

**ANÁLISIS DE LAS LLUVIAS EXCEPCIONALES CAUSANTES DE LA TRAGEDIA DEL ESTADO VARGAS, VENEZUELA, EN DICIEMBRE DE 1999**  
**ANALYSIS OF THE EXCEPTIONAL RAINS CAUSING THE 'VARGAS DISASTER' IN VENEZUELA, DECEMBER, 1999**

**Rigoberto Andressen <sup>1</sup> y Roger Pulwarty <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela 5101. [randss@ula.ve](mailto:randss@ula.ve).

<sup>2</sup> Oficina de Programas Globales, Administración Nacional de Atmósfera y Océanos (OGP-NOAA), Washington, D.C., USA [pulwarty@ogp.noaa.gov](mailto:pulwarty@ogp.noaa.gov).

## INTRODUCCIÓN

Las inundaciones, hambrunas causadas por sequías severas, tormentas y huracanes, constituyen ejemplos de desastres originados por condiciones meteorológicas e hidrológicas adversas. Las consecuencias de este tipo de desastres, en términos de pérdidas de vidas humanas, damnificados y desplazados, pueden ser muy graves, y los impactos económicos también pueden llegar a ser cuantiosos. Cerca del 90 % de las muertes causadas por catástrofes naturales ocurren en países en desarrollo, y la mayor proporción de muertes es causada por fenómenos meteorológicos o eventos relacionados con procesos atmosféricos. (Tabla 1).

Tabla 1.- Defunciones causadas por catástrofes naturales en todo el mundo. 1967 – 1991

Tipo	Número De casos	Número De muertes
<i>Fenómenos meteorológicos</i>		
Huracanes / tifones	894	896 063
Inundaciones	1358	304 870
Tormentas	819	54 500
Olas de frío y calor	133	4 926
Sequías	430	1 333 728
<i>Fenómenos relacionados con el tiempo atmosférico</i>		
Aludes	29	1 237
Deslizamientos de tierra	238	41 992
Incendios	729	81 970
Infección por insectos	68	0
Hambre	15	605 832
Escasez de alimentos	22	252
Epidemias	291	124 338
<i>Fenómenos geológicos</i>		
Terremotos	758	646 307
Volcanes	102	2 764
Tsunamis	20	6 390

Fuente: De y Joshi, 1998

Los fenómenos meteorológicos extremos cobran miles de vidas y causan daños a gran escala, y las pérdidas económicas ocasionadas han aumentado en las últimas décadas. Sin embargo, las pérdidas de vidas humanas han descendido en los países con buenos sistemas de avisos y de preparación. (De y Joshi, 1998).

Estos tipos de desastres en los cuales se combina una o varias causas de índole natural con imprevisiones humanas (falta de planificación en el uso de la tierra, deficiencia en los sistemas de alerta y preparación de la población), reciben el nombre de 'desastres híbridos', pues gran parte de la responsabilidad es atribuible a la sociedad.

La catástrofe que afectó al Litoral Central de Venezuela, durante la primera quincena de diciembre de 1999, más concretamente los días 14, 15 y 16, puede considerarse como el mayor desastre del que se tenga noticia en la historia del país. Aludes de barro, piedras y troncos, que descendían de la vertiente norte de la cadena del Litoral (serranía del Ávila), arrasaron con 807 hectáreas de zonas urbanizadas ubicadas a lo largo de una estrecha faja de unos 50 Km de longitud. Alrededor de 26 000 casas fueron destruidas y más de 100 000 dañadas. Las pérdidas de vidas humanas fueron estimadas por la Organización Panamericana de la Salud entre 15 000 y 30 000, aunque otras estimaciones publicadas en la prensa elevan la cifra hasta 50 000 personas. La dificultad en precisar el número de muertes se debió a que la mayor parte de las personas fallecidas, fueron enterradas bajo el lodo o arrastradas hacia el mar. En todo caso, la cifra de 30 000 fallecidos implica una tasa de 1 304,3 muertes por millón de habitantes, la más alta reportada para 1999 de muertes causadas por episodios meteorológicos anormales (Cornford, 2000). El número de damnificados posiblemente alcanzó la cifra de 250 000 personas. Gran parte de la infraestructura física de la región sufrió severos daños: vialidad, puentes y edificaciones públicas, así como el puerto de la Guaira, el más importante del país. Daños menores fueron reportados en otras regiones del país como la zona de Barlovento (por ruptura de una represa), costa del estado Falcón, en el estado Táchira, en el extremo oeste del país, y en la vertiente del Ávila que da hacia Caracas, donde 3 100 viviendas fueron dañadas.

Tabla 2.- Eventos históricos relacionados con fenómenos hidro-meteorológicos, que han afectado el Litoral Central

Localización	Fecha	Evento acaecido	Referencias
Caraballeda	16__?	Primer asentamiento fundado por los españoles desapareció por un evento natural (?). Trasladado al sitio de la Guaira	Röhl, 1948
Qda Osorio – La Guaira	1780	Evento catastrófico muy grande (Octubre)	Singer <i>et al.</i> , 1983
Qda Osorio – La Guaira	1789	Más de 200 muertos. 219 casas destruidas	Singer <i>et al.</i> , 1983
Qda Osorio – La Guaira	1798	Después de 60 horas de lluvia, una creciente arrastró lodo, rocas y árboles. 219 casas destruidas	Humboldt, 1814
Litoral Central	1827	Aguaceros e inundaciones	Kerr Potter, 1827 (citado por Singer <i>et al.</i> , 1983)
Litoral Central	1909	(Diciembre)	Singer <i>et al.</i> , 1983
Qda Osorio – La Guaira	1938	Inundaciones (Noviembre)	Singer <i>et al.</i> , 1983
Litoral Central	1944	Inundaciones (Noviembre)	Singer <i>et al.</i> , 1983
Litoral Central	1948	(Septiembre)	Singer <i>et al.</i> , 1983
Litoral Central	1951	Lluvias abundantes, deslizamientos e inundaciones. Personas fallecidas y daños materiales (Enero – Febrero)	Singer <i>et al.</i> , 1983 Gol, 1963

El Litoral Central de Venezuela ha sido históricamente una región vulnerable (Tabla 2). En los eventos ocurridos con anterioridad, las pérdidas de vidas humanas y daños materiales no habían sido tan cuantiosas debido a que esta zona no había sido tan poblada antes como a partir de las últimas décadas.

De todos estos eventos el más documentado es el ocurrido en 1951 (Gol, 1963). Los excesos de precipitación alcanzados fueron de 120 a 255 %, para diferentes lugares de la costa norte de Venezuela. Según Gol (1963), estas precipitaciones fueron el resultado del avance de relictos de frentes fríos provenientes del norte y noroeste.

### **CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL LITORAL CENTRAL (ESTADO VARGAS)**

El Estado Vargas está ubicado en la región centro-norte de Venezuela, entre los 10° 22' y los 10° 38' de latitud norte, y entre los 66° 18' y los 67° 24' de longitud oeste. (Fig. 1). Tiene una superficie de 1496 Km<sup>2</sup> y una población de 321000 habitantes permanentes, más una población flotante de visitantes y temporadistas no cuantificada, pero que se puede estimar en alrededor de 20000 a 25000 personas en los períodos de diciembre. (< <http://www.bnv.bib.ve/vargas.htm>>28-02-2003).

Desde el punto de vista fisiográfico, casi todo el estado está formado por la vertiente norte de la cordillera de la Costa, entre el río Maya al oeste y el río Chuspa al este, formando una faja (cerca del sector La Guaira) de 6 Km de ancho.

La cordillera de la Costa posee una fila principal, llamada fila Maestra, que se inicia en el abra de Tacagua, y en la que se ubican las principales alturas: Pico El Ávila (2159 m), Silla de Caracas (2478 m.) y Pico Naiguatá (2765 m.).

El sistema hidrográfico está formado por ríos y quebradas; los más importantes son: los ríos Chuspa (de poco caudal), Caruao (un poco más caudaloso), Panecillo, La Sabana, el Revés, Urama, Todasana, Oritapo, Botuco, Paradero, Naiquatá, Anare, Uria, Tanaguarena, San Julián (de mediano caudal), San José, Quebrada de Germán – Río Osorio, Quebrada de Mapurite y Algarín; ríos Piedra Azul, La Pedrera, El Piache, Mamo, Maya, Limón, Petaquirito, Chichiriviche y Uricao. (Fig. 2). Esta red hidrográfica se ha desarrollado según la disposición de las características geo-estructurales de la región.

Para efectos del análisis del presente trabajo, el territorio del estado Vargas podría dividirse en dos sectores, tomando como referencia el meridiano 67° W: el oriental, al este de dicho meridiano y el occidental, al oeste. El sector oriental resultó más afectado por los derrumbes e inundaciones causados por las lluvias caídas entre el 1 y el 16 de diciembre de 1999, mientras que el sector occidental casi no sufrió daños.

