICO N° 1

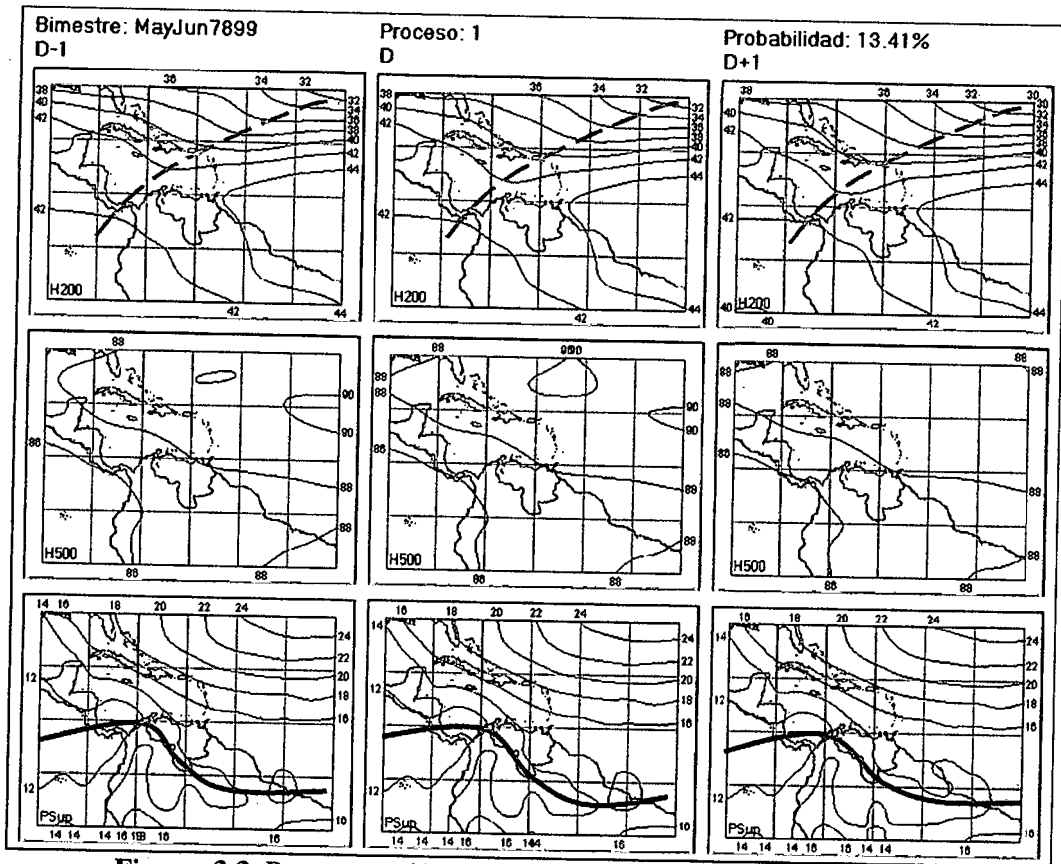


Figura 3.3. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 1 Bimestre Mayo-Junio.

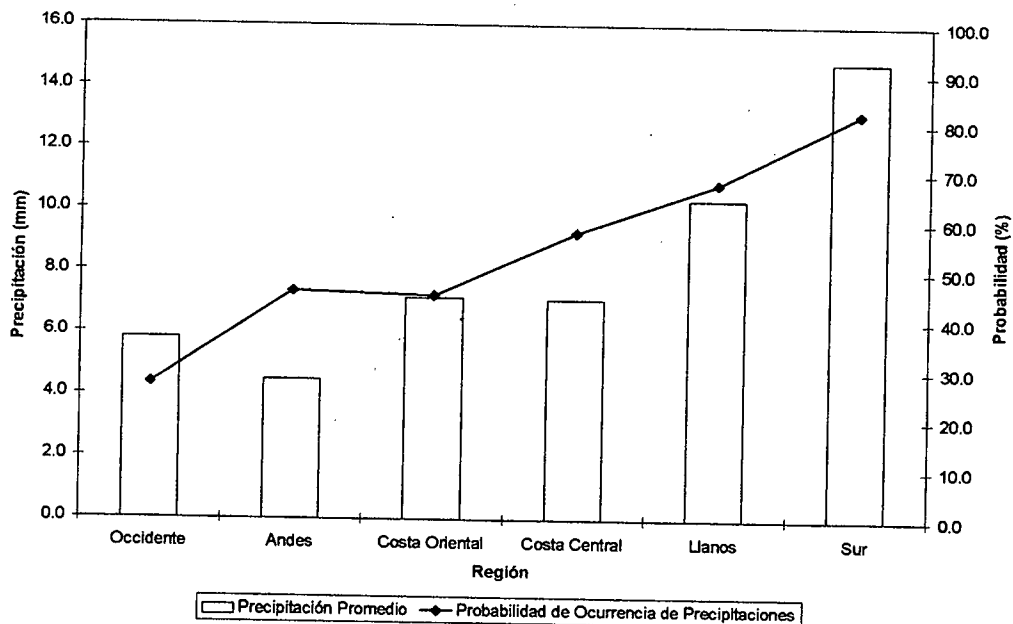


Figura 3.4. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 1, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Zona de Convergencia Intertropical influyendo sobre parte del occidente del país y el Estado Amazonas, interactuando en niveles altos con una vaguada cuyo eje se extiende desde el Atlántico hasta parte del Pacífico atravesando Panamá. En niveles medios se presenta una dorsal anticiclónica ubicada en las cercanías de las Costas venezolanas introduciendo un flujo del este en esa zona, a diferencia del sur y occidente del país en donde predomina el flujo con dirección Sur Sureste.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Convección profunda asociada a un valor mínimo de 190 W/m^2 ubicado sobre Panamá y parte del ~~noroeste~~ de Colombia. En tierra la línea de mínima OLR se corresponde con la línea de menor presión asociada a la ZCIT, destacándose diferencias en la posición en el Océano Atlántico. Es posible apreciar el efecto de la débil vaguada en niveles altos sobre el Caribe y Centroamérica.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 1			Mayo-Junio. PSO 1 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
0.037	-1.245	-0.060	0.007	-1.219	0.032

Cuadro 3.1. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 1 Bimestre Mayo-Junio.

	Mayo-Junio. PSO 1			Mayo-Junio. PSO 1 (LAG -1)		
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
OCCIDENTE						
r	0.006	0.026	0.018	0.003	0.021	-0.002
p-value	0.817	0.327	0.489	0.907	0.42	0.938
ANDES						
r	-0.004	0.014	0.032	-0.001	0.01	0.031
p-value	0.819	0.485	0.1	0.976	0.617	0.104
COSTA ORIENTAL						
r	-0.048	0.016	0.005	-0.044	0.001	0.023
p-value	0.303	0.728	0.908	0.337	0.99	0.618
COSTA CENTRAL						
r	0.131	0.068	0.133	0.078	0.093	0.115
p-value	0	0.037	0	0.018	0.004	0

	Mayo-Junio. PSO 1			Mayo-Junio. PSO 1 (LAG -1)		
	LLANOS					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.014	-0.015	0.067	0.019	-0.01	0.075
p-value	0.585	0.557	0.009	0.474	0.713	0.004
	SUR					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.033	0.02	0.076	0.048	0.018	0.096
p-value	0.058	0.262	0	0.006	0.303	0

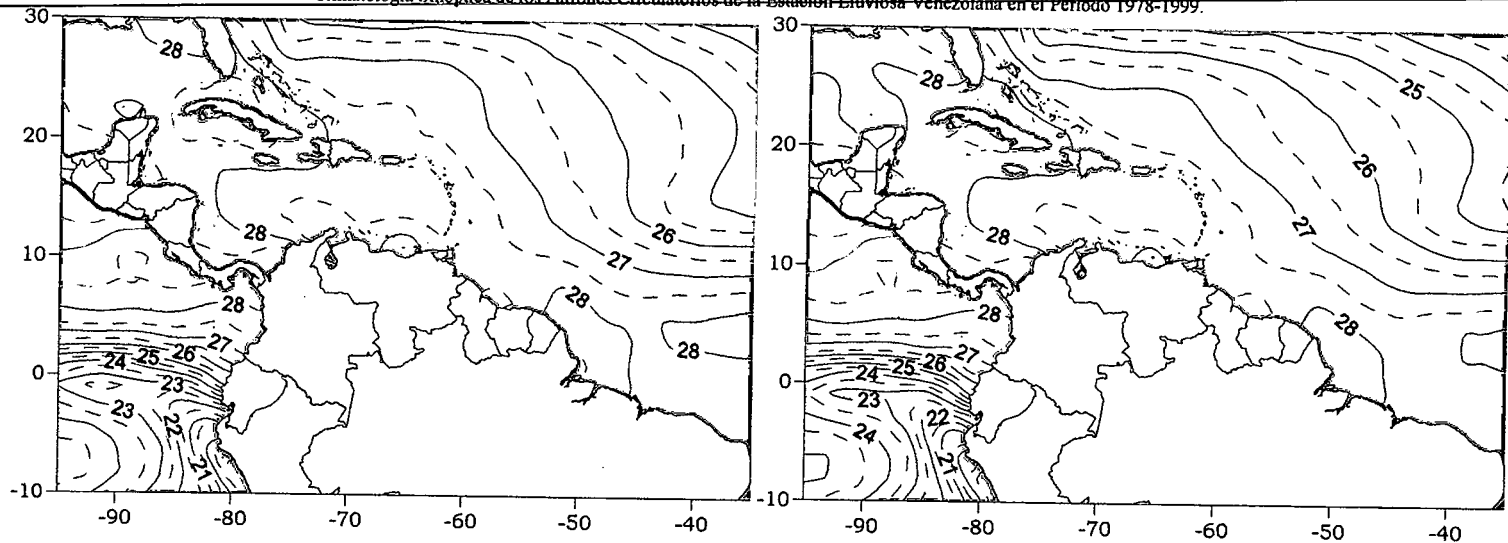
Cuadro 3.2. Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 1, Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones débiles en los Andes, Edo. Lara y parte de Falcón, para el resto del país se presenta un gradiente de precipitación desde la Costa, en donde la intensidad de los eventos se caracteriza por ser débil a moderada, hasta eventos de carácter moderado a fuerte en el sur del territorio nacional, destacándose la región del estado Bolívar con las precipitaciones de mayor intensidad. La probabilidad de ocurrencia con mayor magnitud se presenta en el sur del país con valores por encima del 80%, disminuyendo hacia el extremo norte. En el occidente las probabilidades son bajas con valores incluso por debajo del 20% en el Edo. Falcón. La intensa dorsal anticiclónica en niveles medios ubicada en las cercanías de la Costa venezolana impide el desarrollo de sistemas convectivos en el extremo norte del país, la ZCIT afecta principalmente el sur de Venezuela con una débil actividad hacia el occidente. La Vaguada en niveles altos no tiene incidencia sobre las condiciones atmosféricas del país.

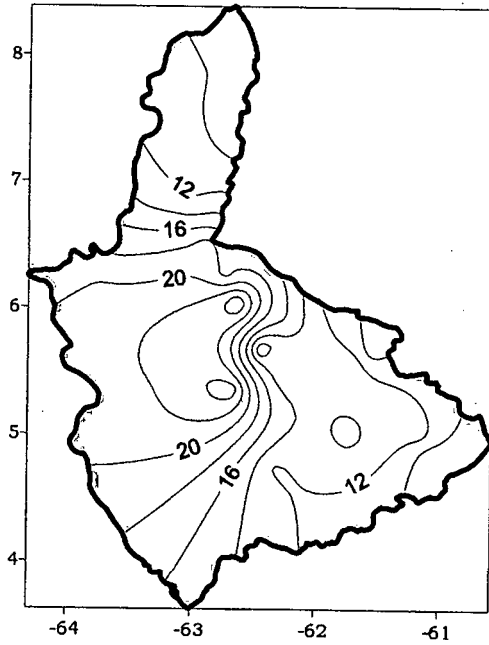
Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones moderadas se despliegan por casi la totalidad de la cuenca a excepción del Norte del sector Alto Paragua en donde se registran precipitaciones fuertes. Las menores cantidades de precipitación se aprecian en el sudeste del Alto Caroní y en el Bajo Caroní. En los sectores Alto Paragua y este del Bajo Paragua se registran los mayores valores de probabilidad de precipitación, aún así para el resto de la Cuenca existen altas probabilidades de ocurrencia de eventos de intensidad moderada. Las débiles condiciones anticiclónicas en niveles altos producen una disminución de la subsidencia y permiten la proliferación de nubes de moderado desarrollo debido a la divergencia del viento presente en ese nivel.

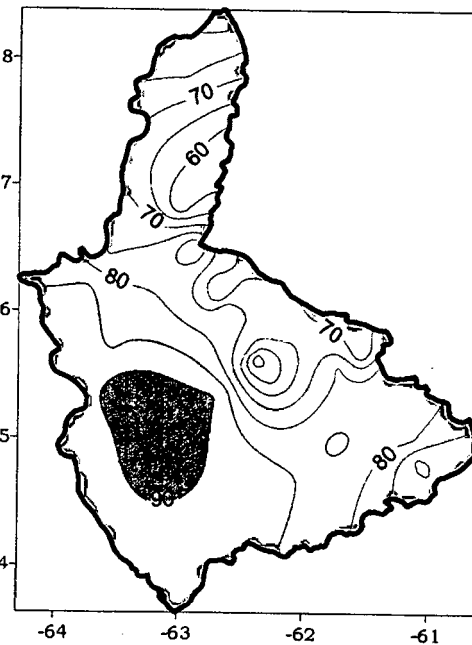


Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

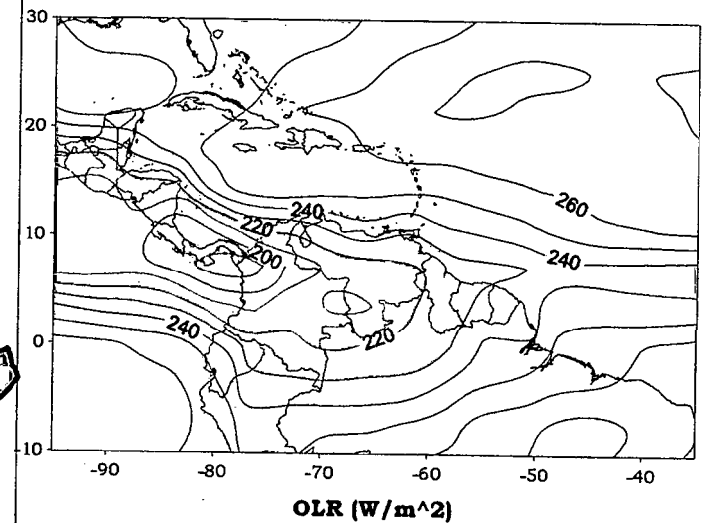
Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroní (mm)

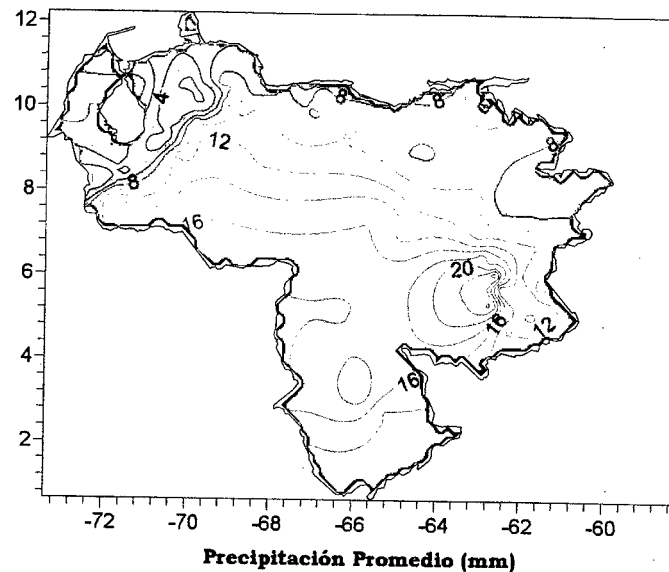
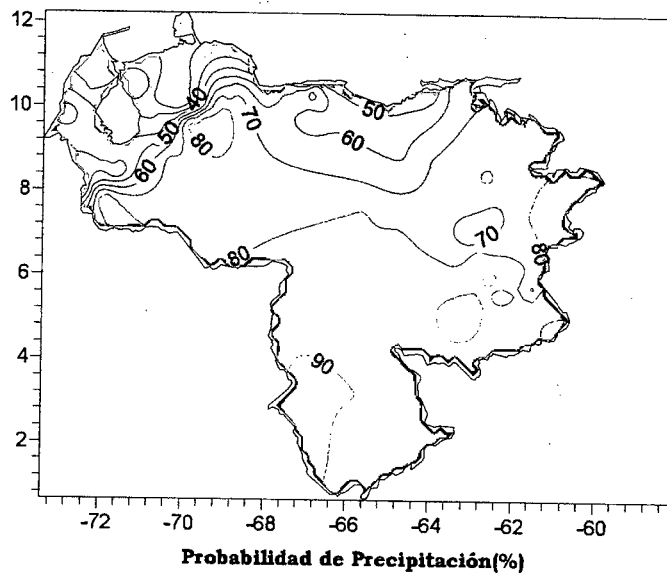


Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroní (%)

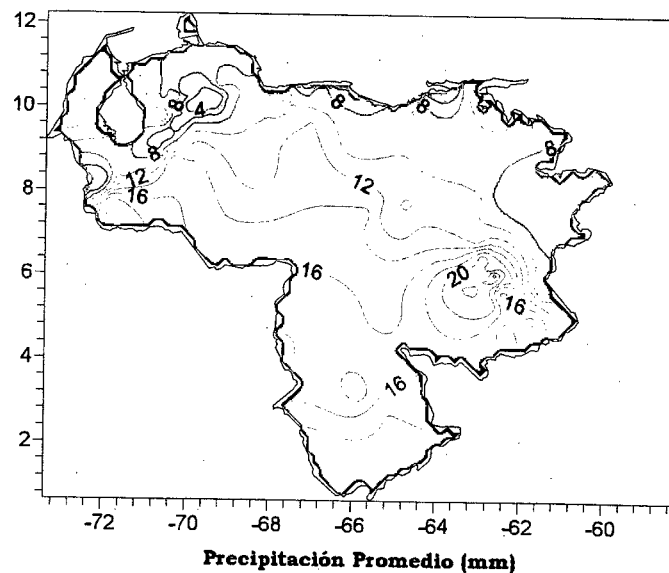
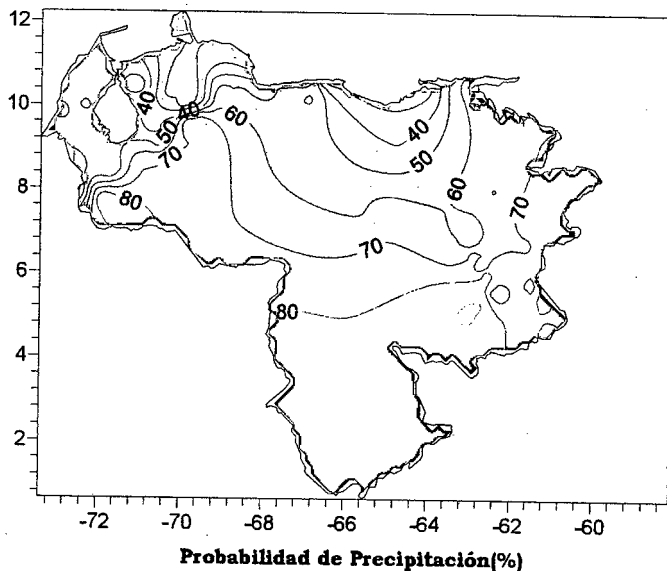


OLR (W/m²)

Figura 3.5. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag-1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 1, Bimestre Mayo-Junio.



PSD1



PSD2

Figura 3.6. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSDs 1 y 2, Bimestre Mayo-Junio.

Se requiere nombre indicadora del PROCESO SINÓPTICO N° 2, igual para los próximos PROCESOS.

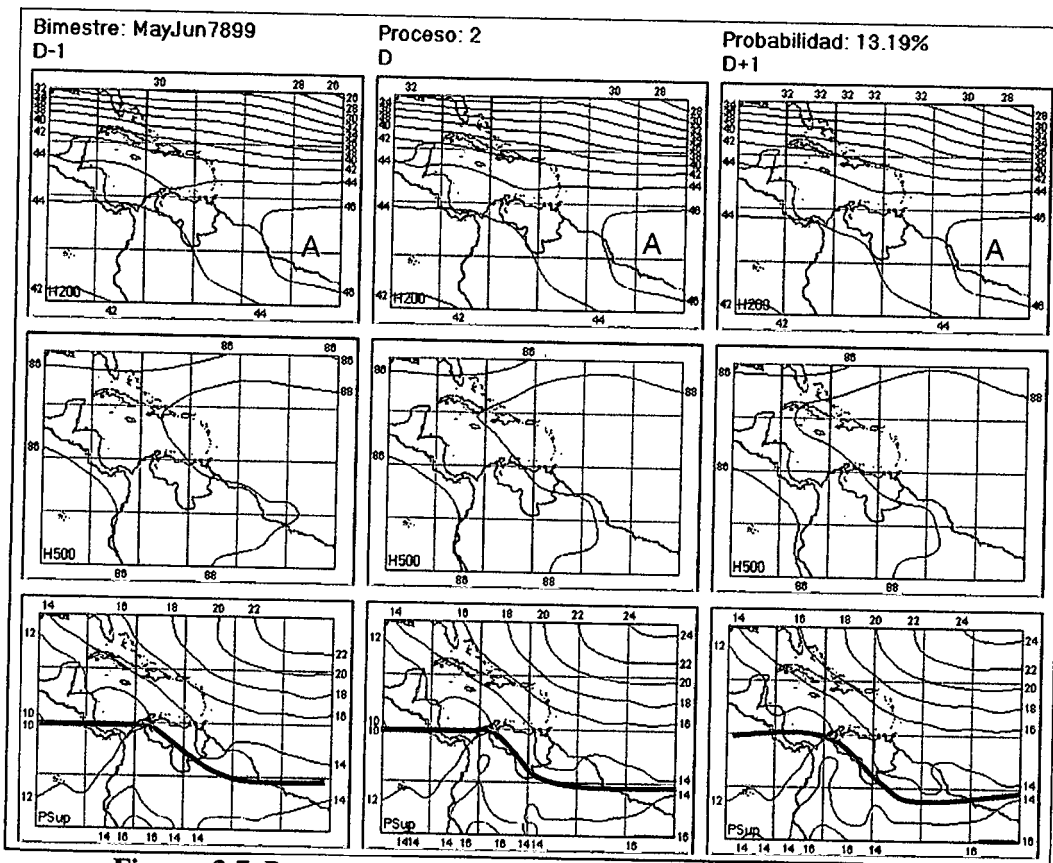


Figura 3.7. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 2 Bimestre Mayo-Junio.

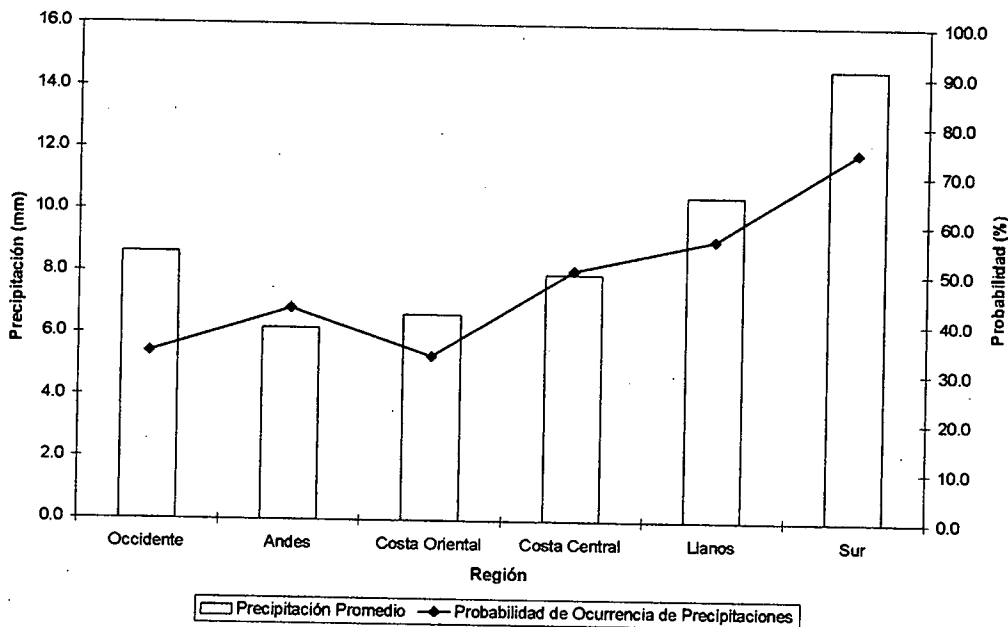


Figura 3.8. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 2, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

El eje norte de la ZCIT atraviesa el occidente y el extremo sur del país, en niveles medios y altos se refuerza la actividad anticiclónica sobre todo el territorio, particularmente en 200 hPa existe una intensificación de los Oestes con ligeras ondulaciones, en este nivel el flujo predominante sobre Venezuela es de origen Sureste.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Debilitamiento de la convección sobre Panamá contrasta con una expansión de la cobertura nubosa sobre Venezuela, afectando principalmente parte del occidente y sur del país. Leves ondulaciones del flujo en niveles altos introducen cierta inestabilidad sobre la región del Caribe cercana a los 20° N.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 2			Mayo-Junio. PSO 2 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
-0.137	-0.291	-0.013	-0.139	-0.593	-0.098

Cuadro 3.3. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 2 Bimestre Mayo-Junio.

	Mayo-Junio. PSO 2			Mayo-Junio. PSO 2 (LAG -1)		
	OCCIDENTE					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.025	-0.02	0.003	-0.035	-0.037	-0.004
p-value	0.447	0.554	0.921	0.288	0.272	0.902
	ANDES					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.035	-0.022	0.005	-0.029	-0.038	-0.003
p-value	0.147	0.374	0.851	0.228	0.121	0.907
	COSTA ORIENTAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.186	-0.024	0.205	0.182	-0.038	0.202
p-value	0.001	0.674	0	0	0.504	0
	COSTA CENTRAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.073	-0.042	0.133	0.104	-0.039	0.119
p-value	0.042	0.315	0.001	0.014	0.357	0.005

	Mayo-Junio. PSO 2			Mayo-Junio. PSO 2 (LAG -1)		
	LLANOS					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.079	0.094	0.106	0.057	0.066	0.118
p-value	0.019	0.005	0.001	0.089	0.05	0
	SUR					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.047	-1.21	0.092	0.056	-0.139	0.095
p-value	0.036	0	0	0.012	0	0

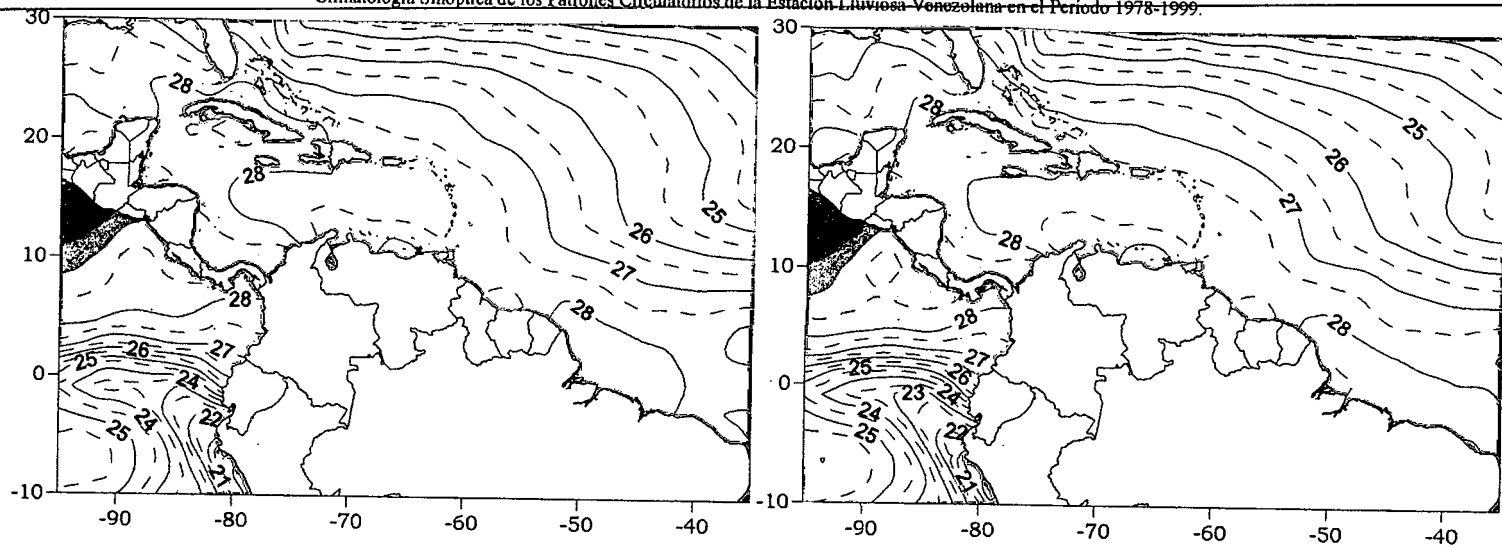
Cuadro 3.4. Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 2, Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Intensificación de la precipitación en el occidente del país y parte de la Costa Central, los mínimos valores registrados se presentan en el Edo. Lara a diferencia del Edo. Bolívar en donde las precipitaciones adquieren un carácter moderado a fuerte. Disminución generalizada de la probabilidad de ocurrencia de eventos de precipitación sobre todo el país, presentándose los valores más altos en el extremo sur y los menores valores en el norte principalmente en el Edo. Falcón. La intensificación de la actividad anticiclónica en todos los niveles incide en el desarrollo de sistemas nubosos comportamiento evidenciado principalmente por la disminución de la probabilidad de ocurrencia de precipitación sobre el país.

