

LOS FENOMENOS CALIDO DEL PACIFICO (EL NIÑO) Y FRIO DEL PACIFICO (LA NIÑA) Y SU INCIDENCIA EN LA ESTABILIDAD DE LADERAS EN COLOMBIA

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Reinaldo Sánchez, Germán Vargas, Humberto González, Daniel Pabón.

Diagonal 97 No 17 - 60 Bogotá, D.C., Colombia.
PBX 6356230 Web <http://www.ideam.gov.co/>

RESUMEN

Los fenómenos Cálido del Pacífico (El Niño) y Frío del Pacífico (La Niña) son fenómenos climáticos de gran escala cíclicos pero no regulares, ocasionados por los cambios en la temperatura de las aguas marinas y de los vientos del Océano Pacífico Ecuatorial y que producen alteraciones climáticas a escala local, regional y global, lo cual se manifiesta particularmente en el comportamiento anómalo de algunos elementos climatológicos como las precipitaciones, la temperatura y los vientos en áreas continentales.

El Fenómeno Cálido del Pacífico (El Niño), se manifiesta en Colombia con un incremento de la temperatura en la superficie del mar en la zona contigua a la costa sobre el océano Pacífico y un déficit acumulado de la precipitación durante el transcurso del evento ocasionando reducción de la humedad del suelo en la generalidad del territorio nacional, excepto en el sur de la región Pacífica donde se presentan lluvias intensas y persistentes. Los fenómenos de remoción en masa bajo este fenómeno son menos numerosos. Por el contrario el fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) se manifiesta con una disminución de la temperatura superficial del mar, un exceso acumulado de precipitación y aumento de la humedad del suelo en algunos sectores principalmente de las regiones Caribe y Andina donde la persistencia de las precipitaciones actúa como detonante de fenómenos dañinos como deslizamientos de

tierra, avalanchas, crecientes súbitas e inundaciones.

El evento Niño mas reciente 1997/1998 considerado el más intenso de los últimos 150 años se inició en marzo de 1997 y finalizó en el mes de junio de 1998; a pesar de la disminución generalizada de las lluvias, se presentaron eventos locales que desencadenaron algunos movimientos en masa dañinos. Posteriormente en junio de 1998 se inició de una manera rápida el evento Niña, con influencia importante hasta el segundo semestre del año 2000 y que dio lugar a un aumento importante en los movimientos en masa.

El presente trabajo pretende relacionar el comportamiento de algunas variables ambientales como la temperatura superficial del mar, y las anomalías de precipitación mensual en Colombia con la distribución, frecuencia e intensidad de daño de deslizamientos durante los episodios recientes Niño 97/98 y Niña 98/00, años de variabilidad climática acentuada. La información obtenida hasta la fecha en el IDEAM permite prever con algún grado anticipación la toma de medidas de prevención en zonas de asentamientos humanos importantes, ubicadas en áreas inestables de Colombia.

Durante el evento Niño se reportaron solamente 51 eventos dañinos, los cuales se concentraron en la Región Andina, principalmente en los departamentos de

Antioquia, Boyacá, Casanare, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca. El mayor número de eventos por remoción en masa ocurrió en los meses de marzo y julio de 1997, destacándose por la intensidad y magnitud los eventos ocurridos en el mes de marzo en Algeciras (Huila) e Ituango (Antioquia).

Durante el evento Niña se reportó la ocurrencia de 615 eventos dañinos los cuales causaron 279 muertos, daños puntuales en 301 municipios del país. El mayor número de eventos dañinos ocurrió en el departamento de Antioquia, donde se registraron 84 eventos, mientras que el mayor número de eventos por municipio, se registró en Cúcuta con 27 eventos.

1. LOS FENÓMENOS CÁLIDO DEL PACÍFICO (EL NIÑO) Y FRÍO DEL PACÍFICO (LA NIÑA)

Las oscilaciones climáticas que ocurren en la cuenca del océano Pacífico tropical repercuten de manera muy importante en el comportamiento espacial y temporal de la precipitación, lo cual a su vez incide en el comportamiento dinámico de los suelos del país al servir de detonante de movimientos en masa. Investigaciones de Montealegre & Pabón, 1992 y más recientes en el IDEAM (1997 y 1998) han encontrado que en las regiones Caribe, Andina y norte de la región Pacífica de Colombia, las precipitaciones se reducen en presencia del fenómeno El Niño, ante un calentamiento de las aguas en la costa Pacífica colombiana y lo contrario acontece ante la presencia de La Niña. Bajo esta perspectiva, en el IDEAM se intenta trabajar de manera interdisciplinaria y operativa el tema de los deslizamientos de tierra, que tenga en cuenta la variabilidad climática interanual. En particular, el presente trabajo es el resultado del trabajo operativo que realiza la Subdirección de Geomorfología y Suelos del Ideam y el Servicio de Información Ambiental. Mediante el

monitoreo en tiempo real de parámetros atmosféricos y oceánicos de gran escala con motivo de los eventos Niño (1997/98) y Niña (1998/00), de parámetros meteorológicos como la precipitación diaria y mensual y de los impactos en la estabilidad de los suelos del país se ha podido recolectar información importante que indudablemente mejorará la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo con fines de prevención de desastres, en la planificación del transporte terrestre y otras actividades.