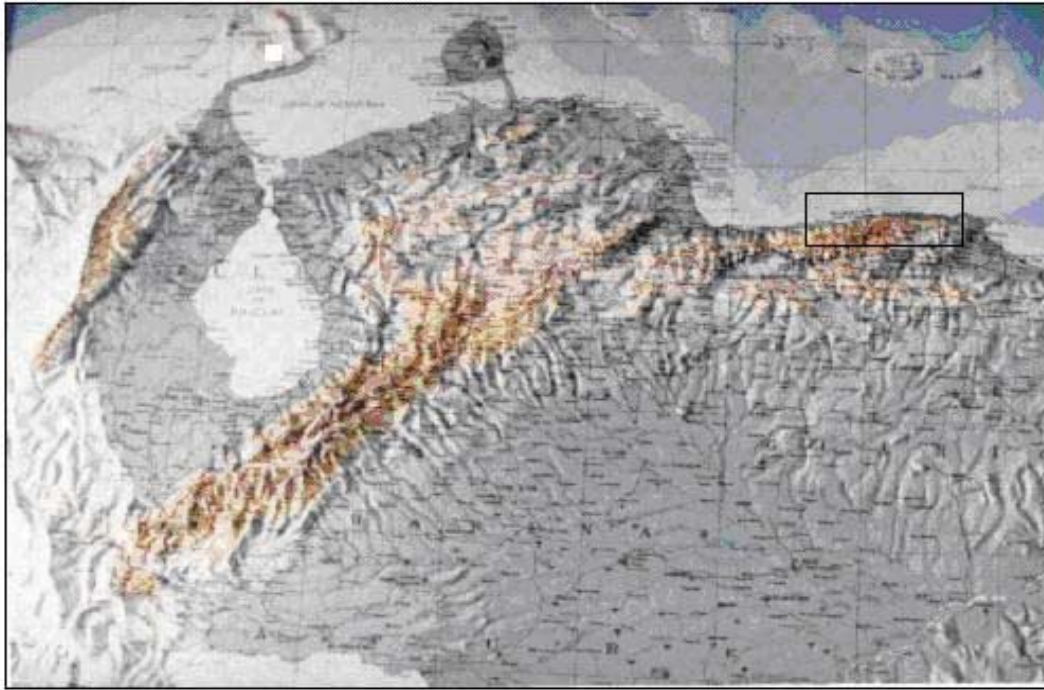
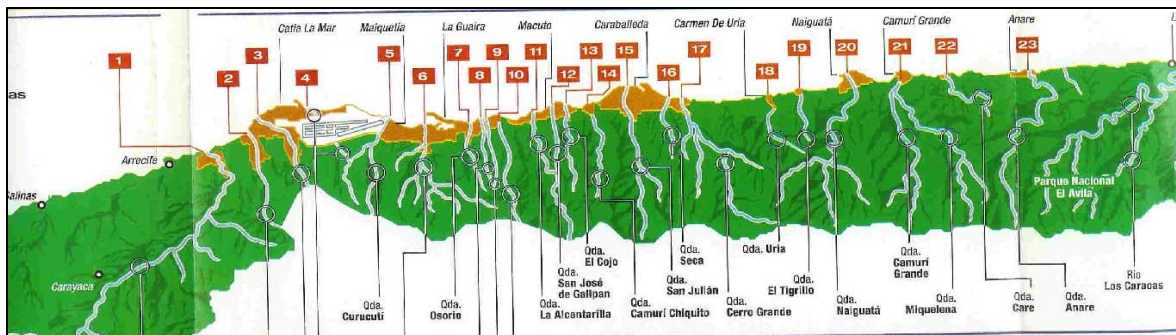


Fig. 1 Localización geográfica del Litoral Central, al centro-norte de Venezuela



- 1.- Río Mamo 2.- Qda. La Zorra 3.- Qda. Tacagua 4.- Qda. Las Pailas 5.- Qda. Curucuti  
 6.- Río Piedra Azul 7.- Qda. Osorio 8.- Qda. Germán 9.- Qda. Cariaco 10.- Qda. Guanare  
 11.- Qda. La Alcantarilla 12.- Qda. San José 13.- Qda. El Cojo 14.- Qda. Camurí Chico  
 15.- Qda. San Julián 16.- Qda. Seca 17.- Qda. Cerro Grande 18.- Qda. Uria 19.- Qda.  
 El Tigrillo 20.- Qda. Naiquetá 21.- Qda. Camurí Grande 22.- Qda. Care 23.- Qda. Anare

Fig. 2 Principales ríos y quebradas de la zona afectada

Fuente: Autoridad Única de Área para el Estado Vargas

La región (corredor costanero) está caracterizada por presentar un clima de tipo semiárido, con una precipitación media anual entre 500 y 600 mm, altas temperaturas (temperatura media anual de 26.2° C), baja nubosidad, alta insolación y vientos dominantes del este con velocidades bajas entre 1.6 y 2.8 m/s. El período húmedo (meses con más de 50 mm) comprende los meses de junio a diciembre. El resto del año

son meses más secos (Tabla 3, Fig. 3). Por encima de los 1200 m las condiciones climáticas cambian, el clima se hace más fresco y más húmedo (mesotérmico subhúmedo, probablemente con precipitaciones de 800 a 1200 mm) y en las partes más altas de la sierra del Ávila, el clima es frío (temperatura media anual entre 14 y 10°C) y de subhúmedo a húmedo.

Tabla 3.- Estación Maiquetía (SM-FAV) Lat. 10° 36' N Lon. 66° 59' W Alt. 43 m  
Promedios climatológicos

Elemento climático	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Temperatura media °C	24.6	24.6	24.9	25.8	26.6	26.8	26.5	27.2	27.7	27.5	26.7	25.5	26.2
Temp. máx. media °C	28.2	27.9	28.2	28.8	30.0	30.1	29.9	30.8	31.4	31.0	30.2	29.1	29.6
Temp. mín. media °C	22.1	21.9	22.3	23.3	24.2	24.3	24.0	24.5	24.9	24.8	24.0	22.9	23.6
Nubosidad media octavos	3.9	3.7	4.1	5.2	5.2	5.7	4.8	4.5	4.8	4.9	5.0	4.3	4.7
Insolación media horas	7.1	8.0	7.9	6.5	7.1	7.6	8.3	8.5	8.2	7.1	6.6	6.7	7.5
Precipitación media mm	53	39	31	19	37	50	59	51	51	49	52	64	555
Días de precip. > 1.0 mm	4.5	3.0	2.2	2.3	4.8	7.7	7.7	7.0	7.7	5.8	6.4	6.1	65.2
Evaporación total mm	79	76	78	77	79	78	81	88	88	85	79	76	965

Fuente: Fuerza Aérea – Servicio de Meteorología, 1980.

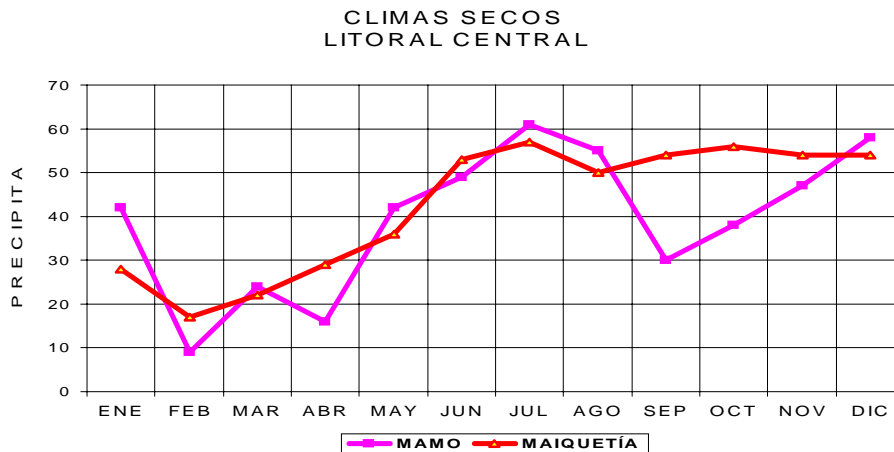


Fig. 3 Variación de la precipitación media mensual en Maiquetía y Mamó  
(Datos: Fuerza Aérea – Servicio de Meteorología)

Como resultado de estas condiciones climáticas, de las características de los suelos y la topografía, se presenta un gradiente de vegetación entre el nivel del mar y los 2765 m (Pico Naiguatá):

**Bosque xerofítico y matorral seco:** Este bosque se encuentra entre el nivel del mar y los 500 m. de altitud, caracterizado por la presencia de árboles no muy altos y resistentes a altas temperaturas y de algunas especies de cactus. Las especies más típicas son el cují negro, el carmacate, el tiamo, el dividivi, el olivito, el indio desnudo, el roble, el cardón, la tuna, el guamacho y el cariaquito.