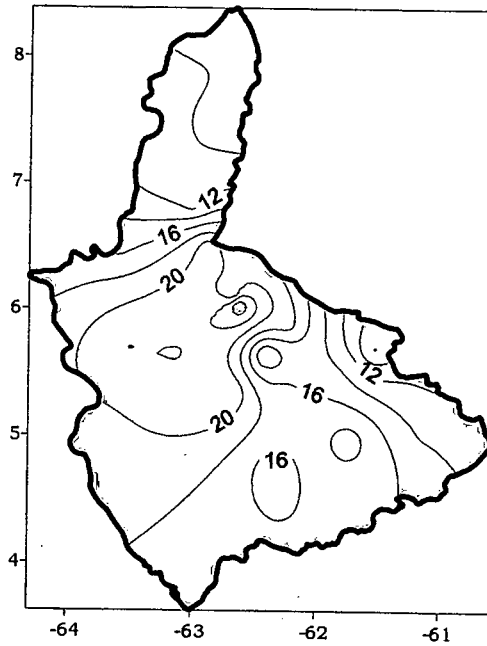
Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones moderadas en toda la Cuenca, registrándose las mayores intensidades al Norte del Sector Alto Paragua y medio Caroní. Se presenta una disminución de las probabilidades de precipitación y en la cantidad de la misma gracias a la influencia de una cuña anticiclónica en niveles medios sobre la cuenca y un reforzamiento de la subsidencia en 200 hPa.

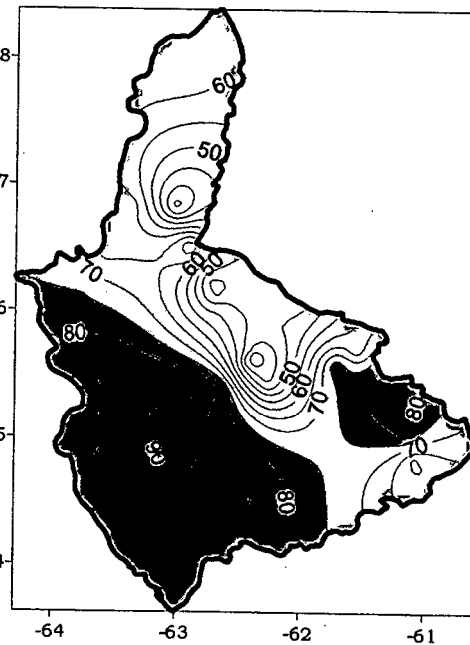


Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

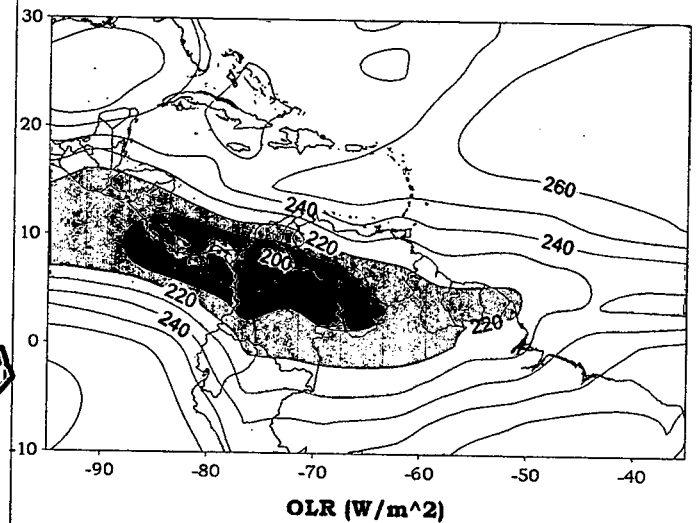
Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroní (mm)



Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroní (%)



OLR (W/m²)

Figura 3.9. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 2, Bimestre Mayo-Junio.

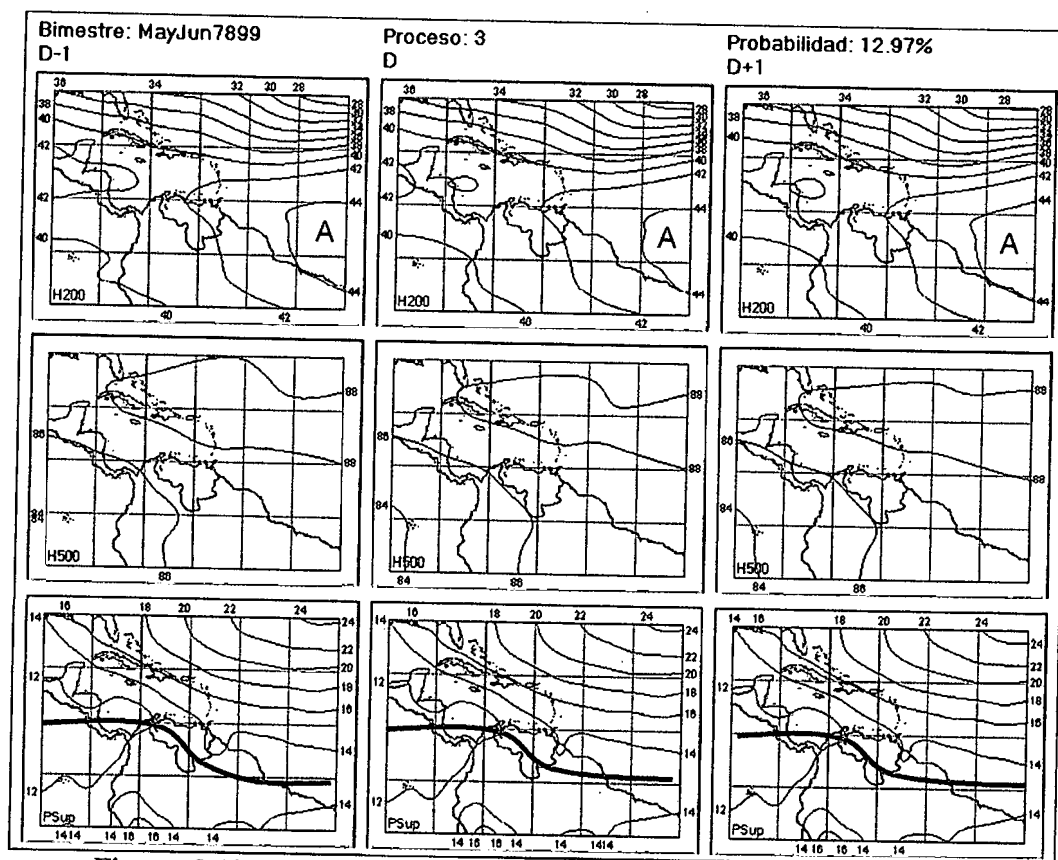


Figura 3.10. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 3 Bimestre Mayo-Junio.

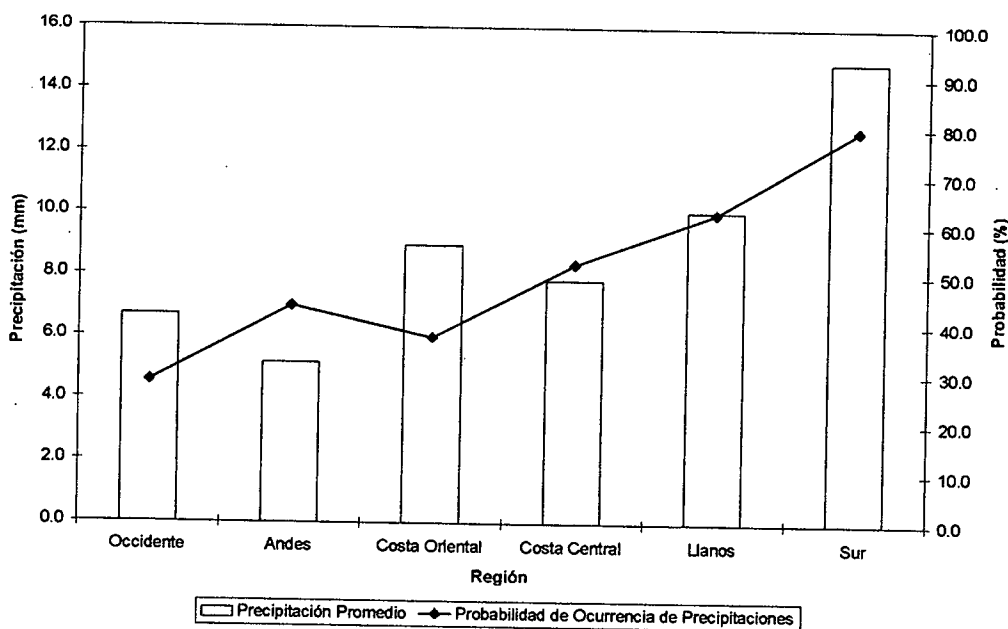


Figura 3.11. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 3, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Eje de la ZCIT se encuentra posicionado sobre el occidente y sur del país con un ligero ascenso debido a un debilitamiento de las condiciones de alta presión sobre el oriente del país, en niveles medios disminuye la influencia de la dorsal anticiclónica que se retira hacia el norte influyendo directamente sobre República Dominicana y las Antillas Menores. En la alta troposfera se produce una disminución del carácter anticiclónico de la circulación con un descenso en la intensidad del flujo del oeste con suaves ondulaciones.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Ligera disminución de la convección en el occidente y sur del país con un pequeño núcleo de 210 W/m^2 sobre el estado Amazonas. Al igual que en los procesos anteriores se mantiene la coincidencia de las líneas de mínima OLR y presión sobre el Pacífico y Venezuela a diferencia de las condiciones en el Atlántico donde existen discrepancias.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 3			Mayo-Junio. PSO 3 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
0.022	-0.792	-0.027	0.081	-0.785	0.019

Cuadro 3.5. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 3 Bimestre Mayo-Junio.

	Mayo-Junio. PSO 3			Mayo-Junio. PSO 3 (LAG -1)		
	OCCIDENTE					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.038	-0.04	0.067	0.126	-0.028	0.093
p-value	0.152	0.127	0.011	0	0.289	0
	ANDES					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.038	-0.049	0.129	0.102	-0.009	0.064
p-value	0.046	0.011	0	0	0.641	0.001
	COSTA ORIENTAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.038	-0.033	0.092	0.155	0.027	0.136
p-value	0.394	0.458	0.039	0.001	0.548	0.002
	COSTA CENTRAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.026	0.022	0.014	0.151	-0.004	0.136
p-value	0.43	0.503	0.66	0	0.903	0

	Mayo-Junio. PSO 3			Mayo-Junio. PSO 3 (LAG -1)		
	LLANOS					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.039	-0.011	0.006	0.119	0.013	0.122
p-value	0.131	0.682	0.823	0	0.612	0
	SUR					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.055	-0.009	-0.043	0.072	-0.003	0.085
p-value	0.001	0.616	0.011	0	0.861	0

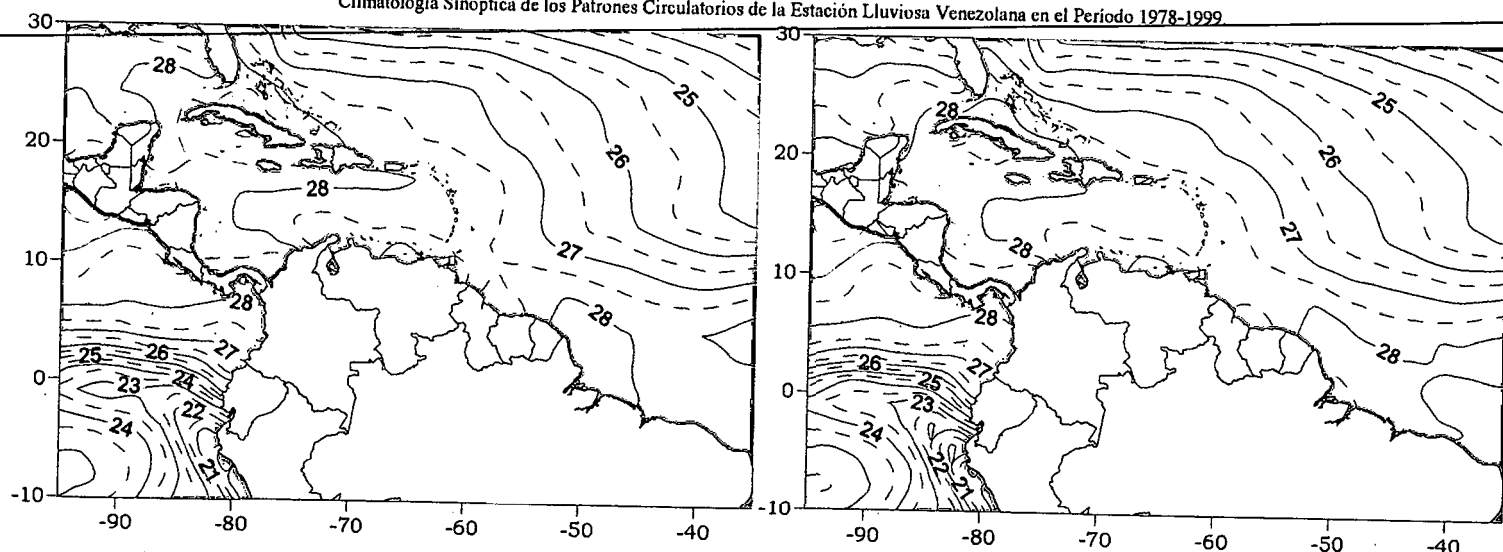
Cuadro 3.6. Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 3, Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Venezuela

Precipitaciones débiles en la región de los Andes con intensificación de la precipitación hacia el extremo nororiental del país son las características más resaltantes en el campo de precipitación. En líneas generales, se produce una disminución de la precipitación en el extremo norte en contraste con el aumento de la magnitud del parámetro en el extremo sur, coincidiendo con la distribución espacial de la OLR sobre Venezuela que presenta un descenso en la magnitud de la variable hacia el sur del país. Ligero aumento de la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones sobre todo el país destacándose valores superiores al 90% sobre el Edo. Amazonas y parte del Edo. Bolívar. Disminución de la actividad anticiclónica en todos los niveles permite un aumento de la probabilidad de precipitaciones sobre todo el territorio principalmente en la región nororiental en donde se presenta un incremento de la inestabilidad atmosférica producto del debilitamiento de la alta presión del Atlántico norte que influye directamente sobre esa zona.

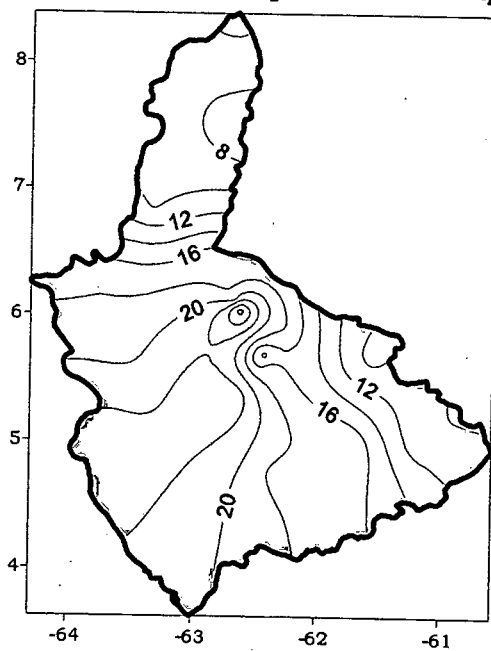
Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones moderadas en toda la cuenca con valores máximos en el Alto Paragua y extremo norte del Medio Caroní. Probabilidades mayores al 80% se registran en cuatro sectores de la cuenca a excepción del Bajo Caroní donde la probabilidad disminuye hasta un 60%. En niveles medios y altos existen condiciones favorables para la convección debido a la disminución de la actividad anticiclónica sobre el país, acompañado con un ligero ascenso de la ZCIT.

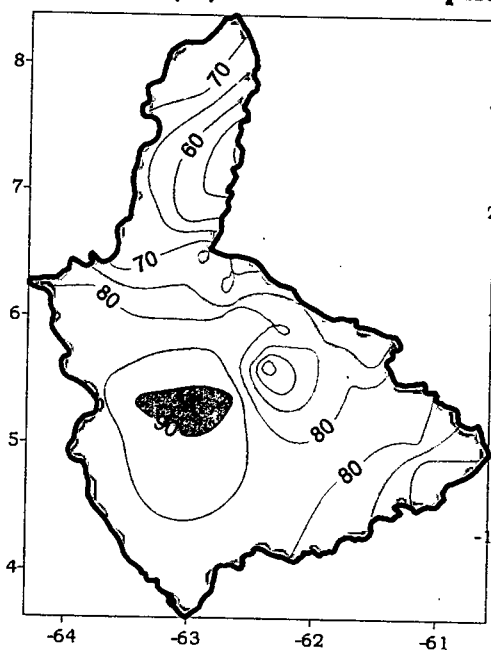


Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

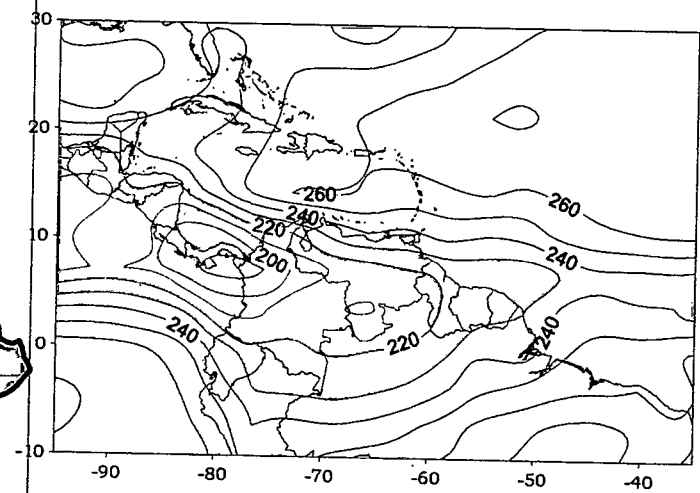
Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroní (mm)



Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroní (%)



OLR (W/m^2)

Figura 3.12. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 3, Bimestre Mayo-Junio.

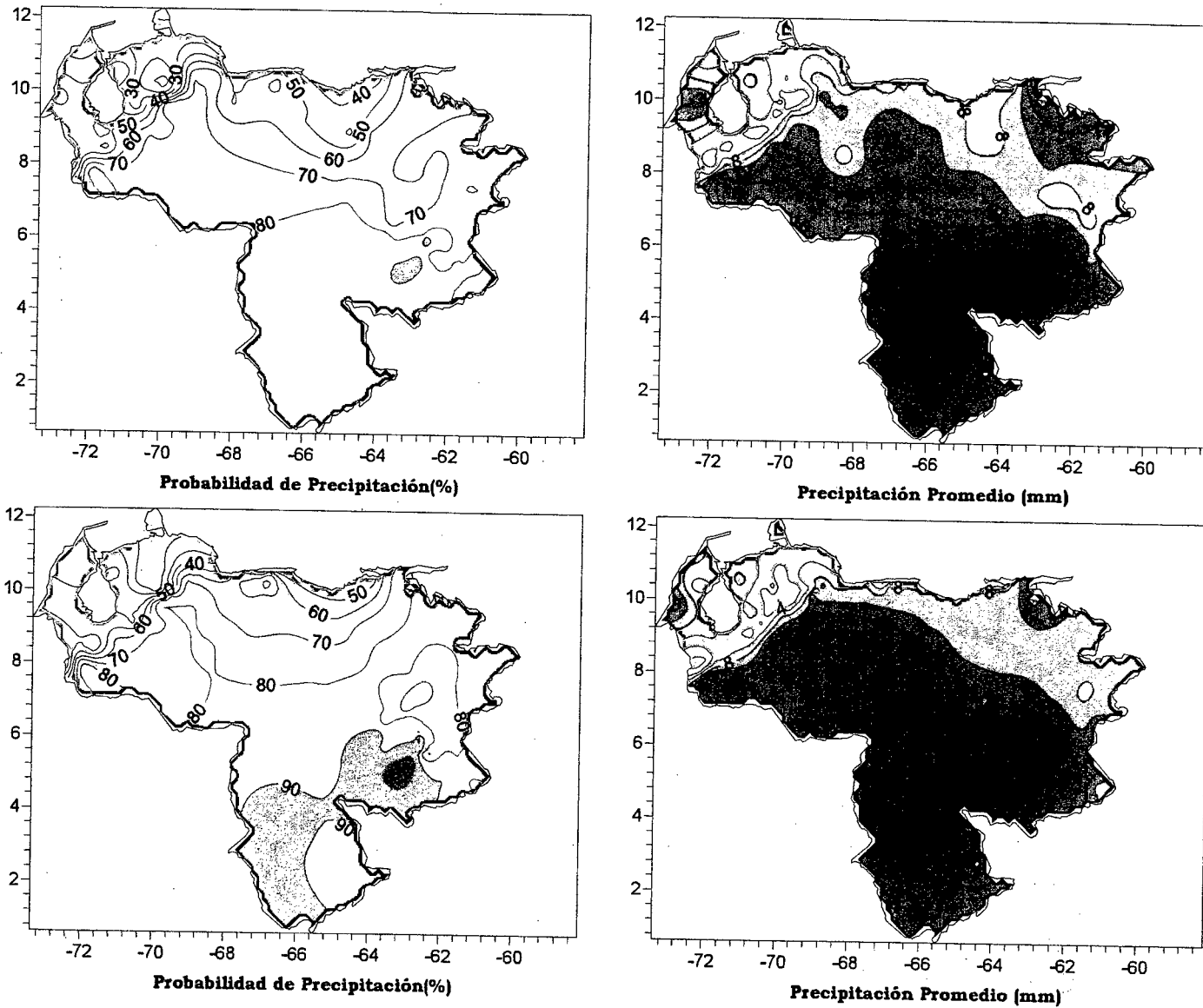
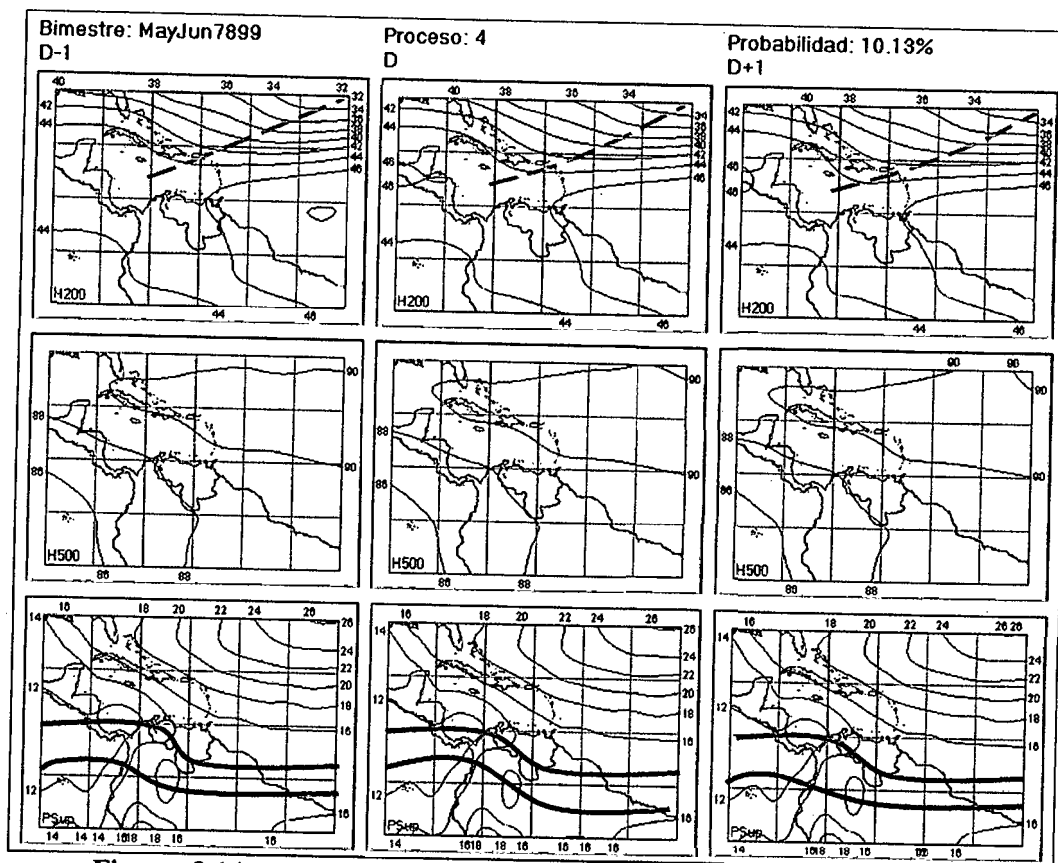


Figura 3.13. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 3 y 4, Bimestre Mayo-Junio.



Doble IX2

Figura 3.14. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 4 Bimestre Mayo-Junio.

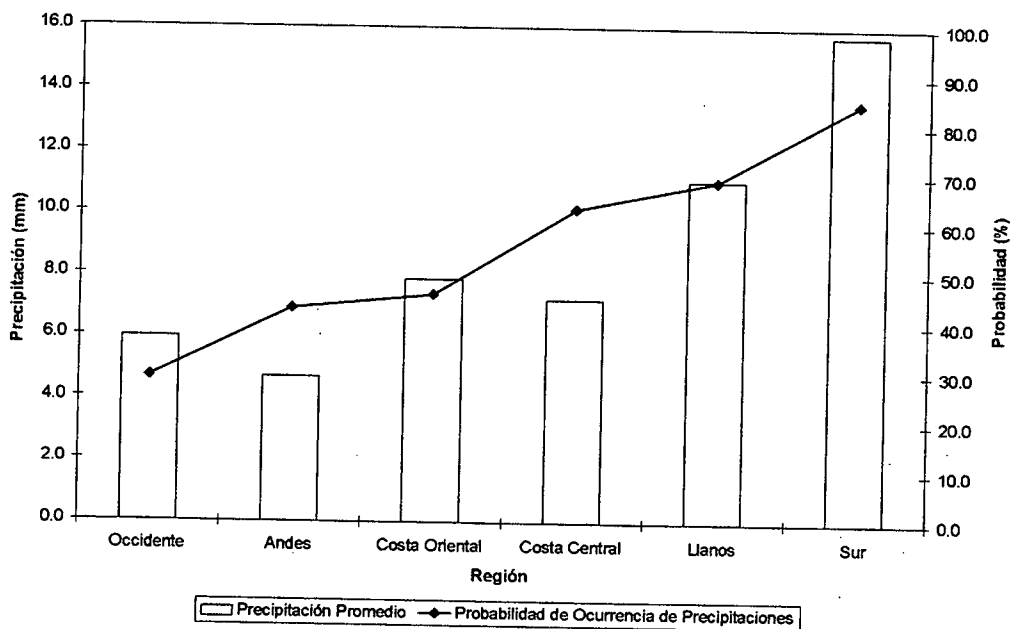


Figura 3.15. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 4, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Los ejes norte y sur de la ZCIT están presentes claramente en este proceso, con una mayor influencia del eje norte en el país, afectando parte de los Llanos venezolanos y el sur del Estado Bolívar. En niveles medios existe una intensificación de la actividad anticiclónica con un incremento de la subsidencia, para los 200 hPa predomina una débil onda en los oestes, manteniéndose la velocidad del flujo en ese nivel y con la influencia de una intensa dorsal anticiclónica sobre el extremo nororiental de país.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Ascenso del eje de mínima OLR afectando principalmente a los Llanos venezolanos y la Cuenca del Río Caroní, destacándose un centro de máxima convección sobre el occidente del estado Bolívar. El efecto de la vaguada en niveles altos no es apreciable en la distribución espacial de la radiación saliente de onda larga, lo que permite concluir que se trata de un sistema de débil inestabilidad.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 4			Mayo-Junio. PSO 4 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
0.205	-0.167	0.099	0.263	-0.129	0.192

Cuadro 3.7. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 4 Bimestre Mayo-Junio.