Los fenómenos Niño y Niña, son fenómenos recurrentes pero no cíclicos se presentan con una frecuencia entre 3 y 7 años y hacen parte de un fenómeno oceánico - atmosférico de escala global mas amplio denominado ENOS (El Niño - Oscilación del Sur). El Niño y La Niña en términos sencillos consiste respectivamente en el calentamiento (enfriamiento) de las aguas del Pacífico central y oriental debido a un debilitamiento (fortalecimiento) de los vientos alisios del este, provenientes de la zona de alta presión del Atlántico sur lo cual provoca un desplazamiento anómalo de las zonas de lluvia del Pacífico occidental hacia el oriente a lo largo de la zona ecuatorial, provocando cambios en la distribución estacional de la precipitación, la temperatura y los vientos en Colombia e impactos importantes en diversos sectores.

1.1. Análisis de la Temperatura superficial del mar

Es conocido que los procesos de calentamiento y enfriamiento en el océano Pacífico ecuatorial son más notorios frente a las costas de Perú y Ecuador y de menor intensidad hacia el norte del Ecuador frente a las costas de Colombia .

En la figura 1 (panel superior) se puede notar ver cómo la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico sur colombiano (03°N, 83°W) durante el año de 1997, aumenta desde 25.0°C en enero hasta 28.5°C., hacia

mediados de año y posteriormente asciende hasta 29.9°C en mayo de 1998. Esto representa una oscilación de alrededor de casi 5°C, incluyendo la variación estacional anual. Igualmente se nota que en mayo de 1998, cesa el calentamiento de las aguas marinas del Pacífico y la TSM inicia un proceso de descenso en sus valores de una manera muy rápida: entre mayo y septiembre la temperatura baja de 29.9°C a un poco más de 26°C, valor ligeramente superior al presentado al iniciarse El Niño.

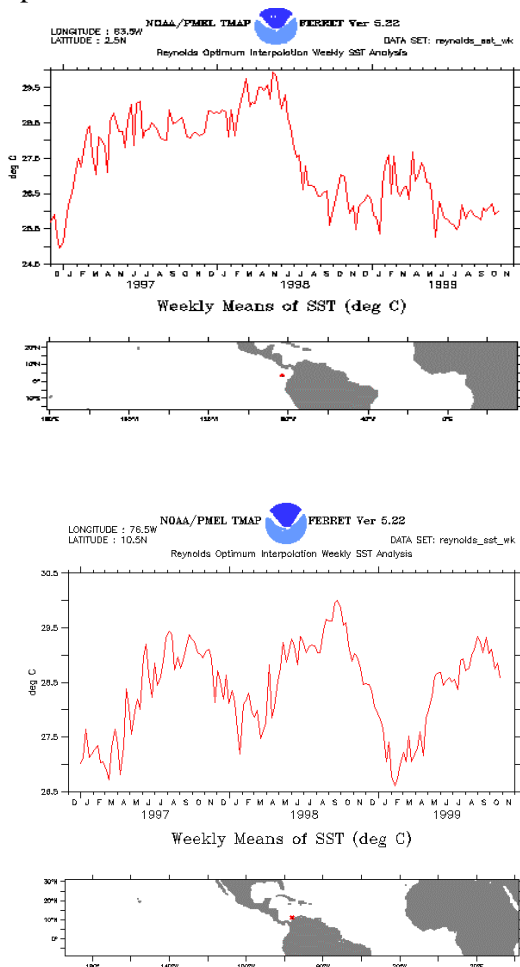


Figura 1. Valores medios semanales de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico (panel superior) y en el mar Caribe colombiano (panel inferior) durante el evento Niño (1997/98) y Niña (1998/00) de acuerdo con datos interpolados obtenidos del NCEP/NOAA/PMEL - Ferret

En los meses siguientes posteriores a septiembre de 1998, la TSM oscila alcanzando valores máximos en el primer semestre de 1999 y descendiendo posteriormente en el segundo semestre de 1999. El análisis anterior de acuerdo con la información obtenida del NCEP/NOAA para los años 1997,1998 y 1999 confirma estudios previos indicativos de temperaturas más altas bajo condiciones Niño en el océano Pacífico colombiano y temperaturas más bajas bajo condiciones Niña.

La temperatura del mar en el mar Caribe colombiano ante eventos Niño o Niña oscila en menor grado y es más notorio el comportamiento estacional. En el mar Caribe colombiano frente a la costa Atlántica (ver figura 1, panel inferior) en las coordenadas 10°N, 76°W, la variación de la TSM no es tan marcada como en el caso del Pacífico ante los eventos Niño o Niña; se observa sin embargo, la variación estacional con un máximo en los meses de verano del hemisferio norte (julio - agosto) y algún aumento ligero de la misma especialmente en la etapa de máximo desarrollo del fenómeno EL Niño hacia finales de diciembre de 1977 y hasta febrero de 1998.