**Bosque Tropófilo o veranero:** Está conformado en su mayoría por árboles decíduos. Se encuentra en las partes bajas de la montaña en la franja entre los 500 y 1.200 m y las

principales especies que lo conforman son el copey, el jabillo, el arguaney, el bucare, el pardillo y el indio desnudo (Fig. 4).



Fig. 4 Bosque tropófilo (Sierra del Ávila)



Fig. 5 Selva nublada (Sierra del Ávila)

(Fuente: <<http://www.el-avila.com> > 25-06-2003)

**La Selva Nublada:** Se presenta en algunos sectores a partir de los 900 m. hasta los 2.000 m. y tiene su origen en la frecuente y constante y capa de niebla que se forma a esta altura. En esta selva los árboles son de porte elevado y están siempre verdes, tienen en sus troncos una gran variedad de especies de la familia de las orquídeas, helechos, Bromeliáceas, Aráceas, Peperonias, Cesneriáceas, Rubiáceas y Mirtáceas. Son abundantes también los helechos arborescentes y una gran variedad de palmeras. Los árboles más representativos son el guayabo de hierro, varias especies de matapalo, el almendro, la santa maría, el quesillo y el copey.

**El subpáramo o matorral andino:** Esta vegetación se desarrolla en las regiones con alturas superiores a los 2.200 m. y tiene características muy similares a las del famoso páramo de los Andes, pero sin la presencia de *Espeletia spp.* La mayor presencia de este tipo de vegetación ocurre en la zona del Pico de Naiguatá, Pico Oriental, Occidental, La Silla, y la Fila Maestra. Entre las especies más representativas encontramos el incienso, la rosa del Avila, el bambucillo, la hierba de páramo, el lirio de monte y orquídeas. (<<http://www.el-avila.com> > 25-06-2003).

Entre las características geológicas, la estratigrafía y litología del área ha jugado un papel muy importante en los procesos de meteorización. Estos procesos de meteorización han venido desmejorando el sustrato rocoso, causando por lo tanto mayor potencial de desprendimiento de volúmenes extraordinarios de materiales. (PNUD/CAF, 2000).

Las principales formaciones geológicas que se presentan en la región son: La Peña de Mora, Las Brisas, Antímano, Las Mercedes y Tacagua. La petrografía está constituida por rocas ígneas ácidas intrusitas, rocas ígneas básicas metamorizadas y rocas ultrabásicas metamorizadas. (M.M.H., 1956). Las características de las diferentes unidades litológicas ha determinado los perfiles de meteorización, que a juicio de varios expertos (PNUD/CAF, 2000, p. 32), es uno de los puntos de mayor trascendencia en la búsqueda de las causas que han producido los aludes torrenciales.

Desde el punto de vista geomorfológico, las características de las cuencas (morfometría, longitud y pendiente) son factores importantes para explicar el intenso proceso erosivo

ocurrido en un corto espacio de tiempo, pero precedido por una secuencia de procesos hidro-geomórficos que tuvieron lugar en lapsos de tiempo más largos.

Estas cuencas presentan muy fuertes pendientes. En el sector de La Guaira, se asciende desde el nivel del mar hasta 1600 m. en una distancia horizontal de 6 Km; frente a Caraballeda, de 0 m. se asciende a poco más de 2500 m en una distancia horizontal de alrededor de 10 Km; lo que da como resultados pendientes promedias de más de 25%. Las micro-cuencas tributarias de los cursos principales, presentan aún pendientes más altas, superiores al 30 y 40%.

Las partes altas de las cuencas, o cuencas de recepción de los diferentes cursos que drenan desde la vertiente norte de la sierra del Ávila están emplazadas sobre materiales esquistoso-gnéisicos y sobre los pisos de vegetación del bosque tropófilo y la selva nublada (en la parte más alta).

## OBJETIVOS

- Analizar los factores geográficos y la situación meteorológica causantes de las inundaciones ocurridas en la región norte-central de Venezuela (Estado Vargas) en diciembre de 1999.
- Analizar las condiciones del Atlántico y el Pacífico, en el lapso de tiempo previo y durante el evento.

## DATOS Y MÉTODOS

1.- Datos de precipitación diaria del Litoral Central y otras zonas del país obtenidos del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea y de la Dirección de Meteorología e Hidrología del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

2.- Datos climáticos (series históricas) de estaciones pertenecientes al Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea y de la Dirección de Meteorología e Hidrología del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

3.- Circulación observada y modelada (850 y 250 mb) para las Américas Tropicales, Pacífico Oriental y Caribe - Atlántico Tropical.

4.- Temperatura Superficial del Mar (SST), Datos de Radiación Onda Larga Saliente (OLR) para las regiones arriba indicadas.

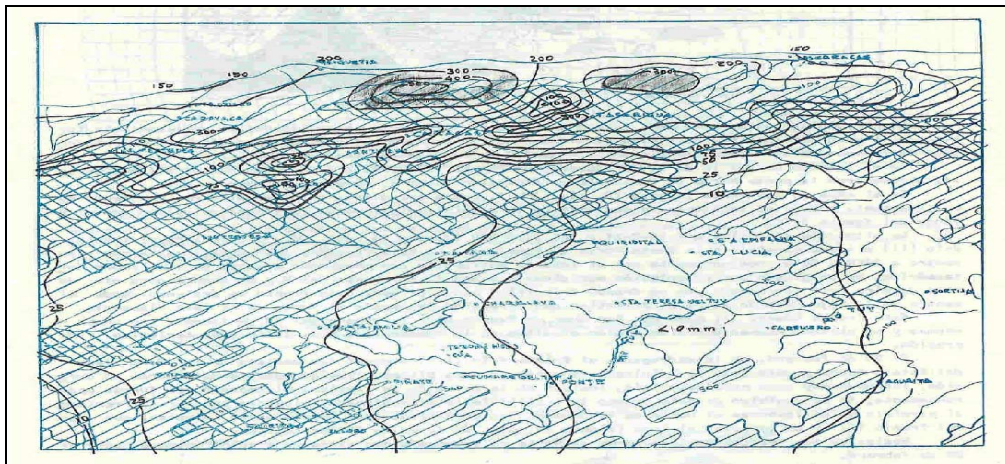
## EVENTO OCURRIDO EN FEBRERO DE 1951

El evento meteorológico más importante, que había afectado al Litoral Central en el pasado reciente fue el ocurrido en febrero de 1951. Este evento ocasionó graves daños, incluyendo pérdidas de vidas humanas (alrededor de 700 muertos), en la zona del Litoral Central, particularmente en el sector de La Guaira.

De acuerdo con Gol (1963), los meses de enero y febrero de 1951 se caracterizaron por una frecuencia anormal elevada de avances de relictos de frentes fríos, provenientes del norte y noroeste, que luego de atravesar el mar Caribe, alcanzaban la costa venezolana y penetraban el territorio, generando precipitaciones excepcionalmente altas para esos meses. Las cantidades registradas fueron de 10 a 20 mm/día, aunque en regiones montañosas de las cordilleras, y en áreas limitadas, los valores llegaron a ser hasta de 140 mm/día.

Durante el mes de febrero de 1951 la situación se hizo más crítica, continuó la actividad de invasión de relictos de frentes fríos según Gol (1963). La formación de una baja presión casi estacionaria caracterizó la situación sinóptica hacia el 13 de febrero. Esta

vaguada en la altura estaba limitada al este y al oeste por anticiclones, y produjo - por su estabilidad en el transcurso de los días siguientes y debido a su poco movimiento de traslación-, un flujo intenso de masas de aire frío hacia el sur acompañado de una extensión de la vaguada en la altura también hacia el sur. Del 15 al 16 de febrero, el relicto del frente frío - a nivel de superficie - alcanzó la cordillera de la Costa y generó copiosas precipitaciones en el tramo de litoral entre Puerto Cabello y Cabo Codera. (Gol, 1963). La figura 6 muestra la abundante precipitación caída sobre el Litoral Central y la cordillera de la Costa, los días 16 y 17 de febrero de 1951.



**Fig. 6.-** Precipitaciones caídas en los días 16 y 17 de febrero de 1951 sobre el litoral Central, serranía del Ávila, valle de Caracas y altos mirandinos

Fuente: Gol, 1963

## EVENTO EXTRAORDINARIO OCURRIDO EN DICIEMBRE DE 1999

En la memoria de los habitantes del estado Vargas, el día 15 de diciembre de 1999 quedó grabado como una fecha fatídica. Lluvias continuas cayeron desde comienzos de ese mes, pero particularmente los días 14, 15 y 16, cuando se registraron 911 mm, en una región en la que el promedio anual es de 555 mm; 210 mm para el año más seco y 961 mm para el año más húmedo, de acuerdo a los registros del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea para el período 1950 -1970. El día 16, en la estación meteorológica del Aeropuerto de Maiquetía, se registraron 72 mm en una hora (entre las 06 y 07 horas), acompañadas de tormentas de corta duración. En total, entre el 1 y el 17 de diciembre, la cantidad de lluvia registrada en el pluviógrafo del aeropuerto de Maiquetía alcanzó la cantidad de 1207 mm.

