

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL DE EL SALVADOR

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

PUBLICACION TECNICA No. 7

EL TEMPORAL DE FINES DE OCTUBRE DE 1957

(Con 2 tablas y 9 cuadros)

C.D.U. 551.515.22(728):551.577.11:551.577.21:551.577.37

P O R

WILFRIED H. PORTIG

San Salvador, EL SALVADOR, C. A.

Diciembre de 1966

I=N=T=R=O=D=U=C=C=I=O=N

Con la presente Publicación Técnica No. 7, el Servicio Meteorológico Nacional continúa la edición de trabajos técnicos y científicos elaborados por miembros del personal. El autor de esta publicación, Dr. Wilfried H. Portig (*), fue el primer jefe de la Sección de Meteorología Sinóptica y Pronósticos de este Servicio, creada en el año de 1955, perteneciendo a ella hasta 1958. Entre las muchas publicaciones del Dr. Portig, que enriquecieron los conocimientos meteorológicos sobre nuestra región, hemos escogido la sobre "El Temporal de Fines de Octubre de 1957", que representa el primer trabajo de carácter científico dentro de la investigación, aún en estado incipiente, de las situaciones de Temporal, que azotan las costas pacíficas centroamericanas, y que se cuentan entre las condiciones atmosféricas adversas que causan los mayores daños a la economía de los países y a sus habitantes.

En nombre del Servicio Meteorológico Nacional, agradezco al Dr. Portig la gentileza de permitir la publicación de su trabajo, que, después de una edición provisional por parte de este Servicio, apareció en la Revista "Meteorologische Rundschau", Vol. 11, No. 5, de Alemania, en el año de 1958.

Esperamos que esta Publicación Técnica encuentre la aceptación de los interesados y posibilite la comprensión del complicado problema meteorológico que representan los Temporales.

Ing. Helmut Lessmann
Director-Meteorólogo

San Salvador, Diciembre de 1966.

(*) Actual dirección: Dr. Wilfried H. Portig,
Research Meteorologist,
U. S. Army Tropic Test Center,
FORT CLAYTON/ZONA DEL CANAL.

R E S U M E N

En esta publicación se describe y analiza, principalmente desde el punto de vista pluviométrico, la situación de "Temporal" que reinó en El Salvador y áreas vecinas durante los últimos días de Octubre de 1957. Además se ensaya una interpretación y explicación de los procesos físico-meteorológicos que originaron y mantuvieron el Temporal.

La parte principal la constituye el análisis de las precipitaciones y de su distribución en el tiempo y en el espacio. Se concluye que el centro de actividad lluviosa se movió de SW al NE. El análisis de las intensidades de la lluvia reveló la existencia de variaciones rítmicas con un período de 3 ó 6 horas, que pueden ser interpretadas como ondas de lluvia que se desplazaron en un movimiento giratorio a lo largo de trayectorias encurvadas anticiclónicamente. Este fenómeno parece estar en correspondencia con la "estructura de cebolla" o las bandas espirales de nubes que rodean a los huracanes. Como un complemento, se presentan las observaciones de los otros fenómenos meteorológicos durante el Temporal (así como también de la actividad microsísmica) y se exponen las interacciones de los mismos. También se comparan dos sondeos atmosféricos efectuados en San Salvador (*) antes y durante el Temporal, revelando este último, un gran contenido de humedad hasta la troposfera media y, como característica especial, una tropopausa bien marcada y lamelada. Se hace hincapié, en que éste es uno de los tantos tipos de Temporal, situaciones que pese a tener en común el cielo cerrado y lluvias extendidas y de larga duración, frecuentemente sin descargas eléctricas, pueden tener una genética y estructura distintas.

(*) Durante el AGI (Año Geofísico Internacional, 1957-58) una expedición meteorológica de la República Federal Alemana permaneció en San Salvador. Durante este período se efectuaron varios sondeos normales, además de otros de radiación y electricidad atmosférica.

A B S T R A C T

A weather situation, named "Temporal" in Central America, is described and analysed, mainly from precipitation's aspects. One of these temporals affected El Salvador and surrounding areas during the last days of October, 1957. An attempt is made to interpret and to explain the physical-meteorological process which originated and maintained this phenomenon. The principal part of this paper deals with the analysis of precipitation and its distribution, both in time and space. It is concluded that the center of the rainfall activity moved from SW to NE. The analysis of the rainfall intensities revealed the existence of rhythmical variations lasting 3 to 6 hours, which may be interpreted as precipitation waves moving in a whirl along an anticyclonically curved path. This phenomenon appears to correspond to the "onion structure" or the spiral bands which surround a hurricane.

In addition, observational data of other meteorological elements and its mutual interactions, as well as microseismic activity are presented. Two radiosoundings, launched in San Salvador (*) during those days, before and during the Temporal, are also compared. During the Temporal a high humidity content up to the middle troposphere and, as a special characteristic, a well defined lamelled tropopause were observed.

It is emphasized, that the case presented here covers only one of the different types of temporals, the genetic and structure of which may be completely different, despite their common aspect of overcast sky and widespread and persisting rainfalls, often without any electrical discharge.

(*) During IGY (International Geophysical Year) (1957-1958) a meteorological expedition from the Federal Republic of Germany stayed in San Salvador. During this period, regular, radiation and aero-electrical radiosondes were launched on several occasions.

La palabra "Temporal" es un término poco acertado para el fenómeno atmosférico que se describirá en detalle a continuación. "Temporal", - como adjetivo, denota solamente algo que dura por algún tiempo o que ocurre de vez en cuando y no de lugar en lugar. En calidad de sustantivo, ha adoptado el significado de "mal tiempo", pero resulta que cada persona tiene una idea propia de lo que es "mal tiempo", que depende de la estación del año y del paisaje natural. De esta manera, también la palabra "Temporal" significa algo diferente en los distintos lugares del mundo de habla castellana.

En España, se llama "Temporal" a una fuerte tormenta eléctrica. En la versión castellana de la escala de Beaufort, creada en la Argentina, se utiliza la palabra "Temporal" para designar la fuerza ocho del viento y, con adjetivos aumentativos, las fuerzas nueve y diez. Los Centros americanos llaman "Temporal" a una lluvia de larga duración y sin descargas eléctricas, sin tomar en cuenta si la lluvia va acompañada o no de vientos fuertes hasta tempestuosos.

Como no se dispone de una palabra más adecuada para designar la situación atmosférica que va a describirse en esta publicación, se usará el término "Temporal" en su acepción centroamericana. No se aludirá otra vez a lo dudoso del uso de esta palabra. Se ruega al lector no olvidar las observaciones preliminares. El Servicio Meteorológico Nacional de El Salvador agradecerá mucho sugerencias acerca de como llamar a la situación que se describirá en lo siguiente (Dirección: 23 Avenida -Norte 114, San Salvador, El Salvador, C. A.).

El 23 de octubre de 1957 se formó un centro de baja presión muy extenso, ubicado en las regiones centrales de los Estados Unidos; tenía un frente bien marcado de aire polar y otro, menos marcado, de aire ártico. Esta depresión se trasladó a velocidad normal hacia Terranova, al mismo tiempo que se profundizaba, y los frentes fríos asociados a ella avanzaron hacia la costa del Océano Atlántico y del Golfo de México seguidos por el alza usual de la presión. Por este motivo, el día 23 se pronosticó para el día 25 viento fuerte del Norte en El Salvador, repitiéndose el mismo pronóstico el día 24.

Sin embargo, esto no ocurrió. A partir del día 23 se desarrolló al Norte de Puerto Rico un centro de baja presión, sin que se pudiera determinar si este disturbio se convertiría en un huracán tropical o no. El 24 de octubre, el área cubierta por esta depresión se hizo tan extensa que ya no fue posible la formación de un huracán.

El rápido desarrollo de ese ciclón, situado entre Puerto Rico y las Islas Bermudas, obstaculizó apreciablemente el movimiento de la parte septentrional de la depresión estadounidense, lo que condujo a la

formación de una baja secundaria en el primer frente (I). Esta baja secundaria abandonó la costa de los Estados Unidos cerca de Charleston, con rumbo hacia el ENE. El primer frente frío se extendió de aquí sobre Yucatán hasta el Golfo de Tehuantepec (Cuadro 1), donde su existencia se dedujo más por extrapolación que de observaciones.

El desarrollo de la depresión al Sur de las Islas Bermudas había sido extraño, y otro desarrollo aún más notable ocurrió a continuación. La depresión que parecía convertirse en huracán se movió hacia la baja secundaria y se disolvió rápidamente. Al mismo tiempo, la presión bajó a lo largo de la costa occidental de Centro América, con el máximo descenso en aquella región donde -según la extrapolación- el primero de los frentes fríos (I) cruzó la Costa del Pacífico. Simultáneamente, en el Aeropuerto de San Salvador, Ilopango se registró viento del Este a partir de la medianoche del 24 (hora local). Un viento del Este en superficie es un fenómeno raro en El Salvador, aunque esto parezca extraño, ya que la región es alcanzada por el extremo austral de los Alisios del Atlántico del Norte. Normalmente, el viento en Ilopango sopla del Norte o del Sur, virando a pocos cientos de metros sobre el suelo hacia el Este. De esta manera, en la fase inicial del Temporal, el sistema local del viento fue sustituido por el flujo general del Este, sin que éste fuese extraordinariamente fuerte.

Parece conveniente intercalar aquí una revista sobre los vientos en altitud, antes y después del Temporal. La lista siguiente contiene los promedios para los días 16 de octubre hasta 8 de noviembre, en cuanto fue posible lanzar globos pilotos. Unos pocos ascensos no alcanzaron las altitudes reproducidas y fueron completados por el método de las diferencias.