1.2. Análisis de la Precipitación

La distribución espacial y temporal de la precipitación en Colombia en una localidad dada está asociada a características físicas como: altura sobre el nivel del mar, cercanía al mar, grado de exposición a los vientos locales, latitud geográfica y época del año, características de los suelos, insolación y también a la influencia de los sistemas meteorológicos de escala sinóptica. El sistema meteorológico más importante y responsable en un alto grado de la alternancia de los períodos de lluvia y de tiempo seco en el país es la zona de convergencia intertropical (ZCIT), sistema nuboso que se desplaza de sur a norte (entre marzo y agosto) y de norte a sur (entre septiembre y febrero), siguiendo el movimiento del sol, y

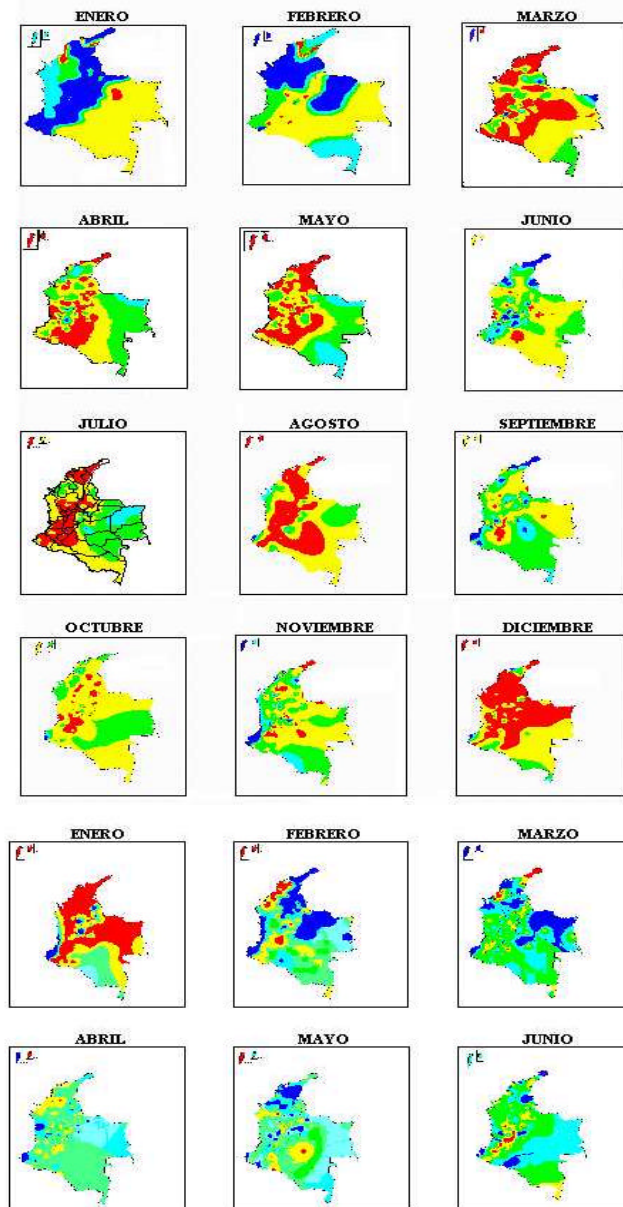
dando origen a la ocurrencia sucesiva de los períodos lluviosos y secos. La ZCIT a medida que se desplaza interactúa además con el sistema de alta presión del Atlántico norte y con el sistema de alta presión atmosférica del Pacífico sur. La sucesión de los periodos estacionales secos y húmedos que históricamente ocurren en las diferentes regiones del país se alteran ante la presencia de condiciones Niño o Niña. Estos períodos de lluvia o de tiempo seco se presentan pero se acentúan o debilitan o se retrasan o se inician mas temprano, y adicionalmente el comportamiento de la precipitación bajo el mismo fenómeno puede ser diferente, dependiendo de su ubicación geográfica. La mayor parte del territorio de Colombia se ubica sobre el hemisferio norte y en particular el clima del centro y norte del país está influenciado adicionalmente por el sistema de alta presión atmosférica del Atlántico norte. El sur de la región Pacífica colombiana tiene influencia de la zona de alta presión del océano Pacífico sur particularmente ante la presencia de La Niña.

Las figuras 2 y 3 muestran el comportamiento de la anomalía de la precipitación a nivel mensual en Colombia durante los años 1997-1998 y 1999-2000. Se puede notar que durante el año 1977 las precipitaciones en el país en general fueron muy deficitarias (presencia mayor de anomalías negativas), situación que cambió en los años siguientes 1998, 1999, y 2000 que presentaron en general excesos de precipitación (presencia mayor de anomalías positivas), con algunas excepciones temporales posiblemente debidas a la influencia de la fase subsidente de ondas intraestacionales. En particular se puede observar en estos mismos gráficos que los déficits de precipitación (áreas sombreadas en amarillo y rojo) comenzaron a presentarse a partir del mes de marzo de 1997 y se