	Mayo-Junio. PSO 4			Mayo-Junio. PSO 4 (LAG -1)		
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
OCCIDENTE						
r	-0.022	-0.085	-0.055	-0.018	-0.076	-0.018
p-value	0.517	0.01	0.1	0.594	0.022	0.594
ANDES						
r	-0.049	-0.064	-0.066	-0.025	-0.051	-0.025
p-value	0.042	0.008	0.007	0.31	0.037	0.309
COSTA ORIENTAL						
r	0.043	-0.03	0.033	0.083	-0.039	0.062
p-value	0.461	0.608	0.576	0.154	0.502	0.283
COSTA CENTRAL						
r	-0.055	-0.068	-0.035	-0.054	-0.072	-0.052
p-value	0.173	0.093	0.392	0.187	0.077	0.205

	Mayo-Junio. PSO 4			Mayo-Junio. PSO 4 (LAG -1)		
	LLANOS					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.004	0.016	0.008	0.001	0.019	0.007
p-value	0.916	0.632	0.8	0.973	0.574	0.825
	SUR					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.041	-0.03	-0.054	-0.01	-0.023	-0.029
p-value	0.064	0.18	0.014	0.648	0.291	0.184

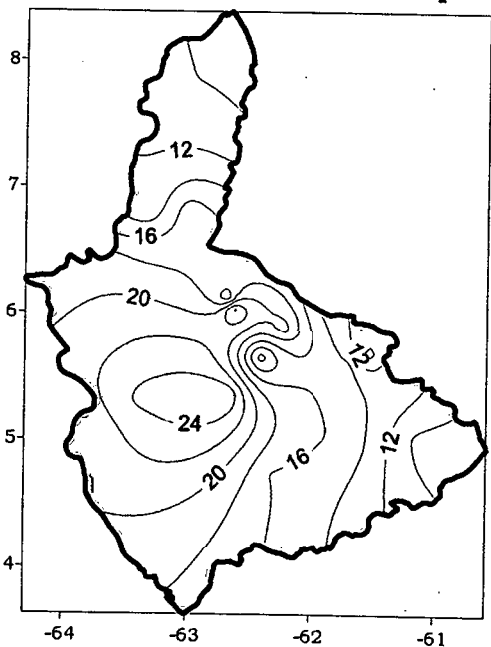
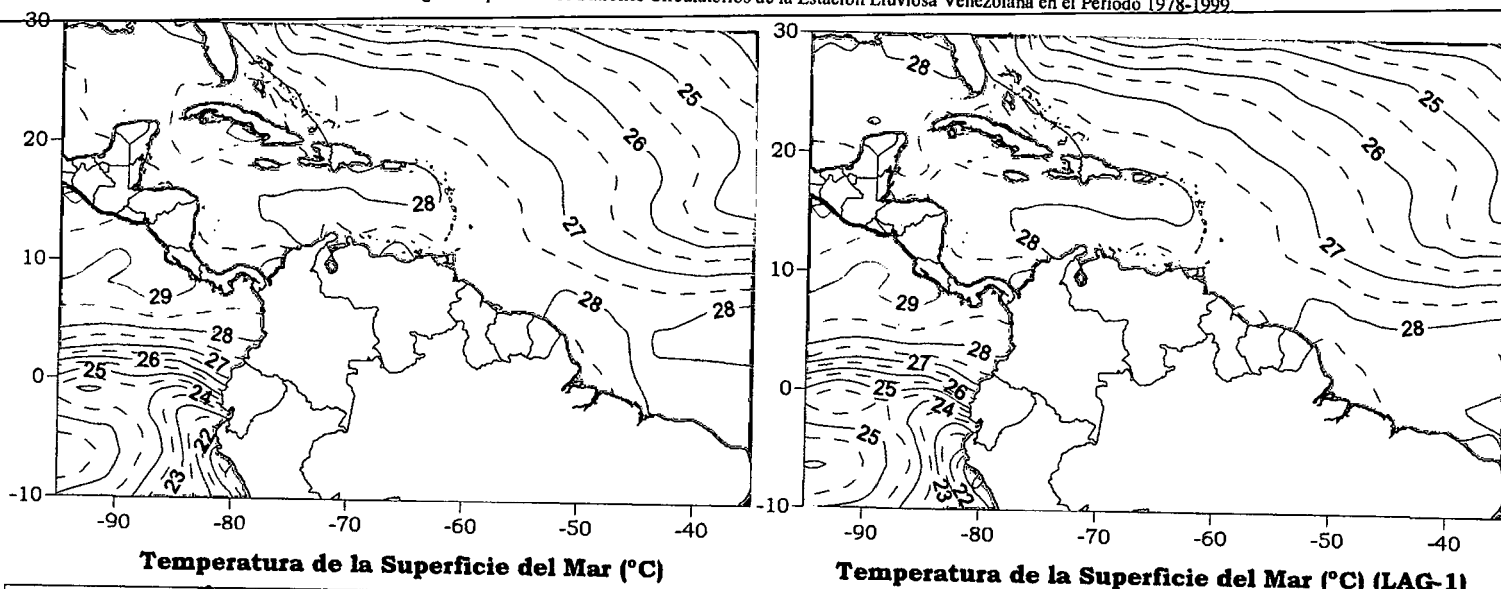
Cuadro 3.8. Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 4, Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

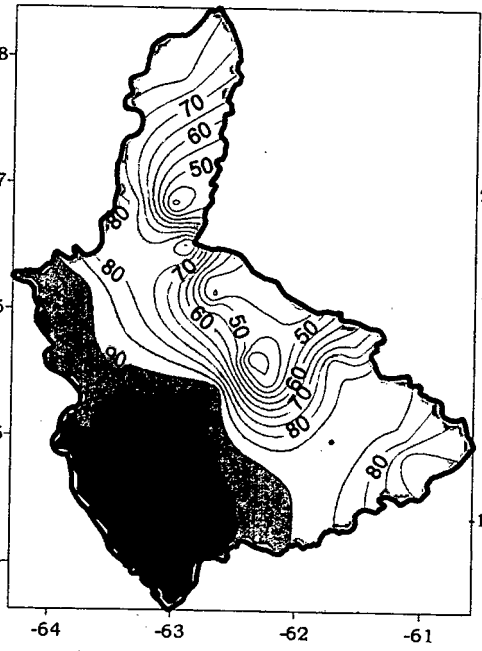
Precipitaciones moderadas sobre todo el territorio nacional con un aumento de la intensidad sobre los Llanos Centrales y la Costa norte. En la región de los Andes se produce un descenso en la cantidad de precipitación asociada a este proceso con intensidades débiles en la zona. Altas probabilidad de precipitación presentes en los Llanos, sur y oriente del país con un núcleo presente en la Costa Central. Desplazamiento en dirección norte de la ZCIT, hecho evidenciado por el comportamiento de la OLR sobre el país, produce un aumento generalizado de las precipitaciones, a pesar de la intensificación de la alta presión en todos los niveles, el comportamiento de la precipitaciones es atribuido a la existencia de sistemas locales que introducen inestabilidad en el territorio inapreciables por la escala utilizada.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

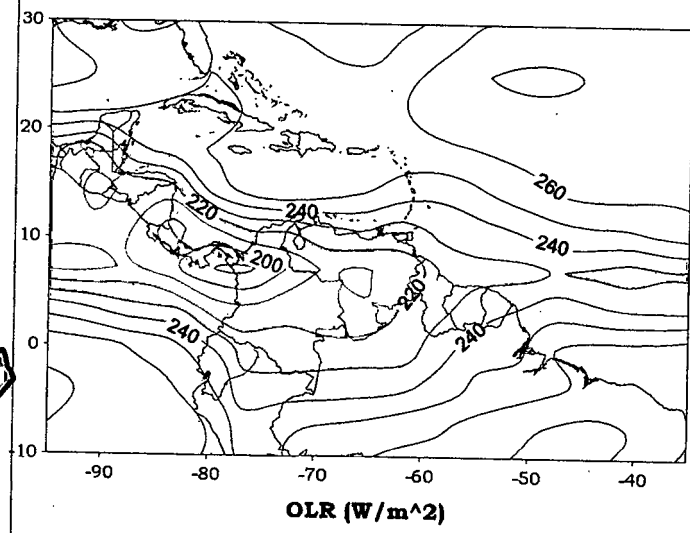
Precipitaciones de fuerte intensidad en el Bajo y Alto Paragua, el restos de la cuenca presenta precipitaciones moderadas registrándose valores mínimos de 10 mm en algunos sectores. La probabilidad de ocurrencia de precipitaciones se intensifica en el Alto Paragua y oeste del Bajo Paragua con valores por encima del 90%. Las condiciones en niveles medios y altos no son favorable para el desarrollo de sistemas nubosos importantes aún así existe un incremento de la convección sobre la cuenca, comportamiento que no presenta ningún indicio aparente en las variables analizadas en esta investigación.



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroni (mm)



Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroni (%)



OLR (W/m²)

Figura 3.16. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroni asociadas al PSO 4, Bimestre Mayo-Junio.



Figura 3.17 . Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 5 Bimestre Mayo-Junio.

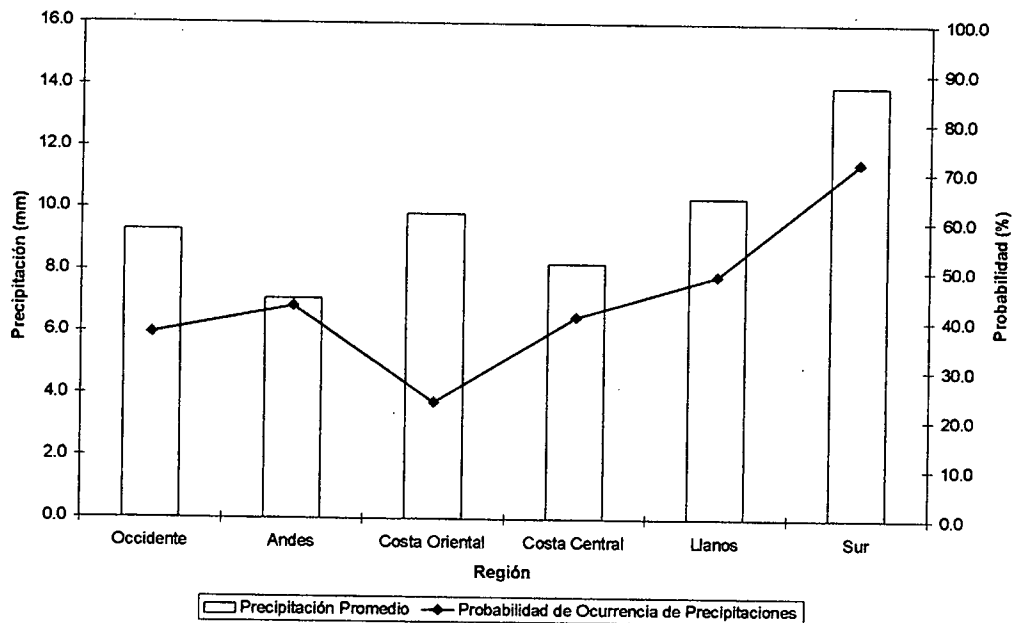


Figura 3.18. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 5, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Intensificación de la Zona de Convergencia Intertropical, manteniendo su doble eje. En 500 hPa se produce un retiro de la cuña anticiclónica con un flujo muy débil del sur. La intensificación de los oestes en niveles altos es notable, con una menor influencia de la dorsal anticiclónica sobre el territorio nacional.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Máxima convección influenciado principalmente el extremo suroccidental de Venezuela, destacándose una región de mínima OLR con un valor de 200 W/m² sobre el estado Táchira. Los sistemas nubosos asociados a las ondulaciones del flujo en niveles altos son distinguibles en la distribución de la radiación saliente de onda larga sobre el Atlántico y parte del Caribe.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 5			Mayo-Junio. PSO 5 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
-0.334	0.277	-0.168	-0.278	0.425	-0.079

Cuadro 3.9. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 5 Bimestre Mayo-Junio.

	Mayo-Junio. PSO 5			Mayo-Junio. PSO 5 (LAG -1)		
	OCCIDENTE					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.055	0.013	0.049	0.037	-0.01	0.032
p-value	0.123	0.716	0.164	0.29	0.785	0.364
	ANDES					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.119	0.042	0.101	0.095	0.033	0.056
p-value	0	0.116	0	0	0.208	0.033
	COSTA ORIENTAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.076	0.086	0.155	0.061	0.103	0.111
p-value	0.219	0.161	0.011	0.318	0.095	0.071
	COSTA CENTRAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.027	0.273	0.186	0.119	0.278	0.075
p-value	0	0	0	0.006	0	0.086

	Mayo-Junio. PSO 5			Mayo-Junio. PSO 5 (LAG -1)		
	LLANOS					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.116	0.067	0.141	0.111	0.078	0.121
p-value	0.001	0.05	0	0.001	0.023	0.001
	SUR					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.049	0,01	0.011	-0.073	0.001	-0.002
p-value	0.037	0.677	0.645	0.002	0.976	0.945

Cuadro 3.10. Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 5, Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones moderadas en el territorio nacional, con ligeros incrementos en el occidente, los Andes y región nororiental a diferencia de los Llanos orientales en donde existe una disminución en la cantidad de la precipitación. Disminución de la probabilidad de precipitaciones, presentando los mayores valores en el Edo. Amazonas y sur del Edo. Bolívar. El debilitamiento de la presión introduce un incremento de la precipitación principalmente en el occidente y región nororiental del país.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones de carácter moderado prevalecen en toda la extensión de la cuenca con zonas de precipitaciones fuertes en el oeste del Alto Paragua y Medio Caroní. Las mayores probabilidades de precipitación se concentran en el Sector del Alto Paragua. La moderada actividad anticiclónica en niveles medios y altos disminuye el desarrollo convectivo sobre la cuenca.

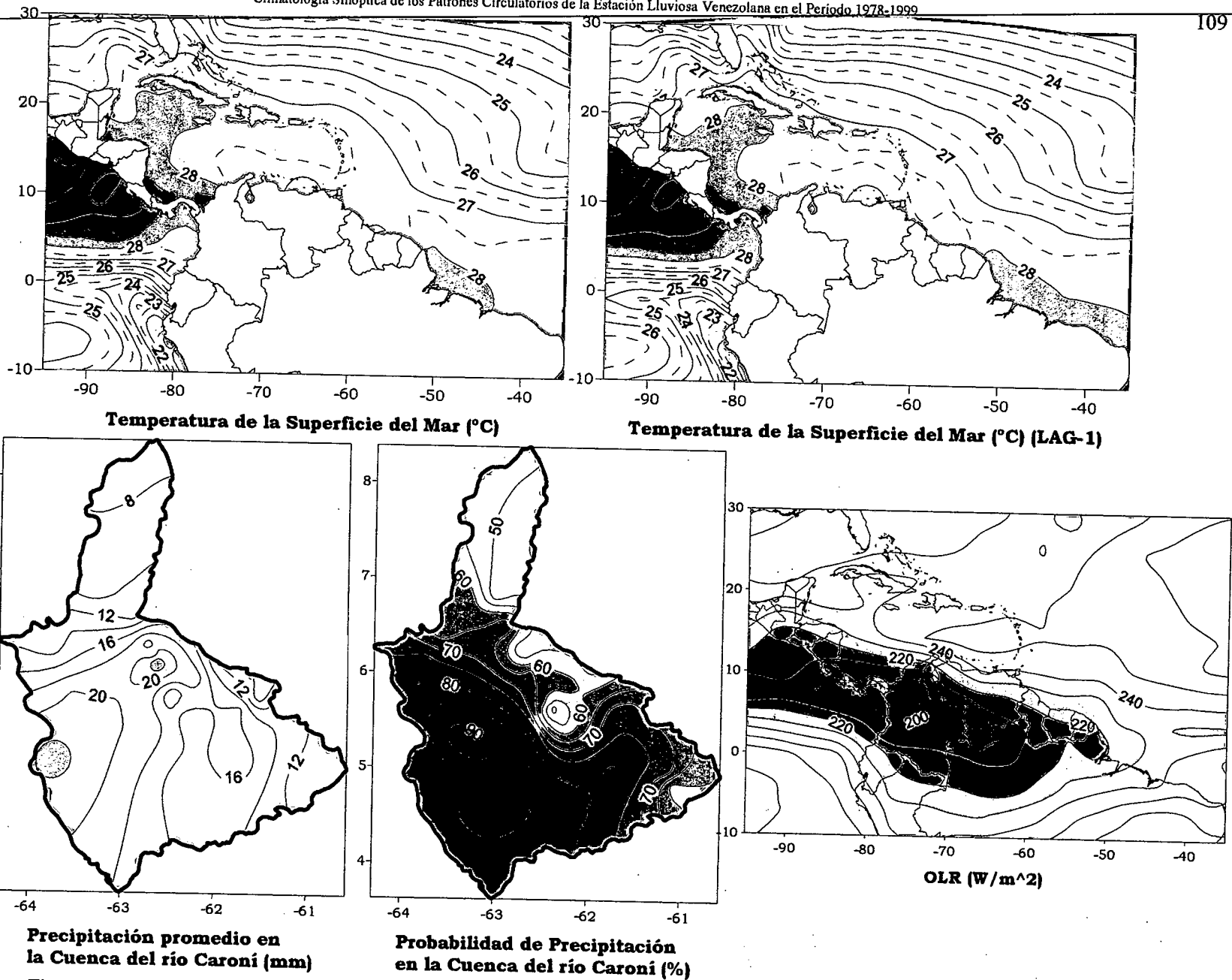


Figura 3.19. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 5, Bimestre Mayo-Junio.

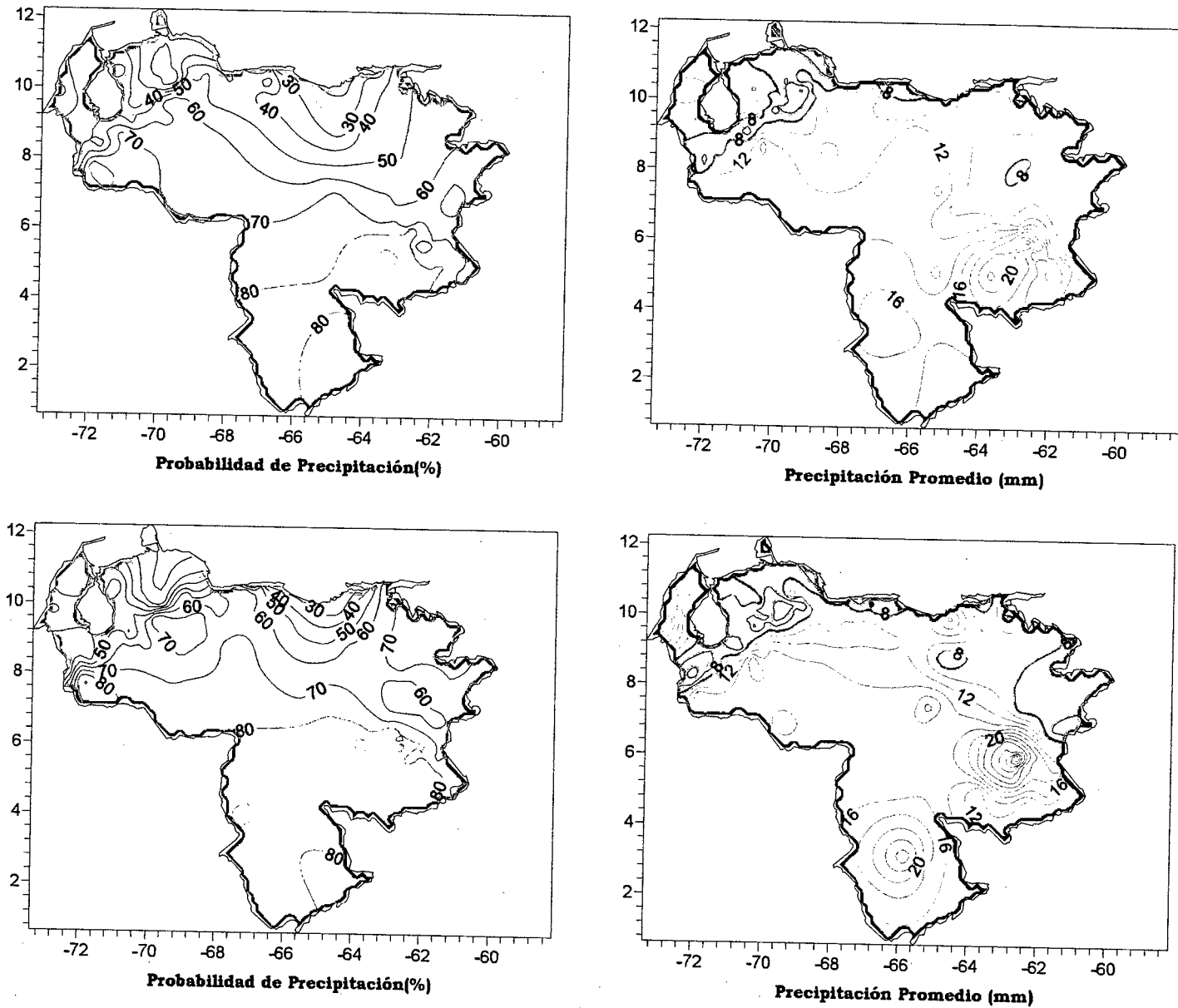


Figura 3.20. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 5 y 6, Bimestre Mayo-Junio.

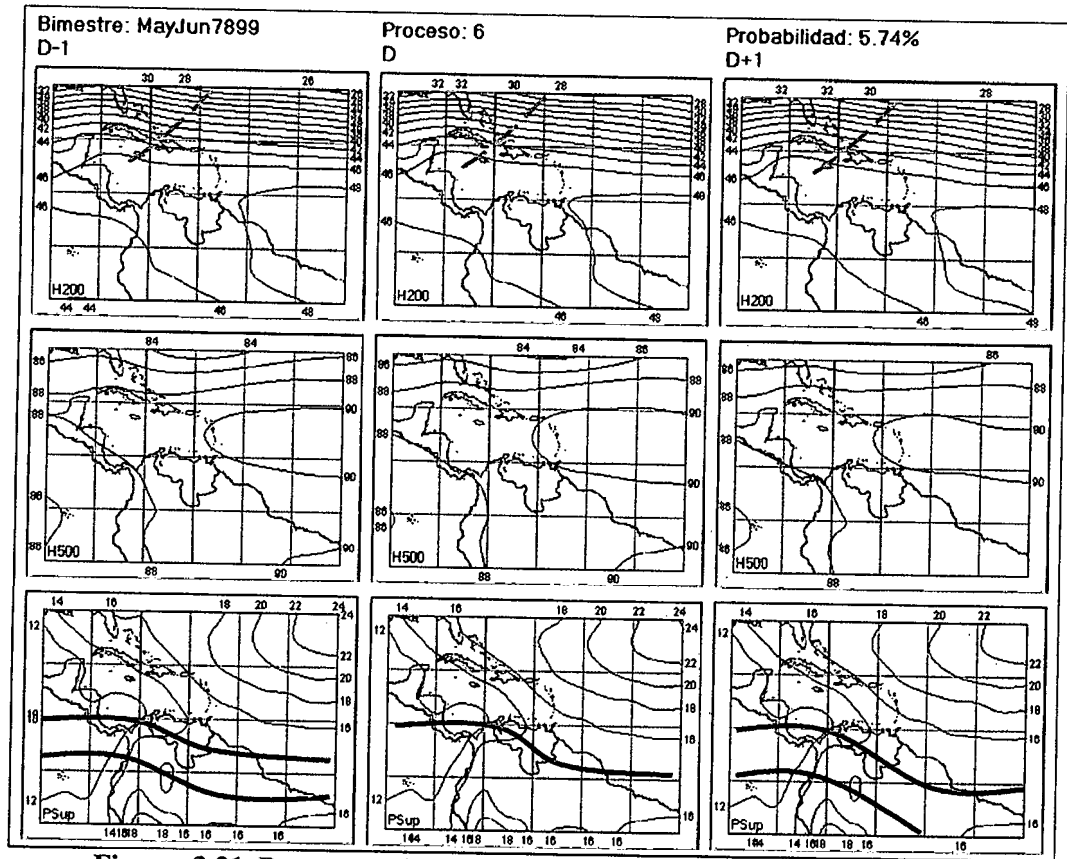


Figura 3.21. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 6 Bimestre Mayo-Junio.

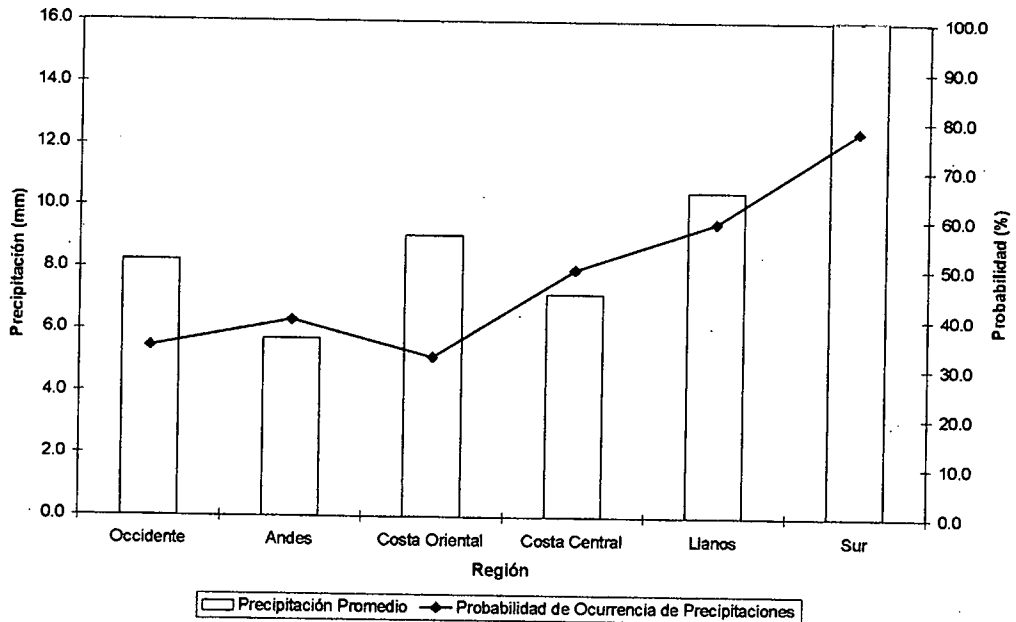


Figura 3.22. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 6, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Intensificación de la influencia anticiclónica en niveles medios y altos, manteniéndose en 200 hPa una potente actividad de la corriente de chorro subtropical acompañada de una Vaguada producto de la ondulación del flujo que está introduciendo cierta inestabilidad sobre el Atlántico Norte. En superficie continúa activo el eje norte de la ZCIT con un retiro de la Alta Presión de las Azores.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Descenso de la convección en todo el territorio nacional, manteniendo condiciones de moderada actividad convectiva sobre el occidente. Nubosidad asociada a Vaguada en el Atlántico Norte se manifiesta claramente en la distribución espacial de la OLR sobre esa zona.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 6			Mayo-Junio. PSO 6 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
0.497	1.845	0.467	0.322	1.881	0.244

Cuadro 3.11. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 6 Bimestre Mayo-Junio.