En las cabeceras de las cuencas de las quebradas y ríos (áreas en las que predomina una vegetación boscosa densa, bosque tropófilo y selva nublada, como se indicó antes), la precipitación caída, muy probablemente fue mayor, alrededor de 500 a 700 mm más de lo registrado en Maiquetía, a 43 m. sobre el nivel del mar ( Fig. 7).

De acuerdo a un ajuste parabólico de la precipitación con la altura, modificado a partir de lo planteado por Herrmann, para la sierra de Santa Marta ( Herrmann, 1970) y con base al análisis de la variación de la precipitación con la altura en la sierra Nevada de Mérida (Andressen y Ponte, 1973), esta variación vertical estaría descrita por la siguiente ecuación:  $P = 17 + 10 H - 0.33 H^2$ , donde P = precipitación en cm, H= altura en 100 m. Esto nos daría, para la vertiente norte de la Sierra del Ávila, una tasa de incremento de la precipitación de alrededor de 90 mm / 100 m. Si consideramos que la faja de máxima descarga de la precipitación pudiera estar alrededor de los 800 a 900 m. de altitud;

mientras que en Maiquetía se registraron 911 mm, para los días 14, 15 y 16, probablemente la precipitación estuvo en el orden de 1500 a 1600 mm a 900 m de altitud; y mientras que en Maiquetía se registró un total de 1209 mm, desde el 1 hasta el 17 de diciembre, a 900 m la precipitación para el mismo período pudo estar en el orden de 1800 a 1900 mm. (Fig. 7).

En conclusión, sobre estas áreas la cantidad de precipitación caída fue mucho mayor que la registrada en Maiquetía (47 m. sobre el nivel del mar).

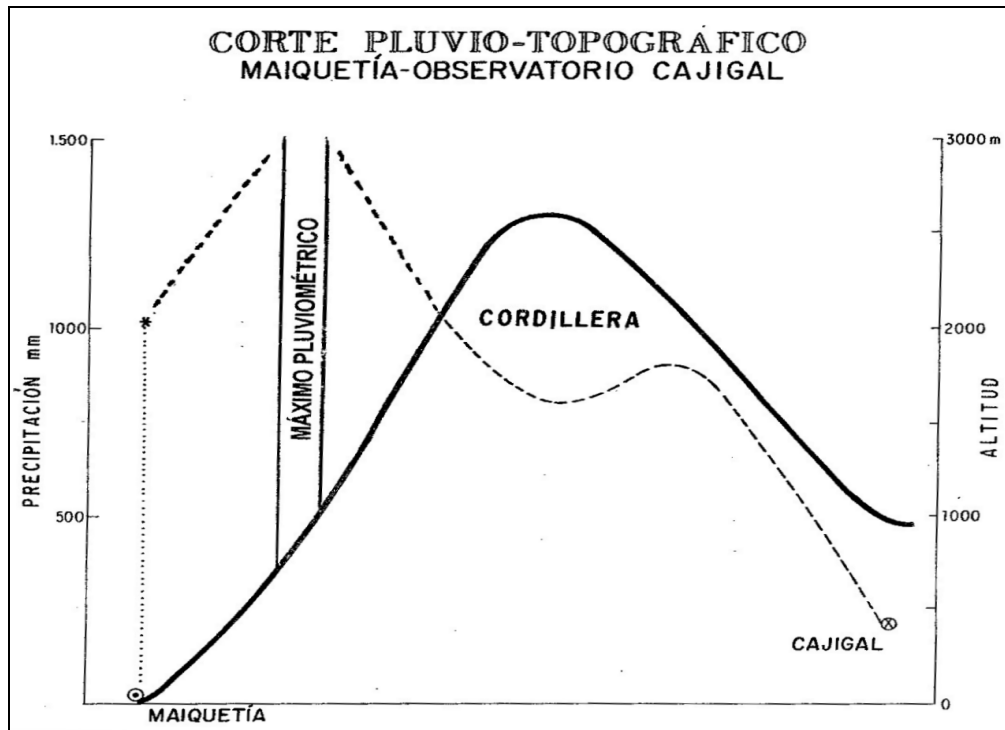
Para efectos de comparación, en la Tabla 4 se presentan los valores más altos de precipitación registrados, hasta 1965, a nivel mundial. De acuerdo con dicha tabla, para un período de 3 días en Maiquetía se registró 2,8 veces el valor indicado para Cilaos (La Reunión) y para un período de 15 días en Maiquetía se registró 2,5 veces el valor correspondiente a Cherrapunji, India. Esto indica que el evento pluviométrico fue realmente excepcional (Fig. 8).

Tabla 4. Mayores lluvias registradas a nivel mundial hasta 1965

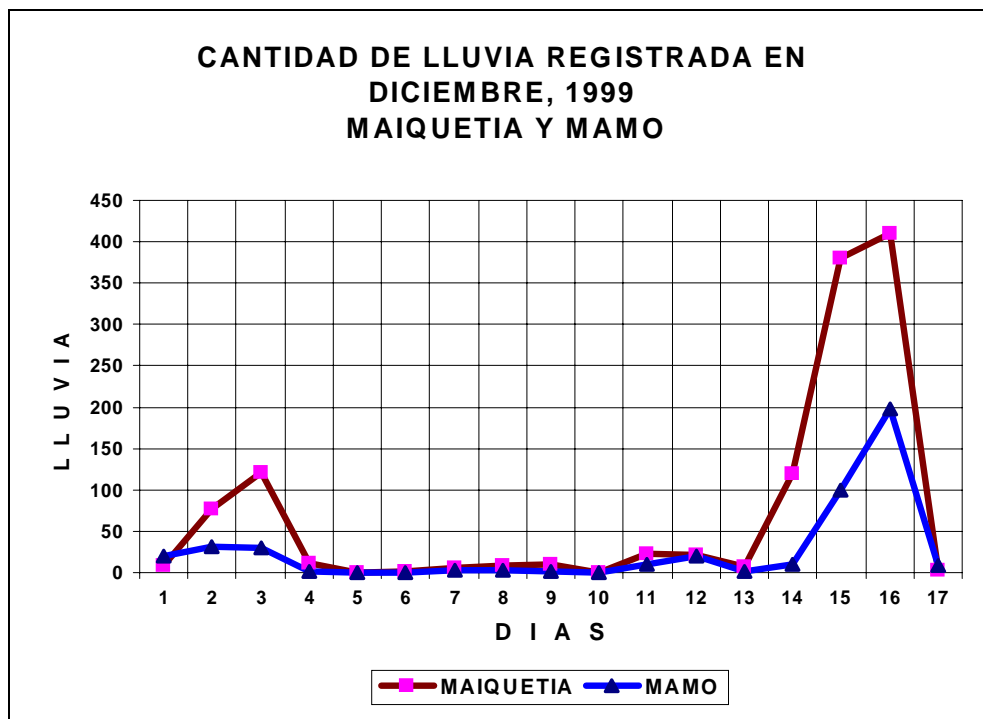
Duración	Cantidad (mm)	Lugar geográfico	Fecha
2 días	250	Cilaos, La Reunión	Mar 15 – 17, 1952
3 días	324	Cilaos, La Reunión	Mar 15 – 18, 1952
4 días	350.4	Cilaos, La Reunión	Mar 14 – 18, 1952
5 días	384.9	Cilaos, La Reunión	Mar 13 – 18, 1952
6 días	405.5	Cilaos, La Reunión	Mar 13 – 19, 1952
7 días	411	Cilaos, La Reunión	Mar 12 – 19, 1952
8 días	413	Cilaos, La Reunión	Mar 11 – 19, 1952
15 días	479.8	Cherrapunji, India	Jun 24 – Jul 8, 1952
31 días	930	Cherrapunji, India	Julio, 1861
3 días	911	Maiquetía, Venezuela	Dic 14 – 16, 1999
15 días	1198	Maiquetía, Venezuela	Dic 2 – 16, 1999
17 días	1207	Maiquetía, Venezuela	Dic 1 – 17, 1999

Fuente: Wiesner, 1965. (Datos de Cilaos, La Reunión y Cherrapunji, India)

Los datos correspondientes a Maiquetía corresponden a la estación meteorológica de la Fuerza Aérea.



**Fig. 7** Corte pluvio-topográfico de la Sierra del Ávila (Maiquetía – Observatorio Cajigal). Curva pluviométrica estimada para el total de lluvia del 01 al 16 de diciembre de 1999.