mantuvieron hasta el mes de enero de 1998. Posteriormente, a partir de febrero de 1998 la situación climática cambia y empiezan a ocurrir en distintas áreas del país excesos de precipitación (áreas de color azul claro y azul oscuro) lo cual es una manifestación de la presencia del fenómeno La Niña. En el caso del evento El Niño 97/98, el comportamiento de la precipitación en la mayor parte de las regiones Caribe y Andina de Colombia y durante la mayor parte del evento fue deficitaria, como puede observarse en las figura 1. En otros sectores como el sur de la región Pacífica se presentaron excesos de lluvia, durante el segundo semestre de 1977 y primer trimestre de 1988: en Tumaco, para finales de 1997 e inicios de 1998 cuando el fenómeno El Niño estaba en etapa de madurez, las lluvias mensuales fueron excepcionalmente mas altas de lo normal con valores de precipitación que superaron en dos y hasta tres veces sus promedios históricos; es decir un comportamiento muy similar al que se presenta en la costa ecuatoriana y peruana. En el caso de los Llanos Orientales, la precipitación en términos generales fue también deficitaria, aunque en algunos sectores del Piedemonte Llanero se presentaron excesos durante la temporada lluviosa de esta región hacia mediados de año. En la Amazonia y de acuerdo con la escasa información de esta área, la señal de EL Niño no fue muy clara y se presentaron oscilaciones mensuales en el signo de las anomalías. Análisis hechos a la información pluviométrica permiten deducir que en las condiciones Niño 97/98, la alternancia de períodos secos y lluviosos se dio sin embargo en el período seco de mitad y en el de fin de año 97 y comienzos del 98 los déficits de humedad tendieron a acentuarse; por el contrario el período lluvioso del segundo semestre de 1997 en las regiones Caribe y Andina fue menos lluvioso de lo histórico.



INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES








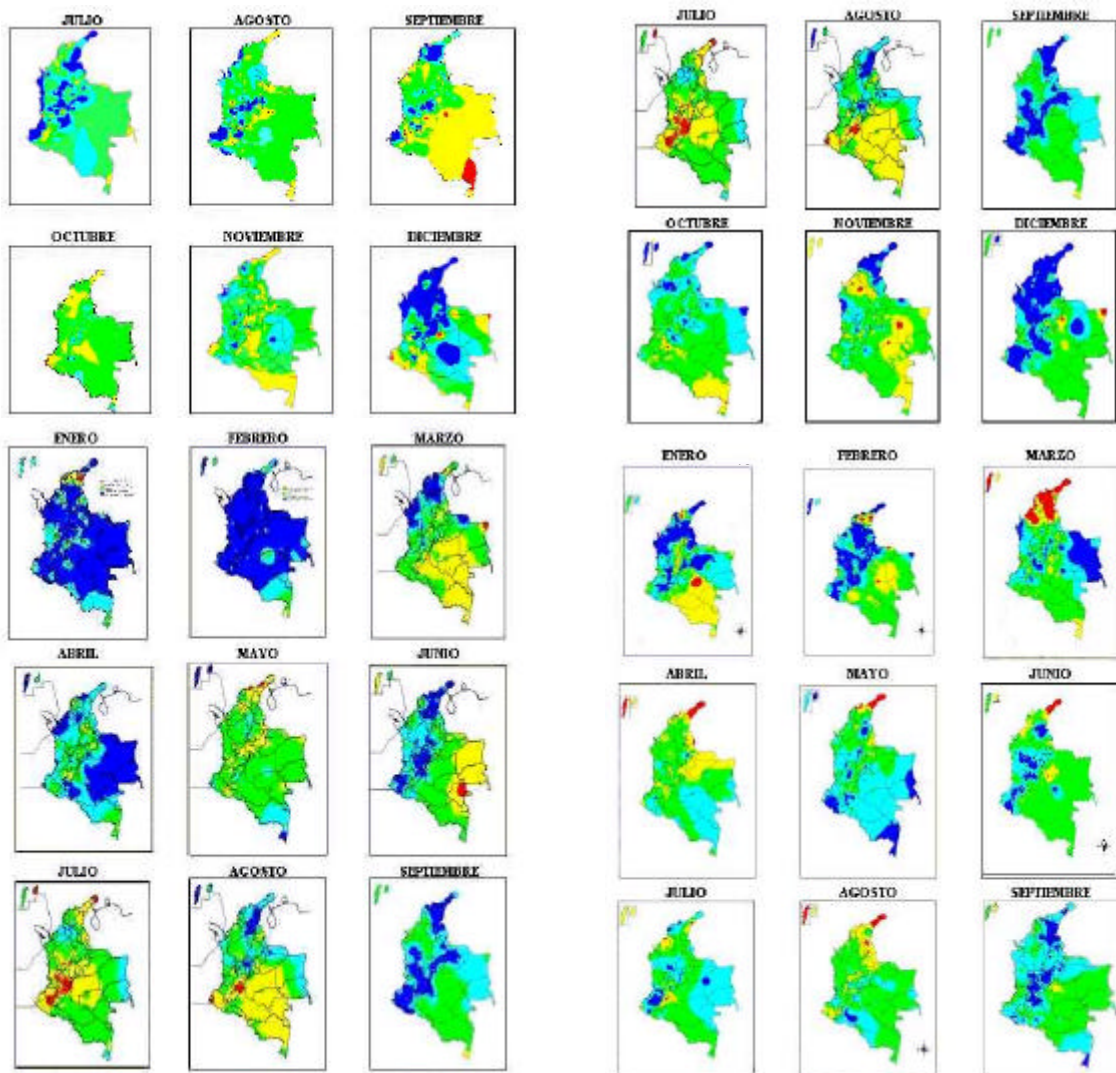
-  Muy por debajo de lo normal
-  Por debajo de lo normal
-  Normal
-  Por encima de lo normal
-  Muy por encima de lo normal

