

Efectos de mesoescala del temporal del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985 sobre Costa Rica

Edwin Romell Galo

*Departamento Físico-Matemático, Universidad Tecnológica Centroamericana,
Tegucigalpa, Honduras*

Walter Fernández¹ y Eladio Zárate

*Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias, DFAOP/Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas,
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica*

(Recibido 26 febrero 1996, aceptado 11 junio 1996)

ABSTRACT

The effects of mesoscale associated with the meteorological situation from 29 October to 3 November 1985, which caused a Temporal over Costa Rica, are analyzed.

The interaction of an anomalous southwesterly flow in the lower troposphere with the orographic system of Costa Rica generated large amounts of rainfall and floods on the Pacific Watershed of Costa Rica. The mountains blockaded the upstream wind in the surface layer, producing return currents from the east in the lower branch of the circulation, contrary to the predominant synoptic flow. This originated mesoscale convergence fields.

The maximum values of rainfall, which in some places reached the 300 mm in 24 hours, were produced by rains of convective type at the beginning of the temporal. Later on the rains were of a stratiform (continuous and moderate) type.

1. Introducción

La ubicación geográfica de Costa Rica, hace que sistemas meteorológicos tropicales asociados con precipitaciones intensas y abundantes afecten al país en forma muy considerable. Algunos de estos sistemas han sido mencionados por Fernández y Barrantes (1996).

Tanto los aspectos sociales como económicos se ven fuertemente afectados por la aparición de este tipo de lluvias, que provocan inundaciones de grandes magnitudes. Las pérdidas económicas son capaces de crear desequilibrio en la economía del país, mientras que en muchas ocasiones pérdidas de vidas humanas resultan irreparables.

De acuerdo al Boletín Climatológico Mensual de

los meses de octubre y noviembre de 1985 del Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 1985), las consecuencias del temporal estudiado en este trabajo son típicas de este tipo de disturbios, ya que ocasionaron inundaciones en áreas costeras. Durante las primeras 24 horas del temporal que se extendió desde el 29 de octubre hasta el 3 de noviembre de 1985 hubo altas precipitaciones en el Pacífico de Costa Rica, registrándose hasta 223.8 mm en Damas, 114.6 mm en Palmar Sur, 103.0 mm en Liberia y cantidades significativas en otras localidades a lo largo de todo el litoral. Cabe destacar que la Carretera Interamericana se interrumpió en Pérez Zeledón y en Cambronero, provocando con ello la paralización del tránsito a nivel internacional. Los cultivos de arroz y maíz en la Zona Sur, Parrita y Guanacaste fueron afectados severamente, ocasionando con ello pérdidas considerables en la economía nacional.

Los principales ríos desbordados fueron el

¹Corresponding author address: Dr. Walter Fernández, Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. E-mail: wfer@cariari.ucr.ac.cr

Tempisque y las Palmas en Guanacaste, La Vaca y La Vaquita en Corredores y El Savegre y el Parrita en el Pacífico Central. Todo ello, causó el aislamiento de por lo menos 600 personas, que fueron evacuadas y acomodadas en lugares seguros.

En este trabajo se estudian las lluvias intensas producidas por el temporal y su relación con circulaciones de mesoescala. Los aspectos sinópticos y dinámicos del temporal son tratados en Galo *et al.* (1996).

2. Características de la mesoescala en Costa Rica

Como lo han mencionado varios autores (por ejemplo Grandoso *et al.*, 1982), el análisis del flujo en Costa Rica requiere tomar en consideración, además del flujo en la escala sinóptica, la existencia de un sistema orográfico pronunciado y de las dos superficies marítimas que la limitan: el Océano Pacífico al Oeste y el Mar Caribe al Este.

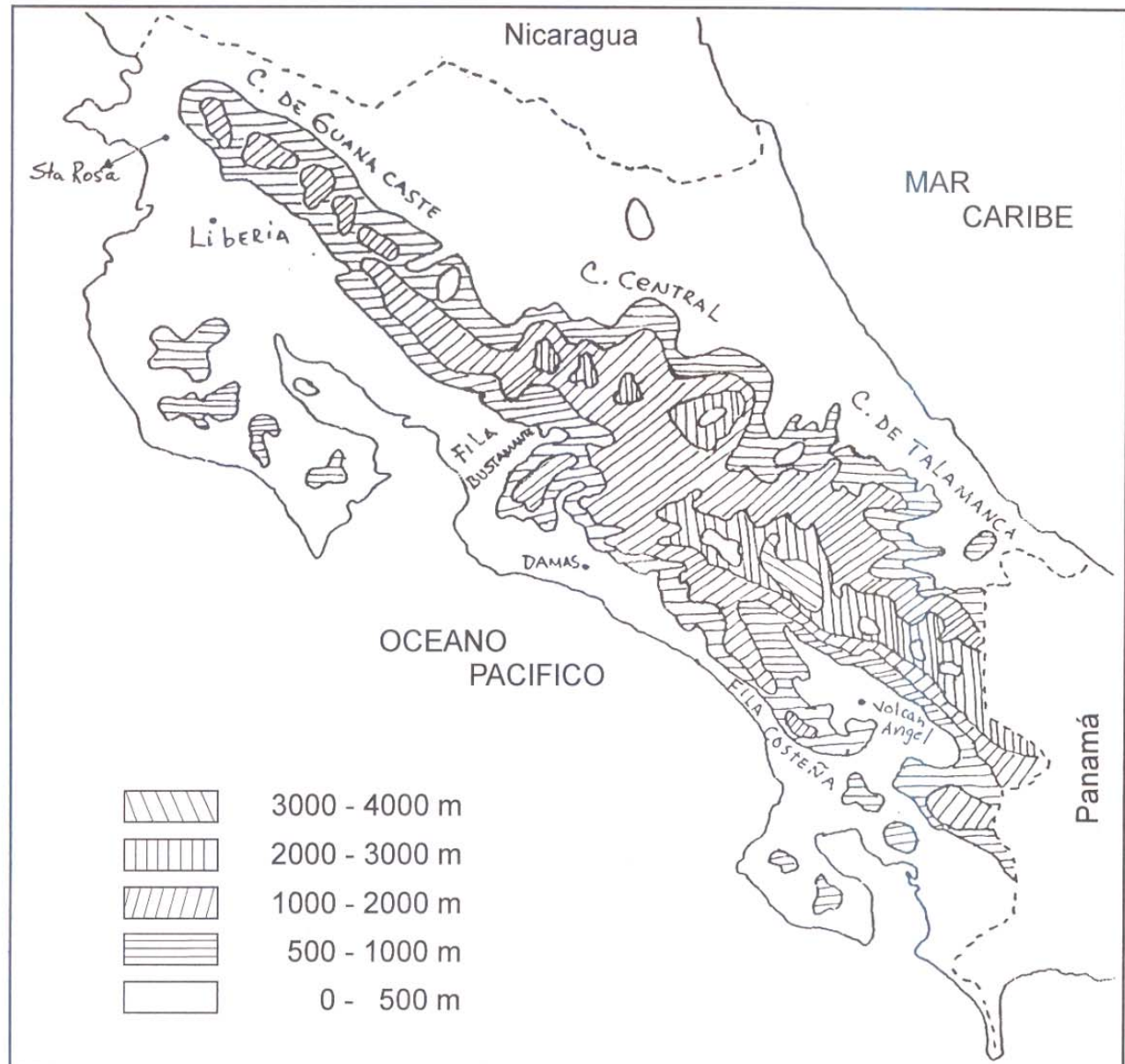


Fig. 1. Mapa de relieve de Costa Rica, con la ubicación de algunas estaciones que son objeto de análisis en este estudio.