<u>Altitud sobre el nivel del Mar</u>	<u>A las 6 horas</u>			<u>17 horas local</u>		
4500 metros	88 ⁰	10.6 nudos(+)		96 ⁰	11.6 nudos	
3500 "	84	6.4 "		89	8.6 "	
2700 "	71	10.9 "		66	12.5 "	
1900 "	49	8.6 "		47	8.3 "	
1300 "	36	9.2 "		35	4.2 "	
1100 "	5	11.2		357	2.6)	" Zona de
900 "	356	13.2 "		276	1.1 (	" transi-
760 "	344	13.3 "		290	3.3 {	" ción del
Suelo 614 "	352	8.2		196	3.9)	" viento S
						" al del N

El efecto de mar y tierra, que se manifiesta en los vientos de las capas inferiores, alcanza, pues, solamente hasta 500 metros sobre el nivel del terreno, aproximadamente.

Con el comienzo del viento raro del Este, cambió también el aspecto del cielo. En el transcurso del día 25, aumentaron los Altocúmulos

(+) Un nudo = 1 milla marítima por hora = 1.85 Kms/hora.

duplicatus y Altostratos, desplazándose desde el Sur hacia el Norte.

Y comenzó a llover. Las primeras gotas cayeron a las 11:00 a.m. -hora local (17Z) y quedaron aisladas hasta las 13 horas. Luego empezó una lluvia que duró 3 horas y produjo 15 mm. en el Aeropuerto. Fue de intensidad muy constante y sin trazas de descargas eléctricas, lo que tiene que ser mencionado especialmente en el caso de lluvias tropicales. Sopló un viento ligero del Este.

Este temporal no comenzó como lo suelen hacer muchos otros. En primer lugar, el frente frío que lo desencadenó, vino a través del Golfo de México, mientras que normalmente suele venir a lo largo de la costa occidental de México. Además, generalmente, se perciben algunos truenos al principio del Temporal. El viento del Este, empero, se ha observado ocasionalmente en otros Temporales pasados.

Según el Cuadro 2, la lluvia propia del Temporal empezó el día 25 a las 18:20 horas en el Aeropuerto, y 171 mm. más cayeron hasta las 7 de la mañana del día siguiente.

Sin haber brillado el Sol y sin haberse producido un calentamiento del aire siguió lloviendo todo el día 26. La lluvia alcanzó su intensidad máxima entre las 8 y 25 y las 9 y 25, midiéndose en este período 53 mm. Esta cantidad de lluvia en una hora es alcanzada frecuentemente en otras regiones tropicales, pero es rara en El Salvador. Un poco después del mediodía, se interrumpió la lluvia por 1 hora y media, continuando después, a veces con fuerte intensidad y no terminó sino hasta las 23:10. En 36 horas 10 minutos cayeron 278.3 mm., lo que corresponde a una intensidad media de 184.5 mm. por día. No tomando en cuenta las primeras y últimas horas con menos de 0.5 mm./hora resulta que cayeron 277.0 mm. en 31 horas 14 minutos, o sea 213 mm. por día.

Durante la lluvia, a partir de las 14 horas del día 26 comenzó a bajar la temperatura, lo que por de pronto correspondió a la marcha diurna muy reducida. A las 17:50 había disminuido hasta 19.7°C descendiendo desde 21.4°C. De repente, la temperatura empezó a bajar más aún. Al mismo tiempo, el viento cambió abruptamente de Este, 10 nudos a NNW, 20 nudos, indicando así la llegada del segundo frente frío (II, Cuadro 3). También la presión mostró un cambio bien marcado; aunque ya después de la medianoche había subido constantemente 5½ mb (después de liberarla de la doble onda diurna), entre las 18 y 19 horas subió 1.5 mb más (2.2 mb sin liberación de la doble onda diurna). Luego, ya no ocurrió otra alza de la presión y el descenso de la temperatura terminó a las 21.00 horas con 16.8°C (con excepción de otros 2 décimos durante las siguientes 7 horas). El viento siguió soplando del NNW, alcanzando a veces hasta 30 nudos.

En las pocas horas que necesitó el aire frío (originalmente ártico) para imponerse, la intensidad de la lluvia fue bastante fuerte en dos ocasiones: Alrededor de las 18:30 horas y de las 20:00 horas; luego

disminuyó y terminó cuando la presión, no liberada de la doble onda diurna, comenzó a bajar. Basándose en experiencias anteriores, se ha bía pronosticado que la lluvia terminaría a la medianoche del día 26. El instante en que ocurriría el probable máximo de la presión había sido derivado por extrapolación en los mapas isalobáricos de 24 horas de todo el continente, los cuales mostraron la migración hacia el Sur de un área de cambios positivos de la presión.

El Temporal tiene algunas características notables que necesitan aclaración, como por ejemplo: Por qué sopla un viento del Este si el frente viene del N o del NW? Por qué no ocurren descargas eléctricas pe se al carácter chubascoso ocasional de las precipitaciones y pese al efecto de inestabilización del aire frío? Generalmente pasos de frentes fríos en El Salvador suelen ser acompañados de abundante actividad eléctrica. Por qué se limitó la lluvia atemporalada a un área relativamente pequeña (indicada con puntos en el Cuadro 3), sin mucha migración, mientras que ambos frentes fríos se desplazaron considerablemente?

A fin de encontrar una respuesta a las preguntas anteriores, se coleccionaron todos los datos de los días del Temporal. Antes de pasar a la discusión de los resultados se menciona aquí que este ensayo no tuvo éxito, descubriéndose, no obstante, detalles antes desconocidos.

De una manera digna de agradecimiento me proporcionaron los datos disponibles el Servicio Meteorológico Nacional de Honduras, bajo la dirección del señor Francisco Martínez, el Servicio Meteorológico Nacional de Nicaragua, que está en formación, bajo la dirección del Dr. Oscar Vannini y el Servicio de Meteorología Aeronáutica de Guatemala, bajo la dirección del señor Francisco Lacaza, mientras que el Observatorio Nacional Meteorológico y Sismológico de Guatemala no res pondió a mi petición.

El Cuadro 4 da una somera revista sobre los datos que tenía a mi disposición. Pluviógrafos solamente existen en El Salvador, de manera que solamente en dicha República -es decir en un área pequeña- fue posible llevar a cabo investigaciones sobre la estructura del Temporal. Solamente en esta misma región de Centroamérica existen suficientes estaciones pluviométricas como para analizar detalladamente la distribución de las precipitaciones, para fijar de una manera aproximada los límites del área afectada por el Temporal y para deter minar el paso del segundo frente frío.

Lluvias sin el carácter típico de chubasco, las cuales pueden

ser calificadas de "lluvias atemporadas", no se registraron en Cataca ma ni en Tegucigalpa, ambas estaciones en Honduras, ni tampoco en las estaciones Atlánticas de Nicaragua. Es dudoso si las lluvias caídas en tres estaciones hondureñas durante los días 25 y 26 de Octubre se pueden nombrar "atemporadas" o no: Las de Guanaja, en el Mar Caribe, las de San Pedro Sula, en la Costa Norte y las de Santa Rosa de Copán, la antigua ciudad de los Mayas; en el NW del país.

En lo que respecta al principio, al fin y a la magnitud de las pre cipitaciones en la zona marginal del Temporal se registraron los valo-- res siguientes, que no son totalmente seguros en todos los lugares. Se aclara que todas las horas mencionadas a continuación son horas locales referidas al meridiano 90°W.

Ciudad de Guatemala: En el primer aire frío: 25 de oct. 16:55 hrs. hasta 26 de oct. 16:30, 41 mm aprox.; después del paso del frente frío, 26 de oct. 16:30 hasta 27 de oct. 2 hrs. más o menos 13 mm aprox.; suma dos 54 mm.

Guanaja (Honduras), en el Mar Caribe: En el primer aire frío: 26 de oct. 00:20 hasta 26 de oct. 16 hrs., 4 mm; después del paso del frente frío, 26 de oct. 16 horas hasta 27 de oct. 18:00, 130 mm, de vez en cuando con truenos, lo que indica que no era un temporal genuino; en to tal 134 mm.

Santa Rosa de Copán, NW de Honduras: 25 de oct. 13:44 hasta 26 de oct. 14 hrs., 60.5 mm; después del paso del frente frío, 26 de oct. 14 hrs. hasta 27 de oct. 8 hrs., 54.0 mm; que suman 114.5 mm.

Managua, Nicaragua, lado del Pacífico: 26 de oct. 06:10 hasta 26 de oct. 15 hrs., 41 (?) mm, toda la precipitación antes de la llegada del segundo aire frío.

En contraposición a los datos anteriores, los de San Salvador-Ilopango, cerca del centro del temporal: Antes del paso del segundo frente frío, 25 de oct. 11 hrs. hasta 26 de oct. 17:50, 264.2 mm; después del paso del frente frío 26 de oct. 17:50 hasta 23:10, 14.1 mm; que to talizan 278.3 mm.

Es interesante el hecho de que las estaciones situadas en la parte Noreste de la región tuvieron la mayor parte de la lluvia atemporada después de la llegada del aire ártico; las estaciones en el Occidente, antes, mientras que en el Sur, en Managua, el Temporal terminó 27 horas antes del paso del frente frío, que ocurrió el 27 a eso de -- las 18 horas. Es posible interpretar estos datos de la siguiente manera: el Temporal fue desencadenado por el primer frente frío y transcurrió después según sus leyes propias, sin reacción al cambio de masas de aire conectado con el paso del segundo frente frío. Hay que reconoce

cer que es muy difícil comprender e interpretar físicamente este fenómeno que se puede describir tan fácilmente. Durante los últimos días de agosto y los primeros de septiembre de 1961, el Satélite Meteorológico TIROS III fotografió un sistema circular de nubes que chocó con un frente frío. El sistema de nubes no sufrió muchos cambios mientras que el frente frío fué absorbido en él.