	Mayo-Junio. PSO 6			Mayo-Junio. PSO 6 (LAG -1)		
	OCCIDENTE					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.129	-0.094	-0.079	-0.104	-0.095	-0.068
p-value	0.001	0.016	0.043	0.008	0.015	0.082
	ANDES					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.154	-0.076	-0.145	-0.112	-0.075	-0.135
p-value	0	0.009	0	0	0.009	0
	COSTA ORIENTAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.089	0.083	0.09	0.103	0.094	0.084
p-value	0.177	0.21	0.176	0.119	0.157	0.204
	COSTA CENTRAL					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.063	-0.044	-0.053	-0.019	-0.017	0.033
p-value	0.173	0.342	0.251	0.687	0.72	0.477

	Mayo-Junio. PSO 6			Mayo-Junio. PSO 6 (LAG -1)		
	LLANOS					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	-0.224	-0.07	-0.198	-0.094	-0.056	-0.097
p-value	0	0.062	0	0.013	0.139	0.01
	SUR					
	AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
r	0.006	0.069	0.051	0.07	0.083	0.089
p-value	0.833	0.008	0.051	0.007	0.001	0.001

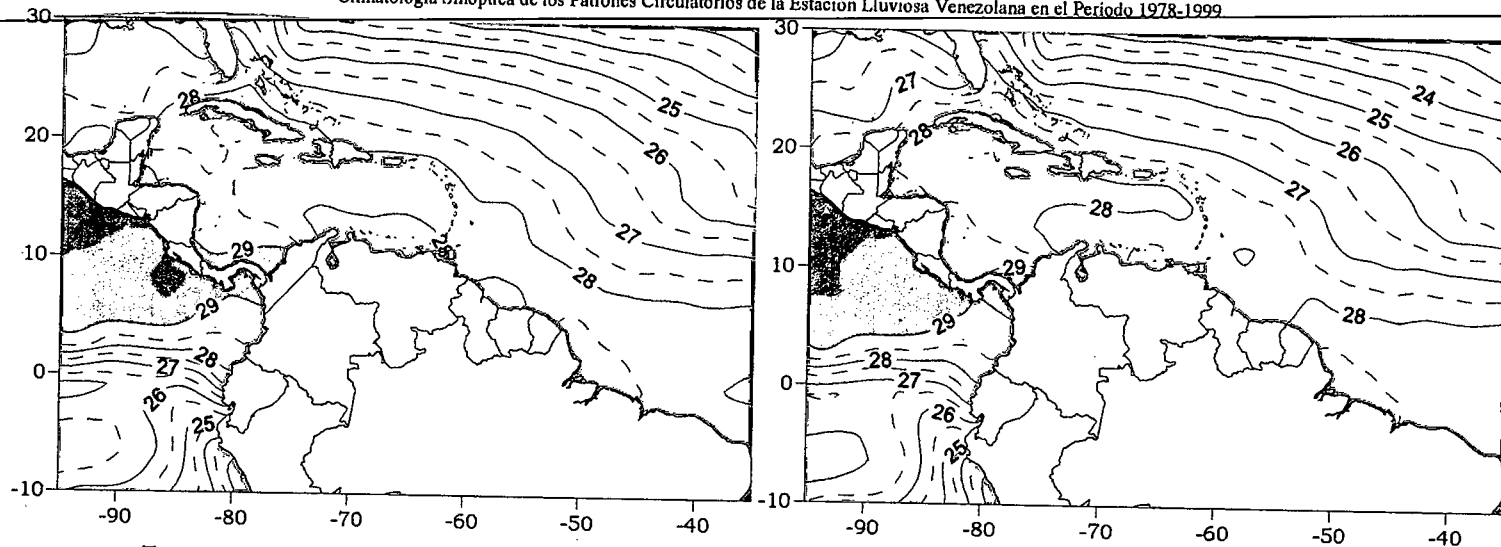
Cuadro 3.12. Coeficientes de Correlación entre la Temperatura de la Superficie del Mar y la Precipitación en distintas Regiones del País. PSO 6, Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Incremento de la precipitación sobre los Llanos centrales y occidentales, así como en el occidente del Edo. Zulia y norte del Edo. Anzoátegui. Los estados Bolívar y Amazonas presentan precipitaciones moderadas a fuertes a diferencia de la región de los Andes donde las precipitaciones disminuyen ligeramente con intensidades débiles. Aumento generalizado de la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones sobre el país con valores por debajo del 20% en el Edo. Falcón y magnitudes máximas en el extremo sur del territorio nacional.

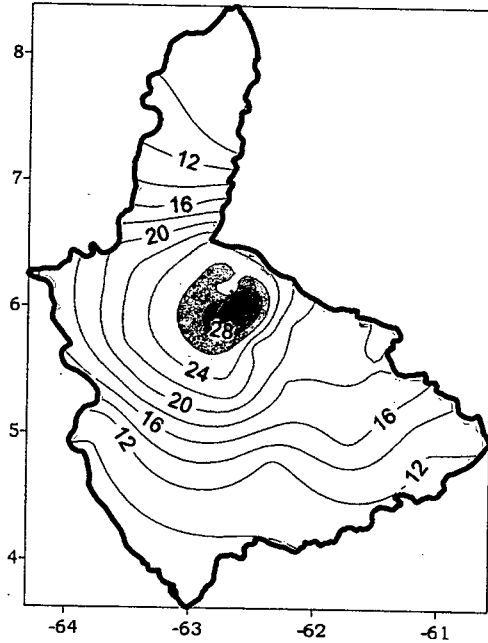
Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones de considerable intensidad sobre el Medio Caroní y Alto Paragua, el resto de la cuenca se presenta con precipitaciones de carácter moderado. Altas probabilidades de precipitación se extienden en el Alto Paragua, Bajo Paragua y Alto Caroní. Las condiciones en niveles altos y medios no son favorables para el desarrollo convectivo, como lo muestra el mapa de OLR, los altos valores de precipitación que presentan algunos sectores son originados por efectos muy locales que son imperceptibles debido a la escala utilizada en la zona de estudio.

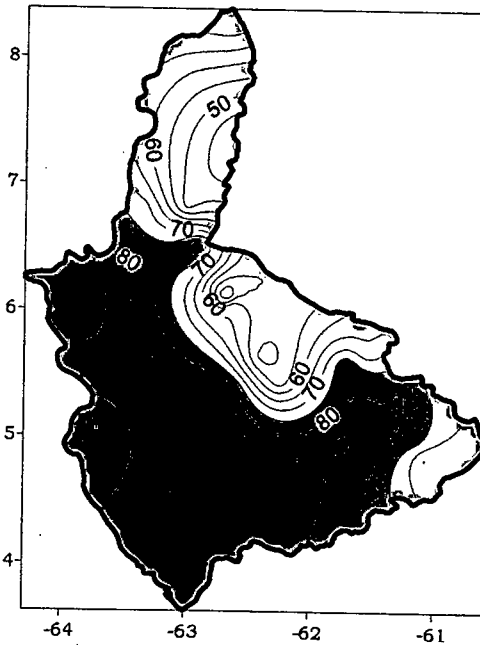


Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

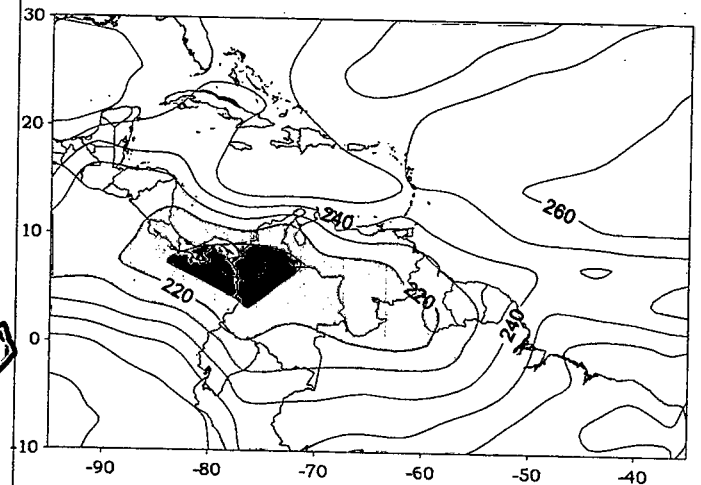
Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroni (mm)



Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroni (%)



OLR (W/m²)

Figura 3.23. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de precipitación sobre la Cuenca del Río Caroni asociadas al PSO 6, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

ZCIT afectando principalmente las condiciones atmosféricas del occidente y norte del Estado Amazonas, en niveles medios una dorsal anticiclónica, enmarcada en un proceso de debilitamiento, se encuentra ubicada sobre la región oriental del país introduciendo flujo del sureste. Continúa una fuerte intensidad del flujo por encima de los 20° N en niveles altos con ondulaciones que introducen aire frío sobre el Caribe produciendo una débil inestabilidad, aunado a esto existe un debilitamiento de la dorsal anticiclónica sobre el país en este nivel.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Desplazamiento de la ZCIT en el mapa del presente Proceso Sinóptico Objetivo concuerda con la posición de la zona de mayor convección que se mantiene más al sur de su posición promedio, las zonas afectadas por la moderada convección son principalmente los estados Mérida, Táchira y Amazonas. La nubosidad asociada a la Vaguada en niveles altos producto de la ondulación del flujo inestabiliza moderadamente el Caribe.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Aumento de las precipitaciones en la región nororiental del país, en contraste con la situación en el extremo sur del territorio donde se presenta una disminución de las precipitaciones adquiriendo un carácter moderado. Bajas probabilidades de ocurrencia de eventos de precipitación sobre todo el territorio nacional con valores menores al 50% a excepción del extremo sur donde las probabilidades aumentan hasta llegar a un valor de 80%. Moderada a fuerte actividad anticiclónica en niveles medios y altos acompañado de una retirada hacia el sur de la ZCIT producen un descenso de la convección y a su vez un debilitamiento de las precipitaciones sobre el territorio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones de moderada intensidad en toda la cuenca destacándose una mayor precipitación sobre el Medio Caroní. La probabilidad de precipitación disminuye con respecto a los procesos anteriores con valores máximos que superan ligeramente el 80% sobre el Alto Paragua. El descenso de la ZCIT y el debilitamiento de las condiciones anticiclónicas en niveles medios sobre el occidente y sur del país se combinan para que los valores máximos de convección se desplacen ligeramente hacia el sur trayendo como consecuencia una disminución de la precipitación sobre toda la cuenca.

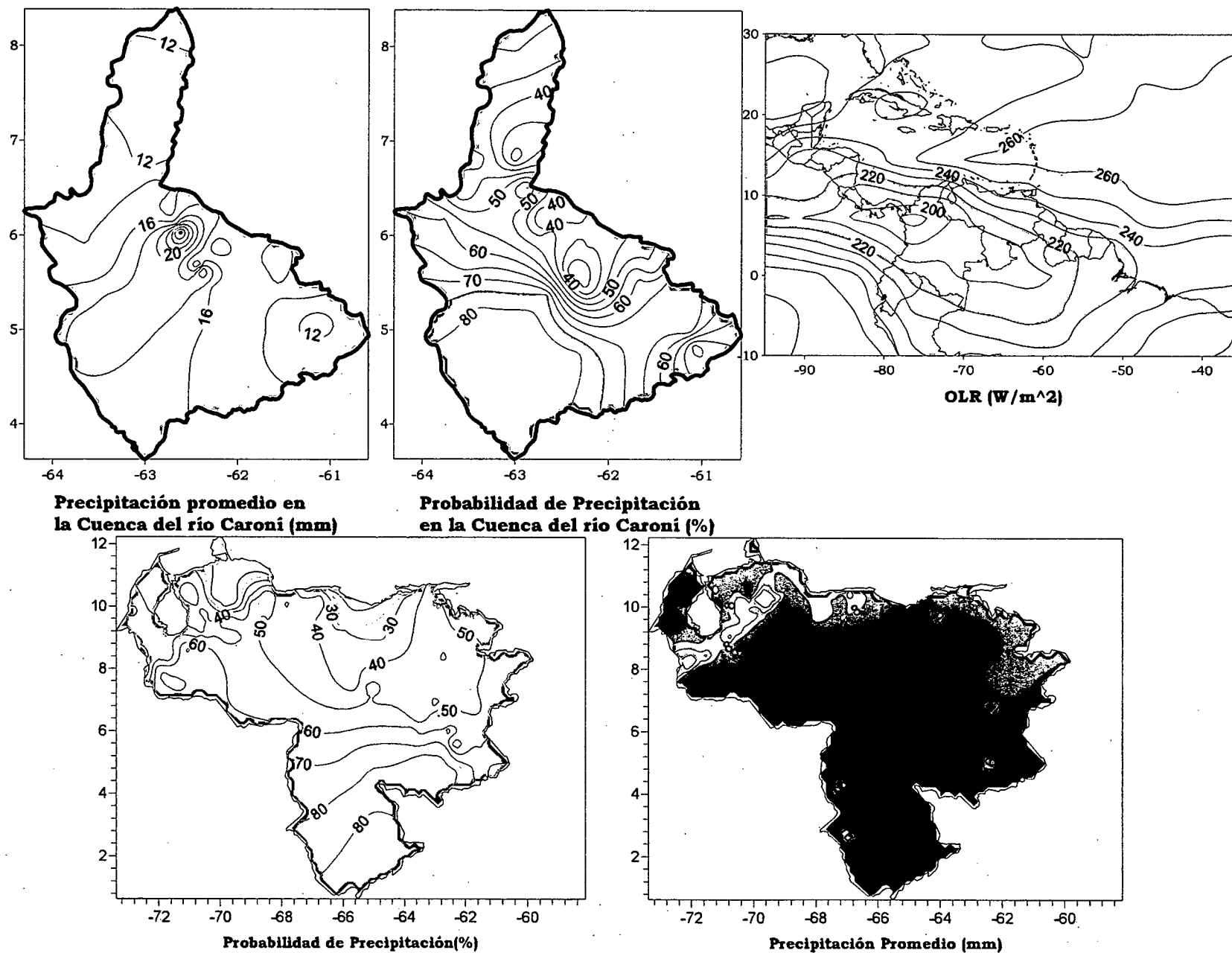


Figura 3.26. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 7, Bimestre Mayo-Junio.

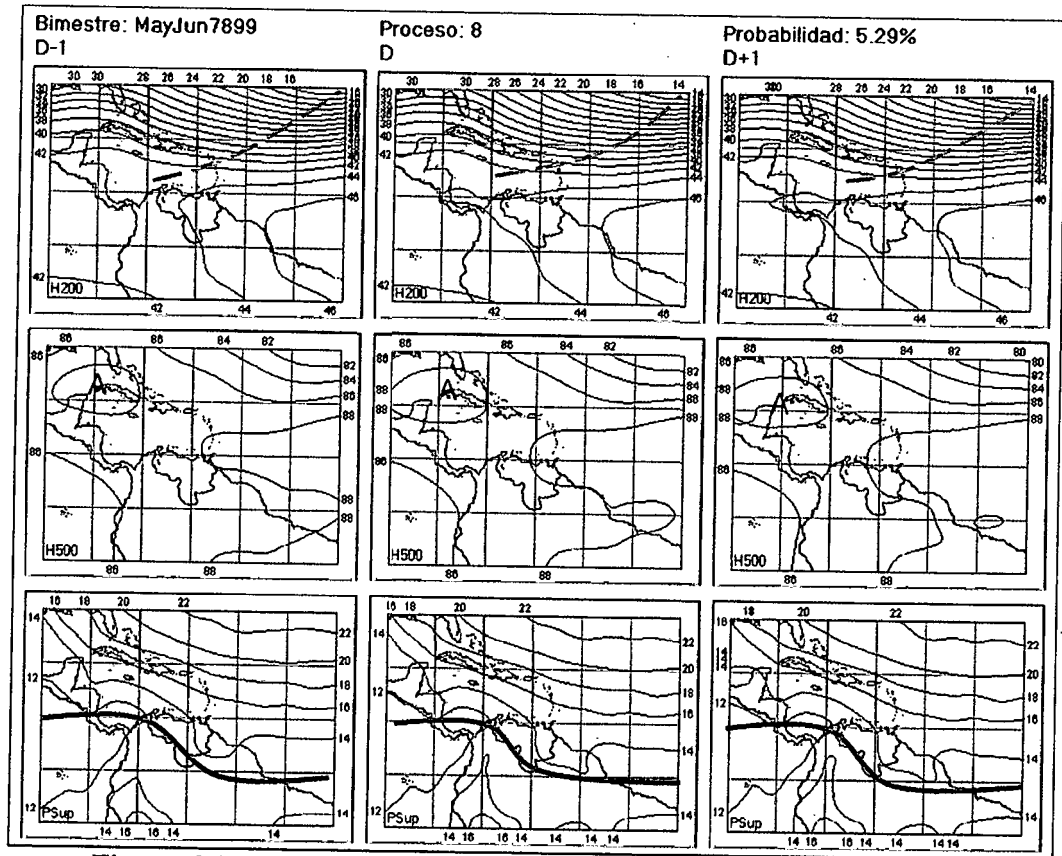


Figura 3.27. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 8 Bimestre Mayo-Junio.

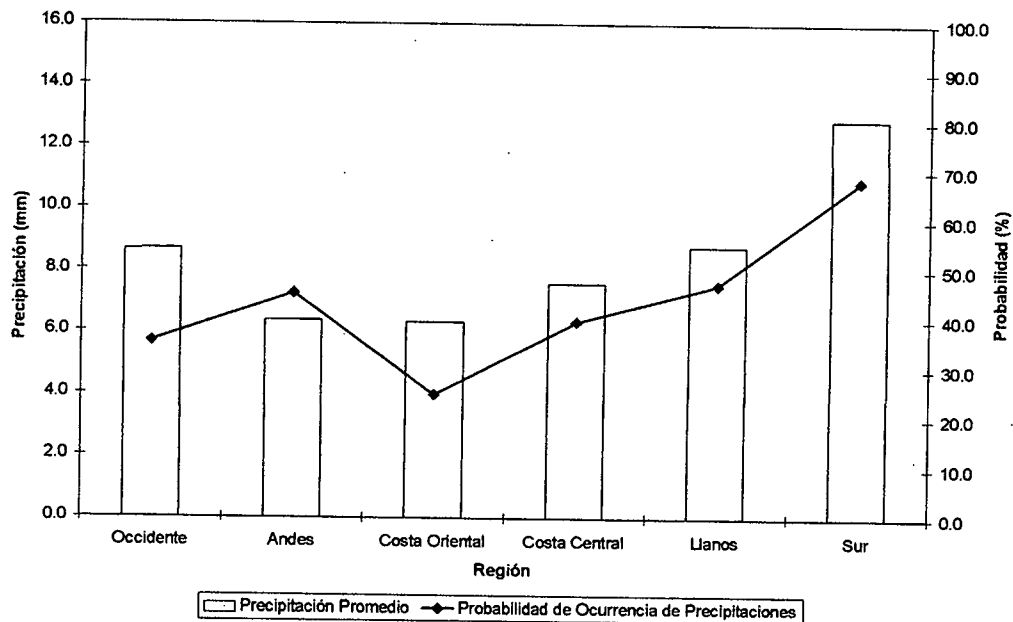


Figura 3.28. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 8, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Debilitamiento y descenso en latitud del eje norte de la ZCIT. En niveles medios existe una dorsal anticiclónica influenciando la región nororiental de Venezuela, así como en el Caribe se destaca un centro de alta presión que se extiende desde Cuba hasta península de Yucatán. En la alta troposfera una cuña anticiclónica tiene influencia sobre todo el territorio nacional y existe un descenso en latitud de los vientos del oeste en proceso de intensificación.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

El posicionamiento de la zona de máxima convección sobre Venezuela continúa retirada hacia el sur, situación similar a la presentada en el PSO anterior. La Vaguada en niveles altos no posee nubosidad asociada según la distribución de la OLR sobre el Atlántico Occidental. Es posible apreciar una disminución de la convección asociada a la baja presión presente sobre Panamá y noroeste de Colombia.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Debilitamiento de la intensidad de las precipitaciones sobre todo el país, principalmente en el occidente, Llanos Centrales, Costa Oriental y Central en donde las precipitaciones tienen un carácter débil a moderado. En el resto del territorio se presentan eventos de moderada intensidad. Bajas probabilidades de precipitaciones sobre la mayor parte del territorio con magnitudes mayores al 70% en Amazona, sur del Edo. Bolívar y oeste del Edo. Apure. Altas presiones en niveles medios y altos acompañadas de una moderada cuña anticiclónica en niveles bajos introduce estabilidad en todo el territorio trayendo como consecuencia una disminución en la intensidad y ocurrencia de precipitaciones. El descenso en latitud e intensificación de los vientos del oeste en 200 hPa impide la advección de aire frío hacia el territorio favoreciendo las condiciones de estabilidad.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones de carácter moderado influyen sobre toda la cuenca, destacándose una mayor precipitación sobre el Medio Caroní, la cantidad de precipitación es menor comparada con el proceso anterior, aún así la probabilidad de precipitación es ligeramente mayor principalmente sobre el Alto Paragua donde se registran valores mayores al 85%. Se mantiene el eje de la ZCIT un poco más al Sur de su posición habitual lo que inhibe las precipitaciones sobre la cuenca.

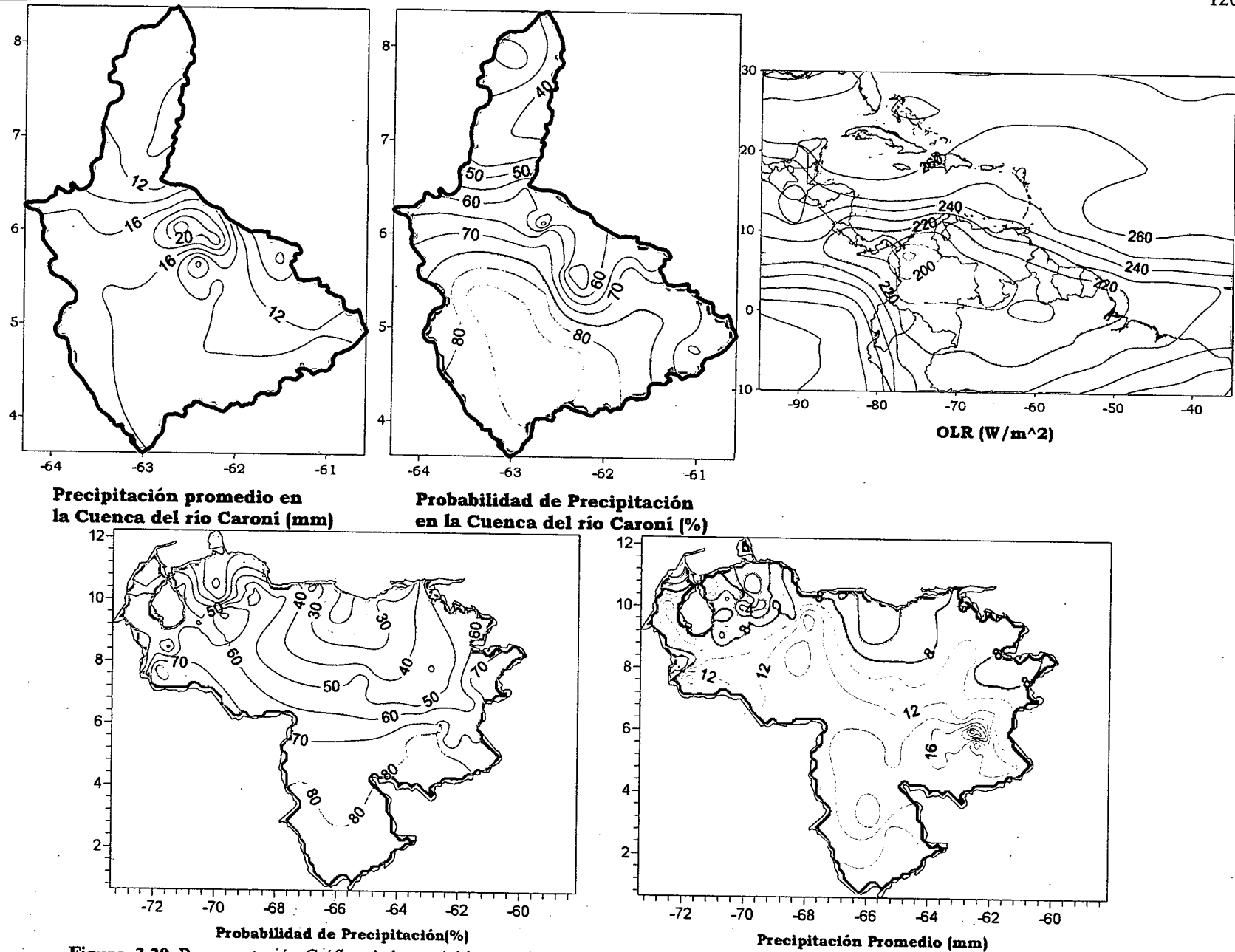


Figura 3.29. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroni, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 8, Bimestre Mayo-Junio.

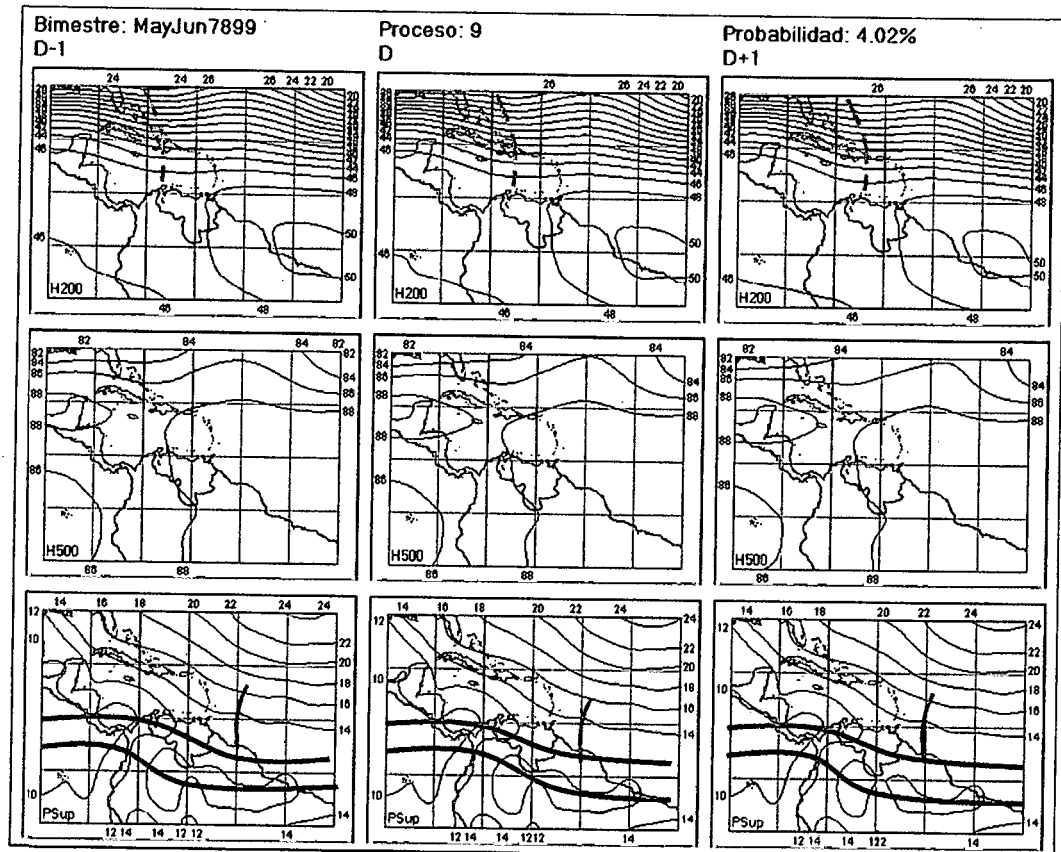


Figura 3.30. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 9 Bimestre Mayo-Junio.

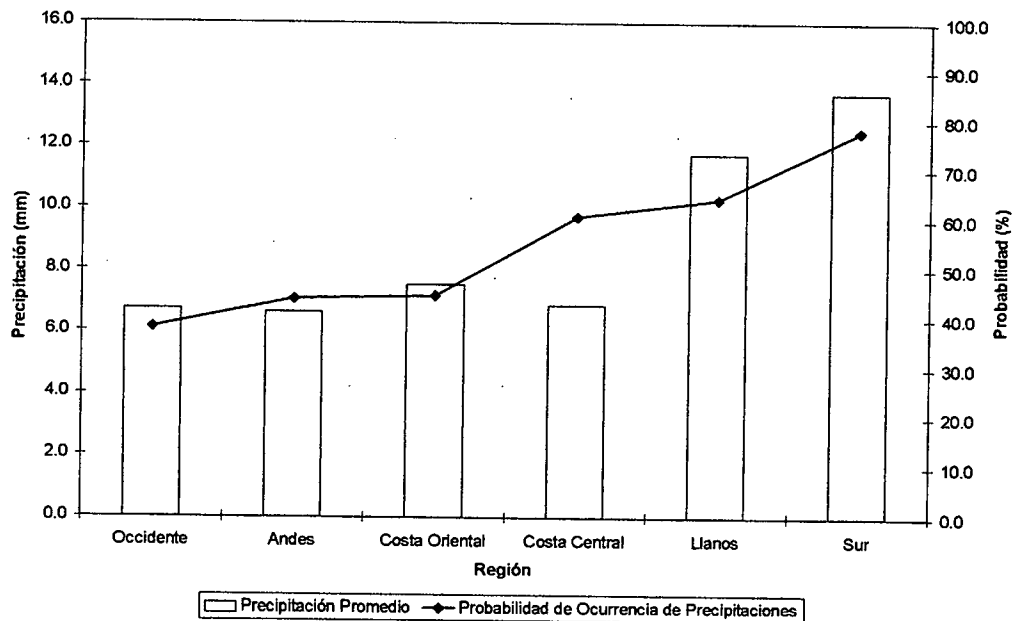


Figura 3.31. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 9, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Doble ZCIT en el extremo septentrional de Sudamérica con desplazamiento en dirección norte de ambos ejes acompañados de una onda tropical ubicada a los 55° O. Fuerte influencia anticiclónica en niveles medios y altos sobre todo el país, manteniéndose en 200 hPa un intenso flujo sobre el Caribe y parte del Atlántico con una Vaguada asociada.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Ascenso de la región de máxima convección en donde se destaca el desarrollo de sistemas nubosos principalmente sobre Amazonas, Apure, Táchira y occidente de Bolívar. La nubosidad asociada a la Vaguada en niveles altos se hace presente sobre el Atlántico Occidental influyendo indirectamente sobre el territorio Venezolano. Débil Onda Tropical sin nubosidad asociada.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Intensificación de las precipitaciones sobre los Llanos centrales y occidentales, parte de la Costa Oriental y el Delta del Orinoco. En el extremo sur del país las precipitaciones adquieren un carácter moderado a fuerte. Aumento de la probabilidad de ocurrencia de eventos de precipitación con valores mayores al 70% en el sur, extremo oriental y Llanos occidentales. Vaguada en niveles altos introduce inestabilidad en gran parte del territorio nacional incentivando la convección y la ocurrencia de precipitaciones de moderada intensidad.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

La cuenca se presenta con precipitaciones moderadas con núcleos de fuerte intensidad en algunos sectores del Bajo Paragua. Los valores máximos de probabilidad se encuentran distribuidos sobre toda la cuenca del Paragua disminuyendo considerablemente hacia el Medio Caroní donde se registran valores menores al 10%. La alta variabilidad de las precipitación promedio y la probabilidad de la misma son reflejo de efectos orográficos determinantes en la distribución del campo de precipitaciones sobre la zona.