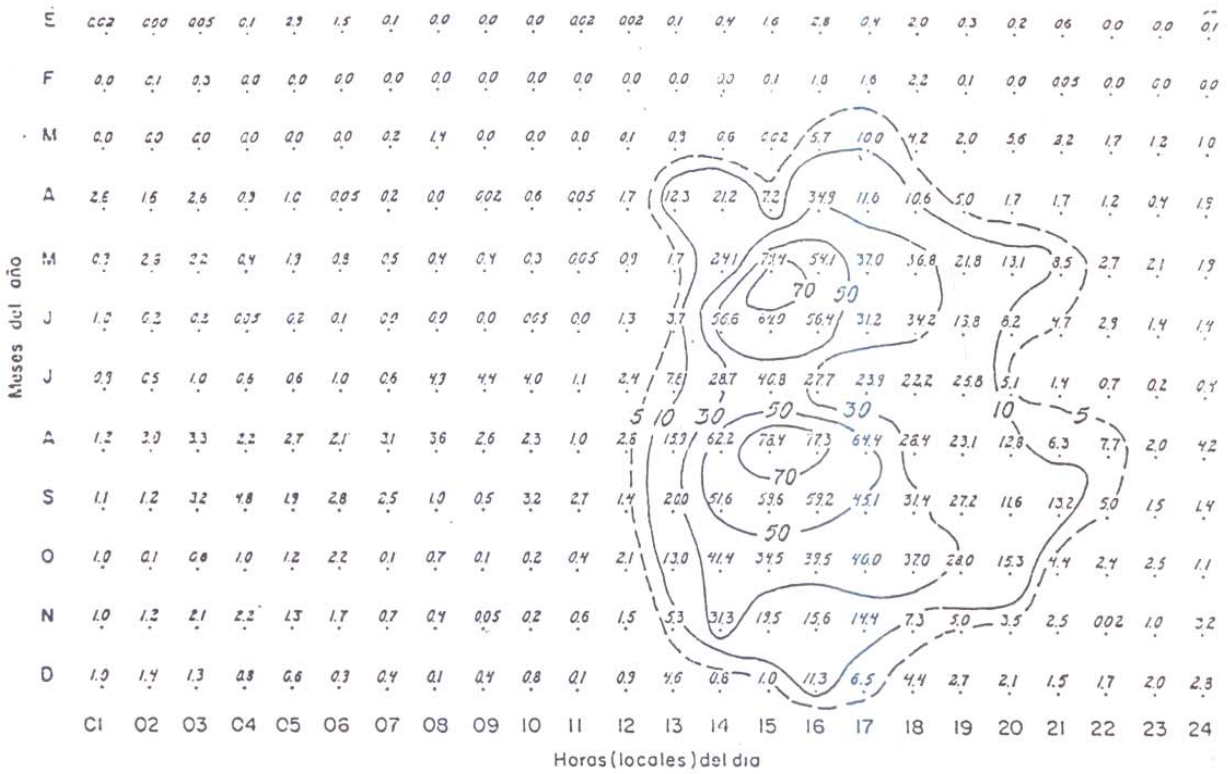


Fig. 2. Distribución horario mensual de la cantidad de lluvia (mm) en el Aeropuerto Juan Santamaría. Período analizado: 1970-1971 (Zárate 1978).

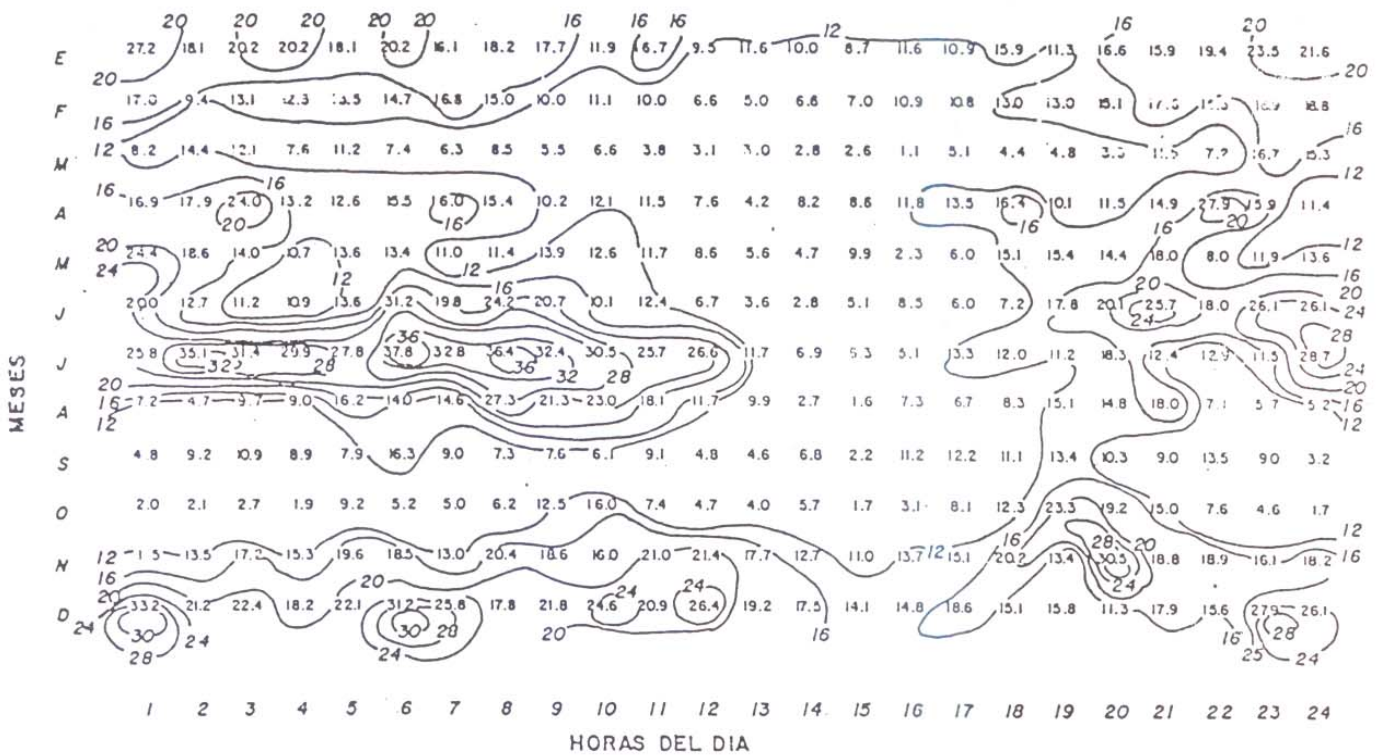


Fig. 3. Promedio horario mensual de la lluvia en Limón (mm). Período analizado: 1970-78 (Zárate 1981).

La Cordillera de Talamanca, en la parte sur, constituye un obstáculo continuo con varios picos entre 3000 y 3800 m y en la que la altitud mínima supera los 2000 m (Figura 1). La Cordillera Volcánica Central, en la parte central del país, tiene altitudes máximas alrededor de los 3000 m. Las Cordilleras de Tilarán y de Guanacaste en la parte noroeste del país son más bajas, con algunos picos alrededor de los 2000 m y con varios pasos entre 500 y 1000 m. Por lo tanto, el sistema orográfico representa un obstáculo significativo al flujo.

La orografía y las costas provocan efectos mesoescalares tanto térmicos como mecánicos sobre el flujo; el efecto térmico sobre costas, montañas y valles tiene un ciclo diurno, pues los calentamientos diferenciales lo tienen. Las irregularidades orográficas producen tanto efectos mecánicos de ciclo diurno como de otras escalas temporales.

El flujo será en consecuencia, la resultante del viento sinóptico, más los efectos orográficos y de las brisas costeras, de valle y de montaña.

3. Régimen de precipitación en Costa Rica

El régimen de precipitación en Costa Rica presenta dos tipos bien definidos: régimen de la Vertiente del Pacífico y régimen de la Vertiente del Caribe. Como lo muestran las Figuras 2 y 3, ambos están caracterizados por una distribución distinta de la estación lluviosa, así como de las horas en que usualmente ocurre la precipitación. Se considera a las estaciones del Aeropuerto Juan Santamaría y de Limón como representativas del comportamiento de ambos regímenes.

La Vertiente del Pacífico comprende las regiones desde la costa del Pacífico hasta las cimas del sistema orográfico que marca la divisoria de aguas con el Atlántico: las Cordilleras de Guanacaste, Tilarán, Central y de Talamanca. Dentro de esta región del Pacífico se incluye el Valle Central Occidental.

Como se observa en la Figura 2, en la Vertiente del Pacífico hay una época lluviosa y una época seca bien definidas. La época lluviosa se extiende de mayo a noviembre, con una disminución relativa de la cantidad de lluvia en los meses de julio y agosto que se conoce con el nombre de "veranillo". En la parte Central y Norte de esta región, el período seco se extiende desde diciembre a abril y el mes más lluvioso suele ser setiembre. En la parte sur, diciembre y abril son meses de transición y el mes

más lluvioso suele ser octubre. En toda la región de la Vertiente del Pacífico, las lluvias ocurren predominantemente durante la tarde y primeras horas de la noche.