Las cantidades de lluvia que cayeron en El Salvador durante el Temporal oscilan localmente entre 45 y 370 mm. Como característica más notable, estas cantidades muestran una relación con la altura de la estación sobre el nivel del mar. Esta relación se puede describir aproximadamente por medio de la tabla siguiente:

Sobre el nivel del Mar		
Elevación 2000 metros	-	284 %
1500	"	- 238 "
1000	"	- 192 "
800	"	- 174 "
600	"	- 155 "
400	"	- 137 "
200	"	- 118 "
0	"	- 100 "

Los valores de este cuadro de reducción, calculados aplicando el método de los cuadrados mínimos a las mediciones originales, tienen como función representativa una línea recta. El planteo matemático de una recta es, seguramente, una simplificación que no es permitida cuando se trate de grandes elevaciones del terreno o de grandes cantidades de lluvia. Sin embargo, parece que es suficiente para el caso de este Temporal.

Para 26 de las estaciones incluídas en este cálculo se dispone, además, de promedios para muchos años, que, sin embargo, no muestran ninguna relación con la altura, dándose el mismo caso con las cantidades de lluvia de este Temporal.

Para derivar la función entre la elevación y la cantidad de lluvia se utilizaron los valores de 71 estaciones, incluso las 26 arriba mencionadas.

Después de efectuar la reducción al nivel del mar de las cantidades de lluvia, todavía resultan diferencias considerables entre ellas. Estas diferencias pueden explicarse aproximadamente si se consideran los dos siguientes principios: 1) en el Oriente del País, las cantidades de lluvia aumentaron en las estaciones de libre exposición hacia el Este o el Sureste y en el Occidente, se registró un aumento en las estaciones cuyas características topográficas dieron lugar a un estancamiento desde el Noreste.

2) El centro de la actividad lluviosa estuvo situado sobre el Océano Pacífico, frente a la desembocadura del Río Lempa, de tal manera que cerca del centro las cantidades fueron mayores que lejos de él.

He aquí algunas mediciones que servirán para explicar la hipótesis precedente:

- a) Menos de 75 Kms. de distancia del supuesto centro de acción. Cantidad máxima reducida al nivel del mar de 251 mm. en Valle de San Juan, situado al Este del supuesto centro de acción, donde confinan la planicie costera y la Sierra de Tecapa-Chinameca-San Miguel. Cantidad mínima reducida: 81 mm. en San Andrés (475 m. sobre el nivel del mar), situado al Oeste del macizo volcánico de San Salvador, de casi 2000 m. de elevación.
- b) 75-100 Kms. de distancia del supuesto centro de acción. Cantidad máxima reducida: 307 mm. en Jiquilisco, situado cerca del Valle de San Juan citado bajo a), pero más próximo a montañas más altas. Cantidad mínima reducida: 39 mm. en Izalco (407 m.), situado al SSW del volcán del mismo nombre, de casi 2000 m. de elevación.
- c) 100-125 Kms. de distancia del supuesto centro de acción. Cantidad máxima reducida: 264 en Lolotique (672 m), situado en la parte más angosta de un valle largo, en forma de embudo, que se estrecha y aumenta en declive desde el ESE hacia el WNW. Cantidad mínima reducida: 40 mm. en Chalchuapa, (703m) en un valle amplio y plano. Aunque las montañas más altas que limitan el valle se encuentran en el extremo Sur de éste, parece que están tan lejos de Chalchuapa que hasta aquí no alcanza su efecto de estancamiento.
- d) Más de 125 Kms. de distancia del supuesto centro de acción, pero todavía dentro del territorio de El Salvador. Cantidad máxima reducida: 272 m. en La Unión, Golfo de Fonseca, al pie del Volcán de Conchagua de 1250 metros de elevación. Cantidad mínima reducida: 25 mm. en Ciudad Barrios, a unos 35 Kms. al Norte de Lolotique, citada bajo c).

Con excepción de Ciudad Barrios, todas las estaciones citadas con lluvias mínimas están situadas en el Occidente, las con lluvias máximas en el Oriente del país.

El cuadro 5 da una vista general de la distribución regional de las precipitaciones durante el Temporal de Octubre de 1957. En este cuadro, El Salvador está dividido en las cuatro zonas concéntricas mencionadas arriba. Cada una de éstas está cortada por la mitad, de manera que en total aparecen 8 zonas en el dibujo.

Para suplementar las cantidades de lluvia reducidas al nivel del mar se han colocado también las cantidades realmente medidas. Sin embargo, no hay que sobreestimar el valor de estas últimas. Es cierto que tanto el Hidrólogo como el Meteorólogo Agrícola necesitan las cantidades reales de lluvia que alcanzan el suelo y también el balance acuoso de la atmósfera se calcula partiendo de valores reales y no de cantidades reducidas al nivel del mar. Pero las cantidades medidas dependen considerablemente de la configuración topográfica contingencial, especialmente de la altura, del terreno donde se encuentra la estación pluviométrica. Entonces para tener una idea acerca de las cantidades de lluvia realmente caídas, es necesario tomar en cuenta las diferentes alturas de la región entera, lo que en el caso de un terreno de topografía muy irregular solamente es posible si el cálculo se basa en cantidades reducidas.

Después de la distribución de las lluvias en el espacio es de interés conocer su distribución en el tiempo.

Para la mayoría de las estaciones sólo es posible hacer una diferencia entre las cantidades caídas en cada uno de los días de Temporal, ya que se miden solamente una vez por día, a las 7 (6) horas locales. Después del análisis, resulta que la parte Suroeste de El Salvador y San José, en la costa pacífica de Guatemala, recibieron la mayor parte de la cantidad de lluvias atemporalizadas hasta el 26 de octubre a las 7 (6) a.m., es decir durante el primer día del Temporal. Las parte Norte y Este de El Salvador, así como también Ciudad de Guatemala, Managua, y algunas regiones de Honduras, recibieron más lluvia durante el segundo día del Temporal. De esto se deriva un movimiento general del Temporal desde el Suroeste hacia el Noreste. El observador de la estación costera La Libertad notó claramente este desplazamiento, pues, mientras que en las inmediaciones de su estación ya no constató lluvia durante el segundo día, continuó observando precipitaciones al Este y Noreste. Efectivamente, en Ayagualo, situado a 16 Kms. al Norte y a 902 metros de altura se midieron 28 mm. mientras que en La Libertad no se registró ni una sola gota de lluvia. Al mismo tiempo cayeron 60 milímetros en Loma Larga, a 26 kilómetros al Norhoreste y 1000 metros más alto que la mencionada estación costera. Esto no es meramente un efecto normal de la elevación, lo que se comprueba por el hecho de que en el Aeropuerto de Ilopango, situado a unos 30 kilómetros de La Libertad y a 614 metros sobre el nivel del mar, se registraron hasta 100 mm. durante el segundo día del Temporal.

Por lo general, sin embargo, el desplazamiento del área lluviosa no fue tan visible en estaciones vecinas como en la citada en el ejemplo del párrafo anterior. En la mayoría de los casos la cantidad de lluvia caída durante el segundo día fue menor, incluso en el Norte del país, en donde, sin embargo, la disminución temporal fue menor que en el SW de El Salvador.

El cuadro 6 muestra la distribución de las cantidades totales de lluvia repartidas en las sumas parciales del primero y del segundo día del Temporal y también el porcentaje del cambio del primero al segundo día (el signo menos significa que el primer día trajo más lluvia)

Las mediciones con pluviómetros comunes dan solamente una idea general de las cantidades de lluvia y del desplazamiento del sistema lluvioso entero, pero no dicen nada de la estructura de las lluvias, la cual sólo se obtiene por medio de registros de lluvia, como el que se reproduce en el Cuadro 2. El Cuadro 7-B da el promedio de las lluvias horarias de las cuatro estaciones capitalinas: el Observatorio en la ciudad misma, el Instituto Tropical, al Norte de la ciudad, el Aeropuerto de Ilopango al Este de la capital, y Loma Larga en un suburbio Sur, con elevaciones de 685, 700, 614 y 1000 metros respectivamente. Por medio de la unificación de estas cuatro estaciones se eliminan los efectos accidentales y meramente locales; por eso, las particularidades de la curva tienen un valor más significativo.

Es notable el comienzo gradual de la lluvia, abarcando varias horas. De la misma manera ocurre también en el fin, lo que no suele acontecer normalmente en la zona tropical. Además, se nota que la lluvia no aumenta regularmente hasta una intensidad fija y permanece en ella, sino que se distinguen variaciones marcadas de más o menos seis horas de duración, de las cuales la mayor se encuentra en el centro del intervalo atemporalado. Los máximos de la lluvia están separados por disminuciones e incluso por interrupciones completas de la lluvia. El último máximo puede explicarse por el paso del segundo frente frío; para los otros no es factible una explicación tan sencilla. Sin embargo, hay que considerar la posibilidad de que también la explicación sencilla del último máximo sea falsa, porque de lo dicho anteriormente resulta que las lluvias atemporaladas parecen ser independientes del paso del frente.

Las variaciones rítmicas se notan también en otros registros de pluviógrafo del país. El Cuadro 7 muestra otras curvas. La de 7-A representa el promedio de las tres estaciones occidentales de Apaneca, El Jobo y San Andrés (lastimosamente los tres registros tienen interrupciones de varias horas de duración, lo que suaviza la curva de una manera incontrolable, por la necesidad de distribuir la diferencia entre la suma total medida y la registrada regularmente entre todas las horas sin registro). La otra curva 7-C, el promedio de las cuatro estaciones orientales Santa Cruz Porrillo, Osicala, Chorrera del Guayabo y Santiago de María (en cuya estación el registro se terminó en la mañana del 26). Para el cálculo del promedio, los valores de Santa Cruz Porrillo fueron tomados en dos horas más tarde que los de las otras estaciones, para alcanzar una coincidencia mejor de los extremos de este grupo.

La posición geográfica de los lugares y el hecho de que la lluvia en general se movió hacia el NE, justifican este procedimiento.

Una estación más, Apopa, no se usó. Por su situación solamente hubiera podido ser incluida en el grupo capitalino, pero, debido a desperfectos en el registro, hubiera suavizado la curva respectiva.