Figura 2. Anomalías de la precipitación durante el Fenómeno Cálido del Pacífico (El Niño) 1997 - 1998



INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES








-  Muy por debajo de lo normal
-  Por debajo de lo normal
-  Por encima de lo normal
-  Por encima de lo normal
-  Muy por encima de lo normal

Figura 3. Anomalías de la precipitación durante el Fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) 1998 - 2000

Con respecto al comportamiento de la anomalía de la precipitación durante La Niña 98/00 se pudo observar lo siguiente: en la región Caribe los promedios mensuales de lluvia estuvieron por encima de los históricos, especialmente en la época tradicional de lluvias entre agosto y noviembre y muy cercanos a los normales durante la época seca entre diciembre y abril. En la región Andina central se presentaron excesos de precipitación (anomalías positivas) durante los años 98, 99 y primeros meses del año 2000 pero lo más destacable es la presencia de excesos de precipitación en la temporada seca de fin de año y comienzos de año en los años 1998 y 1999. En los Llanos Orientales La Niña dejó excesos de precipitación durante la temporada lluviosa (abril - agosto) de 1998 y de 1999. En la Amazonia se notó en general un exceso de precipitación, aunque la información sobre el área fue muy escasa.

2. MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS A LOS FENÓMENOS NIÑO Y NIÑA.

Se presenta en esta sección el análisis comparativo de los movimientos en masa ocurridos durante estos dos fenómenos, teniendo en cuenta su distribución temporal y espacial, frecuencia e intensidad de daño asociados a las lluvias como detonantes.

2.1. Análisis temporal

El análisis temporal se realiza para los dos últimos eventos Cálido y Frío del Pacífico, que se sucedieron uno detrás de otro teniendo en cuenta la duración de cada evento y la frecuencia de ocurrencia de los

deslizamientos por evento y por meses (ver figura 4). La primera conclusión que se destaca de esta figura es el aumento considerable en el número de eventos de movimientos en masa durante La Niña en comparación con el número de eventos durante El Niño.

Durante el evento Cálido 97/98 se reportaron 51 eventos dañinos, los cuales ocurrieron en concordancia con las dos épocas de lluvias con un aumento significativo en la primera temporada de lluvias del año en el mes de mayo de 1997 para el que se tiene un reporte total de 19 eventos. Durante la segunda temporada de lluvias de 1997 la ocurrencia de deslizamientos es mínima y solo se reportaron 5 eventos dañinos ocurridos durante el mes de diciembre.

Durante el evento Frío del Pacífico 98/00, el número de eventos dañinos se incrementó de manera simultánea con las lluvias durante todos los meses del año para un acumulado de 615 eventos dañinos reportados; se destaca el alto número de deslizamientos ocurridos durante la temporada seca histórica de fin y de comienzos de año. Los meses de diciembre, enero y febrero que tradicionalmente son de lluvias escasas, en esta oportunidad bajo la influencia del fenómeno La Niña presentaron lluvias por encima de sus valores normales por lo tanto se contabilizó un número mayor de movimientos en masa: 87 eventos en diciembre, 91 eventos en enero, y 64 eventos en febrero. Los meses usualmente húmedos, también presentaron deslizamientos con incrementos marcados durante los meses de mayo y julio con 66 y 41 eventos respectivamente.

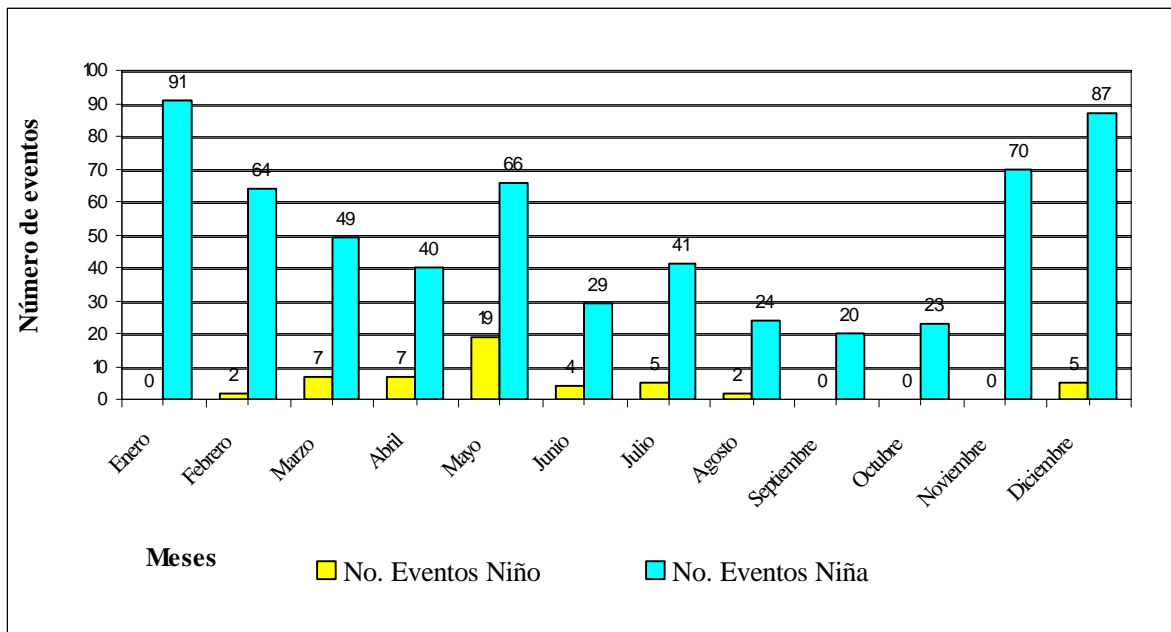


Figura No. 4. Distribución mensual de los movimientos en masa ocurridos en Colombia durante los fenómenos Cálido (El Niño) 1997- 1998 y Frío (La Niña) 1998 - 2000 del Pacífico.