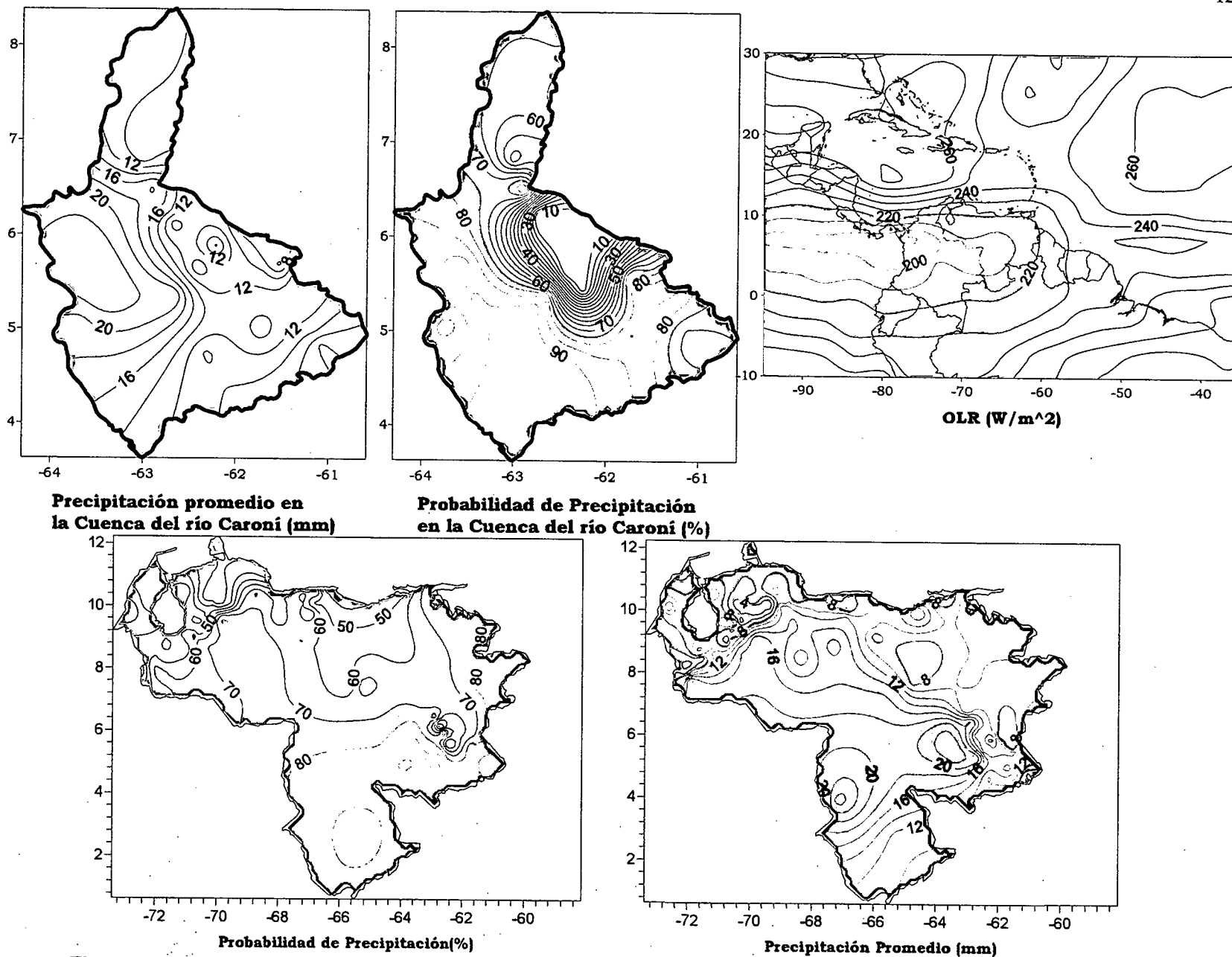


Figura 3.32. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 9, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Moderada a débil actividad anticiclónica acompañada de una Vaguada en niveles medios y altos sobre parte del Mar Caribe. En superficie, se produce un desplazamiento hacia el Sur de la alta presión del Atlántico norte que trae como consecuencia un descenso en latitud del eje norte de la ZCIT. Onda tropical ubicada en los 45° O.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Descenso considerable de la zona de máxima convección distribuyéndose prácticamente sobre el Norte de Colombia y Brasil, en Venezuela la zona con mayor cobertura nubosa es el Estado Amazonas. Centro de 200 W/m² ubicado en los 50° O está vinculada al paso de una Onda Tropical cercana a esa longitud. Nubosidad en el Caribe esta asociada con la presencia de la Vaguada en niveles medios y altos.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Descenso en la intensidad y ocurrencia de las precipitaciones en el oriente del país con zonas presentando un carácter débil de precipitación principalmente en el Delta y Edo. Sucre. En el extremo occidental, se presenta un comportamiento inverso, la precipitación se incremento tanto en intensidad como en probabilidad de ocurrencia. Penetración de una cuña anticiclónica en el territorio nacional asociada a la Alta Presión del Atlántico Norte impide el ascenso del aire y la formación de sistemas nubosos productores de precipitaciones principalmente sobre el oriente del país. La intensificación del flujo en latitudes medias impide la entrada de aire frío en niveles altos hacia Venezuela favoreciendo las condiciones de estabilidad. Flujo del noroeste en niveles bajos introduce aire cálido y húmedo proveniente del Caribe ocasionando un incremento de las precipitaciones en el occidente del país.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones moderadas que alcanzan valores máximos de 16 mm, en algunas zonas del Bajo Paragua, son las condiciones que rigen la cuenca. Las probabilidades de precipitación no superan el 75% registrándose las magnitudes máximas sobre el Medio y Bajo Caroní. El desplazamiento hacia el sur del eje norte de la ZCIT, como lo refleja la línea de mínima presión y el mapa de OLR, produce un descenso general del campo de las precipitaciones sobre la cuenca tanto en intensidad como en probabilidad de ocurrencia.

Sinopsis del PSO

Moderada influencia anticiclónica en niveles bajos sobre el oriente del país. Vaguada extendida sobre el Caribe y Centro América en niveles medios y altos, en 200 hPa existe una leve intensificación de la cuña anticiclónica, al igual que la situación en 500 hPa en donde se produce un incremento en la actividad de la alta presión principalmente sobre el oriente venezolano.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Moderada convección asociada a la Vaguada en niveles medios y altos. ZCIT muy activa sobre el occidente y sur del país con un núcleo convectivo de considerable intensidad, con un valor de 210 W/m², sobre el oeste del Edo. Apure.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Debilitamiento de la intensidad de las precipitaciones en el nororiente del territorio así como en los estados Lara, Falcón y occidente de Bolívar. Precipitaciones moderadas en los Llanos centrales y occidentales con un núcleo de fuertes precipitaciones en el extremo oeste del Edo. Apure. La probabilidad de ocurrencia de eventos de precipitación adquiere valores menores a 50% en los Llanos centrales y orientales, así como en toda la costa y occidente del país, los valores más altos se registran al sur del estado Bolívar. Moderada a fuerte actividad anticiclónica en todos los niveles impide el desarrollo de nubosidad sobre el extremo oriental del país y el desplazamiento en sentido sur de la ZCIT concentra la mayor intensidad de las precipitaciones sobre esa zona.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones de carácter moderado cubren toda la extensión de la cuenca. Las mayores probabilidades de precipitación se encuentran distribuidas en la región suroriental de la cuenca. La intensificación de las condiciones anticiclónicas principalmente en niveles medios y altos ocasiona la ocurrencia de eventos moderados de precipitación a lo largo de toda la cuenca.

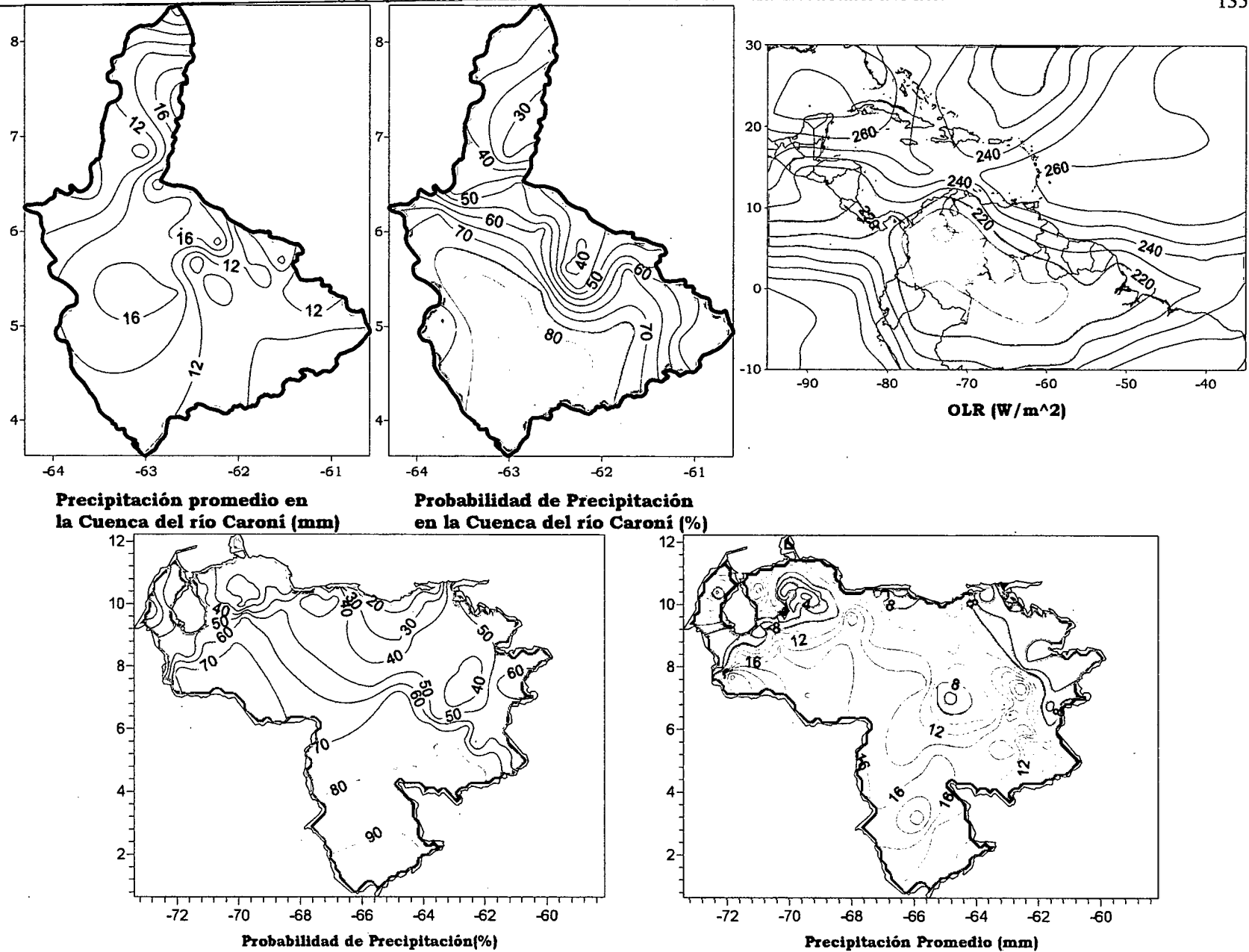


Figura 3.44. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroni, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 13, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Intensificación en niveles altos de la actividad anticiclónica con fuerte desplazamiento del flujo por encima de los 20° N. En niveles medios se extiende la influencia anticiclónica abarcando todo el país, la cual se mantiene en niveles bajos con una zona de subsidencia sobre el extremo oriental de Venezuela. Una Vaguada afectando Centroamérica y el Caribe se extiende desde los 500 hPa hasta llegar a la troposfera alta en 200 hPa.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Moderada convección desarrollándose en el extremo suroccidental del país con un núcleo de mínima OLR sobre el noroeste de Colombia. Vaguada en niveles medios y altos presenta nubosidad de poco desarrollo extendiéndose en el Caribe.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones débiles a moderadas alrededor de toda la extensión de la costa venezolana y estado Delta Amacuro. Moderada intensidad de las precipitaciones se hace presente en los Llanos y occidente del estado Zulia con eventos de carácter fuerte sobre el estado Bolívar. Las probabilidades de menor magnitud se concentran en el oriente del país y en el Edo. Falcón. La intensas condiciones anticiclónicas en todos los niveles inhiben el desarrollo convectivo en la costa y oriente del país ocasionando una disminución de las precipitaciones en esa zona.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones moderadas a fuertes en toda la cuenca, principalmente en el Bajo Paragua, Norte del Medio Caroní y Sur del Bajo Caroní, con altas probabilidades de ocurrencia de precipitación en el Alto Paragua y una disminución considerable de la probabilidad en parte del Medio Caroní. Las precipitaciones presentes en la cuenca son producto de la inestabilidad atmosférica introducida por la Vaguada en niveles medios y altos sobre el Caribe que disminuye el efecto de subsidencia causado por la intensificación de la actividad anticiclónica en los distintos niveles.

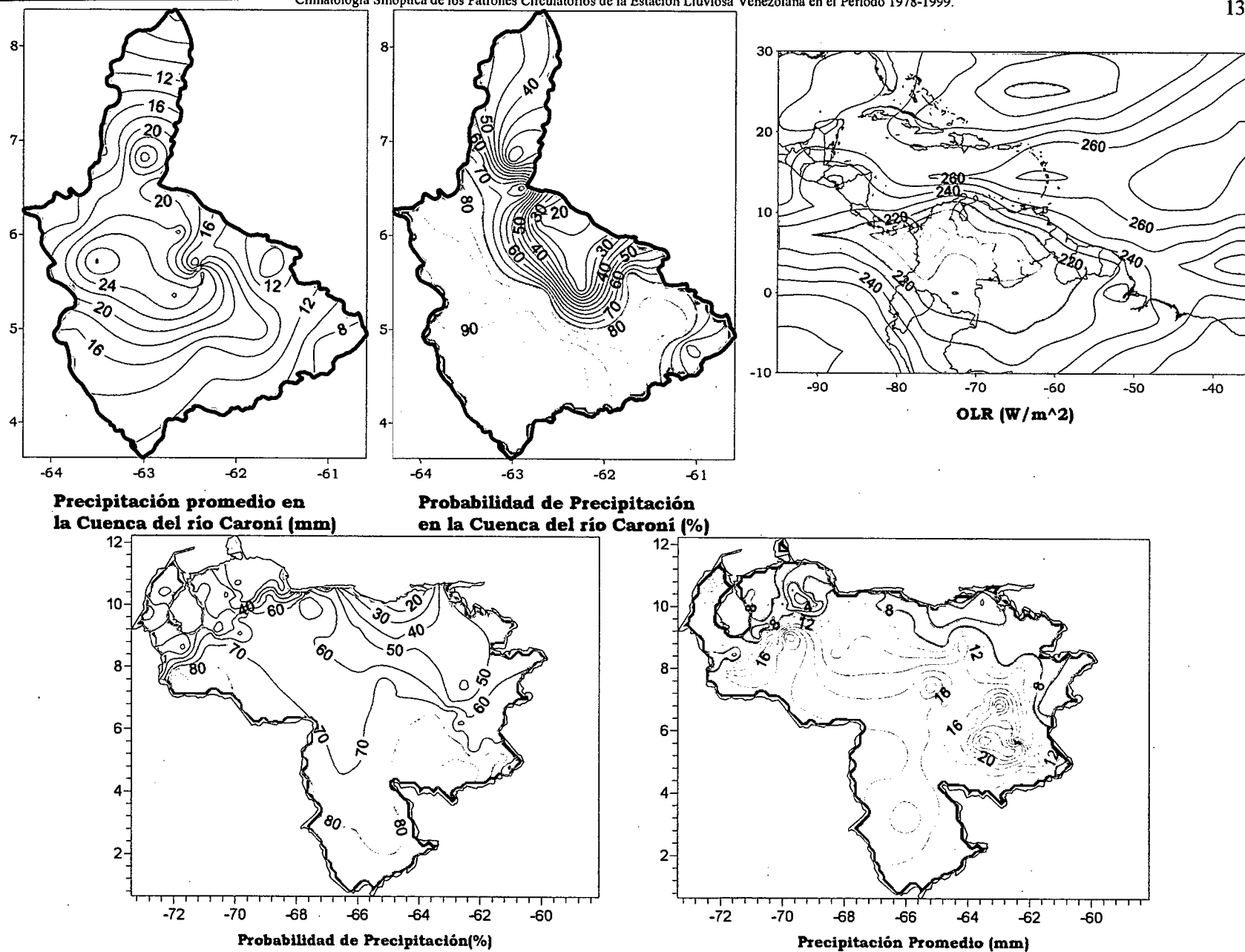


Figura 3.47. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 14, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Retiro de la influencia del Anticiclón del Atlántico Norte sobre Venezuela permite un leve ascenso del eje septentrional de la ZCIT. Debilitamiento de la actividad anticiclónica en niveles medios y altos con la presencia de dos Vaguadas, una débil en 200 hPa en parte del Atlántico Norte influyendo sobre el nororiente del país y la otra más intensa que se extiende en la media y alta troposfera afectando a gran parte del Caribe.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Ligero retiro de la convección hacia el oeste con una mayor presencia en el norte de Colombia y Centroamérica. Sobre el norte del país se destaca la existencia de condiciones estables reflejadas por los altos valores de OLR. La Vaguada en el Atlántico introduce inestabilidad sobre Guyana con nubes de moderado desarrollo. La segunda Vaguada ubicada al noroeste del Caribe estimula la formación de sistemas convectivos de moderada intensidad.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones débiles a moderadas sobre la costa central y oriental así como en los Llanos orientales y los Andes. Moderada intensidad de las precipitaciones en el resto del país con una ligera intensificación sobre la costa occidental y el oriente del estado Zulia. Probabilidades menores al 50% en la zona central del territorio aumentando hacia el estado Apure y el extremo sur. Las condiciones de estabilidad presentes en el norte de Venezuela inhiben el desarrollo convectivo principalmente en la zona central donde se presentan precipitaciones de carácter débil. La Vaguada próxima a las costas venezolanas no influye sobre las condiciones atmosféricas del territorio nacional.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones débiles a moderadas prevalecen en la zona oriental del Alto y el Bajo Caroní. Los eventos se tornan moderados en el resto de la cuenca. La probabilidad de ocurrencia de precipitación aumenta en un sentido noroeste-suroeste con valores máximo por encima del 90% en el sector del Alto Paragua. El retiro de la convección hacia Centroamérica introduce condiciones de relativa estabilidad en toda la cuenca.

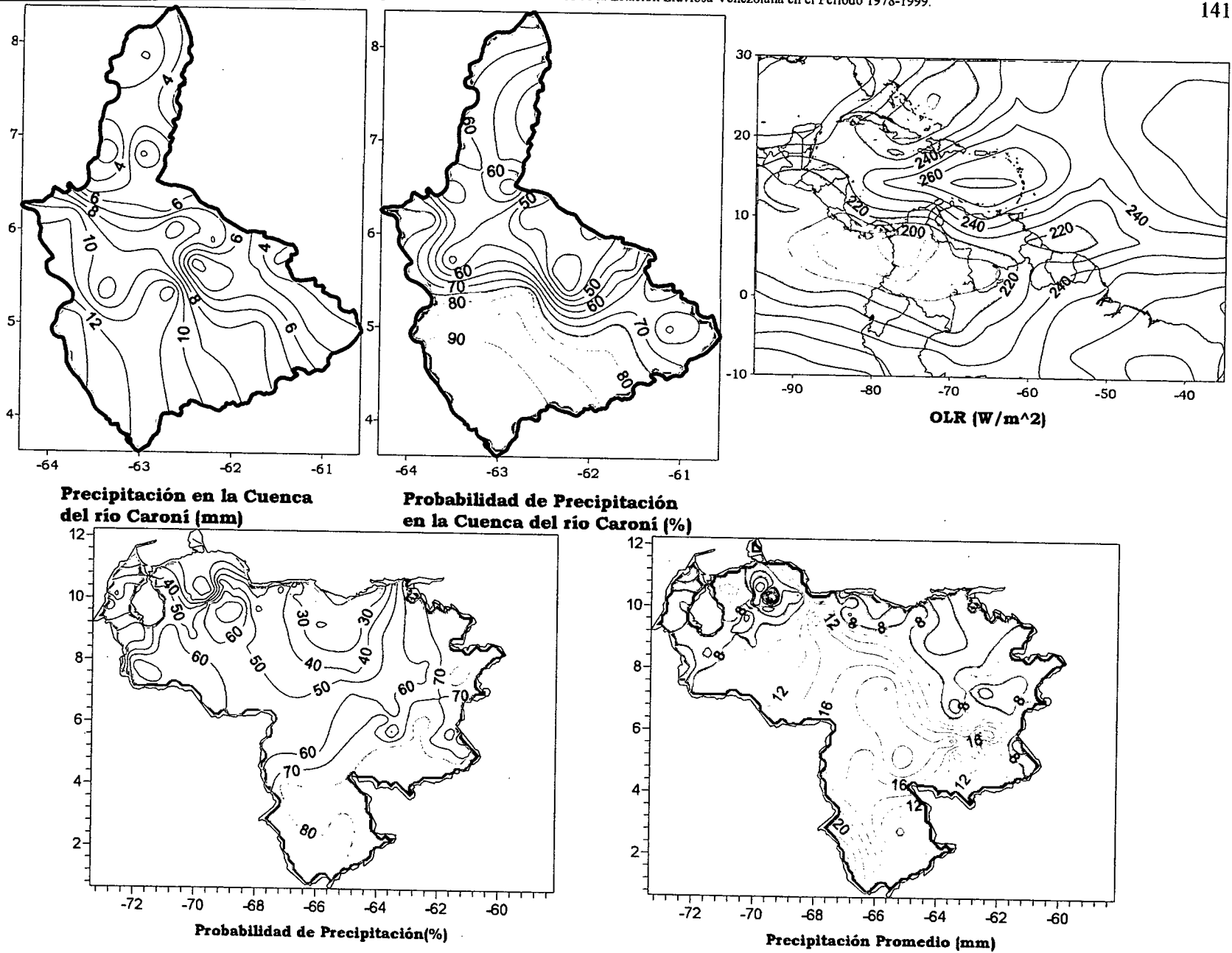


Figura 3.50. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 15, Bimestre Mayo-Junio.

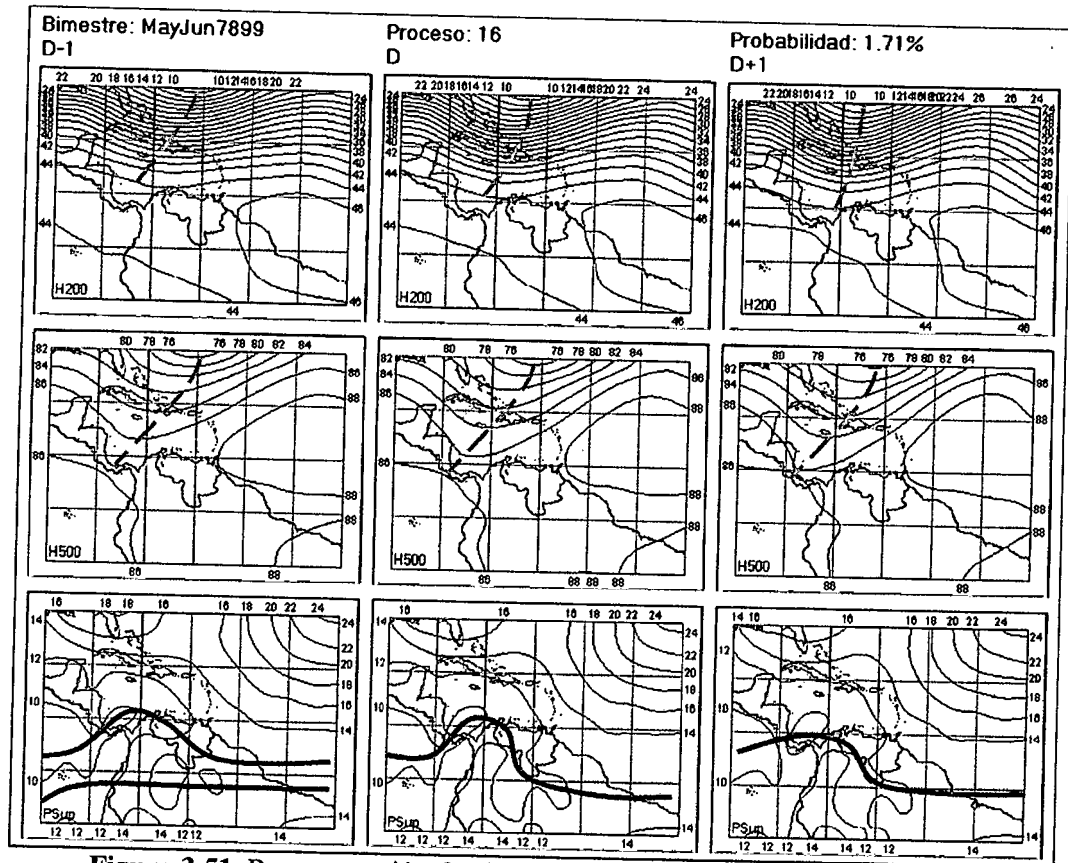


Figura 3.51. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 16 Bimestre Mayo-Junio.