**Fig. 8** Cantidad de lluvia diaria caída en las estaciones meteorológicas de Maiquetía (SM-FAV) y Mamo (DHN) (Datos del Servicio de Meteorología – FAV y de la Dirección de Hidrografía y Navegación – Armada).

## DESLIZAMIENTOS, MOVIMIENTOS DE MASAS OCURRIDOS Y DAÑOS CAUSADOS

En las cuencas de recepción se produjeron deslizamientos superficiales, acompañados de caídas de bloques, muchos de los cuales estaban estructuralmente fracturados (PNUD/CAF, 2000). Además, parte de la densa cobertura vegetal fue removida y arrastrada. Las lluvias ocurridas antes del 14 de diciembre, aunque en parte drenaron como escorrentía, en parte también percolaron en el suelo, en las partes medias y altas de las cuencas, facilitando el trabajo de desagregación del manto superficial y sub-superficial. (Figs. 9 y 10).

El material removido fue arrastrado a lo largo de los canales de los cursos y nuevos materiales se incorporaron a los flujos descendentes. Las fuertes pendientes facilitaron el rápido descenso hacia las partes planas, e incluso hasta la margen costera. Además, las fuertes pendientes generan remolinos turbulentos aguas abajo que junto con el material vegetal produce más erosión. (Stocking, 1988). Los flujos torrenciales de detritos y bloques de rocas se depositaron en las partes bajas (Figs. 10 y 11), y los materiales más finos alcanzaron la línea de costa depositándose como extensiones litorales, llamadas por Sancio y Salcedo (1999) *plumas de sedimentación litoral*.

Los daños ocasionados fueron cuantiosos, tanto en pérdidas de vidas como en infraestructura.

Como ejemplo se puede citar los casos de Carmen de Uria y Caraballeda (que incluye Los Corales), ilustrados en la figura 11.

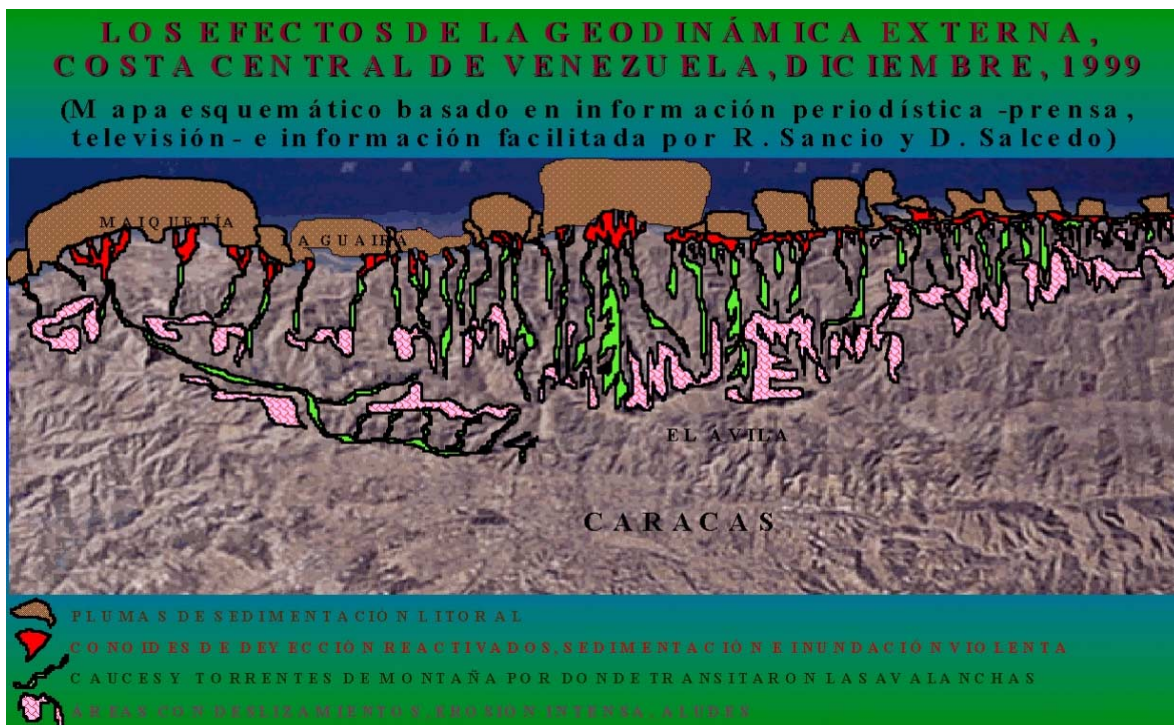
Tabla 5 Áreas pobladas afectadas en el estado Vargas Carmen de Uria y Caraballeda

Área poblada	Superficie urbanizada		Total edificaciones	Porcentaje edificaciones perdidas
	Total ha.	Porcentaje afectado		
Carmen de Uria	12.0	85 %	557	95 % (319 edif. desaparecieron)
Caraballeda	100.3	~ 40	950	40 %

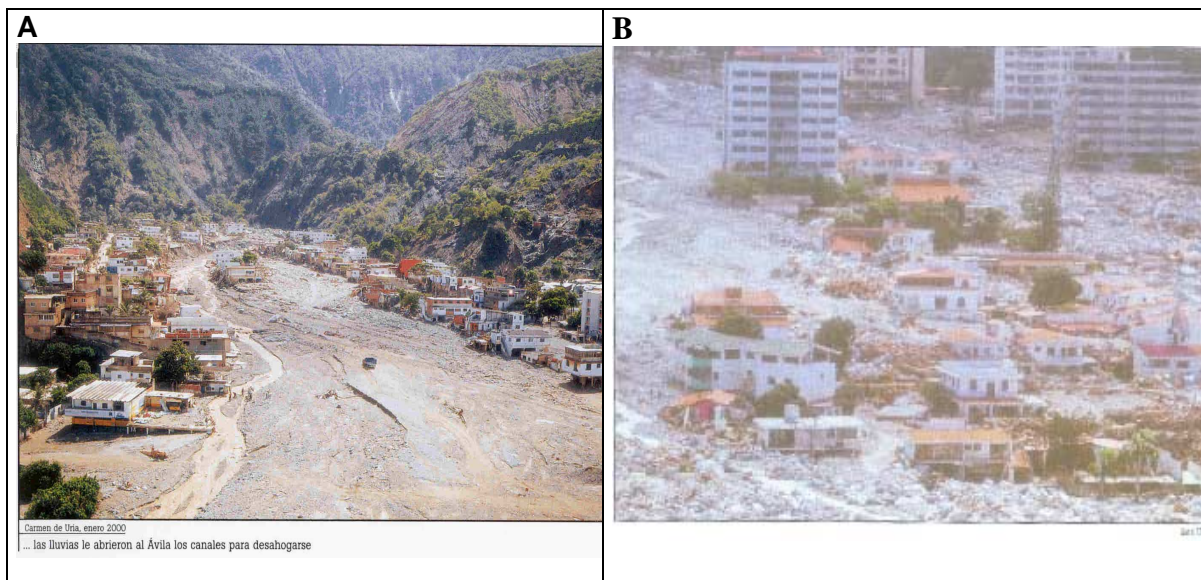
Basado en PNUD/CAF, 2000



**Fig. 9** La acción de las lluvias sobre las fuertes pendientes generó procesos erosivos intensos de remoción de la cobertura vegetal y el suelo, formando en algunos casos surcos y cárcavas incipientes. La foto muestra estos elementos de erosión lineal en un sector de la vertiente norte del Ávila.



**Fig. 10** Efectos causados por las lluvias excepcionales caídas entre el 1 y el 16 de diciembre de 1999, sobre el Litoral Central.



**Fig. 11** Daños provocados por las lluvias excepcionales de diciembre de 1999 en Carmen de Uria - A (área poblada popular) y en Los Corales - B (área poblada de clase media y media alta)  
FUENTE: Ortiz , 2000.

Las pérdidas de vidas humanas en estos dos casos (Carmen de Uria y Caraballeda) no se conocen con exactitud, pues las cifras oficiales reportan valores en rangos muy amplios para todo el estado Vargas. Sin embargo, ya que los daños materiales y viviendas perdidas fueron mayores en Carmen de Uria, las cifras correspondientes a pérdidas humanas deben ser también mayores (muy probablemente superior a 1000 ó más personas). En el caso de Caraballeda, las pérdidas humanas debieron ser menores, pues se trata de urbanizaciones de descanso playero de temporadistas provenientes de Caracas y otras partes, por lo que las viviendas no estaban totalmente ocupadas como en el caso de Carmen de Uria, cuya población es básicamente residente.