Las tres curvas muestran un aumento y una disminución gradual - de las intensidades de las lluvias, superpuesto por variaciones marcadas de tres o seis horas de duración. Además, se ve que el frente, tanto en el Occidente como en el Oriente del país, pasó más tarde que en la Capital (si es permitido coordinar el frente con el último máximo de la lluvia), y se ve que en el Oriente también después del paso del frente hubo lluvias de importancia, lo que coincide bien con el hecho de que Santa Rosa de Copán, situada al noreste de San Salvador, en Honduras, recibió aproximadamente la mitad de la lluvia atemporalada después del paso del frente frío.

Comparando las curvas del cuadro 7 es posible derivar un desplazamiento de la onda de seis horas de duración. Más exacto es el "análisis armónico" de las intensidades de lluvia de cada estación.

El cuadro 8 da el resultado del cálculo, representándolo en forma de seis fases horarias. La amplitud máxima resulta en San Salvador-Ilopango con ± 4 mm/hora. Parece que el mecanismo de las ondas es tal que su máximo alcanza la costa más o menos en el lugar en donde antes suponíamos el centro de la actividad lluviosa, y que, en un movimiento giratorio, avanza primero al NE, luego al E, y desaparece al SE, al mismo tiempo que el próximo máximo pasa la costa. Esto es un proceso que talvez tiene su correspondiente en la "estructura de Cebolla" de las lluvias en los huracanes. Fotografías de satélites del tipo TIROS aparentemente apoyan esta suposición. En otras palabras: Parece que la estructura del huracán es muy semejante a la del Temporal, con excepción, naturalmente, de la fuerza del viento.

Hay Temporales pasados en que no fue posible comprobar la existencia de una periodicidad de seis horas de duración en sus lluvias. Los Temporales de Septiembre de 1956 y de Septiembre-Octubre de 1953 sirven como ejemplos de los que tienen otro carácter. El cuadro 9 muestra las intensidades por hora. Al contrario del Temporal de 1957, el de 1953 mostró un aumento rápido de las intensidades; pero después, como aquel, tuvo una disminución gradual. El alza y la baja en general son superpuestas por una periodicidad de 9 horas de duración no muy bien marcada. Diferente de estos, el Temporal de 1956 no muestra un aumento ni una disminución general, sino solamente un período de 15 horas de duración, que se repite cinco veces.

Como se deduce de los ejemplos anteriores, no existe un tipo uniforme de Temporal. Es verdad que los Temporales distintos tienen en común el cielo cerrado y la lluvia que dura muchas horas, sin descargas eléctricas; pero la estructura del fenómeno puede ser muy diferente, y hay que suponer que también las acciones y reacciones causales sean diferentes.

A continuación se mencionan otros detalles del Temporal de 1957, añadiendo algunos suplementos a lo dicho anteriormente.

por lo general el viento durante el Temporal fue de una fuerza moderada o hasta débil. Pero Acajutla, la estación costera más occidental en El Salvador, reportó tempestad fuerte desde el NNW en las horas matutinas del día 26 de octubre, tan fuerte que ocasionó muertes. Al mismo tiempo, se midió viento del ESE de 25 a 30 nudos en el Aeropuerto de Ilopango, a 80 kms. de distancia al ENE de Acajutla. Durante la fuerza máxima del viento también la lluvia tuvo su intensidad máxima en dicha estación costera. Del análisis de las otras estaciones se concluye que esta tempestad del NNW no fue el "Norte" que se impuso después del paso del segundo frente frío, sino un fenómeno local relacionado con el Temporal mismo.

Durante el Temporal se registró una fuerte actividad microsísmica en la estación sismológica de San Salvador, cuyas amplitudes medidas cada media hora me las proporcionó el jefe de la estación, el doctor Rudolf Schulz. El movimiento del suelo alcanzó 17μ (igual a 0.017 mm). Primero aumentó despacio, pero a las 23 horas alcanzó imprevisadamente su máximo, es decir dos horas y media antes de que estallara la tempestad en Acajutla. A la una a.m. los movimientos microsísmicos se redujeron temporalmente a 9μ , aumentado de nuevo a hasta 16μ a la una y media, o sea al principio de la tempestad registrada. Mientras tanto, el viento se reforzó más y más alcanzado su máximo de grado 10 según Beaufort, a las 3 a.m., al mismo tiempo cuando la inquietud del suelo disminuyó, rápidamente al principio, despacio después. A las 3 a.m. fue de unos 9μ , a las 7 a.m. 5μ , y a partir de las 12:30 del 26 ya no superaba 3μ .

El viento observado en la costa mostró un retraso en comparación con la inquietud microsísmica. Podemos deducir de este hecho que el centro del Temporal estaba situado cerca y frente a la costa, en el mar y que se movía, debilitándose, hacia tierra firme. Es deseable que como contribución a la explicación -o por lo menos a la completación de la descripción- de los Temporales, los Servicios Meteorológicos publicaran sus eventuales observaciones marítimas de esta región y de los días de que se trata en este artículo, lo cual puede venir a ser, por ejemplo, una forma de suplemento a este escrito.

Lastimosamente no se dispone de observaciones de vientos en altura en la región afectada, durante los días del Temporal; y tampoco se esperan observaciones de esta clase durante situaciones atmosféricas similares en el futuro, por la razón de que en esta parte de Centro América no existen estaciones de radioviento y, además, la abundante nubosidad no permite observaciones de globos pilotos.

Sin embargo, fue posible lanzar un radiosonda en el Instituto Tropical de San Salvador, nueve horas después del punto culminante del Temporal, a las trece horas locales (19 Z), esto es, entre el penúltimo y último máximo de la lluvia. También se dispone de otro ascenso que permite una comparación efectuado tres días antes, es decir antes del Temporal, el 23 de octubre a las 19 horas locales. Ambos sondeos alcanzaron alturas considerables (más de 25 kilómetros), pero no han sido corregidos por radiación, de tal manera que no es posible comparar los datos de las capas superiores, debido a que se midieron a distintas horas del día. (Los datos corregidos serán publicados en el informe final de la Expedición Alemana del Año Geofísico Internacional).

Comparados con parejas de sondeos de latitudes mayores estos dos manifiestan diferencias muy pequeñas. El sondeo del día con Temporal no registró gruesas capas con una humedad relativa del 100%, pese a las grandes cantidades de lluvia y a la nubosidad cerrada. Este va-lor sólo fue alcanzado en capas delgadas cerca de 950 metros sobre el nivel del mar (250 m sobre el nivel de la estación), 1020 metros y 2120 metros sobre el nivel del mar. Arriba del último punto la humedad se reduce hasta 76% en 2650 metros, y de 3000 hasta 7000 mts. oscila entre el 85 y 95%. Hasta una altura de 3500 mts. los dos sondeos comparados no acusan grandes diferencias en lo que respecta a la humedad. De aquí para arriba el sondeo previo al Temporal mostraba una considerable disminución de la humedad (hasta 23% en 7000 mts.) mientras que durante el Temporal ésta permanecía alta, como se mencionó anteriormente. El sondeo durante el Temporal mostraba en las ca-pas superiores a 7000 metros un descenso de la humedad, de la misma manera que el sondeo de comparación, sin embargo el primero todavía acusa un notable exceso de humedad con respecto al segundo. Por ejemplo en 10.000 mts. se midió 60% de humedad relativa el 26, en cambio, el 23 sólo un 35%.

Las temperaturas bajas que producen la sensación desagradable durante las situaciones de Temporal se manifiestan hasta 5.500 mts. sobre el nivel del mar. La mayor diferencia entre las temperaturas medidas en los dos sondeos fue de 4.7 grados centígrados en el nivel de 850 mb, es decir a 1.500 mts. sobre el nivel del mar (800 mts. sobre el terreno). Sin embargo, debido a que el sondeo de comparación se -

llevó a cabo a una hora en que las temperaturas cerca del suelo son normalmente ya unos 7° menores que las correspondientes a la hora en que se efectuó el ascenso durante el Temporal, hay razón para suponer que el déficit de calor fue mayor aún. No es necesario tomar en cuenta la considerable diferencia, común en los trópicos, entre la temperatura real y la virtual, debido a que en ambos casos las masas de aire tenían el mismo contenido de la humedad en las capas inferiores.

El sondeo durante el Temporal registró cerca del suelo una temperatura de 21.0°C , valor que corresponde, más o menos, a la temperatura normal de la hora del día en que se efectuó el sondeo de comparación, de lo que se deduce que al mediodía del día con Temporal existía el déficit de los 7°C ya mencionados. A las otras horas del día la diferencia entre las temperaturas cerca del suelo, durante el Temporal y las correspondientes temperaturas normales para las mismas horas y estación del año fueron menores.

La primera capa fría se extendía hasta una altura de 2,600 m. sobre el nivel del mar, o sea -como se mencionó anteriormente- hasta el nivel en el cual disminuía interinamente la humedad. Esta capa fría manifestó una gran estabilidad con un gradiente vertical de $-0.48^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. A partir de 3,500 m hacia arriba, el sondeo del día del Temporal era nuevamente más frío que el de comparación. Encima de 5,500 m el sondeo del Temporal era más caliente, no sólo en el resto de la troposfera sino que incluso en la estratosfera, en donde, sin embargo, perturba cada vez más la falta de corrección por radiación.

El día del Temporal, la tropopausa estuvo extremadamente marcada en 16,000 m con una temperatura de -78.1°C , además, se constató otra tropopausa cerca de la primera, en 16,330 m. con -79.7°C . Bajo la primera tropopausa, el gradiente vertical de temperatura fue de $-1.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ y bajo la segunda de $-1.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. El día sin Temporal, según el sondeo de comparación, la transición de la troposfera a la estratosfera fue muy suave, registrándose la temperatura mínima de -80.5°C a 16,440 m.

Además, las temperaturas de

-79.1°C a 15,770 m. y

-68.4°C en 14,500 m. lo que corresponde a gradientes de $-0.21^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. y $-0.84^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. para las dos capas, respectivamente.