Por otro lado, el régimen de la Vertiente del Caribe comprende las regiones desde la costa del Caribe hasta las cimas del sistema orográfico mencionado anteriormente. En esta región no puede decirse que haya una estación seca propiamente dicha, pues las lluvias se mantienen entre unos 100 y 200 mm en los meses más secos. En la Vertiente del Caribe, el mes de diciembre se presenta climatológicamente como el mes de mayor precipitación del año, aunque también noviembre presenta características similares (Figura 3). La lluvia no presenta una variación diurna bien definida, aunque se observa que llueve más durante las horas de la noche y la mañana.

4. Análisis del flujo en superficie en algunas estaciones de la Vertiente del Pacífico durante el temporal

Las Figuras 4, 5, 6 y 7 presentan los vientos horarios observados en las estaciones de Liberia, Santa Rosa, Damas y Volcán Angel, respectivamente, para los días del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985, lugares que se señalan en la Figura 1.

La Figura 4 muestra el comportamiento del viento en superficie en Liberia. Esta estación está ubicada en las llanuras del noroeste de Costa Rica, a unos 25 km de la costa y a 144 m de altitud. Al noroeste de la estación se encuentra la Cordillera de Guanacaste a unos 23 km de distancia, con alturas máximas del orden de 1900 m y mínimas de unos 600 m. Basados en la isolínea de separación de las componentes este-oeste del viento, se observa que el día 29 el viento predominante es del oeste, lo que está de acuerdo con el flujo sinóptico del Pacífico; no así el día 30, que presenta vientos con componentes del este, desde la 01:00 hasta las 05:00 HL (hora local), con velocidades máximas de hasta 10 km/h y mínimas de 5 km/h. Desde las 11:00 HL hasta las 17:00 HL, se establece de nuevo el predominio de vientos del oeste, con velocidades máximas de hasta 15 km/h y mínimas de 5 km/h. El mismo día 30, se reestablecen de nuevo los vientos del este, los cuales se mantienen hasta las 09:00 HL del día 31. Durante los restantes días, el ciclo se repite, aunque con mayor predominio de vientos calmos durante las

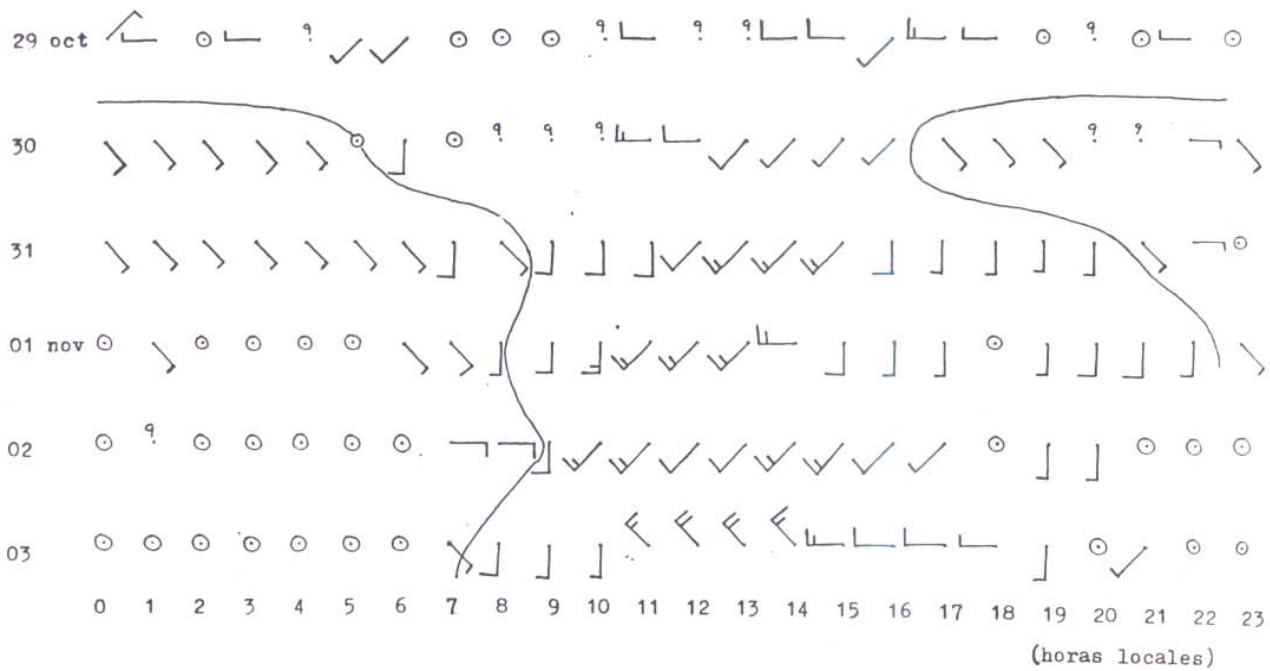


Fig. 4. Secuencia horaria de las observaciones del viento en Liberia del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985, 0 simboliza viento calmó y 9 viento variable. La línea continua separa las componentes este y oeste del viento. Una barra completa corresponde a 10 km/h y la dirección es desde donde sopla el viento.

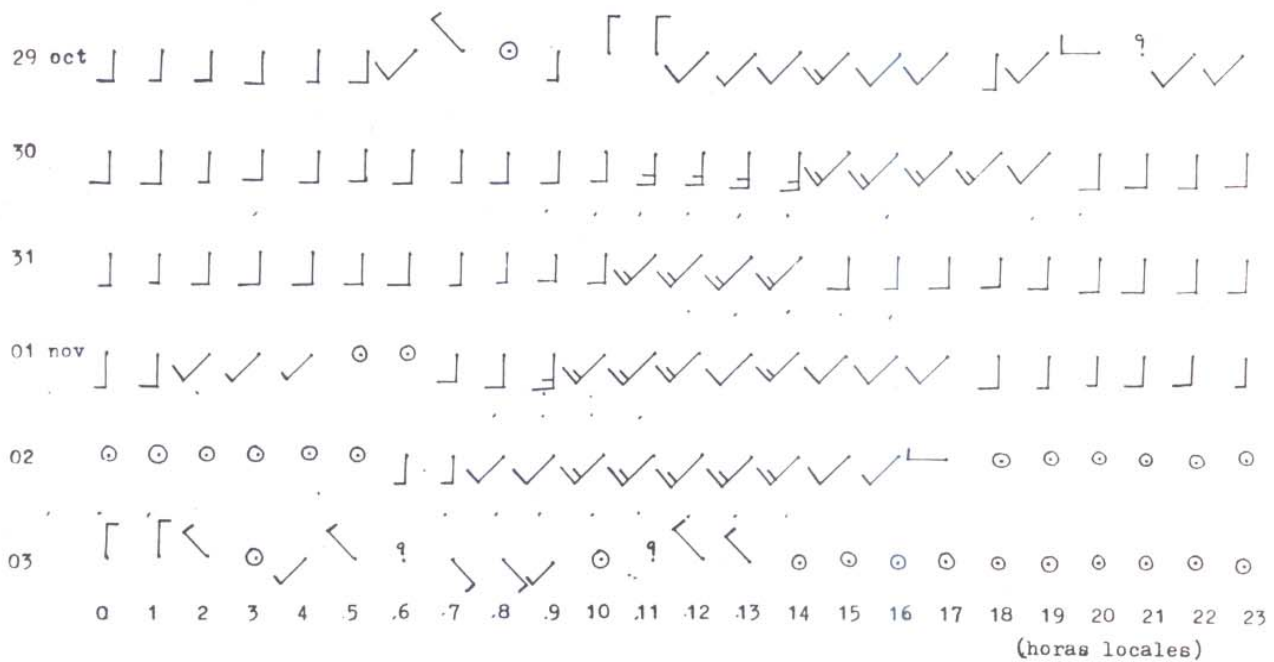


Fig. 5. Secuencia horaria de las observaciones del viento en Santa Rosa del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985, 0 simboliza viento calmó y 9 viento variable. Una barra completa corresponde a 10 km/h y la dirección es desde donde sopla el viento.