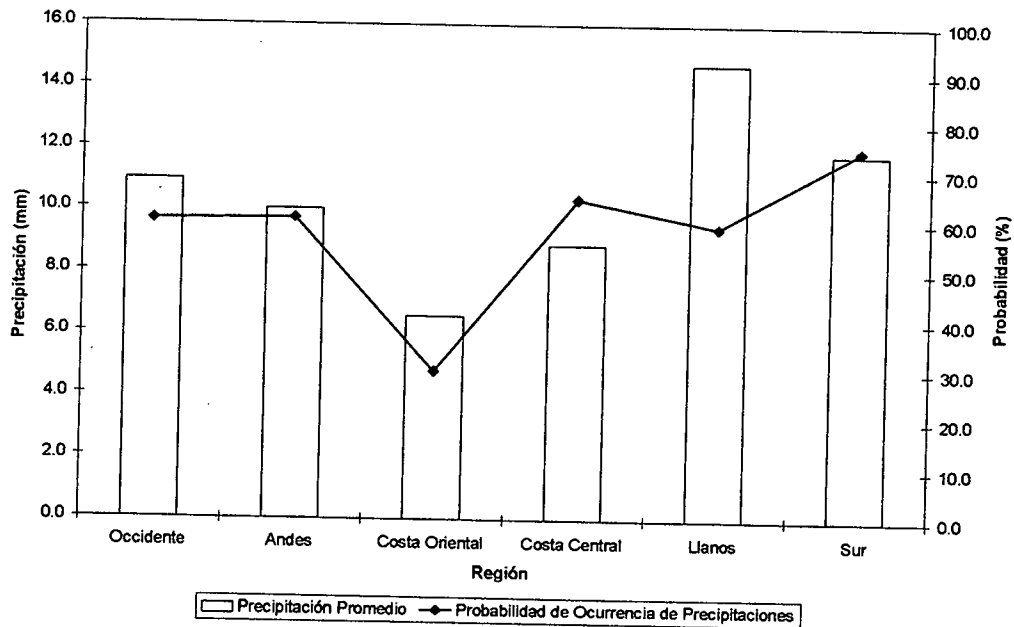


Figura 3.52. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 16, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Vaguada profunda en niveles medios y altos produce un ascenso del eje norte ZCIT a la altura de Panamá afectando toda la zona occidental de Venezuela. Moderada actividad anticiclónica en todos los niveles produce subsidencia en el extremo oriental del territorio.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Desarrollo de nubosidad convectiva en prácticamente todo el país a excepción de la región oriental, parte del intenso núcleo de mínima OLR que afecta al noroeste de Colombia influye sobre las condiciones atmosféricas en el Edo. Táchira y oeste de Apure. Nubosidad de moderada a fuerte intensidad asociada a Vaguada afecta a Puerto Rico y parte de la Antillas Menores.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Aumento generalizado de la intensidad y la ocurrencia de la precipitación con un ligero descenso sobre el estado Delta Amacuro y norte de Bolívar. Sobre los Llanos occidentales y parte de los Llanos Centrales se presentan eventos de fuerte intensidad. Vaguada en niveles medios y altos introduce aire frío que inestabiliza la mayor parte del territorio nacional a excepción de la región oriental donde la actividad anticiclónica en todos los niveles impide el desarrollo de sistemas nubosos productores de precipitaciones.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones débiles a moderadas en el Bajo y sur del Medio Caroní acompañadas de eventos de carácter moderado en el resto de la cuenca. Los valores máximos de precipitación se ubican en la región occidental de la cuenca particularmente en el Alto Paragua. La relativa estabilidad que introduce en niveles medios y altos el flujo anticiclónico impide los eventos de fuertes precipitaciones sobre la cuenca.

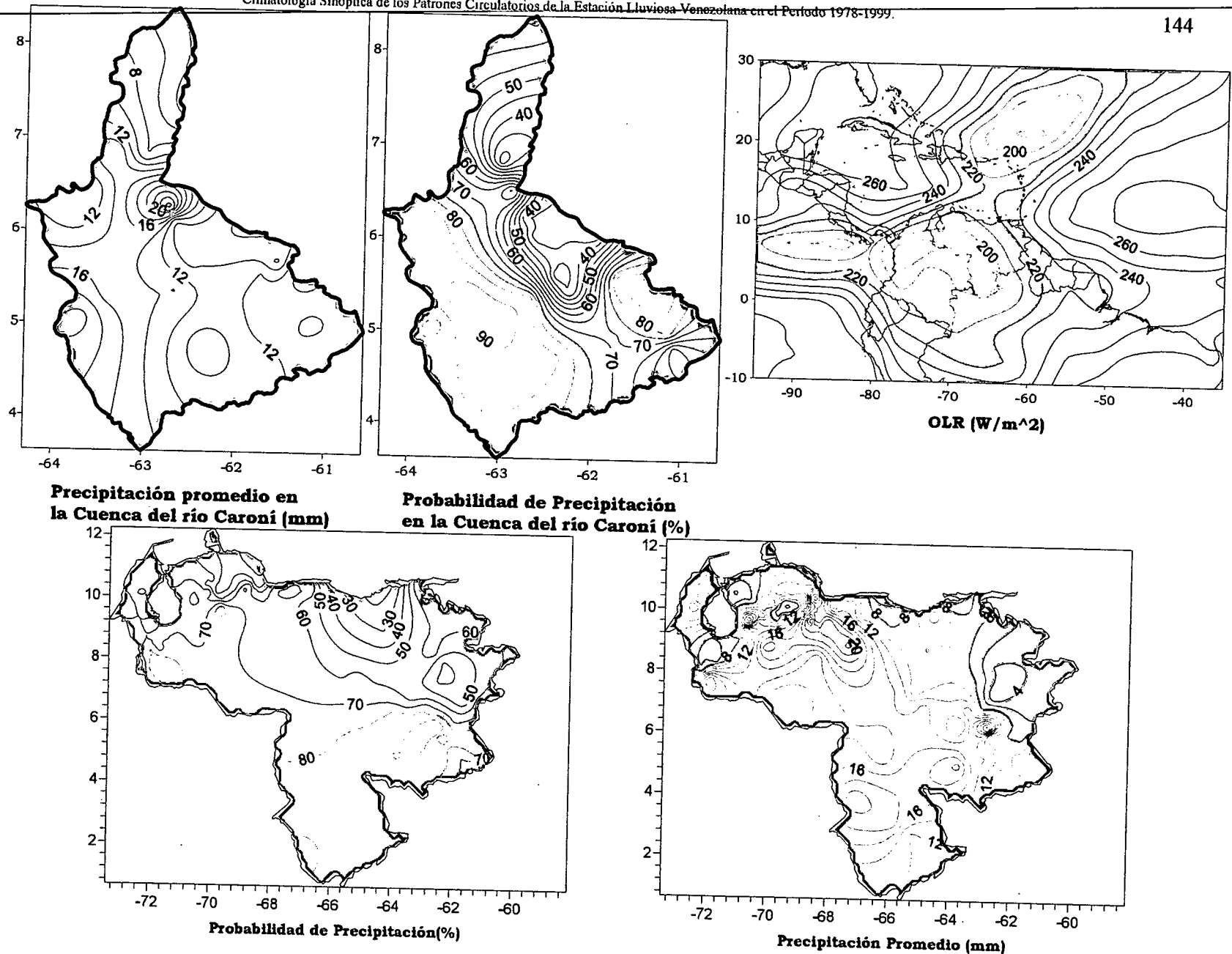


Figura 3.53. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní, Venezuela y distribución de la OLR en el PSO 16, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Intensa Vaguada, cuyo eje se extiende desde el Atlántico pasando por República Dominicana, domina el patrón de circulación en niveles medios y altos. En superficie, producto de las condiciones en niveles superiores, se produce un ascenso de la ZCIT afectando a parte de la costa occidental y central de Venezuela, vestigios de la Vaguada pueden ser observados en este nivel.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Débil a moderada convección sobre todo el país. La nubosidad asociada a la Vaguada se encuentra retirada hacia el Atlántico y en las condiciones promedios para este PSO dicha situación sinóptica no afecta directamente las condiciones atmosféricas del territorio nacional.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 17			Mayo-Junio. PSO 17 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
0.129	2.637	0.039	-0.073	1.977	-0.226

Cuadro 3.13. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 17 Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones severas sobre los Llanos Centrales, occidente de Bolívar y norte del estado Amazonas. Las bajas probabilidades de ocurrencia principalmente sobre las zonas de precipitaciones severas indican la presencia de eventos de carácter local y de poca frecuencia, se hace necesario analizar de forma separada el comportamiento de las distintas variables en dichos eventos para determinar la posible influencia de la profunda Vaguada en el desarrollo de este tipo de precipitaciones sobre la zona afectada debido a que en casi la totalidad del territorio imperan las condiciones de fuerte actividad anticiclónica, aún así es posible afirmar que la intensidad de la Vaguada afecta directamente la intensidad de las precipitaciones sobre el territorio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones fuertes sobre el Alto Paragua están acompañadas de precipitaciones débiles a moderadas en el resto de la cuenca. La mayor probabilidad de precipitación se concentra en el Alto y parte del Medio Caroní con una disminución considerable hacia la zona suroccidental de la cuenca. Intensa actividad anticiclónica en niveles medios y altos impide el desarrollo de sistemas nubosos sobre la región como lo expresa la distribución espacial de OLR. Tomando en cuenta el valor de probabilidad de ocurrencia en las zonas donde están presentes precipitaciones fuertes permite concluir que se trata de eventos muy locales de poca recurrencia cuyos factores de origen no pueden ser determinados con la escala utilizada en esta investigación.

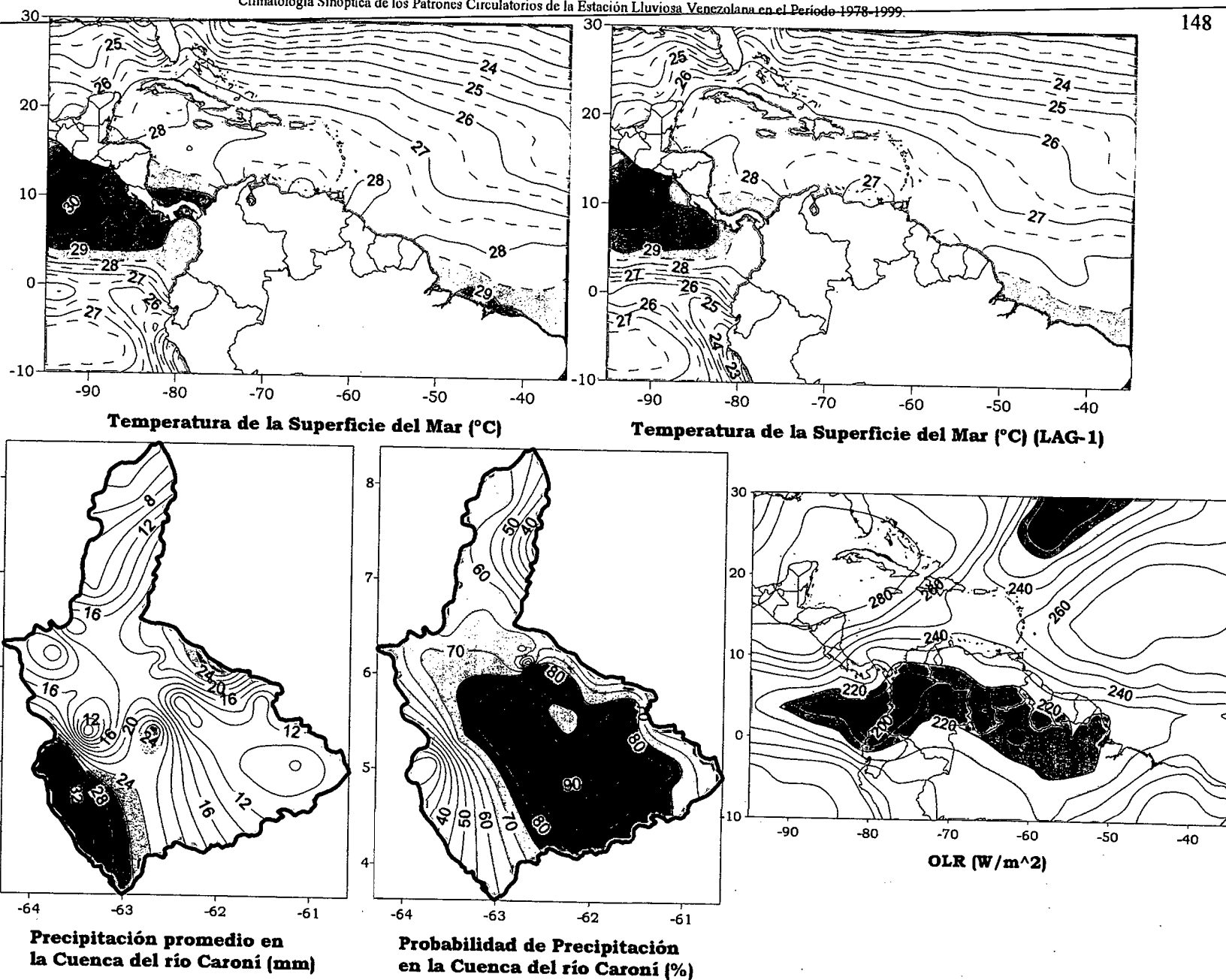


Figura 3.56. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 17, Bimestre Mayo-Junio.

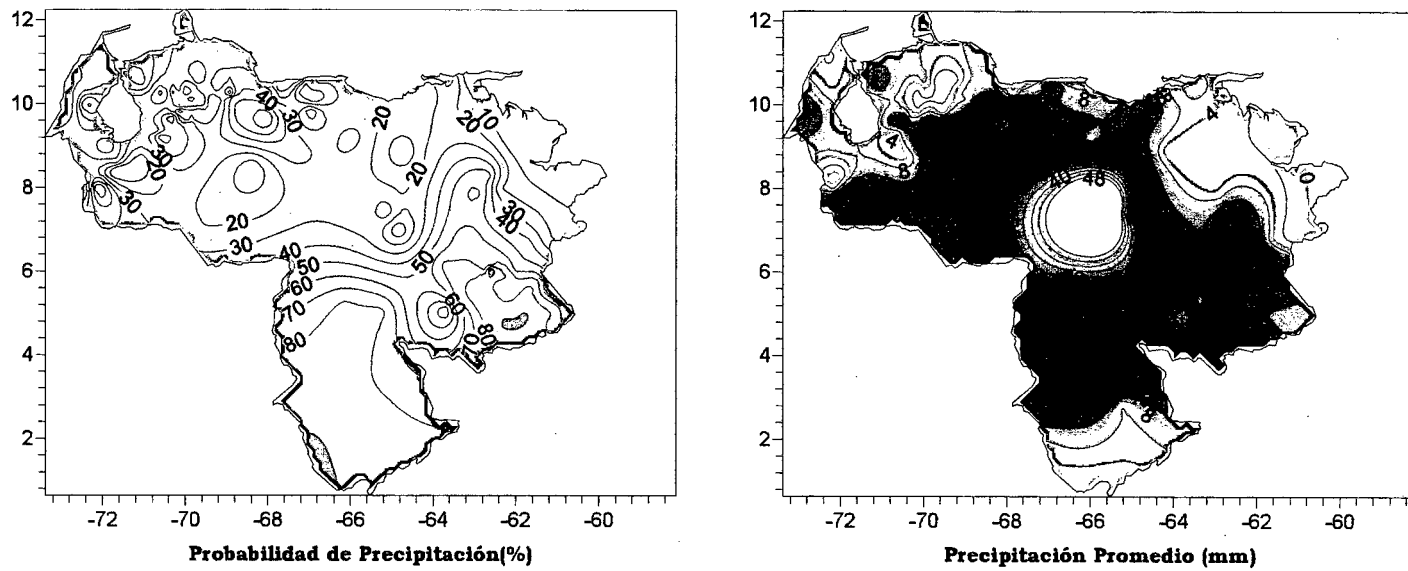


Figura 3.57. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en el PSO 17, Bimestre Mayo-Junio.

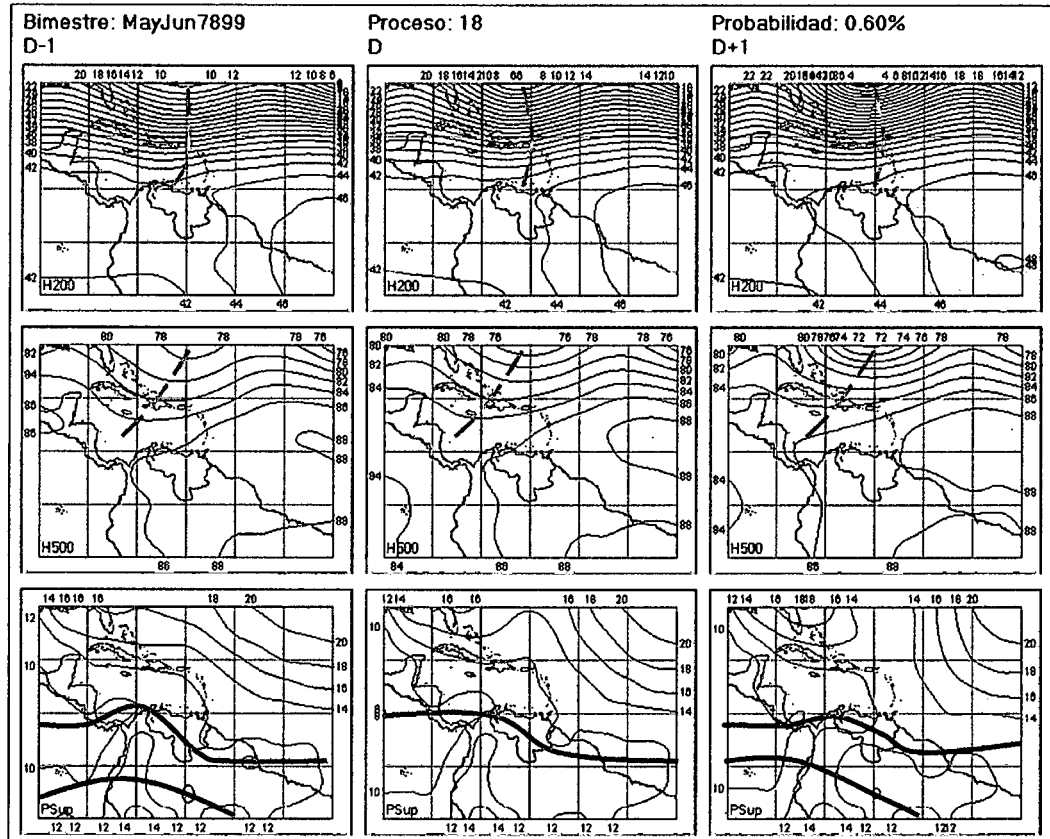


Figura 3.58. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 18 Bimestre Mayo-Junio.

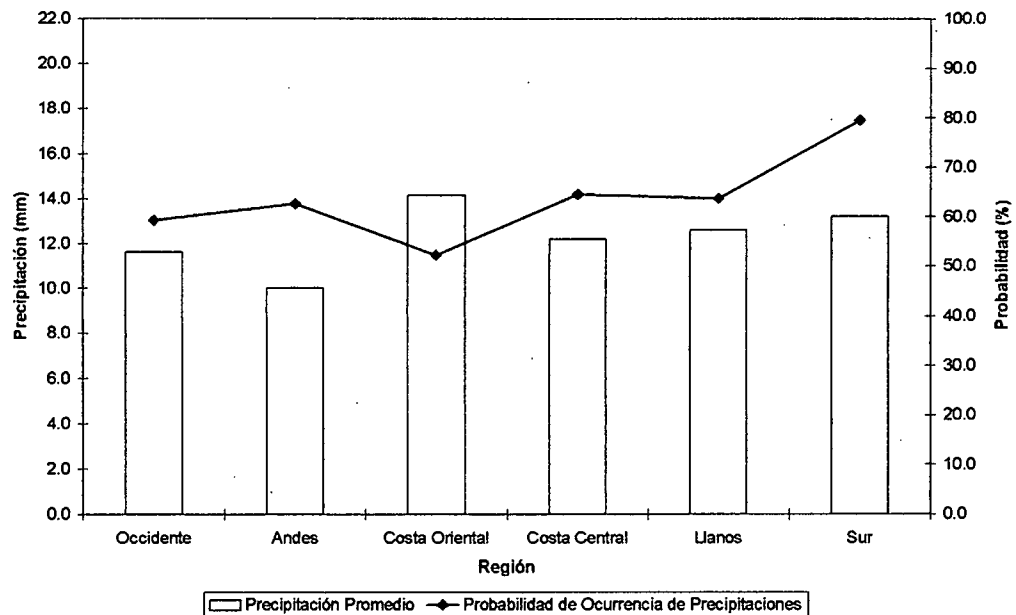


Figura 3.59. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 18, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Vaguada en niveles medios y altos asociada a una intensa actividad de la corriente de chorro en 200 hPa. En superficie, debilitamiento de la actividad anticiclónica con ascenso e intensificación de la ZCIT.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Centro de mínima OLR sobre el estado Apure, con un valor de 190 W/m^2 , es indicio de una fuerte convección en la zona. Sistemas nubosos de moderado a intenso desarrollo se extienden en el centro y parte del occidente del país. La Vaguada inestabiliza y permite el desarrollo de sistemas convectivos sobre el Atlántico occidental y parte del Caribe.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 18			Mayo-Junio. PSO 18 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
-0.578	0.950	-0.299	-0.638	0.732	-0.374

Cuadro 3.14. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 18 Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Aumento de la intensidad y ocurrencia de precipitaciones sobre todo el país destacándose eventos de carácter fuerte sobre los Llanos orientales y costa central, así como precipitaciones fuertes a severas en el estado Apure. Altas probabilidades de ocurrencia de precipitaciones sobre los Andes, costa central, parte del estado Sucre y en el estado Bolívar. Relativa baja presión en superficie aunada a debilitamiento de las condiciones anticiclónicas en niveles altos permite un incremento de la precipitación sobre el territorio. La Vaguada en niveles medios y altos influye directamente sobre las condiciones atmosféricas en la costa central aumentando la inestabilidad y por consiguiente la intensidad de las precipitaciones.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones moderadas sobre el Bajo Paragua y norte del Alto Caroní con altas probabilidad de ocurrencia de precipitación en todo el occidente de la cuenca y al norte del Alto Caroní. El ascenso de la ZCIT acompañado de la influencia de la profunda Vaguada en niveles medios y altos trae como consecuencia la ocurrencia de eventos de precipitación de carácter moderados con altas probabilidades de ocurrencia a lo largo de toda la cuenca.

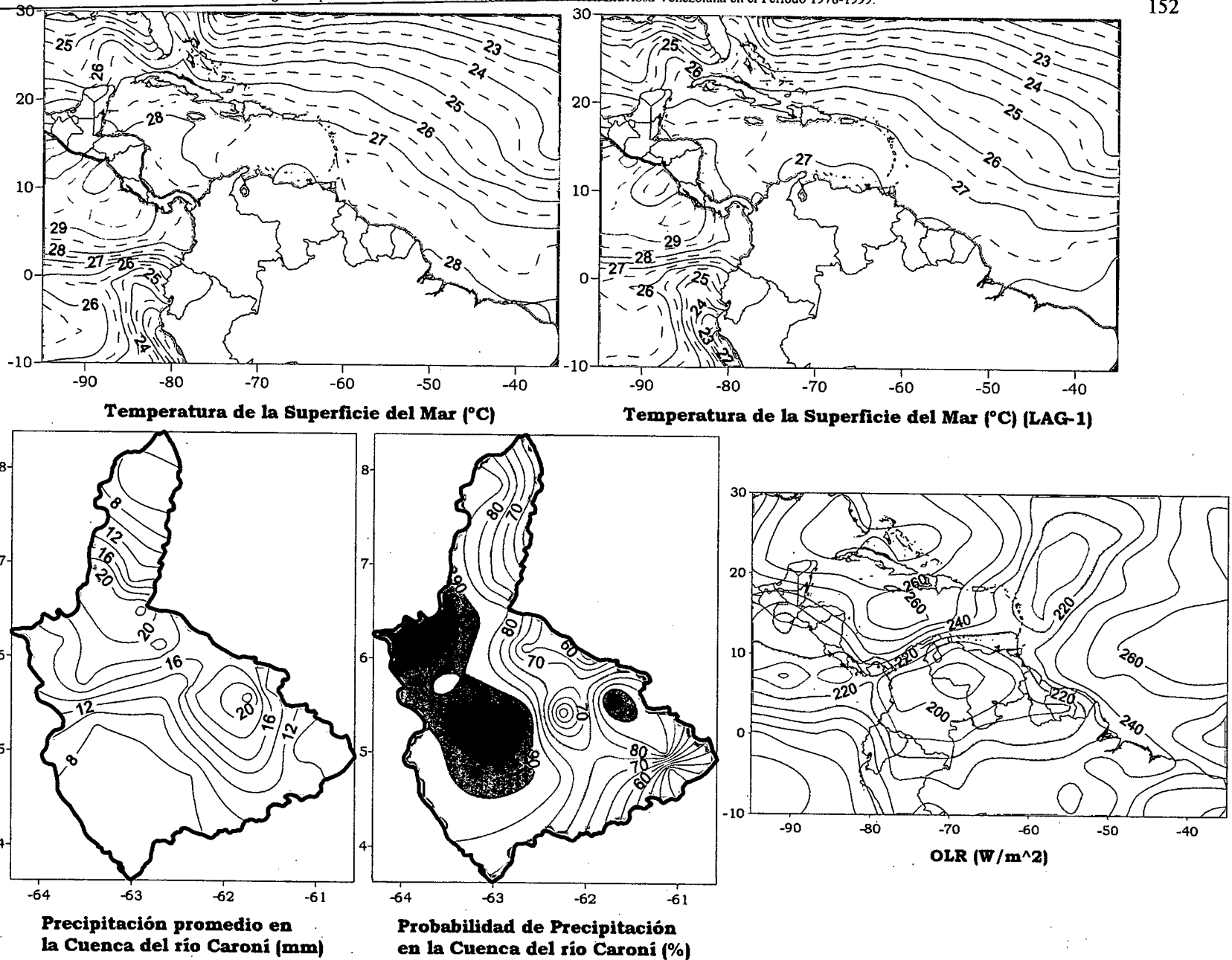


Figura 3.60. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 18, Bimestre Mayo-Junio.

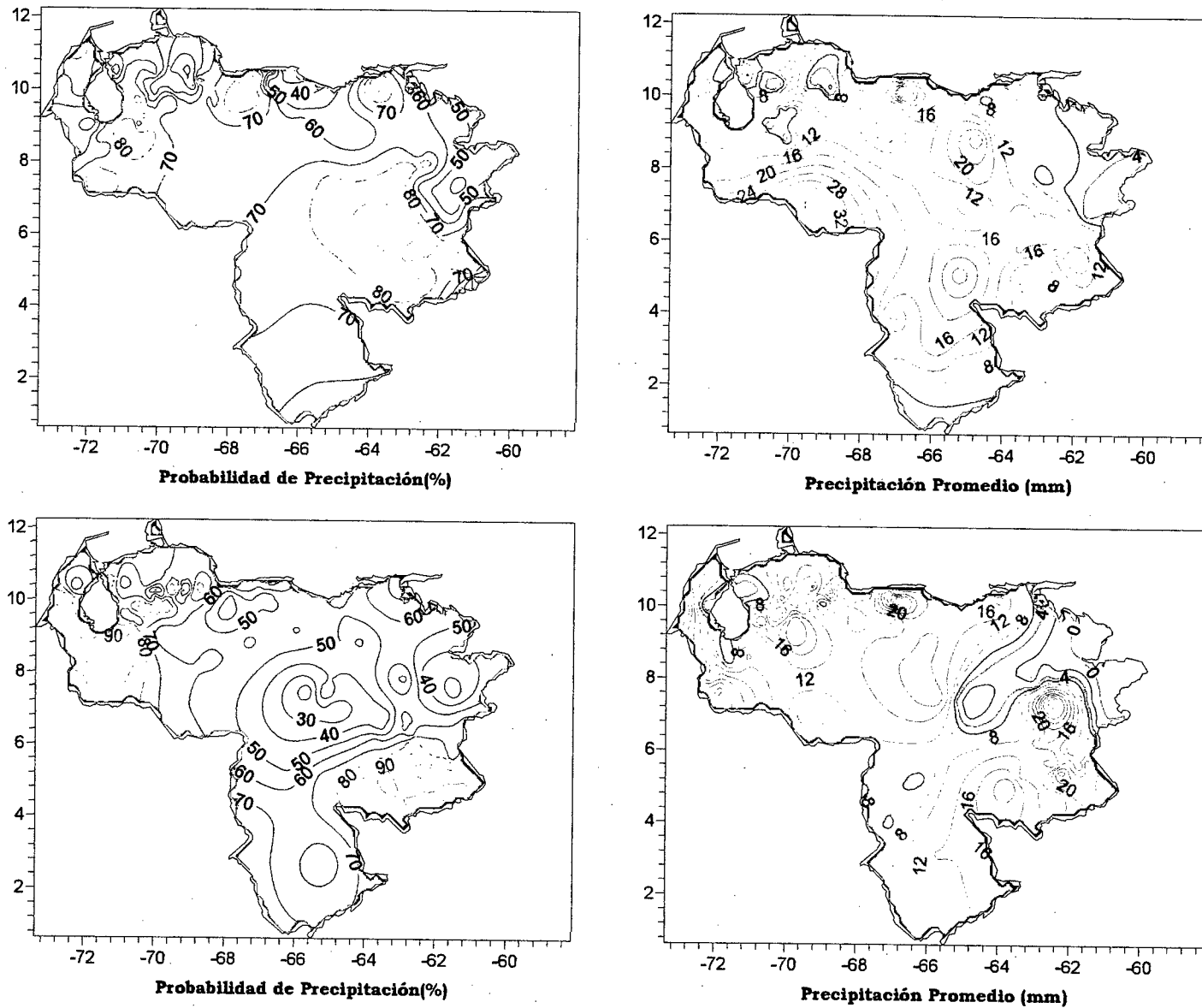


Figura 3.61. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 18 y 19, Bimestre Mayo-Junio.