## ANÁLISIS METEOROLÓGICO DEL EVENTO

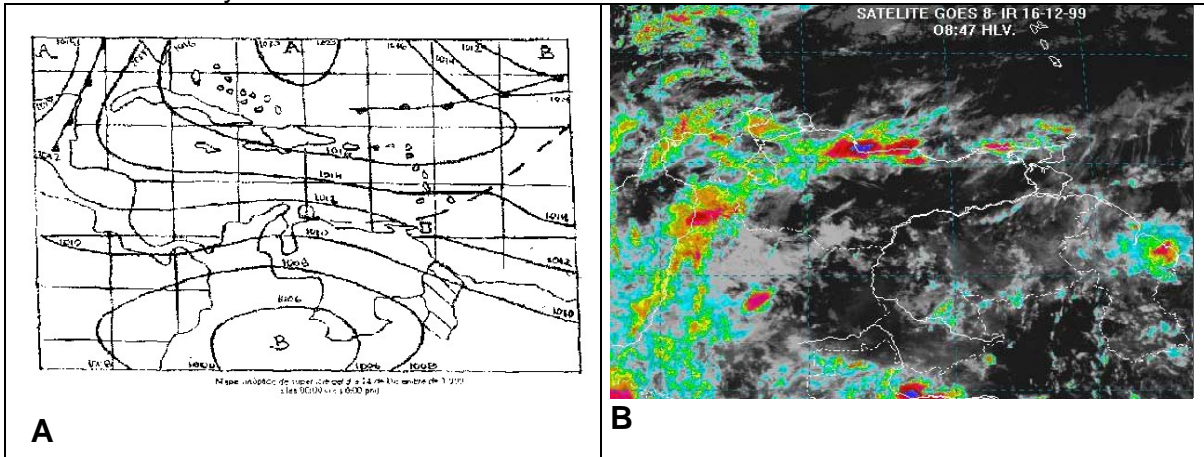
En esta parte del trabajo se discuten los controles climáticos que alteraron el clima 'normal' de la región del Litoral central en el último trimestre de 1999, es decir en el período anterior a la ocurrencia del evento y durante la ocurrencia del mismo.

En primer lugar, diferentes autores (Andressen, 2000; EDELCA, 2000), destacaron el hecho de que durante 1999 se desarrolló un evento Niña, catalogado de moderado a fuerte.

El informe del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea de Venezuela (FAV, 2000) señala que con base a los análisis de las diferentes cartas e imágenes satelitales, tres factores jugaron un papel muy importante en el desarrollo de la situación meteorológica adversa que afectó el Litoral central, a saber: (i) el desplazamiento de una línea nubosa producto de un sistema frontal sobre el área norte costera del país, (ii) una difluencia en la altura producto de una dorsal anticiclónica que ayudó al ascenso del aire, y (iii) el relieve (la sierra del Litoral de la cordillera de la Costa), que obligó al aire húmedo a ascender. La figura 12-A muestra la situación sinóptica regional para el 14 de diciembre de 1999, a las 00:00 UTC y la figura 12-B muestra la imagen satelital del GOES 8-IR para el 16 de diciembre de 1999, a las 08:47 HLV ( hora legal de Venezuela).

En la figura 12-A, se puede observar (de acuerdo con el informe de FAV, 2000), una línea de inestabilidad –línea entrecortada- a lo largo de la costa norte, que se extiende al

noreste hacia el océano Atlántico. Esta línea estaría asociada a un sistema frontal que penetró desde el norte, cruzando el Caribe y alcanzando la costa venezolana. En la imagen satelital del 16 de diciembre (Fig. 12-B) se puede apreciar la franja de nubosidad asociada con el sistema antes descrito, ubicado justo sobre el Litoral central, entre los meridianos 66° y 68° oeste.



**Fig. 12** A.- Mapa sinóptico de superficie del 14/12/1999 a las 00:00 UTC (Fuente: FAV, 2000)  
 B.- Imagen del satélite GOES 8-IR para el 16/12/1999 a las 08:47 Hora venezolana (Fuente: NOAA).

### **Condiciones meteorológicas en los océanos Pacífico y Atlántico, en el lapso anterior a la ocurrencia del evento**

Las figuras 13 y 14 muestran los resultados del modelo de reanálisis (NCEP/NCAR-Global Reanalysis Project. <http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/> 05/08/2003), extraídos para la región ubicada entre los meridianos 10 W a 120 W y entre los paralelos 20 S y 40 N, a objeto de incluir tanto el Pacífico como el Caribe-Atlántico, quedando en el centro de este recuadro el norte de Sur América.

Como período precedente a la ocurrencia del evento, se tomó el lapso desde septiembre 01 a noviembre 30 de 1999.

La figura 13-A presenta las anomalías compuestas ( $^{\circ}$  C) de la temperatura superficial del mar. Podemos observar que en el caso de la región del Pacífico, dichas anomalías están en el orden de  $-0.5$  a  $-2.0^{\circ}$  C, características de la ocurrencia de un evento frío o Niña, mientras que la región Caribe-Atlántico se encontraba ligeramente cálida, con anomalías entre  $0.5$  y  $1.0^{\circ}$  C.

La figura 13-B presenta la media compuesta del viento (m/s) al nivel 925 mb o hPa, es decir cerca de la superficie. Podemos apreciar que para el Pacífico ecuatorial se presentan vientos del SE de  $\sim 8$  m/s, en la franja de  $5^{\circ}$  N los vientos son del S y de  $\sim 4$  m/s, mientras que en la parte del Pacífico frente a Colombia los vientos son del SW y W con velocidad de  $\sim 6$  m/s. De nuevo este cuadro confirma la existencia del evento Niña en el Pacífico. En el Caribe-Atlántico, los vientos son del E con velocidad de 6 a 7 m/s en la parte Atlántica y más débiles en la parte del Caribe al norte de Venezuela (3 a 4 m/s).

La circulación atmosférica del período previo a la ocurrencia del evento (septiembre – noviembre) es analizada por medio de las anomalías comparadas del viento al nivel 925 mb (Fig. 13-C). Para la región del Pacífico ecuatorial predominaron vientos débiles del SE, con velocidad inferior a 1.5 m/s. Frente a la costa de Colombia los vientos en superficie fueron del N y NE, pero débiles (velocidad inferior a 1 m/s). La región Caribe – Atlántico presentó vientos del W, con velocidades de hasta 5 m/s en el Caribe occidental y 3 m/s en

el Caribe oriental. Como un hecho anómalo, hacia mediados de noviembre el huracán Lenny se desplazó en sentido oeste – este por el sur del Caribe.

La radiación de onda larga saliente (OLR por sus siglas en inglés) puede usarse como una variable ‘proxy’ de la lluvia en el trópico. Anomalías negativas de ‘OLR’ significa la presencia de topes de nubes frías más extensos e importantes, y están por lo tanto asociados con mayor convección y lluvia.

Aunque no se incluyó la figura correspondiente, para el período de septiembre a noviembre, la OLR en el Pacífico mostraba anomalías positivas de hasta  $15 \text{ W/m}^2$ , excepto para la franja frente a la costa colombiana (que tenía anomalías negativas de  $-5$  a  $-10 \text{ W/m}^2$ ); en el Caribe-Atlántico los valores eran de hasta  $-20 \text{ W/m}^2$ .

### **Condiciones meteorológicas en los océanos Pacífico y Atlántico durante la ocurrencia del evento**

En este caso el período considerado para la obtención de la información de reanálisis va de diciembre 02 a diciembre 17 de 1999, ya que para esta última fecha el evento meteorológico había concluido.

Las anomalías compuestas de las temperaturas superficiales del mar (Fig. 13-D), continúan exhibiendo valores negativos ( $-1.0$  a  $-3.0^\circ \text{ C}$ ) en la región del Pacífico ecuatorial como consecuencia de la continuación del evento Niña; mientras que en el Caribe, al norte de Venezuela, las anomalías son positivas con valores de  $0.0$  a  $0.5^\circ \text{ C}$ , e incluso una franja de  $0.5$  a  $1.0^\circ \text{ C}$ .

Las anomalías compuestas de OLR continúan mostrando valores neutros a positivos en el Pacífico y valores negativos ( $-10$  a  $-20 \text{ W/m}^2$ ) en el Caribe-Atlántico (Fig. 14-A).

La circulación atmosférica, a 850 mb –troposfera inferior – presenta vientos débiles del W y NW en el Pacífico (velocidad  $< 2 \text{ m/s}$ ), y frente a la costa colombiana el flujo es más claramente del W con velocidad un poco mayor,  $\sim 4 \text{ m/s}$ . En el Caribe-Atlántico, el flujo es del N y disminuye su velocidad desde la latitud de  $20^\circ \text{ N}$ , vientos de  $4$  a  $5 \text{ m/s}$ , a  $< 2 \text{ m/s}$ , frente a la costa venezolana (Fig. 14-B).