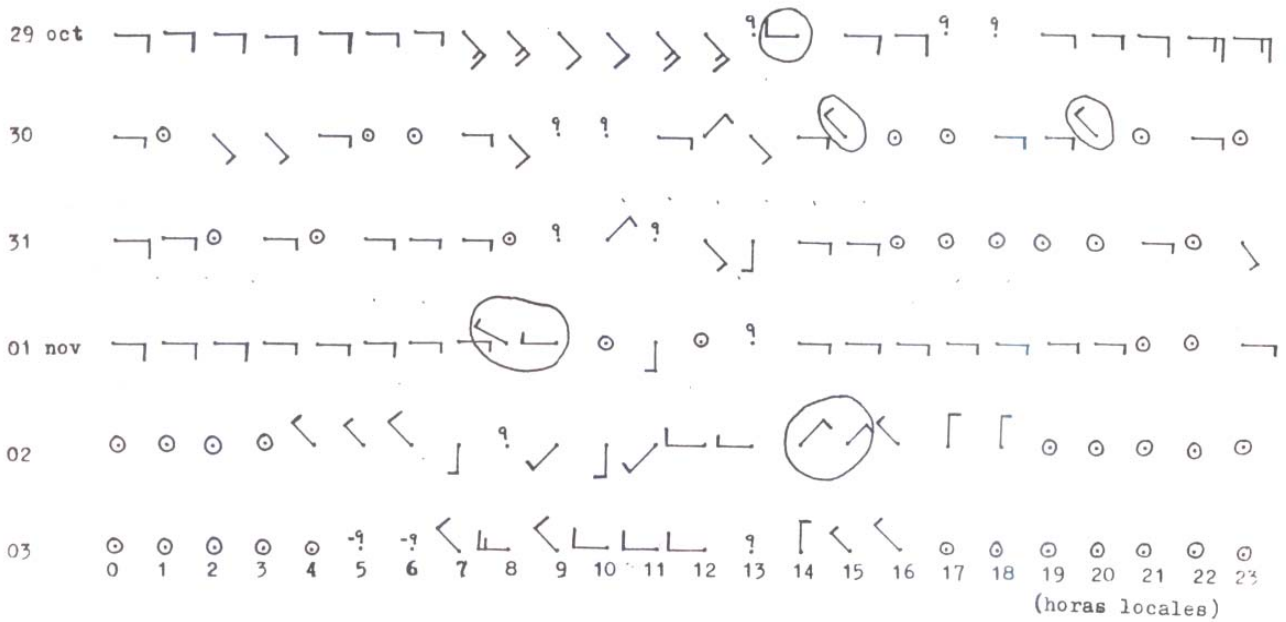


Fig. 6. Secuencia horaria de las observaciones del viento en Damas del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985, 0 simboliza viento calmo y 9 viento variable, la línea continua separa las componentes este y oeste del viento. Una barra completa corresponde a 10 km/h y la dirección es desde donde sopla el viento.

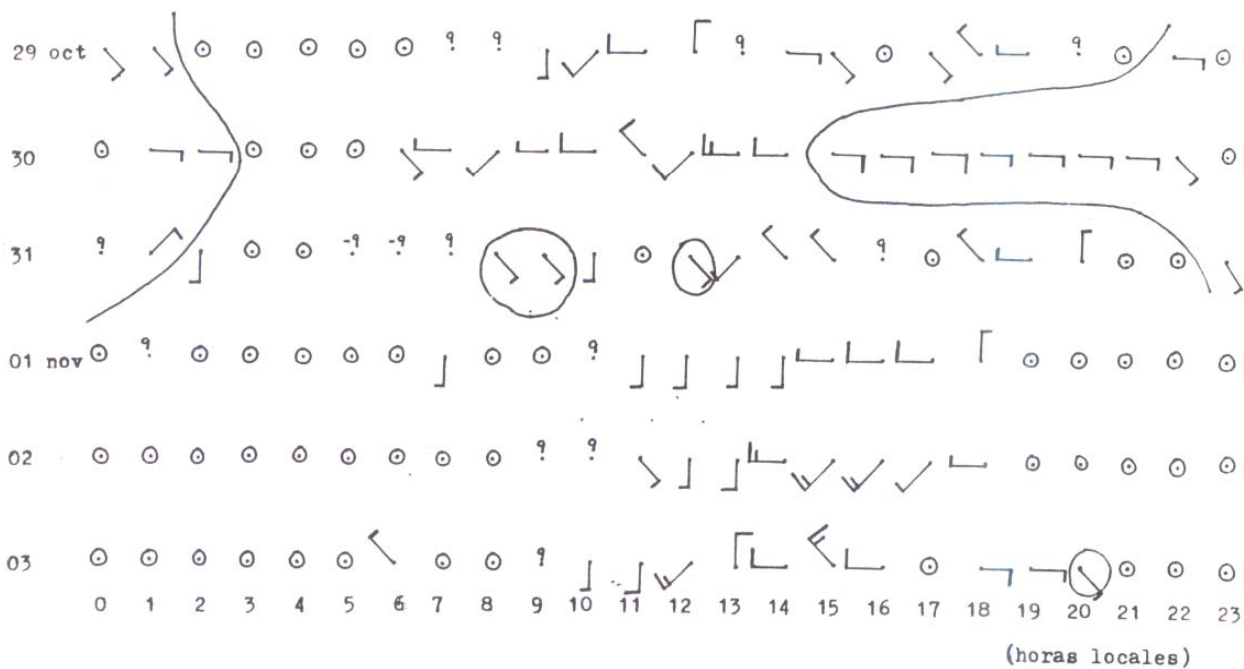


Fig. 7. Secuencia horaria de las observaciones del viento en Volcán Angel del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985, 0 simboliza viento calmo y 9 viento variable. La línea continua separa las componentes este y oeste del viento. Una barra completa corresponde a 10 km/h y la dirección es desde donde sopla el viento.

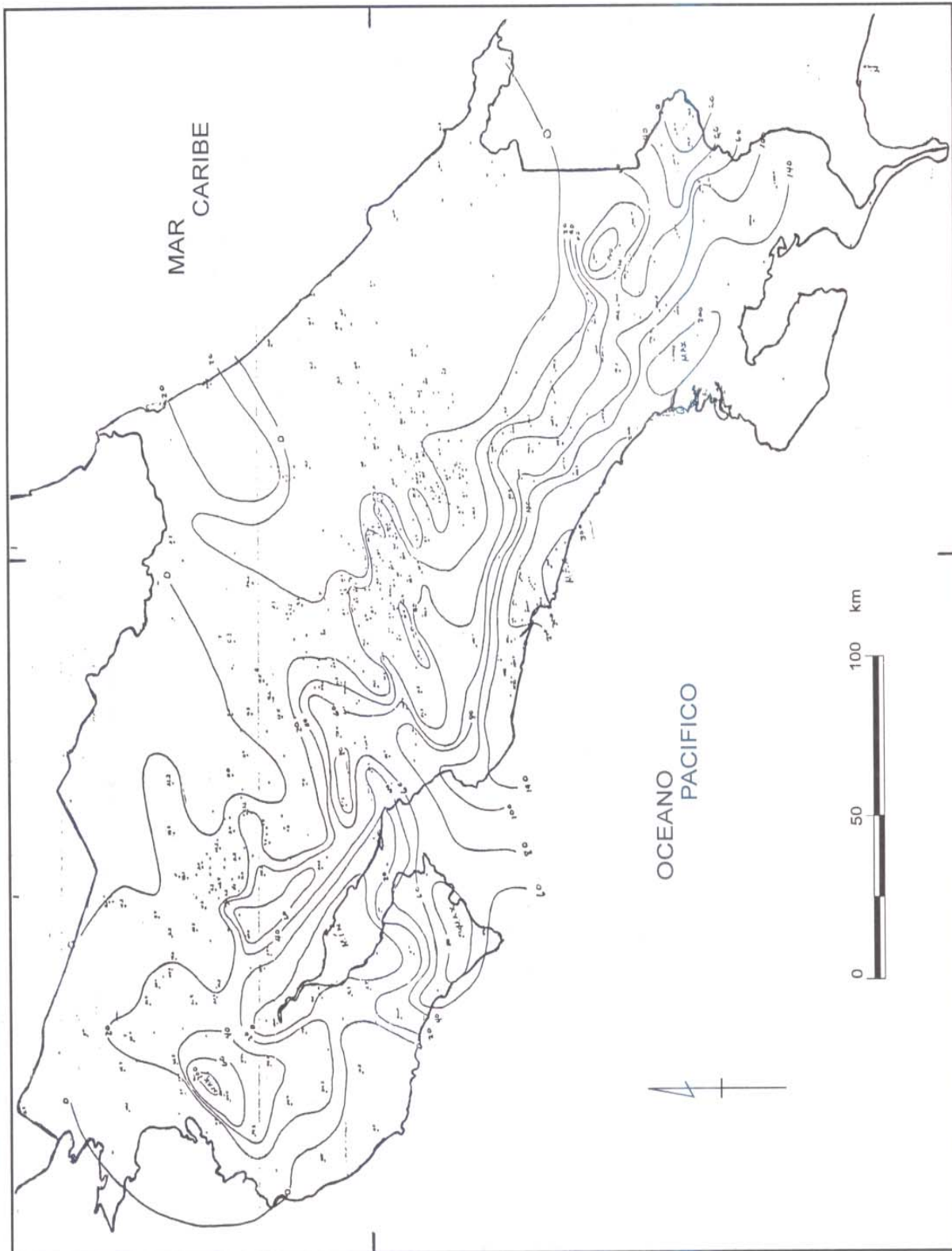


Fig. 8. Distribución de la lluvia (mm) sobre Costa Rica el 29 de octubre de 1985.