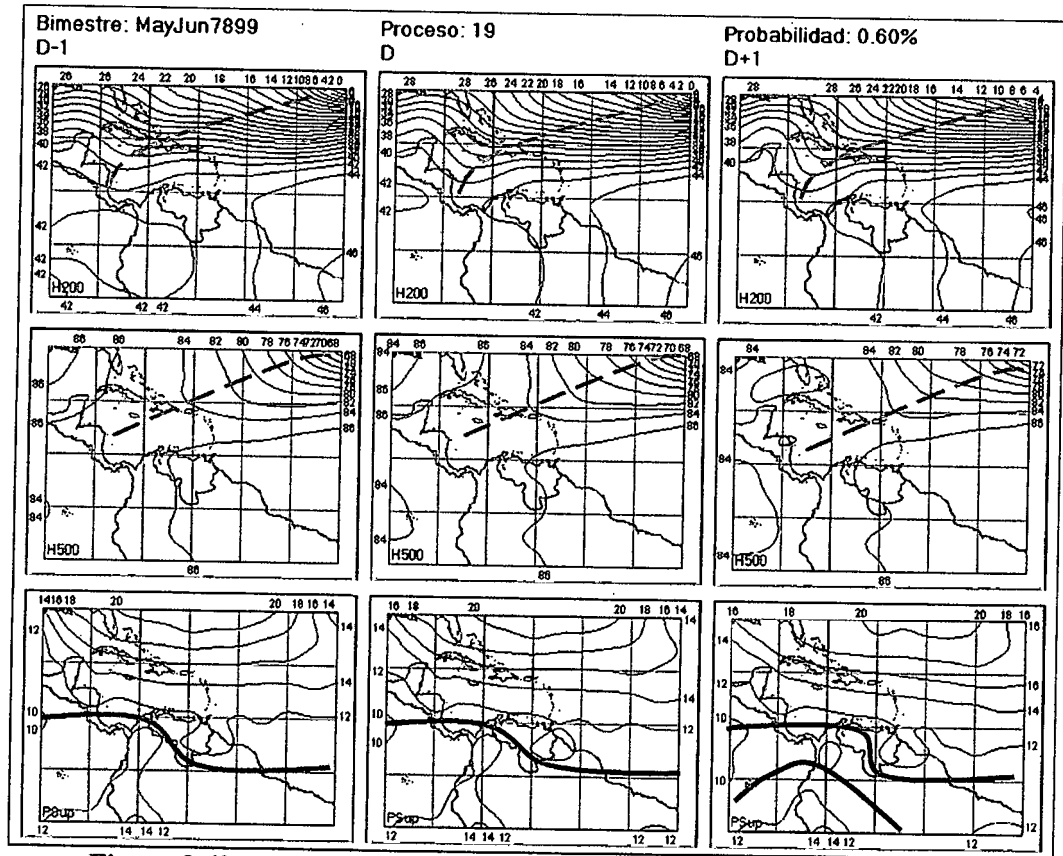


Figura 3.62. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 19 Bimestre Mayo-Junio.

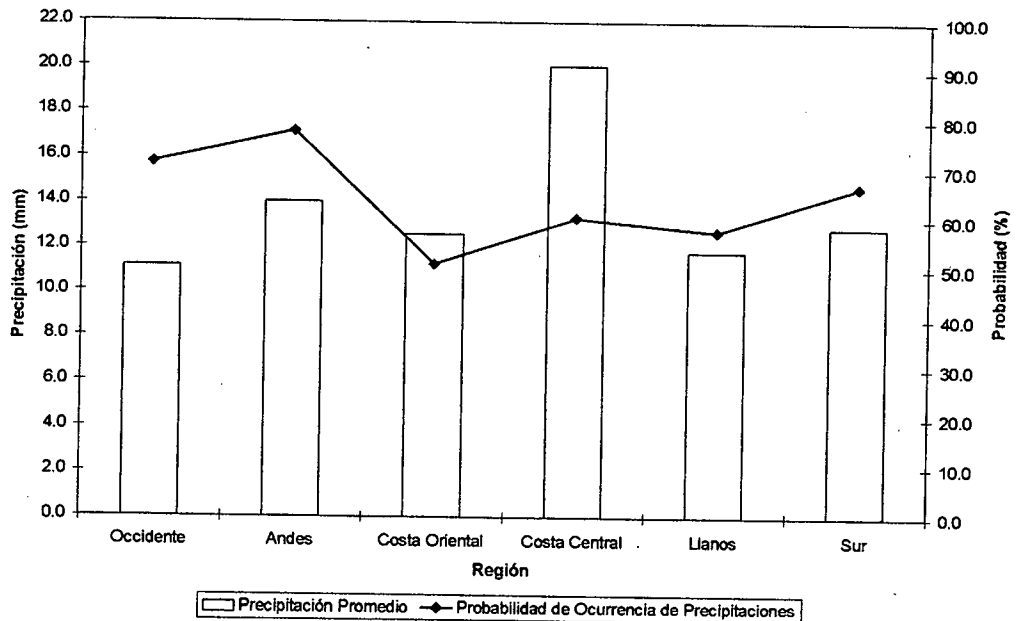


Figura 3.63. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 19, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Zona de Convergencia Intertropical afectando principalmente al occidente y sur del país con una intensa actividad. Vaguada extendida en niveles altos y medios sobre el Mar Caribe y parte del Atlántico, en ambos niveles se presenta una débil a moderada actividad anticiclónica.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Actividad convectiva afectando al occidente, centro y sur del país. Vaguada en niveles medios y altos genera nubosidad de poco desarrollo sin ningún efecto sobre el Caribe y Venezuela.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 19			Mayo-Junio. PSO 19 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
-0.463	0.292	-0.541	-0.565	2.033	-0.624

Cuadro 3.15. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 19 Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones de fuerte intensidad sobre la costa central, oeste del estado Apure y norte del Estado Bolívar. El oriente del país, específicamente los estados Delta Amacuro y parte de los Llanos orientales, presentan precipitaciones débiles a diferencia del resto del territorio nacional en donde se destaca un carácter moderado en la intensidad de los eventos. Probabilidades altas de ocurrencia de eventos de precipitación se concentran en la región de los Andes y sur del Estado Bolívar. Moderada actividad anticiclónica en niveles medios y altos sobre el oriente inhibe la convección en esa zona disminuyendo la intensidad de la precipitación, por el contrario el occidente está influenciado en menor grado por la alta presión permitiendo el desarrollo de sistemas nubosos sobre la región.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones de moderadas a fuertes sobre el oeste del Alto Paragua y el Alto Caroní. En el Bajo Caroní se presenta un fuerte gradiente de precipitación, con eventos de débil a moderada intensidad en el extremo oeste y eventos de carácter fuerte en su extremo este. Altas probabilidades de precipitación sobre toda la cuenca principalmente al sur de la misma donde los valores alcanzan un 100%. La máxima actividad convectiva se ubica el extremo sur de la cuenca como lo releja la distribución de OLR, este comportamiento se debe principalmente a un fuerte debilitamiento de las condiciones anticiclónicas en niveles altos sobre esa región.

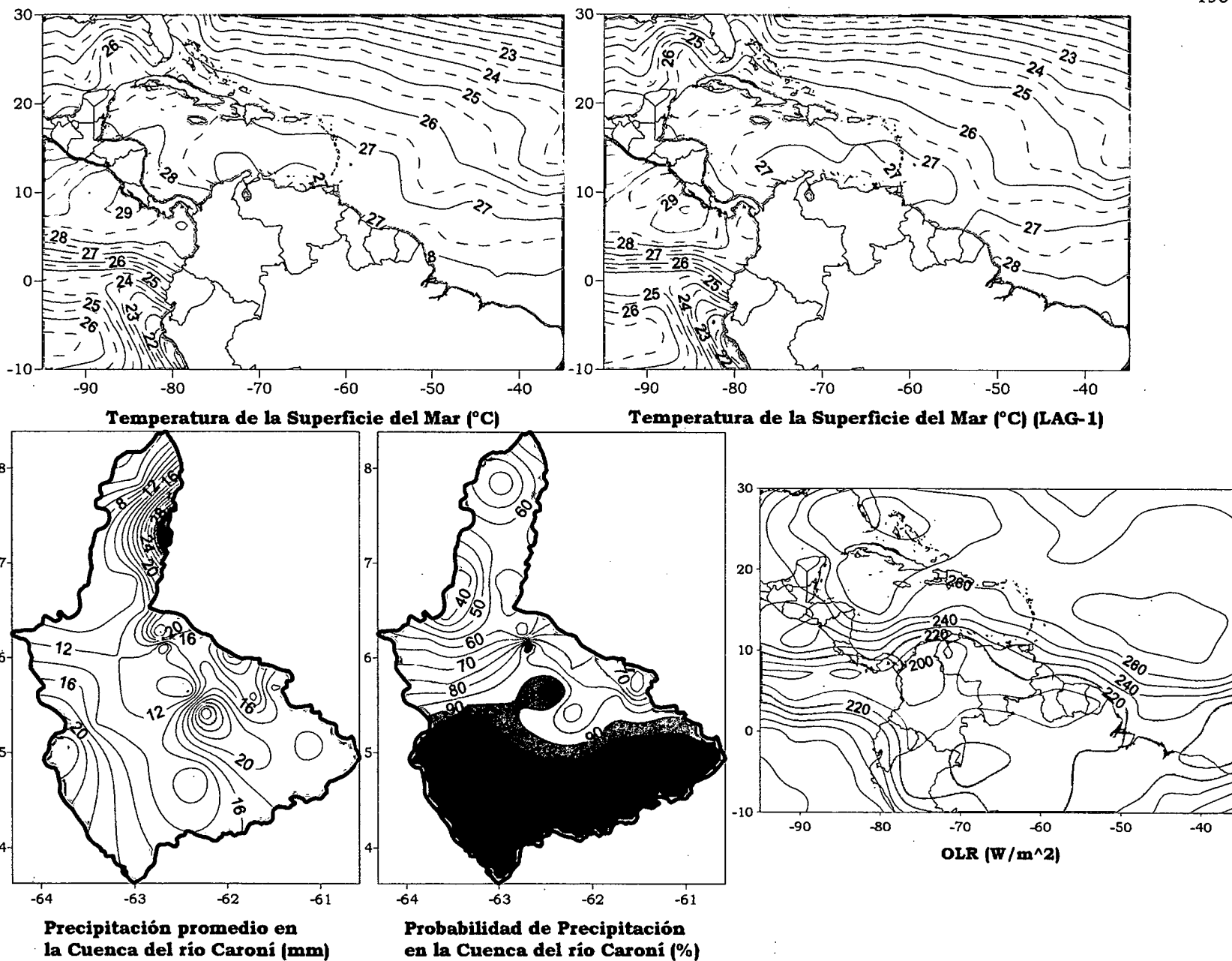


Figura 3.64. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 19, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

En superficie, la ZCIT presenta un leve ascenso, mostrando sus dos ejes bien definidos; presencia de una Onda del Este ubicada a los 55° O. En niveles medios, una dorsal anticiclónica de moderada intensidad cubre a todo el territorio nacional. La troposfera alta se presenta con una cuña anticiclónica que penetra la región nororiental del país, destacándose el intenso desplazamiento del flujo por encima de los 15° N. Vaguada se extiende desde 500 hPa hasta 200 hPa cuyo eje penetra en el Caribe oriental.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Fuerte convección sobre el occidente del Estado Bolívar y el norte del Edo. Amazonas, así como intenso desarrollo convectivo sobre el Táchira y sur de Maracaibo. En líneas generales casi la totalidad del país es afectado por eventos convectivos a excepción del la zona nororiental que presenta condiciones de mayor estabilidad. Nubosidad baja asociada a la Vaguada en el Atlántico. Núcleo de 200 W/m² en las cercanías de los 55° O refleja el paso de la Onda Tropical por esa zona.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 20			Mayo-Junio. PSO 20 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
-0.461	2.612	-0.184	-0.602	2.384	-0.309

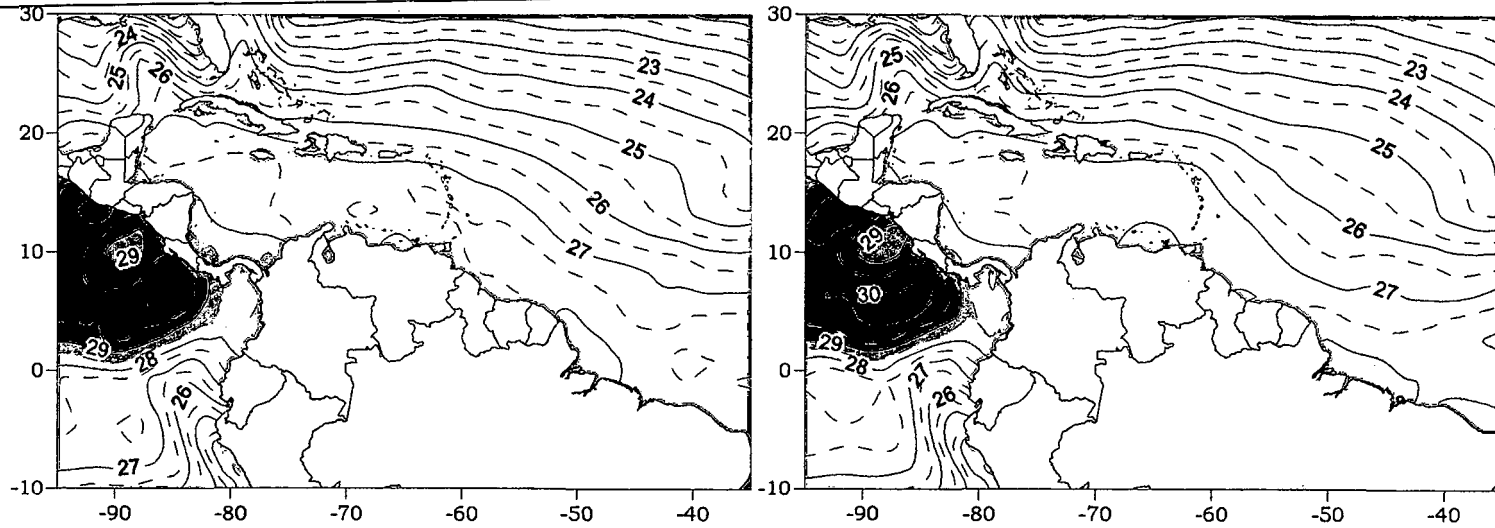
Cuadro 3.16. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 20 Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones moderadas a fuertes en los estados Yaracuy, Cojedes, Barinas y sur de Bolívar. El resto del país se presenta con precipitaciones moderadas a excepción de parte del Delta Amacuro en donde se desarrollan precipitaciones de débil intensidad. La probabilidad de ocurrencia de eventos de precipitación es considerablemente alta en toda la región de los Andes y parte de los Llanos occidentales. Vaguada en niveles medios y altos produce ascenso de la ZCIT inestabilizando la mayor parte del territorio nacional incrementando así tanto la intensidad como la ocurrencia de eventos de precipitación.

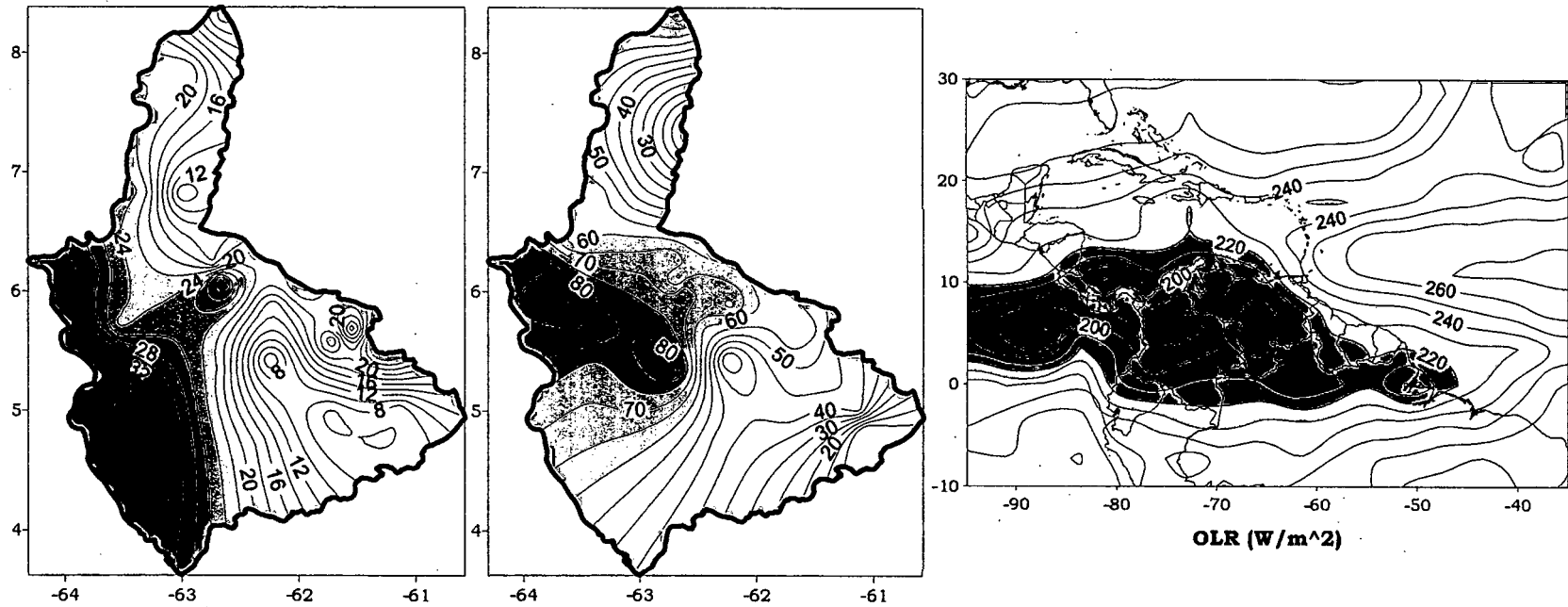
Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones fuertes se registran en todo el occidente de la cuenca acompañadas de eventos de intensidad débil en el sur del Alto Caroní, se mantienen fuertes gradiente de precipitación en toda la región. Las probabilidades de ocurrencia son relativamente bajas, reflejando el carácter intenso y poco frecuente de los eventos asociadas a este PSO cuyo origen radica principalmente en el debilitamiento de la actividad anticiclónica en niveles altos de la troposfera.



Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroní (mm)

Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroní (%)

OLR (W/m^2)

Figura 3.67. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 20, Bimestre Mayo-Junio.

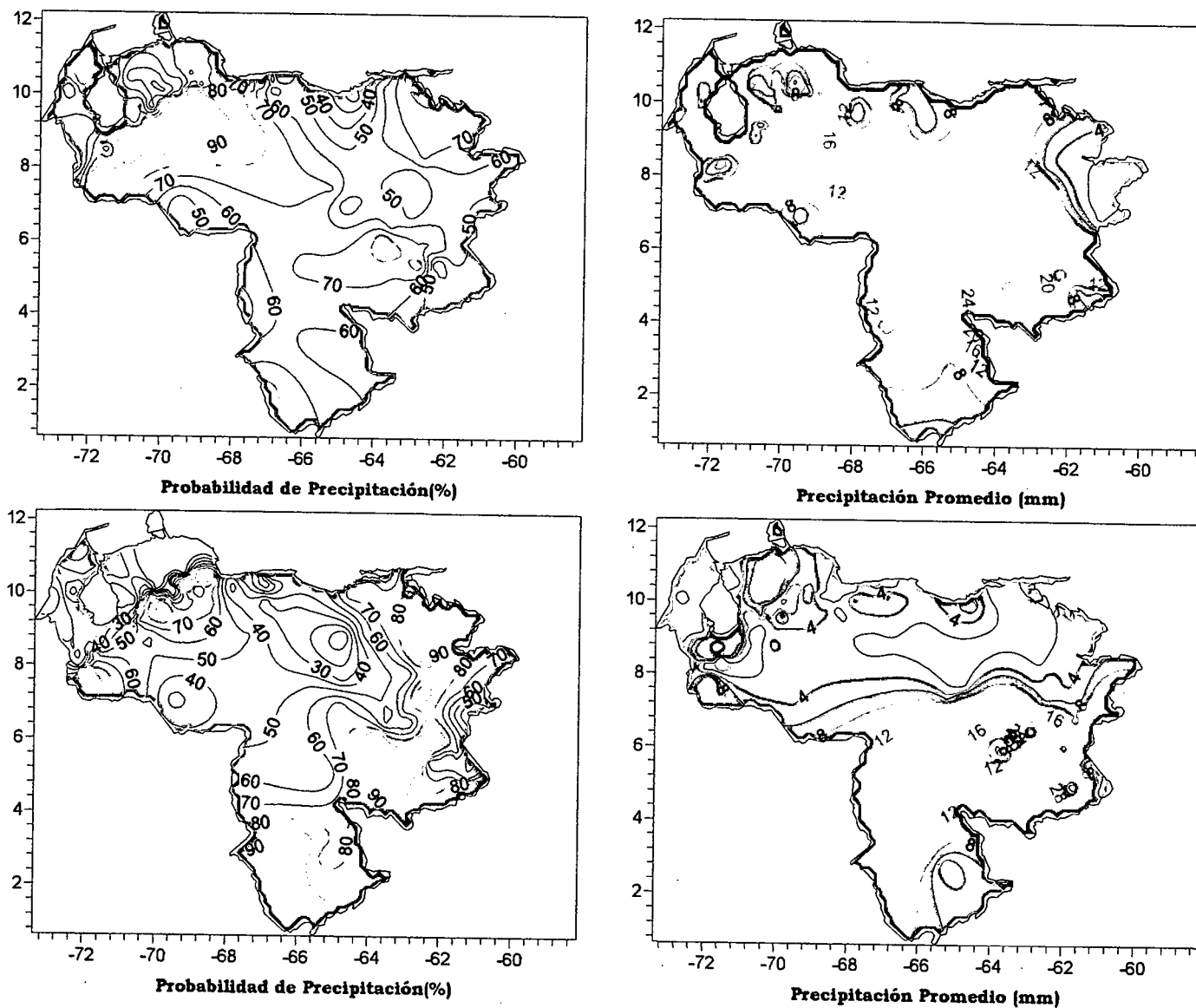


Figura 3.68. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSO's 20 y 21, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Ligero desplazamiento en sentido norte de la ZCIT y onda tropical ubicada en los 55° O interactúan con una fuerte Vaguada en niveles medios y altos ubicada en el Atlántico. Otra Vaguada de menor intensidad se encuentra sobre el Caribe. La troposfera media y alta presenta intensa actividad anticiclónica sobre el país incentivando el proceso de subsidencia y estabilidad atmosférica principalmente en el extremo norte.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

La estabilidad atmosférica domina las condiciones en gran parte del territorio nacional, sin embargo existe un sistema nuboso de intenso desarrollo ubicado en el Estado Amazonas y región suroccidental de Bolívar. La Vaguada que penetra el Caribe presenta débil actividad convectiva a diferencia de la que se encuentra ubicada en la parte central del Atlántico que posee una moderada a fuerte convección asociada.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 21			Mayo-Junio. PSO 21 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
-0.503	3.339	-0.328	-0.046	3.394	-0.059

Cuadro 3.17. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 21 Bimestre Mayo-Junio.

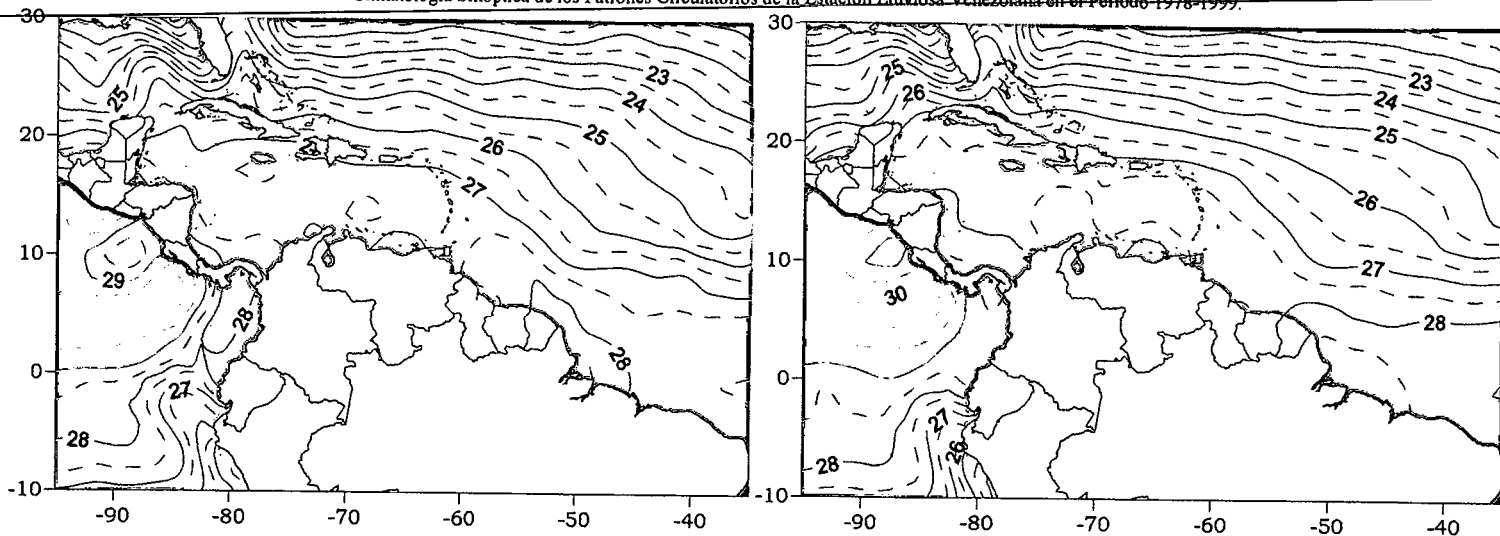
Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones débiles en gran parte del territorio nacional con zonas que presentan precipitaciones moderadas a fuertes en los estados Zulia y Bolívar. Particularmente en el estado Bolívar es donde se presentan las intensidades y la máxima probabilidad de precipitaciones. En el resto del territorio las precipitaciones asociadas a este PSO son muy escasas en intensidad y frecuencia considerándose así como un patrón de sequía dentro de la temporada lluviosa en el país. Intensificación de la actividad anticiclónica en niveles medios y altos impide el desarrollo de sistemas nubosos al norte del río Orinoco a excepción del sur del Lago de Maracaibo y parte del estado Lara en donde se producen precipitaciones fuertes y moderadas respectivamente, debidas a eventos muy locales imperceptibles para la escala de trabajo utilizada. Es posible que el eje de la Vaguada ubicada en el Atlántico penetre hasta el sur del territorio venezolano introduciendo inestabilidad atmosférica en la zona con presencia de precipitaciones moderadas a fuertes.

La dorsal anexa a la Vaguada se encuentra introduciendo subsidencia y buen tiempo sobre gran parte del territorio.

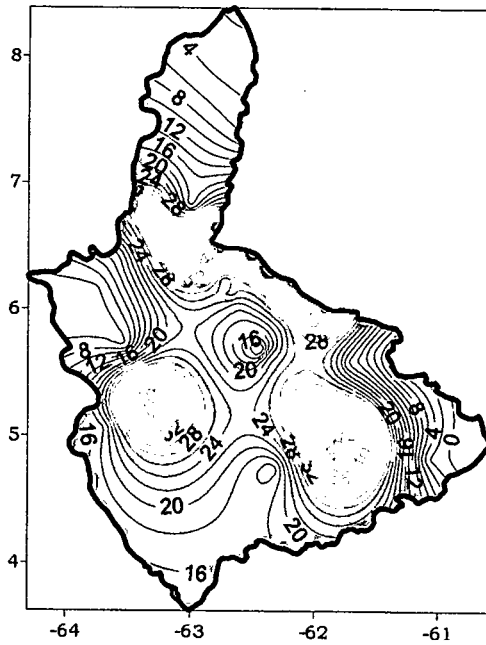
Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Zonas con severas precipitaciones se registran en varios puntos de la cuenca principalmente en el Norte del Alto Paragua, Medio y Bajo Caroní, en el resto de la cuenca las precipitaciones tienden a ser de moderadas a fuertes. Alta probabilidad de precipitación se presenta en el Bajo y Alto Paragua como en algunos sectores del Medio Caroní. La presencia de la Vaguada en niveles medios y altos ocasiona la ocurrencia de eventos de fuertes e intensas precipitaciones en toda la cuenca.