2.2. Análisis espacial

De acuerdo con el análisis espacial por departamentos (ver figura No.5), se observó que durante el evento Cálido 97/98, los deslizamientos se concentraron en los departamentos del sur occidente del país en Boyacá, Cauca con 7 eventos y Antioquia con 6 eventos. El mayor número de eventos por remoción en masa ocurrió en los meses de marzo y julio, destacándose por la intensidad y magnitud los eventos ocurridos en marzo, en Algeciras (Huila) e Ituango (Antioquia).

Durante el evento Niña se reportó la ocurrencia de 615 eventos dañinos los cuales

causaron 279 muertos, 498 heridos, daños puntuales en 301 municipios del país. El mayor número de eventos dañinos ocurrió en los departamentos de Antioquia y Norte de Santander con 84 y 66 eventos respectivamente y el menor número de eventos en los departamentos de Magdalena y Bolívar con un evento solamente. En las figuras 6 y 7 se presenta el número de movimientos en masa dañinos por municipio ocurridos en Colombia durante los fenómenos Cálido (El Niño) 1997 - 1998 y Frío del Pacífico (La Niña) 1998 - 2000.

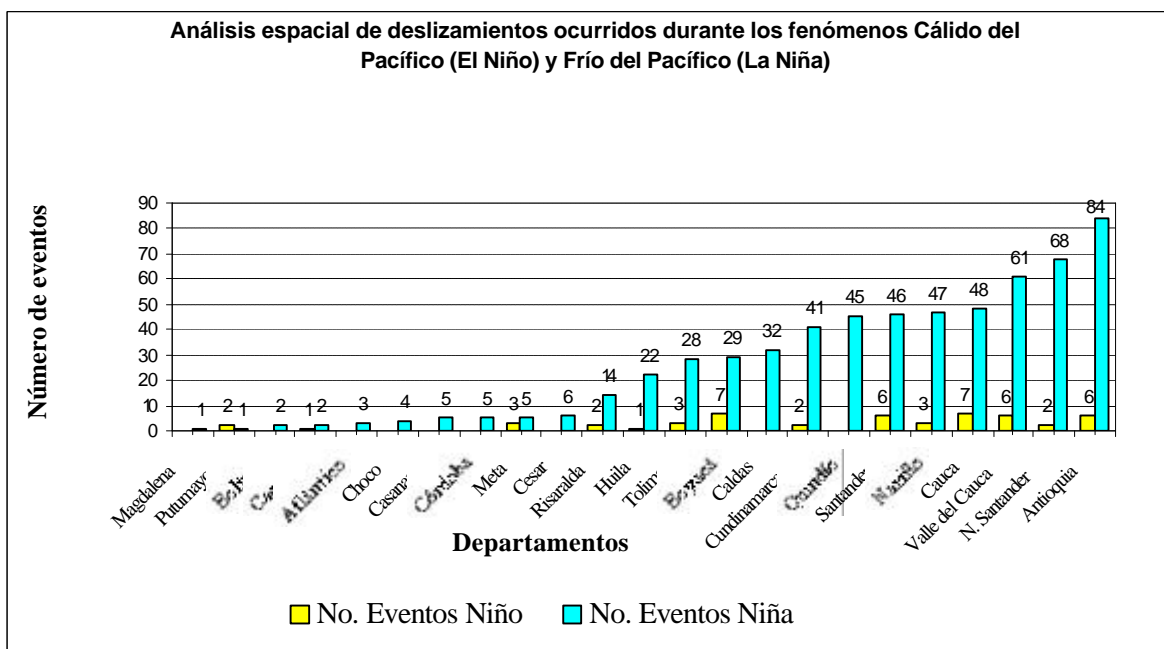
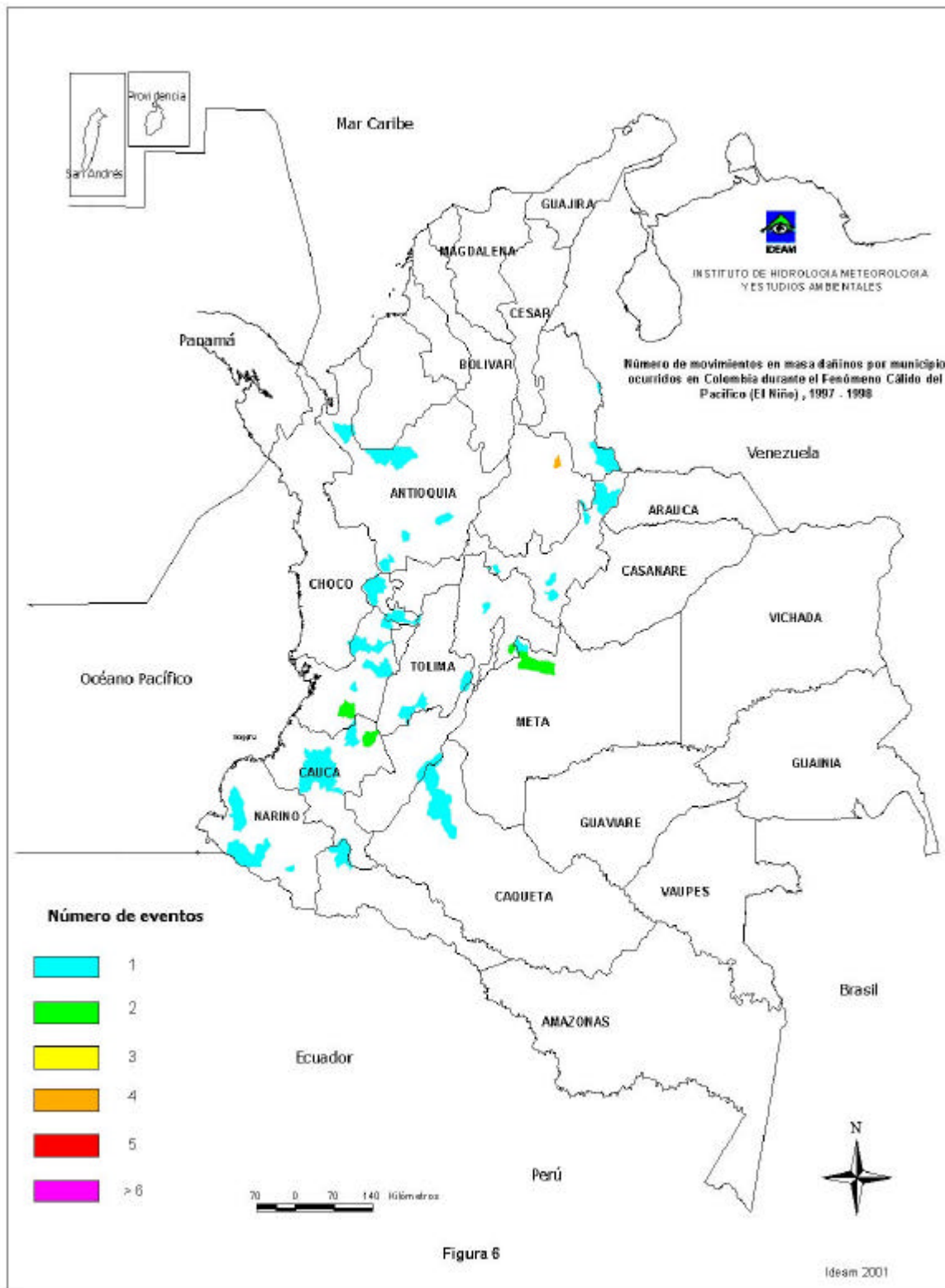