También las velocidades ascensionales de los radiosondas manifiestan diferencias (si se acepta que la fuerza ascensional fue la misma en ambos casos). Sin embargo, no se debe dar mucha importan-

cia a los detalles cuantitativos. En tanto que las capas inferiores eran más frías el día del Temporal, el globo subió menos rápido que en el día sin Temporal, con velocidades medias de 304 m/minuto y 313 m/minuto, respectivamente. Arriba de estas capas hasta la tropopausa las condiciones térmicas eran inversas y el globo lanzado el día del Temporal subió más rápido que el del día de comparación, con velocidades medias de 341 y 317 m/minuto, respectivamente. Más allá de la tropopausa, en la estratosfera, los errores desconocidos producidos por la radiación imposibilitan la comparación de las velocidades ascensionales. Por lo general, la velocidad ascensional es cuanto mayor tanto más elevada es la temperatura de las capas que atraviesa el globo.

Naturalmente, no es posible derivar conclusiones definitivas de sólo una pareja de ascensos. No obstante deberá examinarse en investigaciones futuras si las desviaciones de la temperatura y velocidad ascensional ocurren en el mismo sentido que en el ejemplo expuesto, y si también se observa una tropopausa lamelada y bien marcada como la que se registró durante el Temporal.

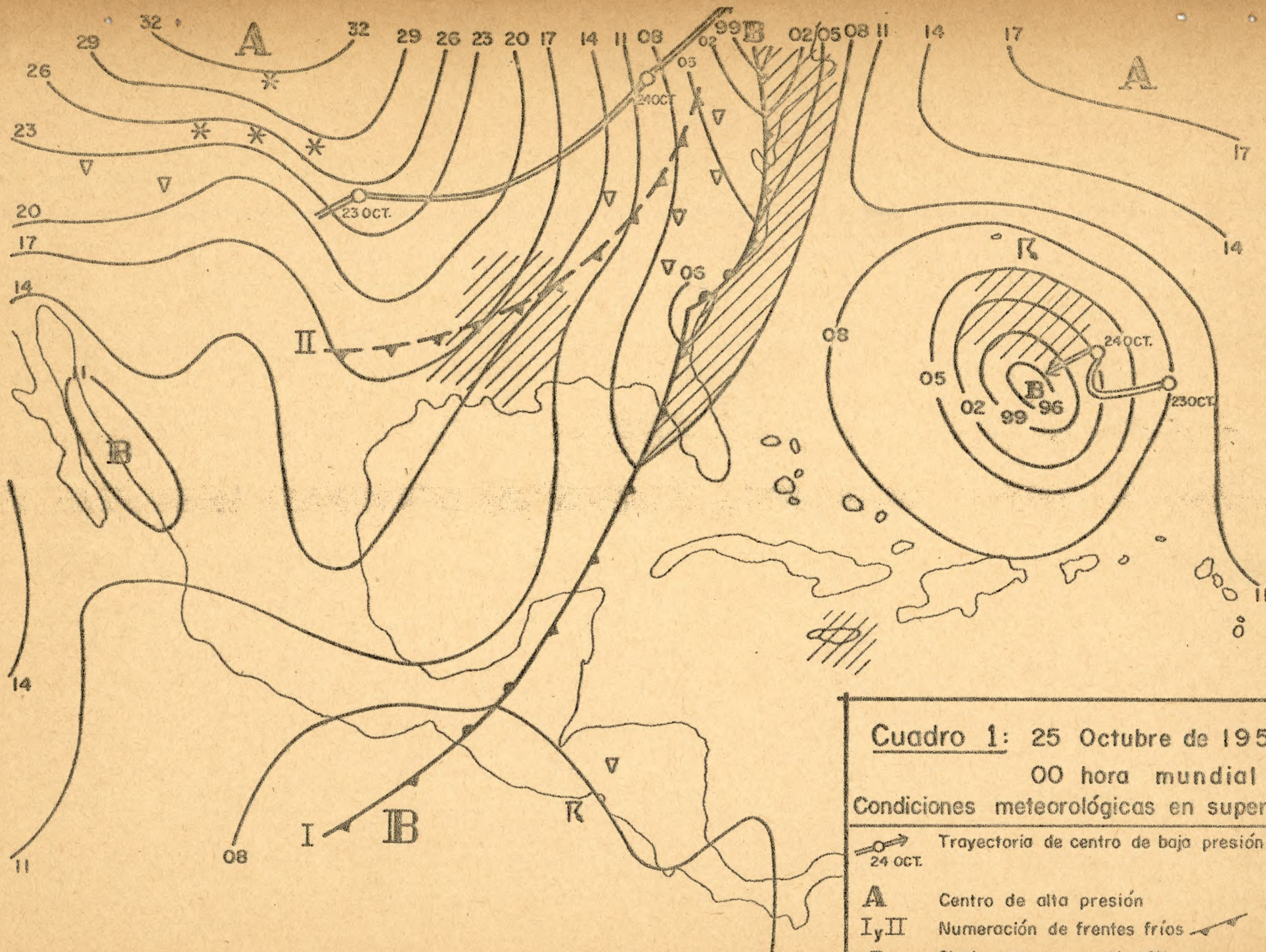
A causa de que no existen observaciones simultáneas de vientos en altura en las cercanías del área cubierta por el Temporal y que las espesas capas de nubes impidieron la observación d' globos pilotos, es completamente imposible investigar los sistemas de circulación que prevalecieron en la atmósfera libre durante el Temporal.

En el transcurso de la presente investigación se constataron los siguientes movimientos:

- a) El viento de superficie sopló generalmente desde el Este; en las regiones costeras del occidente del NNW; después del paso del frente ártico sopló en muchos lugares desde el N o NNW.
- b) Los frentes avanzaron del NNW hacia el SSE.
- c) El centro de la actividad lluviosa se desplazó aproximadamente del SW hacia el NE.
- d) Las ondas lluviosas se movieron a una velocidad bastante mayor que la del centro, a lo largo de una trayectoria de curvatura anticiclónica, desde el SW en el centro de El Salvador, luego desde el W y, en la parte oriental del país desde el NW.

La simultaneidad de estos diferentes movimientos en la misma región parece contradictoria e incongruente. Sin embargo, el que conoce observaciones centroamericanas de globos pilotos que alcanzan altitudes grandes (de las cuales no existen muchas al presente), sabe que también durante buen tiempo ocurren sistemas de flujo totalmente distintos uno sobre el otro y parece razonable que acontezcan también en procesos tan complicados como Temporales.

Esta publicación trata únicamente uno de los muchos Temporales. Se ha notado que aparentemente cada Temporal tiene su estructura y su génetica propia. Sin embargo, tienen que existir causas comunes que originan el aspecto típico de las situaciones de Temporal, que no coincide con el esquema usual del tiempo tropical. Probablemente, todavía se necesitarán muchos estudios de esta índole, y con datos más detallados, hasta que se encuentre la solución al problema de poder explicar los Temporales centroamericanos.



Cuadro 1: 25 Octubre de 1957

00 hora mundial

Condiciones meteorológicas en superficie

 Trayectoria de centro de baja presión (B)
24 OCT.

A Centro de alta presión

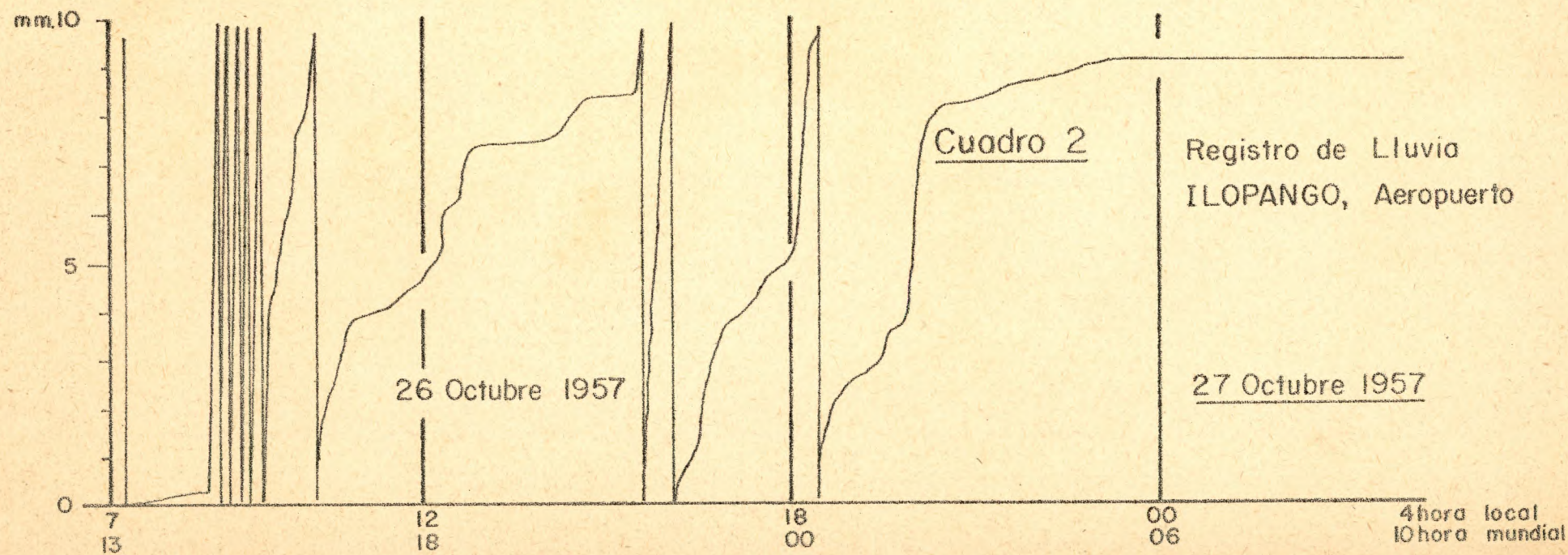
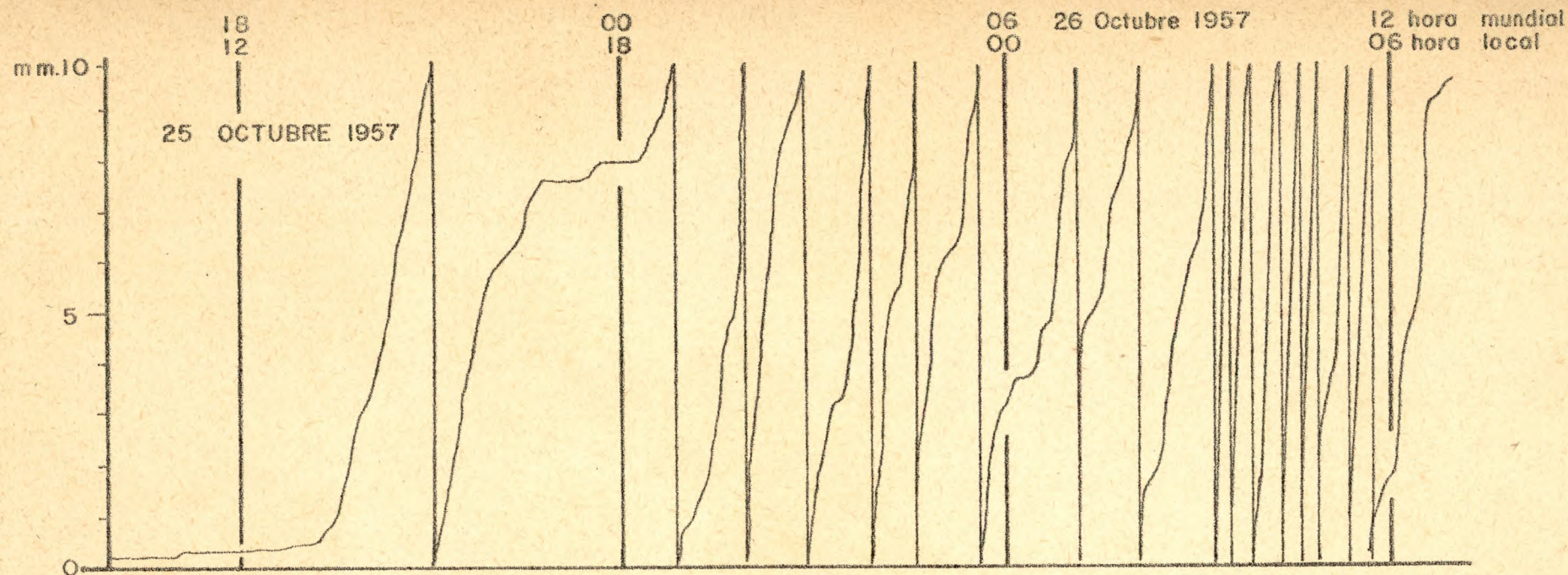
I, II Numeración de frentes fríos 