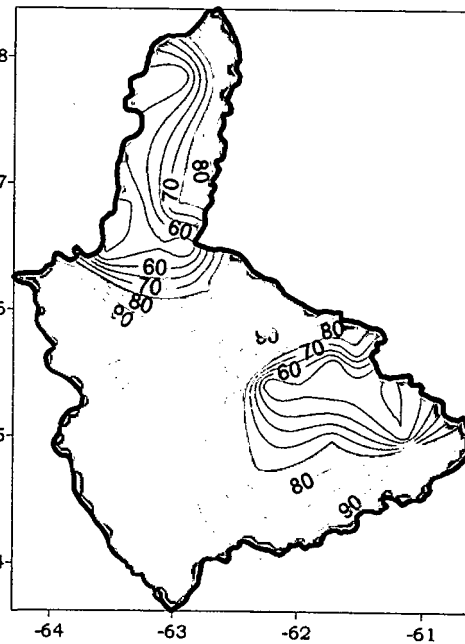


Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

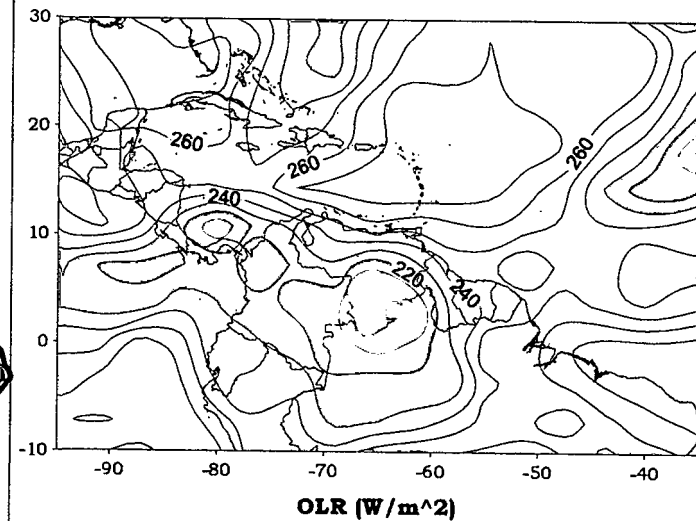
Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroní (mm)



Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroní (%)



OLR (W/m²)

Figura 3.71. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 21, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Zona de Convergencia Intertropical ubicada a los 11° N afectando toda la costa venezolana y parte de Centroamérica. El desplazamiento antes mencionado de la ZCIT es producto del efecto de una intensa Vaguada en niveles medios y altos, cuyo eje se extiende desde el Atlántico hasta el norte de Venezuela, acompañada de una fuerte actividad de la corriente de chorro.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Moderada a fuerte convección sobre el oriente venezolano y el Edo. Apure con un núcleo de 200 W/m² afectando al sur del Estado Bolívar. En la zona ubicada aproximadamente entre los 25° N y 55° O se desarrolla una fuerte actividad convectiva relacionada con la existencia de nubes con topes muy fríos producto de la presencia de la Vaguada. En el resto del Caribe prevalecen las condiciones de estabilidad.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 22			Mayo-Junio. PSO 22 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
0.570	4.380	0.599	0.566	3.792	0.184

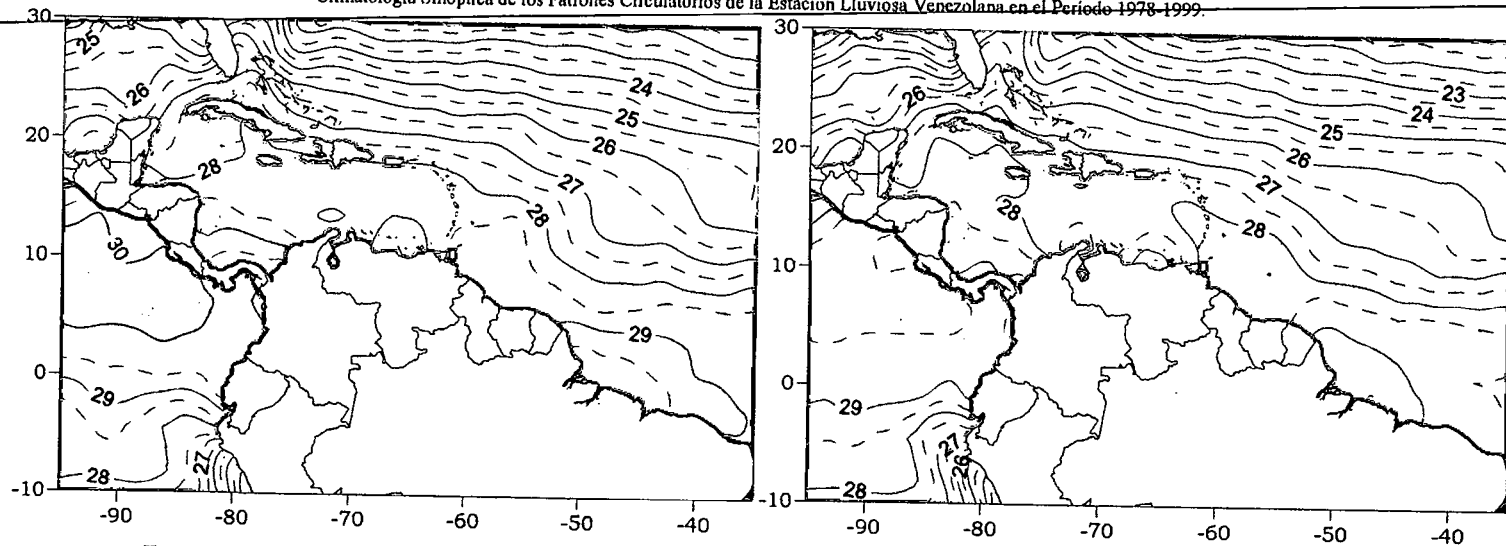
Cuadro 3.18. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 22 Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones severas en el estado Falcón es la característica más resaltante dentro de la distribución espacial de la variable. En los estados Delta Amacuro, Apure y sur de Bolívar la intensidad de las precipitaciones es de carácter fuerte a diferencia del sur del estado Amazonas y parte de la costa central en donde se registran precipitaciones de débil intensidad. Altas probabilidades de ocurrencia de eventos en el oriente de los estados Bolívar, Amazonas y Cojedes. Vaguada en niveles medios y altos inestabiliza el oriente del país en contraste con el proceso de intensificación de la actividad anticiclónica sobre todo el territorio. Debido a la alta presión presente la ocurrencia de precipitaciones en el extremo nororiental depende básicamente de la intensidad de la Vaguada. En el patrón sinóptico no se encuentran indicios que permitan dilucidar las causas que originan la presencia de precipitaciones severas sobre el estado Falcón.

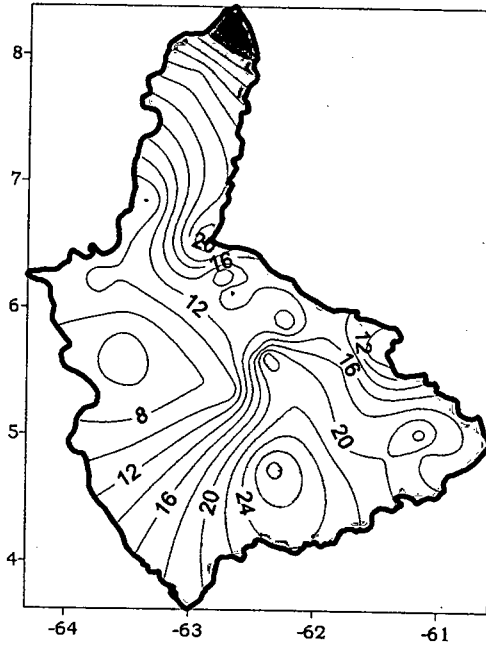
Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

Precipitaciones fuertes en el sur del Alto Paragua y Caroní, así como en gran parte del Bajo Caroní. Altas probabilidades de precipitación en toda la cuenca a excepción del oeste del Bajo Caroní en donde la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones alcanza valores menores al 50%. La presencia de la Vaguada en niveles medios y altos incentiva el desarrollo de sistemas convectivos a lo largo de toda la cuenca principalmente en su extremo sur.

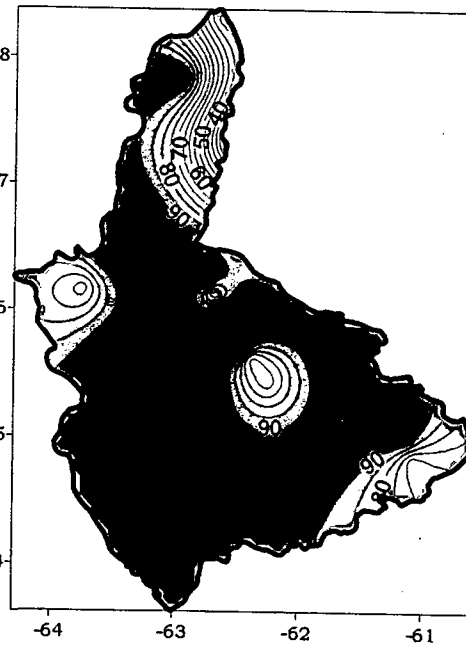


Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

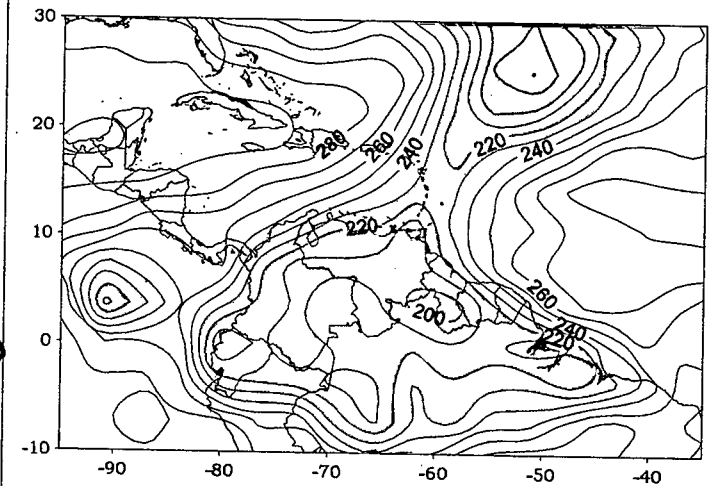
Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroní (mm)



Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroní (%)



OLR (W/m²)

Figura 3.74. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroní asociadas al PSO 22, Bimestre Mayo-Junio.

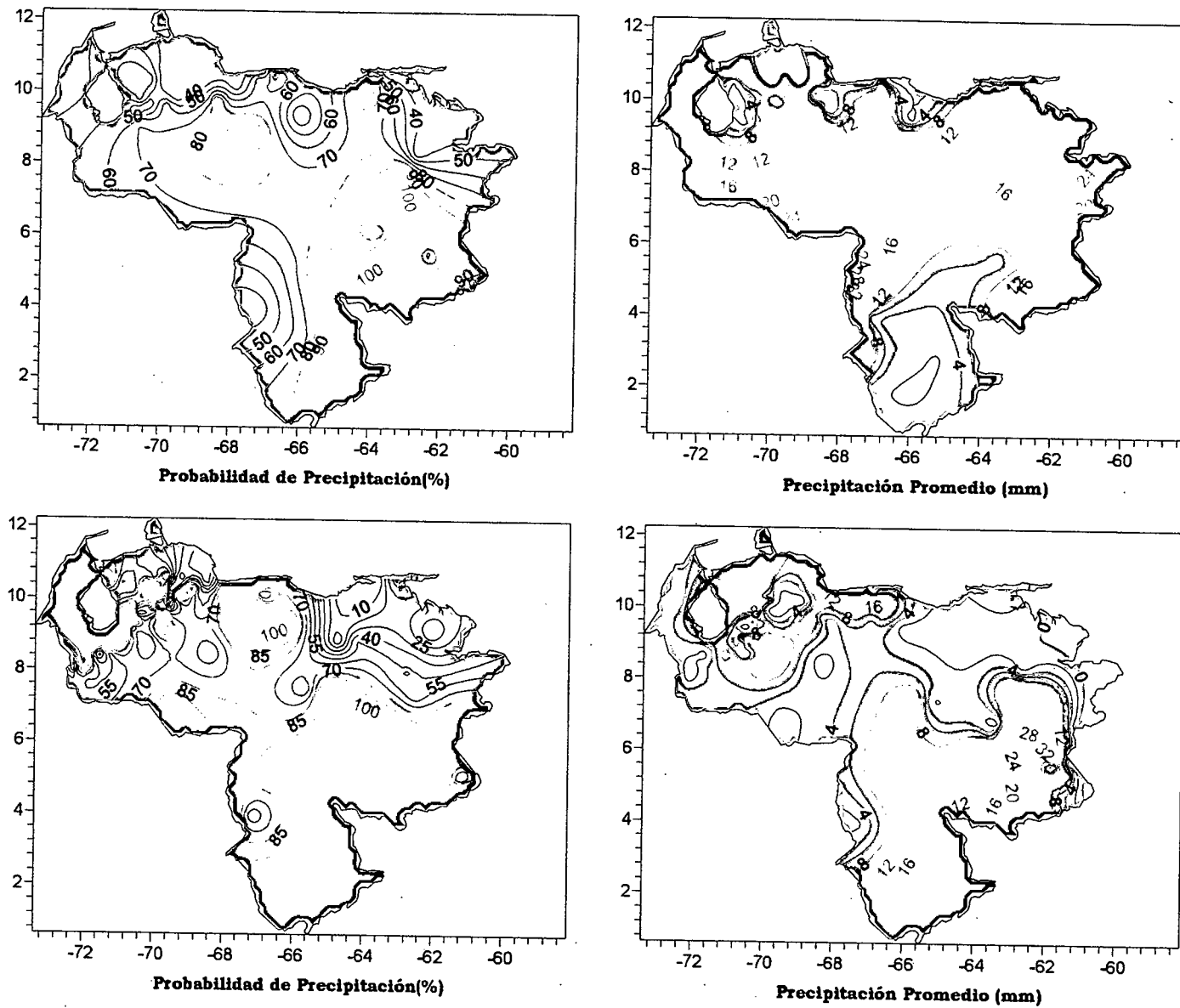


Figura 3.75. Representación Gráfica de las variables asociadas a la Probabilidad de ocurrencia de precipitación y distribución espacial de la precipitación sobre Venezuela en los PSOs 22 y 23, Bimestre Mayo-Junio.

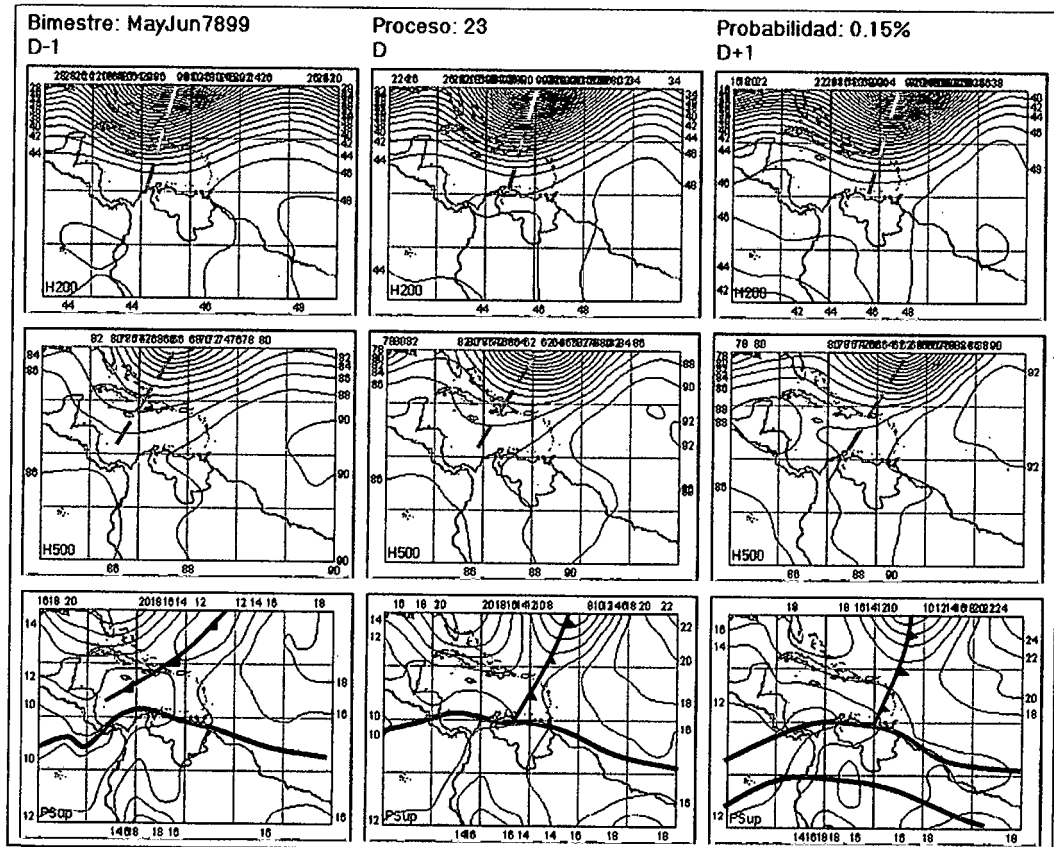


Figura 3.76. Representación Gráfica del Proceso Sinóptico Objetivo N° 23 Bimestre Mayo-Junio.

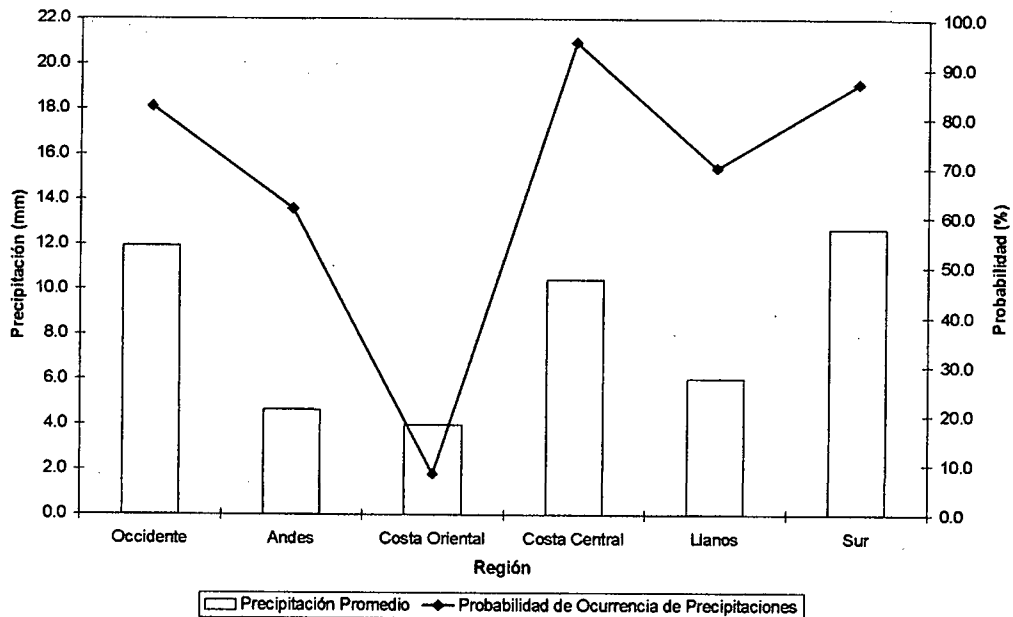


Figura 3.77. Histograma de Precipitación Promedio en Venezuela Asociada al Proceso Sinóptico N° 23, Bimestre Mayo-Junio.

Sinopsis del PSO

Intenso Frente Frío, asociado a una baja presión extratropical, ubicado en el Atlántico penetra con ciertas modificaciones en el Caribe hasta la región occidental del país ocasionando un fuerte ascenso e intensificación del eje norte de la ZCIT afectando directamente toda la costa venezolana.

Comportamiento de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR)

Intensa actividad convectiva en todo el territorio principalmente sobre los Llanos centrales, occidentales y la costa venezolana, se destaca un sistema convectivo de gran desarrollo vertical ubicado al occidente del Edo. Bolívar y sur del Edo. Guárico. Trinidad, Las Antillas Menores y Puerto Rico también se ven afectado por el sistema. El resto del Caribe se mantiene con relativa estabilidad. En este Proceso Sinóptico Objetivo se alcanzan los valores mínimos de OLR sobre Venezuela, para el bimestre Mayo-Junio, con sectores en donde se registran magnitudes menores a los 170 W/m^2 reflejando la intensa inestabilidad atmosférica ocasionada por la presencia del Frente Frío Modificado.

Comportamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar

Mayo-Junio. PSO 23			Mayo-Junio. PSO 23 (LAG -1)		
AN	NIÑO1+2	CA	AN	NIÑO1+2	CA
-0.357	0.495	-0.313	-0.418	0.093	-0.517

Cuadro 3.19. Anomalías Medias de la Temperatura de la Superficie del Mar. PSO 23 Bimestre Mayo-Junio.

Comportamiento del Campo de Precipitación en Venezuela

Precipitaciones débiles en gran parte del territorio nacional con intensidades moderadas en Zulia, Falcón, Barinas y la costa central. Los mayores acumulados de precipitación se registran en la cuenca del río Caroní. Probabilidades del 100% se presentan en todo el estado Bolívar, occidente del estado Zulia y centro del país.

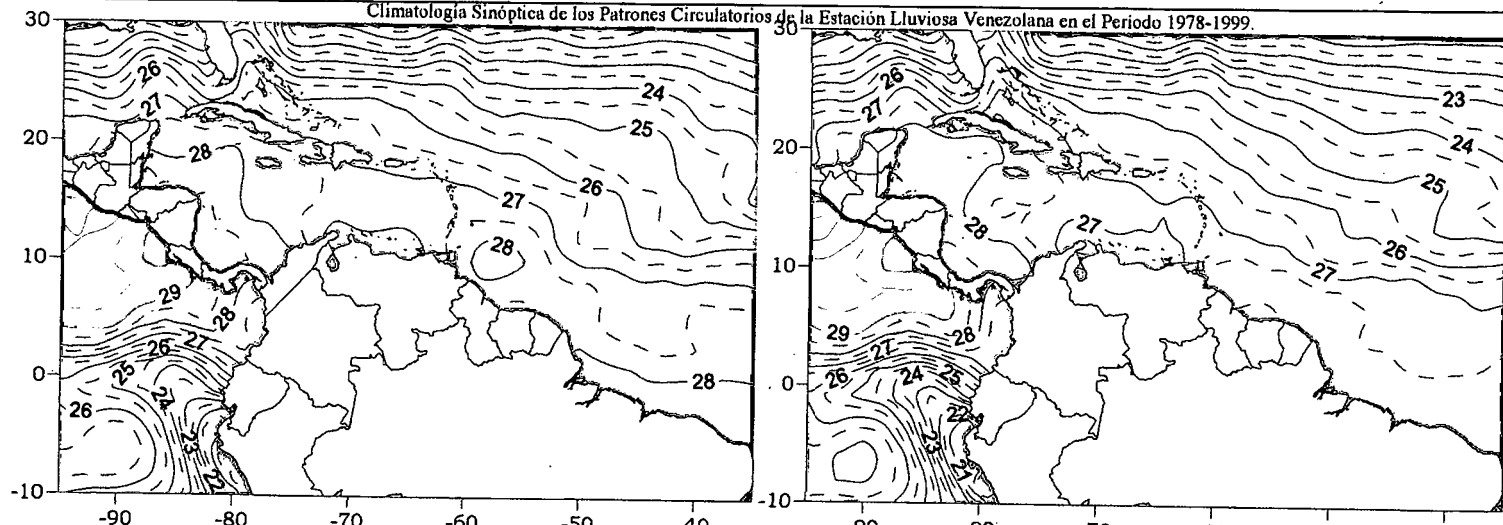
En este proceso se presenta un comportamiento totalmente contrario del campo de presión y OLR en comparación con la distribución espacial de la precipitación. Paradójicamente la distribución de OLR muestra la presencia de sistemas nubosos de gran desarrollo que aparentemente no produjeron precipitaciones de intensidad considerable sobre el territorio nacional, se recomienda que se evalúen los parámetros que permitan

describir detalladamente las causas que originaron el comportamiento del campo de precipitaciones presentado en el evento ocurrido los días 6 y 7 de mayo de 1982.

Comportamiento del Campo de Precipitación en la Cuenca del Río Caroní

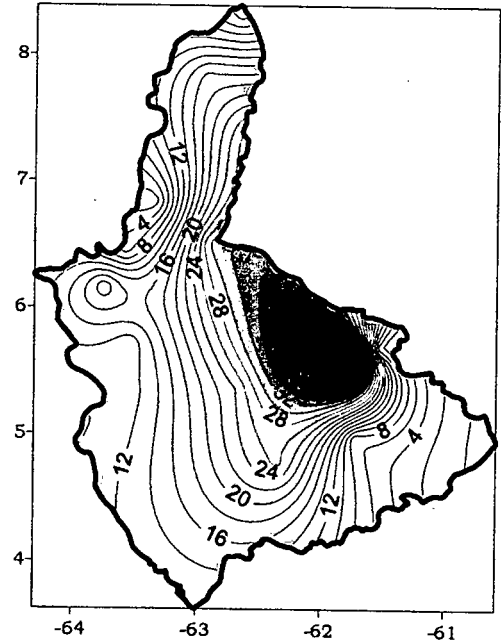
Precipitaciones severas se registran en el extremo Norte del Alto Caroní y parte del Medio Caroní. Existe un gradiente comprendido por sectores de fuerte intensidad de precipitaciones a zonas con moderada intensidad de precipitaciones orientado en un sentido este a oeste.

La probabilidad de ocurrencia de precipitación es de un 100% prácticamente en toda la cuenca, solo en el norte del Bajo Caroní y en un sector muy localizado en el oeste del Alto Caroní se registran probabilidades por debajo del 70%. La influencia directa del Frente Frío Modificado estimula una considerable inestabilidad atmosférica sobre la cuenca generando precipitaciones fuertes y severas. En este PSO es posible apreciar la gran influencia que posee la orografía en la distribución de la precipitación en la zona, ya que debería esperarse importantes acumulados de lluvia sobre el occidente de la cuenca, basado en lo observado en la distribución de OLR, pero esto no ocurre, entrando en juego a su vez otro factor importante que es la cantidad de estaciones disponibles en este sector, siendo considerablemente menor la cantidad de estaciones para este sector en comparación con el resto de la cuenca.

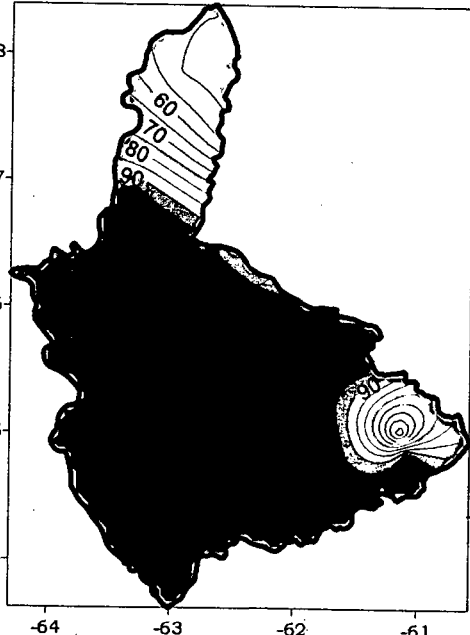


Temperatura de la Superficie del Mar (°C)

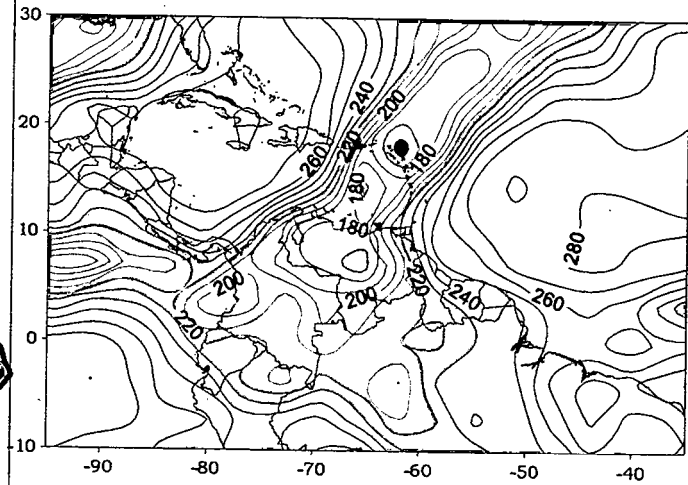
Temperatura de la Superficie del Mar (°C) (LAG-1)



Precipitación promedio en la Cuenca del río Caroní (mm)



Probabilidad de Precipitación en la Cuenca del río Caroní (%)



OLR (W/m²)

Figura 3.78. Representación Gráfica de las variables Temperatura de la Superficie del Mar, Temperatura de la Superficie del Mar (Lag -1), OLR, Precipitación y Probabilidad de Precipitación sobre la Cuenca del Río Caroni asociadas al PSO 23, Bimestre Mayo-Junio.