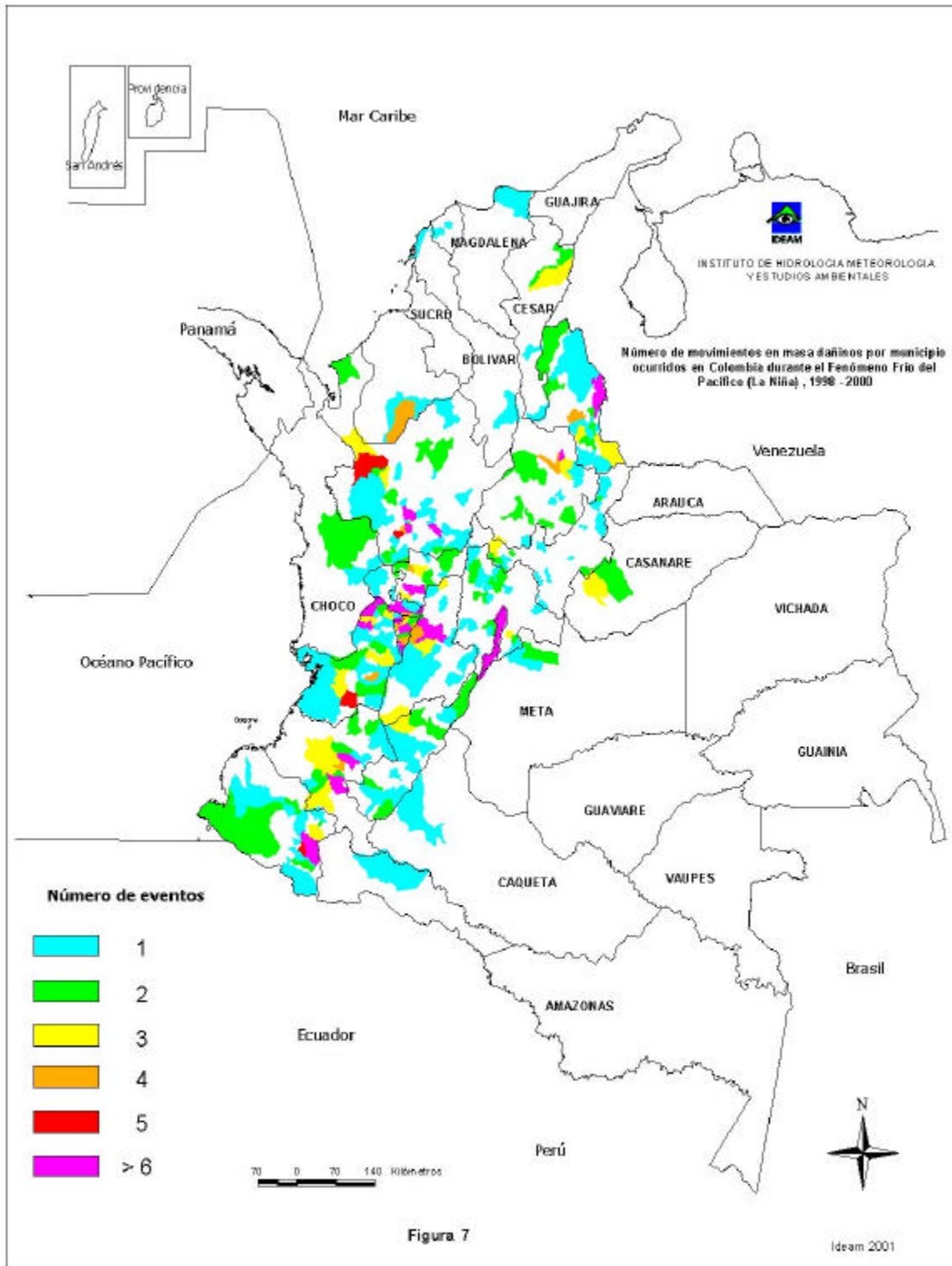
Figura No. 5. Distribución por departamento de los movimientos en masa ocurridos en Colombia durante los fenómenos Cálido (El Niño) 1997- 1998 y Frío (La Niña) 1998 - 2000 del Pacífico.