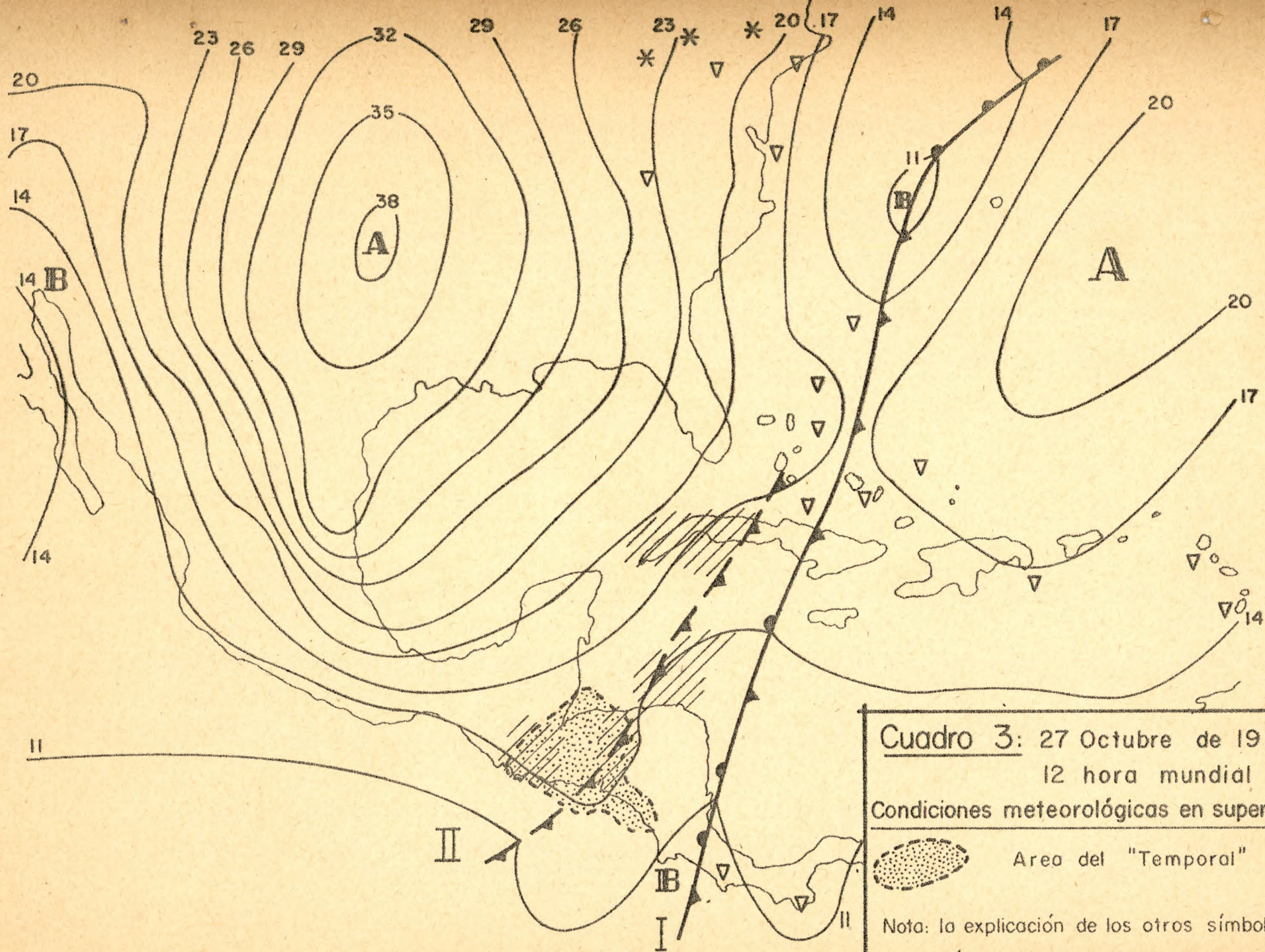
∇ Chubasco

* Nieve

/// Lluvia

⚡ Tormenta Eléctrica





Cuadro 3: 27 Octubre de 1957

12 hora mundial

Condiciones meteorológicas en superficie

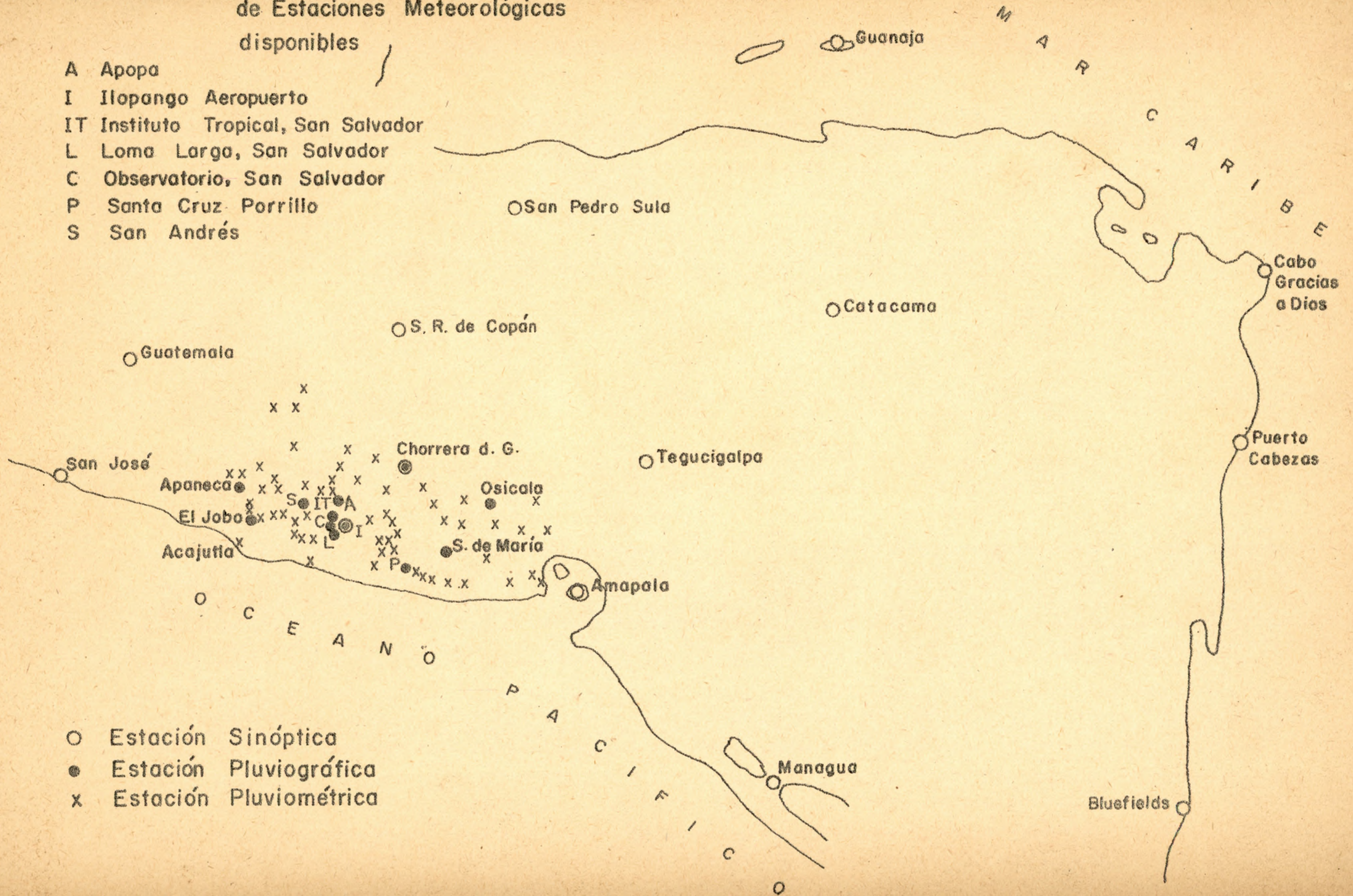


Area del "Temporal"