En la alta troposfera (nivel 200 mb,  $\sim 11500 \text{ m}$ ), las anomalías compuestas muestran vientos del W de hasta  $10 \text{ m/s}$  en el Pacífico ecuatorial, que se hacen flojos ( $< 4 \text{ m/s}$ ) frente a la costa colombiana. Para el Caribe-Atlántico el patrón no es muy claro; hacia el Caribe occidental el flujo es del S y de  $\sim 6 \text{ m/s}$ , en el Caribe oriental el flujo es del N y de  $\sim 6 \text{ m/s}$  y en el centro de estas dos bandas la dirección del flujo es variable y débil, menos de  $4 \text{ m/s}$ . (Fig. 14-C).

Al considerar la componente meridional, a nivel de superficie, 1000 mb (Fig. 14-D), encontramos que mientras en el Pacífico la componente es del S, con velocidad de  $2$  a  $4 \text{ m/s}$ , en el Caribe-Atlántico la componente es del N, con velocidad de  $2$  a  $6 \text{ m/s}$ . Este flujo incidió sobre la costa del Litoral central, transportando gran cantidad de la humedad presente en el Caribe como resultado de las condiciones térmicas que imperaban desde hacía varios meses.

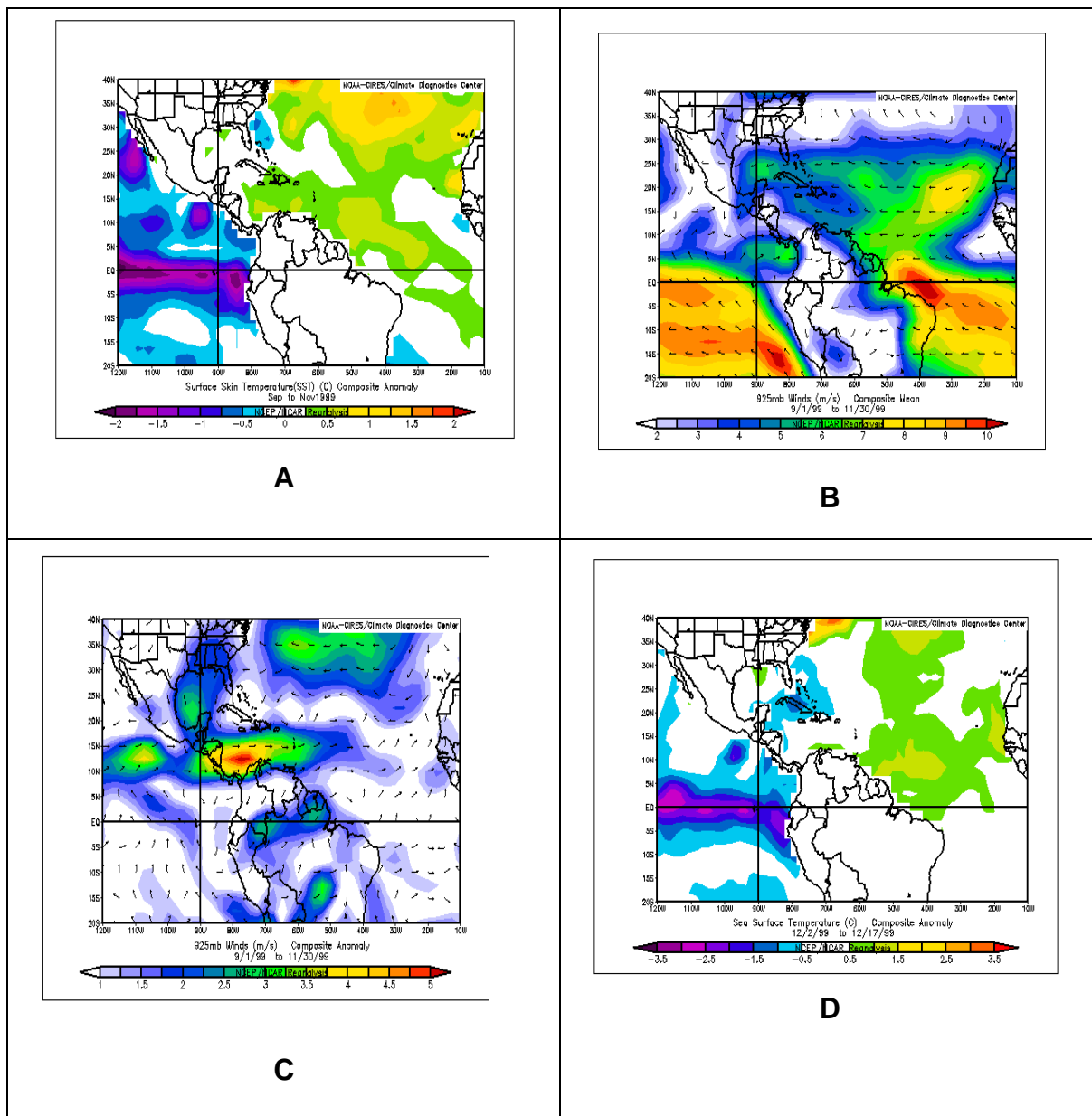


Fig. 13

- A.- Anomalías compuestas ( $^{\circ}$  C) de la temperatura superficial del mar (SST) para el período septiembre – noviembre de 1999.  
 B.- Media compuesta del viento (m/s) en el nivel 925 mb (cerca de la superficie) para el período septiembre – noviembre de 1999.  
 C.- Anomalías compuestas del viento (m/s) al nivel 925 mb para el período setiembre – noviembre de 1999.  
 D.- Anomalías compuestas ( $^{\circ}$  C) de la temperatura superficial del mar (SST) para el período diciembre 02 a diciembre 17 de 1999.

FUENTE: <http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/>

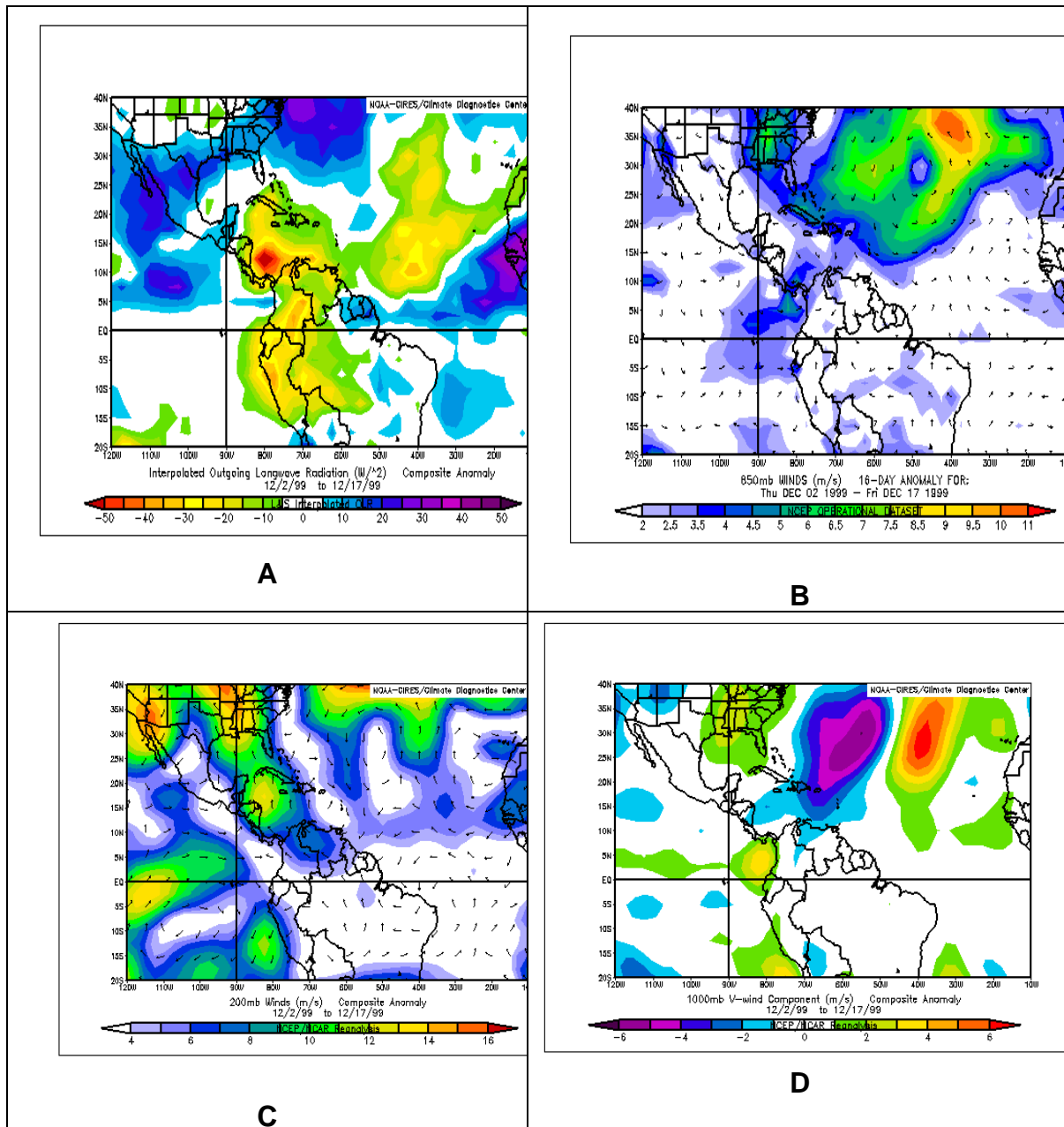


Fig. 14

A.- Anomalías compuestas de valores interpolados de radiación de onda larga saliente ( $W/m^2$ ), para el período diciembre 02 a diciembre 17 de 1999.