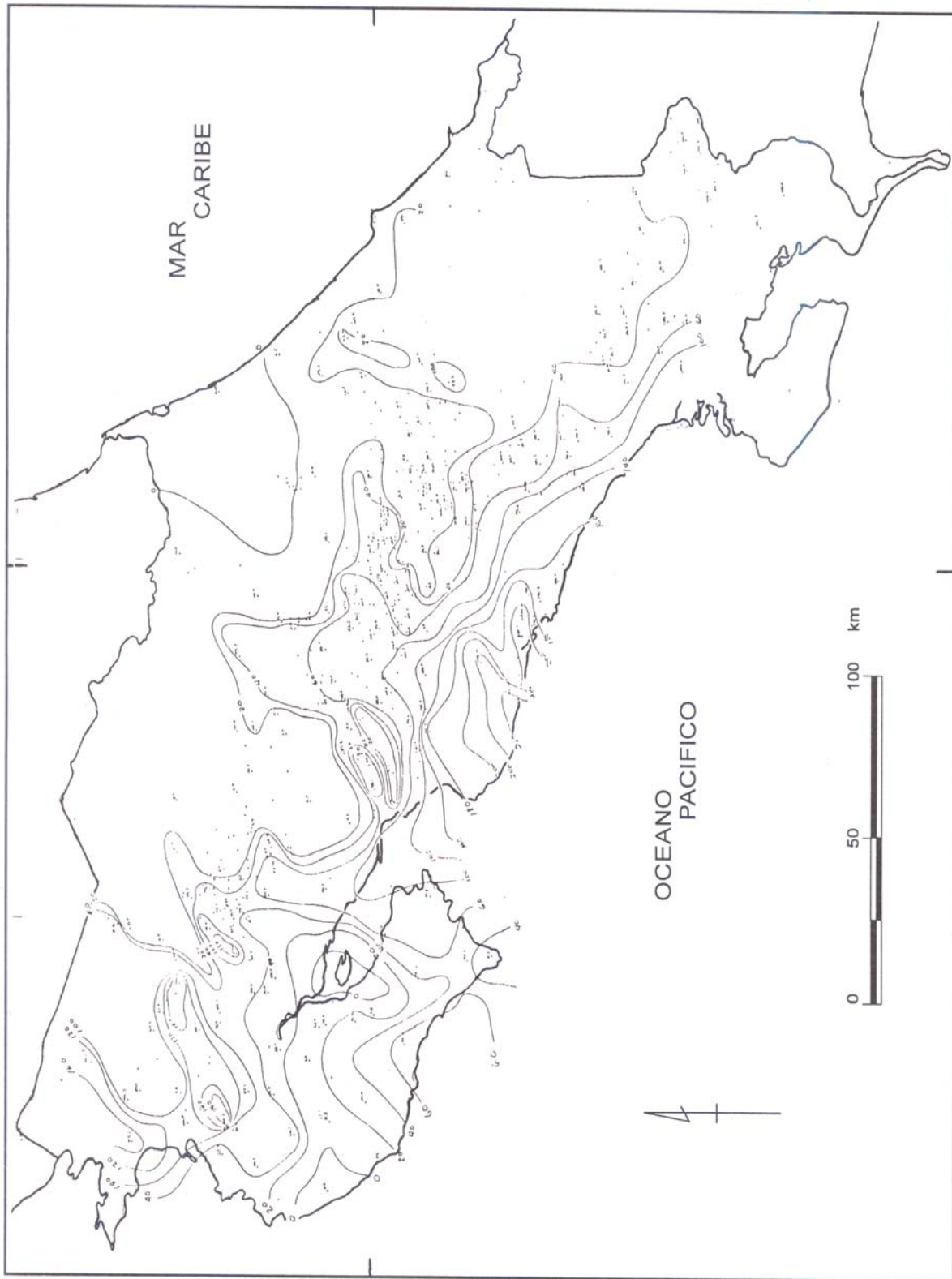


Fig. 9. Distribución de la lluvia (mm) sobre Costa Rica el 30 de octubre de 1985.

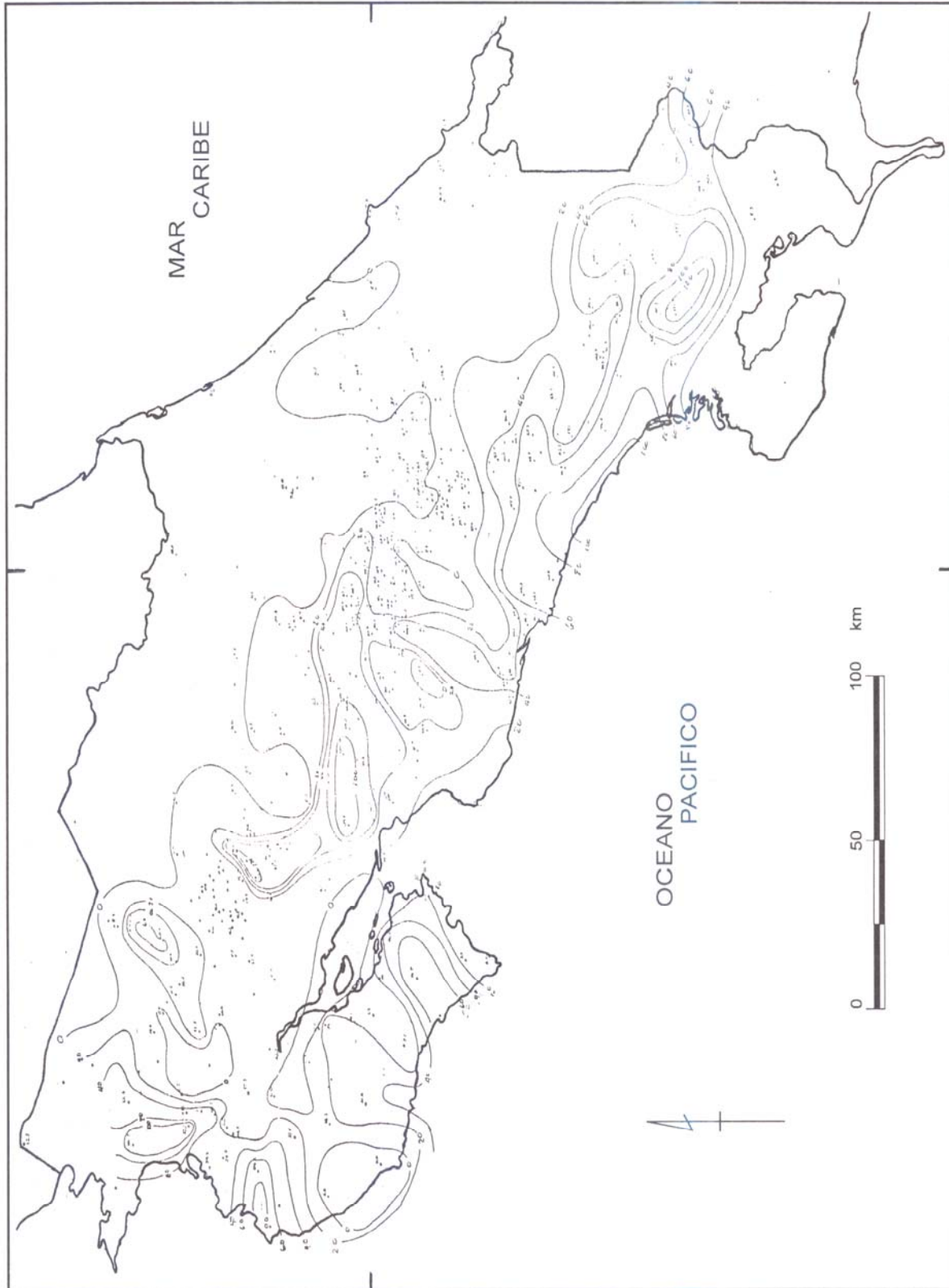


Fig. 10. Distribución de la lluvia (mm) sobre Costa Rica el 31 de octubre de 1985.