Durante el fenómeno El Niño (figura 6) se puede observar una baja frecuencia de eventos y solamente en Bucaramanga se presentó alta recurrencia de eventos con cuatro reportes, mientras que durante el fenómeno La Niña se generalizó la ocurrencia de movimientos en masa en el sistema andino colombiano aumentando la frecuencia e intensidad del daño y se destaca por el alto número de eventos el municipio de Cúcuta (27) en el departamento de Norte de Santander (Ver figura 7).

Del presente trabajo se desprende que el fenómeno la Niña 98/00 aumentó los índices de movimientos en masa y en consecuencia ante una nueva manifestación de un

fenómeno similar se requiere una mayor vigilancia de los mismos, con el fin de minimizar los efectos e impactos. Aunque no existe una estadística confiable sobre pérdidas económicas por daños a la estructura vial, de vivienda y de infraestructura sectorial, además de la pérdida de vidas humanas se estima que los costos son demasiado altos para la reposición de la infraestructura original, lo cual demanda presupuestos adicionales ante fenómenos Niña. El tener en cuenta esta situación ameritaría la planeación de presupuestos mas elevados para el mantenimiento vial y también para la atención de las calamidades, incluyendo los servicios de alertas.





4. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Pablo Leyva, Director General y a todo el personal técnico-científico del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM que colaboraron en el desarrollo de este trabajo. A las directivas nuestro agradecimiento por apoyar la participación en el evento y autorizar la publicación del presente artículo.

REFERENCIAS

DGPAD, 1999 - 2000. *Inventario de emergencias atendidas durante 1998 - 2000*. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

IDEAM, 1998. *El Medio Ambiente en Colombia*. Santa Fe de Bogotá, Colombia, Julio de 1998.

-----, 1999. *Informe técnico de la emergencia del Río San Jorge*. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

-----, 1999. *Informe técnico de la emergencia del Eje Cafetero*. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

-----, 1999. *Informe técnico del deslizamiento en San Cayetano, Cundinamarca*. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

-----, 1999. *Informe técnico del deslizamiento y represamiento en el municipio de Saladoblanco (Huila)*. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

-----, 2000. *Informe técnico de los deslizamientos y avalancha presentados en la Sierra Nevada de Santa Marta*. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

-----, 2000. *Informe técnico del deslizamiento en Soacha (Cundinamarca)*. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

-----, 1997. *Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno cálido del Pacífico - EL Niño en Colombia*. Bogotá, Colombia

-----, 1998. *Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno frío del pacífico (La Niña) en Colombia, en el segundo semestre de 1998 y primer semestre de 1999*. Bogotá, Colombia

-----, 1999. *Condiciones e Indicadores Ambientales en Colombia. Informes mensuales* (Marzo de 1997 a septiembre de 2000). Bogotá, Colombia.

Montealegre & Pabón (1992). *Características climáticas relevantes durante la ocurrencia de fenómenos ENOS en el Noroccidente sudamericano*. HIMAT. Bogotá, Colombia.

Sistema Nacional de Atención y Prevención de Desastres (CREDS, CLEs, Invias, Ingeominas, UPES, Cruz Roja, Defensa Civil y Policía). Reporte y confirmación de los efectos dañinos de los movimientos en masa.