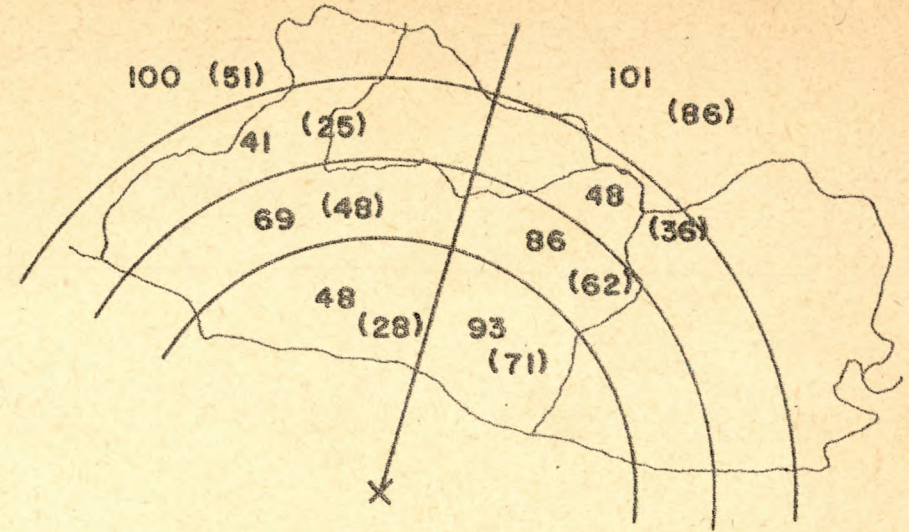
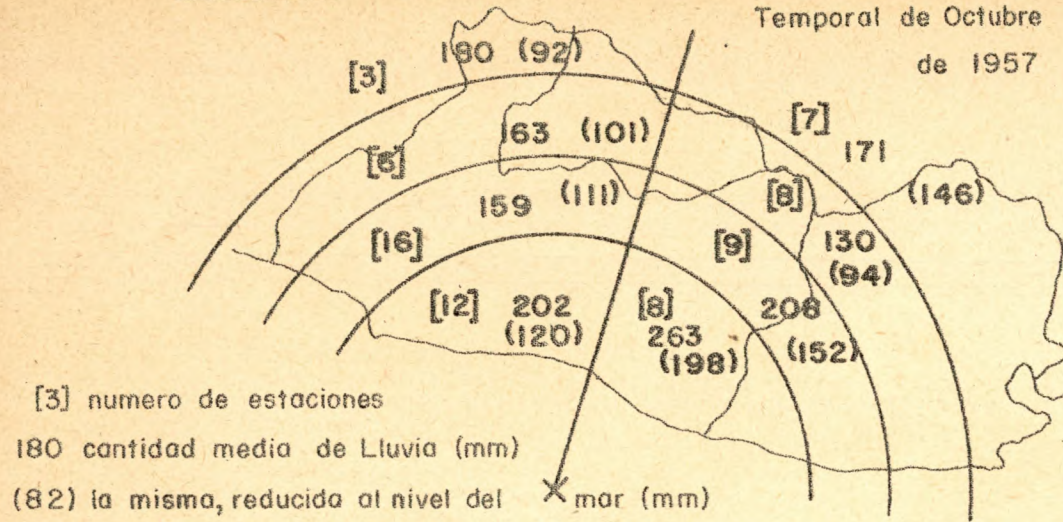
Nota: la explicación de los otros símbolos
véase el cuadro 1.

Cuadro 4: Calidad y Ubicación
de Estaciones Meteorológicas
disponibles

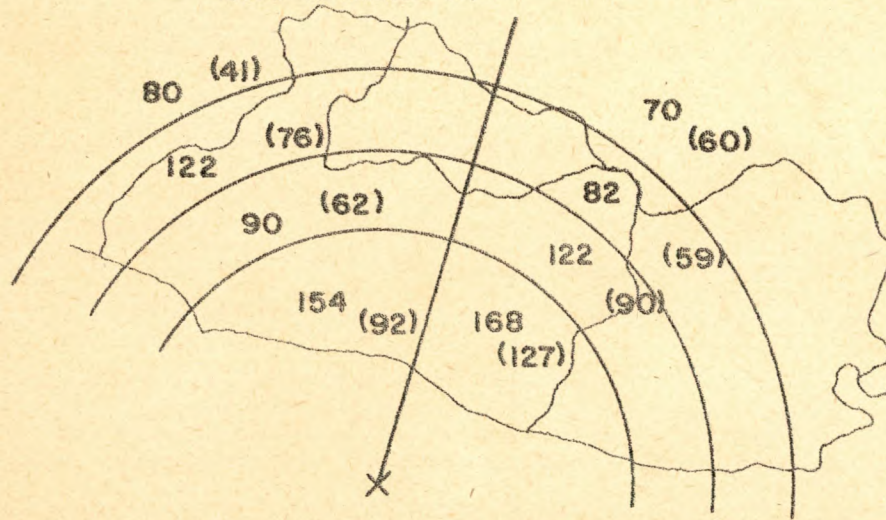
- A Apopa
- I Ilopango Aeropuerto
- IT Instituto Tropical, San Salvador
- L Loma Largo, San Salvador
- C Observatorio, San Salvador
- P Santa Cruz Porrrillo
- S San Andrés



Cuadro 5: Distribución regional de Lluvia durante todo el Temporal de Octubre de 1957

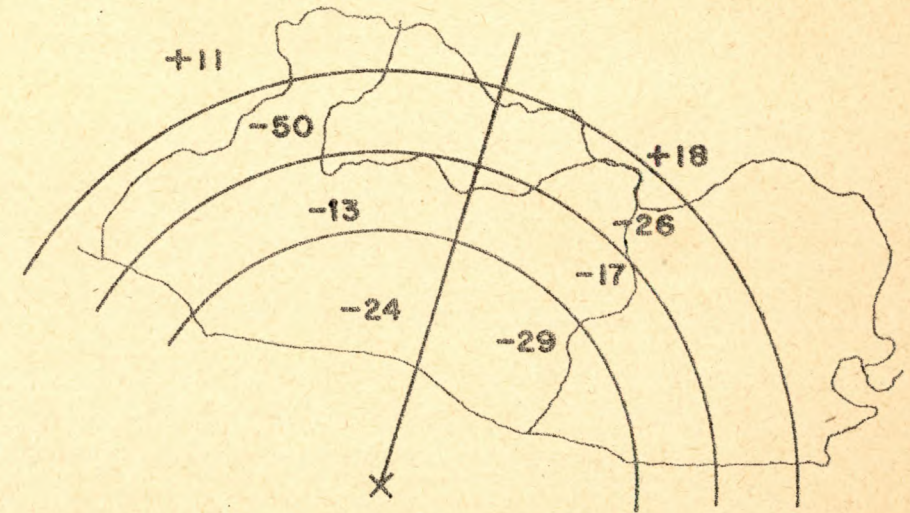


Cuadro 6: Distribución regional parcial de Lluvia durante el Temporal de Octubre de 1957. (explicaciones vease el cuadro 5)



A. Lluvias caídas entre el 25 de Octubre 7a.m. y el 26, 7a.m. (mm.)

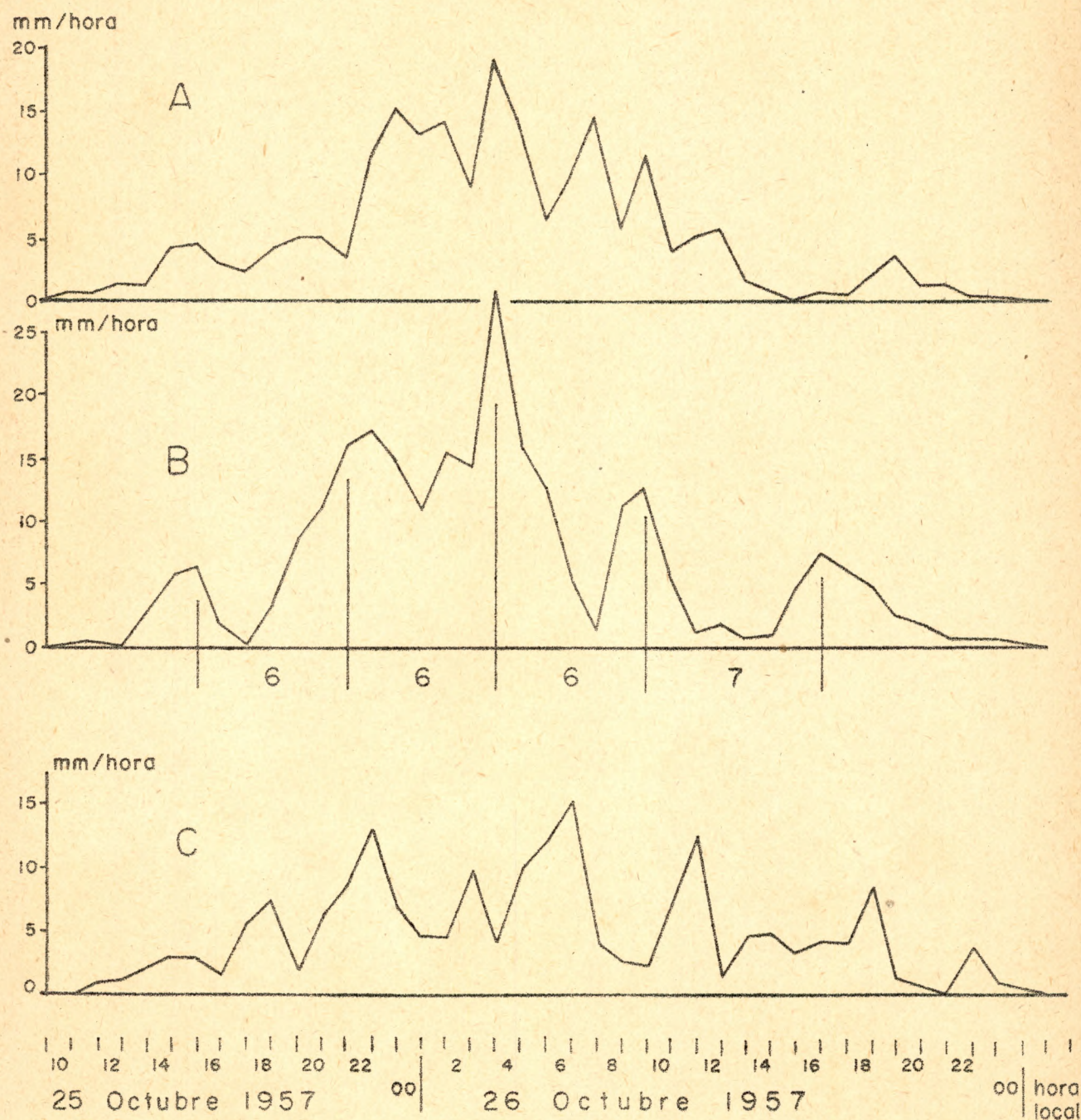
B. Lluvias caídas entre el 26 de Octubre 7 a.m. y el 27, 7a.m. (mm.)