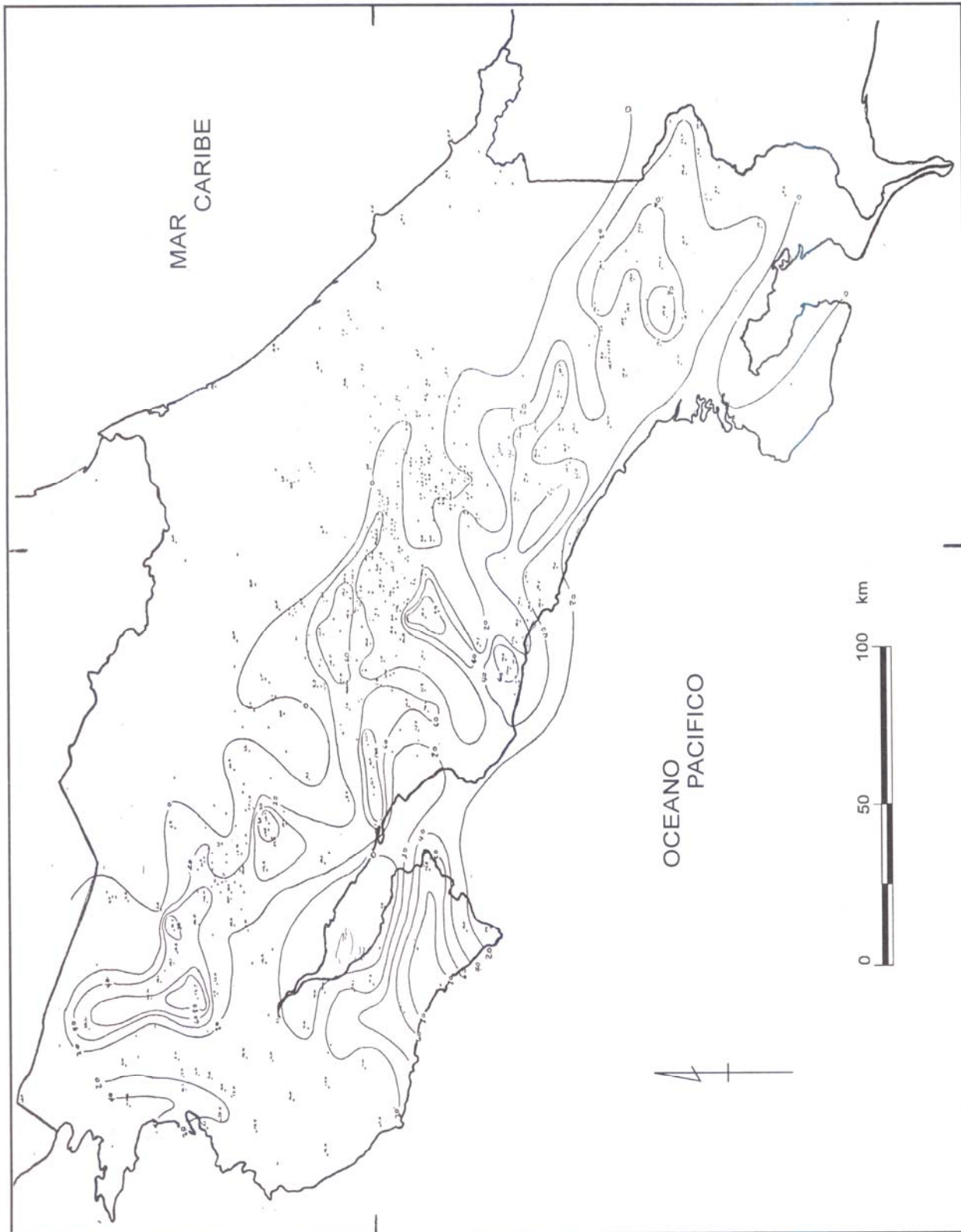


Fig. 11. Distribución de la lluvia (mm) sobre Costa Rica el 1 de noviembre de 1985.

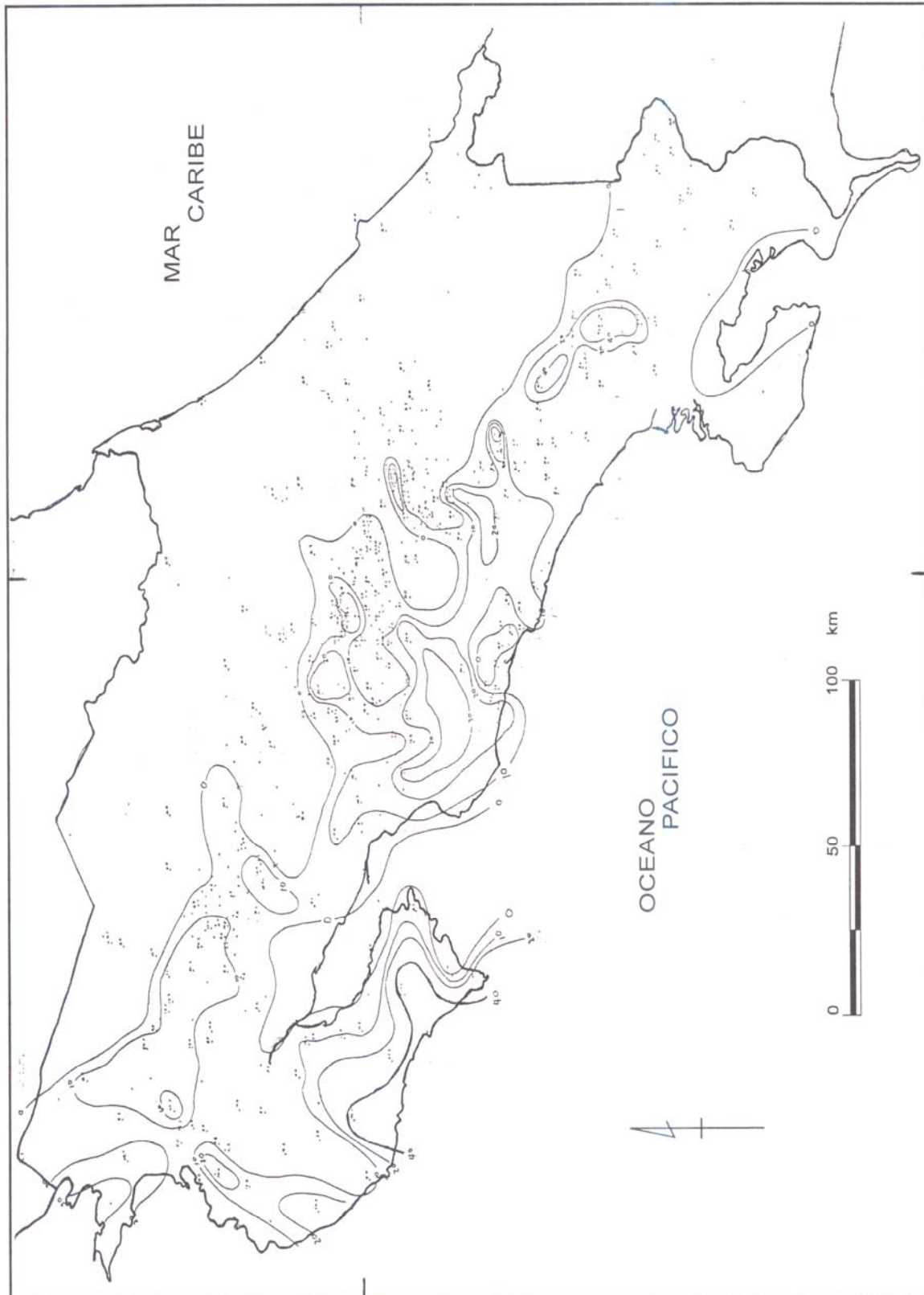


Fig. 12. Distribución de la lluvia (mm) sobre Costa Rica el 2 de noviembre de 1985.

noches. El ciclo antes descrito implica, por lo tanto, la existencia de un rotor de eje horizontal a barlovento de la Cordillera de Guanacaste durante la noche, lo cual ocurre cuando la estratificación térmica es lo suficientemente estable como para que la energía cinética de las capas inferiores de la atmósfera no sea suficiente para ascender sobre las pendientes. Como se mostrará posteriormente, este rotor contribuye en alguna medida a la producción de lluvia sobre esa región, debido a la convergencia que estos vientos de componente este producen con el flujo sinóptico del oeste.

Si bien no se dispone de datos para comprobarlo, podría considerarse el mecanismo de brisa nocturna tierra-mar como un refuerzo al rotor antes mencionado, aún cuando los mecanismos de calor diferencial durante el temporal son mínimos, por el enfriamiento producido por la lluvia y la cobertura nubosa muy permanente.