B.- Anomalías-16 días del viento (m/s) al nivel 850 mb, para el período diciembre 02 a diciembre 17 de 1999.

C.- Anomalías compuestas del viento (m/s) al nivel 200 mb para el período diciembre 02 a diciembre 17 de 1999.

D.- Anomalías compuestas de la componente V del viento (m/s) al nivel 1000 mb para el período diciembre 02 a diciembre 17 de 1999.

FUENTE: <http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/>

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los antecedentes registrados demuestran que el litoral central del norte de Venezuela, en parte constituido por el estado Vargas, ha estado sometido a eventos hidrometeorológicos de extraordinaria magnitud, con una probabilidad muy difícil de estimar, hasta el momento. Por otro lado, esta región ha sido objeto de un intenso proceso de urbanización en las últimas décadas, y para el momento del desastre contaba con una robusta infraestructura turística y de recreación, numerosos barrios y urbanizaciones en varios centros poblados, además del más importante aeropuerto y puerto nacionales (aeropuerto de Maiquetía y puerto de La Guaira).

Para que una situación de desastre se produzca, deben confluir diversos factores, unos de carácter geofísico y otros de índole social y económica, como es el caso de asentamientos poblacionales en áreas de alto riesgo.

En este trabajo, básicamente se analizaron los aspectos meteorológicos y climáticos que, junto con los geográficos, nos pueden ayudar a entender los hechos ocurridos. En este sentido, hay que señalar como conclusiones importantes las siguientes:

- 1.- En el segundo semestre de 1999, se presentaron cambios en las condiciones que controlan la sequía en la costa norte-central de Venezuela.
- 2.- En el período inmediatamente anterior al evento (septiembre a noviembre), los vientos alisios se mostraron más débiles de lo normal, las temperaturas superficiales del mar (SSTs) estaban más cálidas en el Caribe-Atlántico, favoreciendo una alta evaporación y mayor cantidad de humedad disponible en dicha cuenca marina.
- 3.- En el mismo período (septiembre – noviembre) las condiciones en el océano Pacífico eran características del desarrollo de un evento Niña o fase fría de ENOS (El Niño / Oscilación Sur).
- 4.- Para el período de ocurrencia del evento (1<sup>o</sup> al 16 de diciembre) se mantienen las condiciones arriba señaladas, las que son acompañadas por un flujo de aire del norte, que incide perpendicularmente sobre la costa, transportando gran cantidad de humedad.
- 5.- La alta cantidad de lluvia precipitada en un lapso de 15 días, pero mucho más concentrada en los días 14, 15 y 16, generó un proceso erosivo violento. Las condiciones geológicas y geomorfológicas de las cuencas facilitaron la ocurrencia de derrumbes y movimientos en masa. Estas condiciones fueron el resultado de mecanismos más lentos que tuvieron lugar en lapsos de tiempo más largos, típicos de dichos procesos.
- 6.- La falta de ordenación del territorio y de la planificación de los espacios geográficos, forma parte de las causas de muchas tragedias en Venezuela y en el mundo. En el caso de la Tragedia de Vargas, es muy elocuente el hecho de que la mayor parte de los asentamientos humanos afectados estaban emplazados en áreas altamente vulnerables, tanto desde el punto de vista geomorfológico como hidrológico.
- 7.- La franja del Litoral central ubicado hacia la vertiente norte de la sierra del Ávila es una zona potencialmente riesgosa, tanto desde el punto de vista

hidrometeorológico y geomorfológico, como es el caso de la tragedia de 1999, como desde el punto de vista geotécnico y sismológico. También no hay que dejar de lado los posibles peligros que pudieran causar surgencias marinas, si la trayectoria de un huracán en el Caribe mantiene un curso anormal muy cerca de la costa venezolana, o si un fuerte sismo submarino ocurre en el mar Caribe frente a esta zona.

8.- Finalmente, esta tragedia, como las anteriores (tragedia del río Limón en 1987, entre los antecedentes recientes más importantes), plantea la inaplazable necesidad de que el país cuente con un moderno y eficiente servicio meteorológico, manejado por profesionales de alto nivel científico y dotado de los equipos necesarios para el monitoreo de perturbaciones atmosféricas que puedan causar graves daños a la población, sino se difunden a tiempo las alertas respectivas y se toman las medidas adecuadas a cada situación. Por supuesto, iniciativas de esta naturaleza deben ser acompañadas por programas regulares de protección civil, que incluyan el entrenamiento y educación de la población.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andressen, R. 2000. 'Tragedia del litoral central: aspectos meteorológicos y climáticos'. Conferencia dictada en el Colegio de Geógrafos del estado Mérida. Mérida: 21-01-2000.
- Andressen, R. y R. Ponte. 1973. **Estudio integral de las cuencas de los ríos Chama y Capazón – Subproyecto II: Climatología e Hidrología**. Mérida: Universidad de Los Andes – IGCRN, 135 p.
- Autoridad Única de Área para el estado Vargas. 2000. Informativo.
- Cornford, S. G. 2000. 'Consecuencias humanas y económicas de los fenómenos meteorológicos en 1999', **Boletín Organización Meteorológica Mundial 49**, No. 4, p. 398 - 416.
- CVG – EDELCA. 2000. **Situación meteorológica generadora de las inundaciones y flujos de lodo en el norte-centro de Venezuela, con especial énfasis en la costa norte**. Informe preparado por la Empresa de Electrificación del Caroní (EDELCA). 16 p.
- De, U. S. y K. S. Joshi. 1998. 'Las catástrofes naturales y sus impactos en los países en desarrollo', **Boletín Organización Meteorológica Mundial 47**, No. 4, p. 392 – 399.
- FAV. 2000. **Análisis de las situaciones meteorológicas que afectaron al área norte costera del país durante el mes de diciembre del año 1999**. Informe preparado por el Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea de Venezuela. 10 p.
- Fuerza Aérea de Venezuela, Servicio de Meteorología. 1980. **Promedios climatológicos de Venezuela**. Maracay: Publicación especial No. 4, 253 p.
- Gol, A. W. 1963. **Las causas meteorológicas de las lluvias de extraordinaria magnitud en Venezuela**. Caracas: Ministerio de la Defensa, Comandancia General de la Aviación, Servicio de Meteorología y Comunicaciones. Publicación especial No. 2, 230 p.
- Hermann, R. 1970. 'Vertically differentiated water balance in tropical high mountains with special reference to the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia', en **World Water Balance**, International Assoc. Sci. Hydrol., Reading, p. 266 – 273.
- Humboldt, A. von. 1814. **Viaje a las regiones equinociales del Nuevo Mundo. Tomo I**. Traducción del francés por Lisandro Alvarado. Caracas: Ediciones del Ministerio de Educación, 1956.

- Ministerio de Minas e Hidrocarburos (MMH). 1956. **Stratigraphical lexicon of Venezuela** (English version). Caracas: Editorial Sucre. Special Publication No. 1. **Boletín de geología**, 664 p.
- Ortiz, C. (ed.) 2000. **Y el Ávila bajó al mar: testimonios y fotografías de la tragedia de Vargas**. Caracas: Editorial CEC, S.A. Los Libros de El Nacional. 123 p.
- PNUD / CAF. 2000. **Efectos de las lluvias caídas en Venezuela en diciembre de 1999**. Caracas: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Corporación Andina de Fomento. CDB Publicaciones, 224 p.
- Röhl, E. 1949. 'Historia de la meteorología de Venezuela'. Caracas: **Boletín de la Academia de Ciencias Físicas y Matemáticas No. 33**.
- Singer, A., Rojas, C. y M. Lugo. 1983. **Inventario nacional de riesgos geológicos. Estado preliminar**. Caracas: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (*Funvisis*), 128 p.
- Stocking, M. A. 1988. 'Assessing vegetative cover and management effects'. En Lal, R. (ed.) **Soil erosion research methods**. Ankeny, Iowa, USA. Soil and Water Conservation Society, p. 163 – 185.
- Wiesner, C. J. 1965. 'Hydrometeorology and river flood estimation. Discussion'. **Proceedings Inst. Civil Engineers 31**, p. 79 – 86.

<http://www.bnv.bib.ve/vargas.htm>>28/02/2003

<http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/>> 05/08/2003

<http://www.el-avila.com> > 25/06/2003