C. Diferencia A-B (en % de la suma total)—un valor negativo, significa que el primer día produjo mas lluvia.

Cuadro 7:

Promedios horarios de la Lluvia



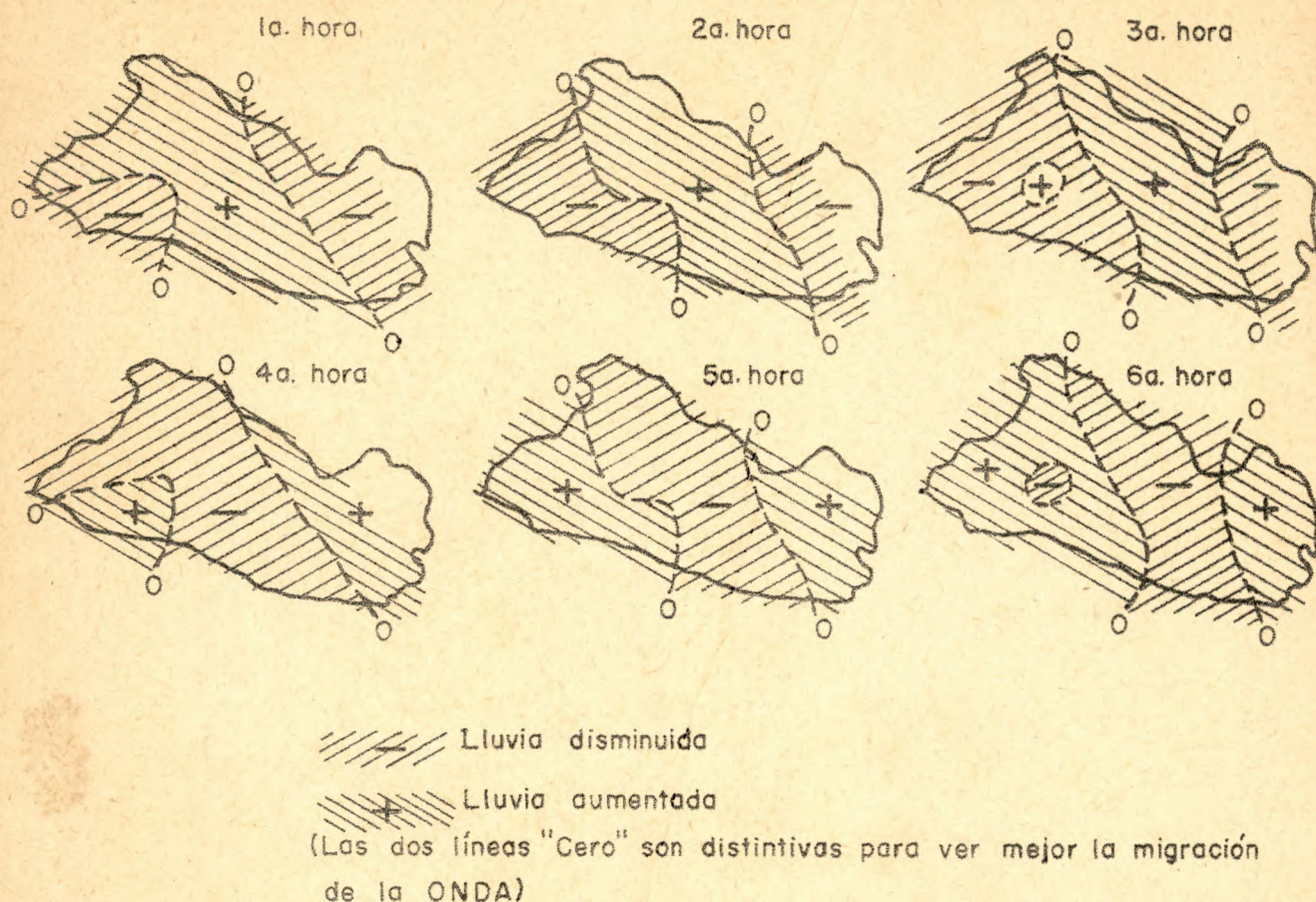
A—Grupo occidental (Apaneca, El Jobo, San Andrés)

B—Grupo capitalino (Observatorio, Instituto Tropical, Aeropuerto, Loma Larga)

C—Grupo oriental (Santa Cruz Porrillo, Santiago de María, Osicala, Chorrera del Guayabo)

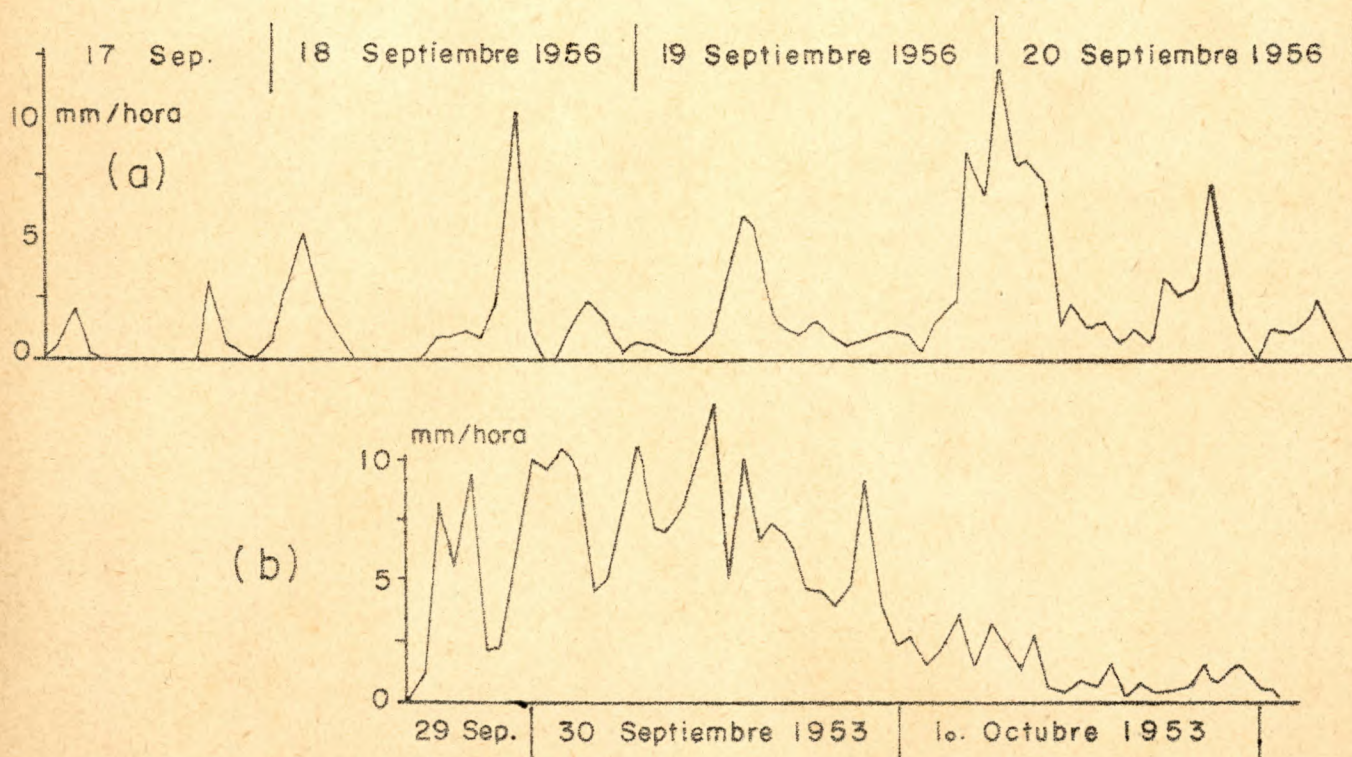
Cuadro 8:

Fases de la Onda de las Intensidades de Lluvia de 6 horas de duración, basadas en el Análisis Armónico



Cuadro 9:

Intensidades horarias de Lluvia durante dos Temporales



(a) 17-21 de Septiembre, de 1956 (Promedio de las estaciones Observatorio, Instituto Trop., Ilopango y Loma Larga)

(b) 29 de Septiembre - 1o. de Octubre de 1953 (Promedio de las estaciones Instituto Tropical e Ilopango)