Otra estación estudiada es Santa Rosa, por estar ubicada en las llanuras del norte de Costa Rica, pero desplazada un poco hacia el noroeste de Liberia, coincidiendo con una región donde las lluvias aumentan y disminuyen al principio y al final del temporal, respectivamente, con respecto a Liberia. Santa Rosa está ubicada a $10^{\circ}51'N$ y $85^{\circ}36'O$, a una altitud de 280 m. Al noroeste de la estación se encuentra la cordillera de Guanacaste con altitudes máximas entre los 500 y 1000 m.

La Figura 5 muestra las observaciones horarias del viento en superficie para Santa Rosa. Durante todos los días del temporal se observa, en general, un promedio de vientos del sector sur-oeste, que alcanzan velocidades máximas de 15 km/h durante el día y mínimas de 5 km/h durante la noche. Debido a que en esta estación prácticamente no se observa flujo del este, se infiere que no existen rotores y, en consecuencia, la lluvia sobre esta área es debida solamente a la producida por el flujo sinóptico.

La tercera estación considerada es Damas, la cual se localiza a $9^{\circ}30'N$ y $84^{\circ}13'O$, a una altitud de 6 m. Al noroeste de esta estación se localiza la parte norte de la Cordillera de Talamanca, la más alta de todas las Cordilleras de Costa Rica. La Figura 6 muestra la distribución horaria de los vientos en superficie de dicha estación. Desde el 29 de octubre hasta el 1 de noviembre predomina la componente este, opuesta al viento sinóptico del oeste, con velocidades máximas de hasta 15 km/h y mínimas de 5 km/h. Este es uno de los casos más clásicos de rotores, ya que la componente del este se da tanto de día como de noche. La razón es que el obstáculo montañoso

está muy cerca del lugar de medición del viento y el retorno del flujo se experimenta con mucha persistencia.

La última estación analizada es Volcán Angel, la cual se encuentra ubicada a $9^{\circ}12'N$ y $83^{\circ}26'O$, a una altitud de 367 m. Muy cerca de ésta, hacia el noroeste, se encuentra la Cordillera de Talamanca. La Figura 7 presenta las observaciones del viento horario en dicha estación. Se observa que durante todos los días predominan en la noche y horas de la madrugada vientos calmos, del sur y del suroeste con ciertas interrupciones de vientos débiles del este.

Se observa que el día 29 aparece un rotor entre las 14:00 y las 18:00 HL. La misma situación se observa el día 30, desde las 15:00 hasta las 23:00 HL. El día 31 se observan algunos rotores, desde las 08:00 hasta las 11:00 HL, mientras que en la tarde y entrada la noche predominan los vientos con componente del oeste. Por estar esta estación localizada en un valle intermontano y flanqueada al noroeste por un alto obstáculo montañoso (Cordillera de Talamanca), es posible que se experimenten, por las noches, drenajes catabáticos de aire frío que se detectarían en la estación como del este. Sin embargo, la existencia de rotores para el flujo oeste de barlovento queda evidenciada, ya que se experimentaron componentes del este durante el día.

Queda claro, que prácticamente a todo lo largo del sistema montañoso de Costa Rica, con mayor o menor intensidad, se originan rotores de eje horizontal, cuando se experimenta una situación de temporal del Pacífico, que como se verá en la próxima sección, juega un importante papel en la distribución espacial de la lluvia.

5. Análisis de la lluvia en Costa Rica durante el temporal

En las Figuras 8-12 se muestra la cantidad de lluvia caída sobre Costa Rica, para los días del 29 de octubre al 2 de noviembre. En los días anteriores y posteriores a estas fechas, la lluvia fue escasa o casi nula.

La Figura 8 presenta el análisis de isoyetas para el día 29 (día más lluvioso). Se observa un máximo de 100 mm en las partes planas del noroeste de Costa Rica que dan al Pacífico, como también de una notable disminución hacia el norte de este máximo. Este máximo relativo es debido en

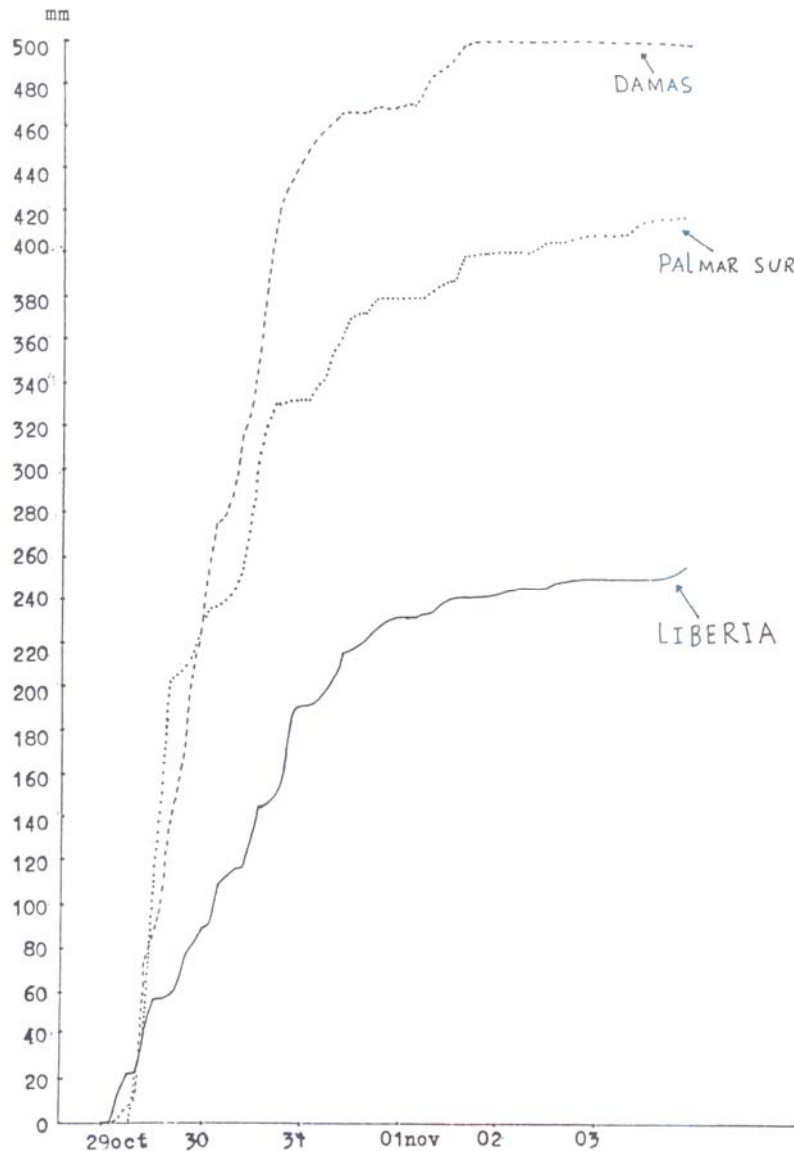


Fig. 13. Lluvia acumulada (mm) cada dos horas durante el temporal.

principio a la presencia de un rotor dentro del flujo sinóptico del oeste en esa zona (observado en el análisis de viento en superficie para Liberia, Figura 4) y que contribuye a la producción de la lluvia, por la convergencia que produce el flujo de escala sinóptica, como también al débil centro de convergencia y de movimiento vertical ascendente observados sobre Costa Rica en bajos niveles (Galo *et al.*, 1996). La disminución de la lluvia hacia el noroeste de la región, se explica del análisis de la Figura 5, en el cual se establece la inexistencia de rotores, de lo que se deduce que en esa área la lluvia caída es debida básicamente al aporte sinóptico del disturbio. Sobre el Golfo de Nicoya y al sur de la Península de Nicoya se observan la presencia de un mínimo y un máximo, respectivamente. El máximo

del sur de la Península de Nicoya es una característica climática, asociada a la orografía del lugar para vientos de componente oeste. El mínimo del Golfo de Nicoya, que es también una característica climática, debe su origen a la interacción del flujo sinóptico con flujos de retorno debido a rotores. En el Pacífico Central, el mismo día 29, se observa un máximo de 300 mm, el cual es debido, en principio, a la circulación del flujo en la escala sinóptica (convergencia sobre Costa Rica), como también a la existencia de rotores, lo que fue discutido en el análisis de la Figura 7. Este flujo de retorno al interactuar con el flujo de la escala sinóptica produce convergencia en bajos niveles, asegurando en parte un mecanismo sostenido de precipitación. En el Pacífico Sur, siempre el día 29,

resalta un máximo de 200 mm, el cual se debe, además de la convergencia del flujo de la escala sinóptica en bajos niveles, a la existencia de rotores en esa área como se explicó.

El 30 de octubre (Figura 9), se observa una distribución similar a la del día 29, con algunas variantes que a continuación se describen. En las llanuras al norte de Costa Rica continúa observándose un máximo de 160 mm, conectado con un máximo sobre la cordillera de Guanacaste de 240 mm. Además, se observa la presencia de un máximo de 120 mm sobre la cordillera de Tilarán. Una intensificación de la lluvia caída al noroeste de las llanuras del norte de Costa Rica es observada. En el Golfo de Nicoya continúa registrándose el mínimo anteriormente apuntado, aunque esta vez se observa una isoyeta de 60 mm atravesando el Golfo. En el Pacífico Central, el mismo día 30, el máximo se ha desplazado un poco hacia el norte, con un valor de 260 mm (40 mm menos que el día anterior). En el Pacífico Sur, el máximo observado el día 29 se ha debilitado, pero algunas regiones alcanzan los 100 mm de lluvia.

En general, la disminución de la lluvia caída el día 30, con respecto al día 29, puede relacionarse con la disminución de la confluencia de vientos en la escala sinóptica observada ese día, y en consecuencia a una línea divisoria convergencia-divergencia observada sobre Costa Rica en bajos niveles.

El día 31 de octubre (Figura 10), además de la notable disminución de la lluvia caída respecto a los días anteriores, resaltan ciertos máximos de lluvia en tierras altas. Sobre las Cordilleras de Guanacaste y Tilarán se localizan máximos de 60 y 120 mm, respectivamente. El máximo sobre las llanuras al norte de Costa Rica continúa reflejándose, pero esta vez totalmente centrado al noroeste de la misma, con un valor de 100 mm. En el Pacífico Central la lluvia ha disminuido respecto a los días anteriores, oscilando su máximo valor entre 40 y 60 mm. En el Pacífico Sur, vuelve a definirse claramente un máximo de 120 mm al norte del Golfo Dulce.

La situación presentada el día 31 es coherente con la marcada difluencia de vientos de la escala sinóptica sobre Costa Rica y en consecuencia a una zona de divergencia posada sobre el país en bajos niveles, como también con la ausencia de rotores en algunas zonas.

El día 1 de noviembre (Figura 11) se observa el

mismo patrón de distribución de lluvia que el día 31, con máximos menos intensos (menores a los 100 mm), en su mayoría localizados sobre las cordilleras de Guanacaste, Central y Talamanca. Quizá lo más importante de destacar en este día es el corrimiento del máximo localizado en el Pacífico Sur, ubicándose ahora sobre la Cordillera de Talamanca con un valor de 80 mm.

El día 2 de noviembre (Figura 12) la precipitación es bastante escasa en casi todo el territorio, mostrando un patrón de distribución parecido al del día 1 de noviembre, pero menos intenso. Lo más importante de destacar es la aparición de un mínimo sobre el Pacífico Central, el cual concuerda con los análisis previos de la Figura 6, donde los rotores para ese día han desaparecido, prevaleciendo en superficie el flujo sinóptico del oeste.

El comportamiento en el tiempo de la distribución areal de la lluvia guarda estrecha relación con la aproximación de la ZCIT al iniciarse el temporal. A medida que la ZCIT sobrepasa Costa Rica hacia el norte, la porción Pacífica del país queda afectada en parte por el cuadrante noreste de un anticiclón ecuatorial (Galo *et al.*, 1996) y ello hace que el temporal vaya perdiendo intensidad.

6. Tipo de precipitación asociada al temporal

El tipo de precipitación durante los días del temporal puede apreciarse en la Figura 13, en la cual se presentan las cantidades de lluvia acumulada cada dos horas en tres estaciones de la Vertiente del Pacífico: Liberia (Pacífico Norte), Damas (Pacífico Central) y Palmar Sur (Pacífico Sur).

Dado que el inicio del temporal ocurrió el día 29 alrededor de las 15:00 HL en casi toda la vertiente del Pacífico, es notorio que el primer día del temporal está caracterizado por lluvias de tipo convectivo, mientras que los restantes días por lluvia de tipo estratificado.

Kreitzberg y Perkey (1976, 1977) desarrollaron un modelo numérico para estudiar la liberación de la inestabilidad por ascenso de gran escala y la subsecuente interacción entre la convección y el flujo hidrostático de mesoescala. Según sus resultados, la convección domina el período inicial del proceso y las corrientes ascendentes hidrostáticas dominan la segunda fase. Estas últimas producen precipitación estratificada durante varias horas y es mayor que la producida durante la fase convectiva.

7. Conclusiones

En este trabajo se estudiaron las precipitaciones intensas y prolongadas que se produjeron entre el 29 de octubre y el 3 de noviembre de 1985 en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica, las cuales estuvieron relacionadas con el efecto indirecto asociado al desarrollo del Huracán Juan en las aguas del Golfo de México y el consecuente desplazamiento hacia el norte de la zona de convergencia intertropical. En el Pacífico Ecuatorial Oriental aledaño a Costa Rica, se estableció un anticiclón en la troposfera inferior, advectando continuamente aire ecuatorial sobre las laderas de las montañas, lo que produjo una atmósfera con valores de humedad en todos sus niveles mayores que los esperados. Los resultados más relevantes de los análisis hechos en este trabajo fueron los siguientes:

- 1) Las precipitaciones abundantes se producen cuando se da la ocurrencia de vientos del sector oeste en la troposfera baja y media.
- 2) Las lluvias máximas se producen en las zonas costeras de la Vertiente del Pacífico, disminuyendo su valor hasta media altura de las pendientes expuestas directamente al flujo marítimo del suroeste.
- 3) La nubosidad persistente asociada con el sistema sinóptico y la estable capa superficial, dan lugar al bloqueo del flujo sinóptico predominante del suroeste por el sistema orográfico, produciendo la formación de corrientes de retorno del este en la capa superficial. La convergencia entre estas corrientes de retorno y el flujo sinóptico es un efecto adicional generador de lluvias, que tiende a producir máximos de precipitación en las llanuras (por ejemplo Guanacaste) y en las zonas costeras.
- 4) Durante el primer día del temporal predominaron las lluvias de tipo convectivo acompañadas de tormentas, mientras que el resto del tiempo las lluvias fueron del tipo continuo moderado.

Agradecimientos

Uno de los autores (ERG) expresa su

agradecimiento a la Organización Meteorológica Mundial, por la ayuda brindada durante su estadía en la Universidad de Costa Rica.

RESUMEN

Se analizan los efectos de mesoescala asociados con la situación meteorológica del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985, la cual causó un Temporal sobre Costa Rica.

La interacción de un flujo anómalo del sector suroeste en la troposfera baja con el sistema orográfico de Costa Rica generó lluvias abundantes e inundaciones en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. Las montañas bloquearon el flujo en la capa superficial a barlovento, dando lugar a corrientes de retorno del sector este en su brazo inferior de la circulación, contrario al flujo sinóptico predominante. Esto originó campos de convergencia en la mesoescala.

Los valores máximos de precipitación, que en algunos lugares alcanzaron los 300 mm en 24 horas, fueron producidos por lluvias de tipo convectivo al principio del temporal. Posteriormente, las lluvias fueron de tipo estratiforme (lluvias continuas y moderadas).

Referencias

- Fernández, W. y J.A. Barrantes, 1996: The Central American Temporal: A long-lived tropical rain-producing system. *Top. Meteor. Oceanogr.*, 3(2), 73-88, 1996.
- Galo, E.R., W. Fernández y E. Zárate, 1996: Aspectos sinópticos y dinámicos del temporal del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985 sobre Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanogr.*, 3(2), 107-123, 1996.
- Grandoso, H., E. Zárate y N. Vega, 1982: Análisis en la escala sinóptica y la mesoescala de un frente frío sobre América Central. *Publicaciones Geográficas del Informe Semestral Julio-Diciembre 1982 (suplemento del volumen 28)*, Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica.
- IMN, 1985: *Boletín Climatológico Mensual de 1985*. Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
- Kreitzberg, C.W. y D.J. Perkey, 1976: Release of potential instability: Part I. A sequential plume model within a hydrostatic primitive equation model. *J. Atmos. Sci.*, 33, 465-475.
- Kreitzberg, C.W. y D.J. Perkey, 1977: Release of potential instability: Part II. The mechanism of convective/mesoscale interaction. *J. Atmos. Sci.*, 34, 1569-1595.