

*MEDITACIONES METEOROLOGICAS ACERCA DE EL SALVADOR.**p o r**Dr. Willy Rudloff.*

\* \* \* \*

I.- Conceptos varios sobre la temperatura.

Cuando un habitante de la zona templada, se embarca por primera vez con rumbo hacia un país tropical, como dijéramos de Alemania hacia El Salvador, al desembarcar por ejemplo en el Puerto de La Libertad, sufre un gran asombro principalmente por el calor sofocante que envuelve ese lugar (opinión dada también por los nativos sobre esas zonas costeras).

Las temperaturas observadas en el Puerto de La Libertad, se encuentran también en las regiones lejanas al Ecuador; pudiendo ser más fácilmente soportada por el hombre, pues el aire es menos húmedo que en el trópico. Esto explica, que no solo la temperatura influye en la sensibilidad del hombre, sino también la humedad del aire, así como el viento y la radiación solar, los cuales no se observan ni se toman en cuenta en esto.

El cuerpo humano tiene una temperatura de 37 grados, esforzándose por mantenerla en ese mismo grado. Así tenemos que, cuando el individuo recibe demasiado calor, su cuerpo experimenta un enfriamiento que tiene por causa la evaporación de agua en su superficie. El calor necesario para la evaporación viene de la piel humedecida por la transpiración que da por efecto una sensación de frescura; pero cuando el aire está muy cargado de vapor de agua, el hombre siente un calor sofocante debido a que la posibilidad de evaporación es menor. Después de eso, puede decirse que el cuerpo humano parece ser un cuerpo húmedo. Por eso la temperatura de un termómetro húmedo, es similar a la temperatura sentida por el hombre. Varios investigadores de los Estados Unidos, llaman a dicha temperatura 'sensible temperature' (temperatura sensible) y de acuerdo a ésta, puede calificarse el provecho del clima tropical para el hombre (Véase J. W. Gregori, Journ. Sc. met. Soc. Vol. 16, p 3-9).

Sigue un ejemplo para poder enterarse someramente, de las condiciones de temperatura mediante simples observaciones:

Por la tarde y por la noche del 10. de octubre de 1951, se hizo un viaje en jeep, del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas, San Salvador, al río Chilama cerca del Puerto de La Libertad, como excursión de investigación zoológica. En primer lugar sigue una descripción del estado del cielo: A la salida, 16h. 35m.; se veía al Suroeste nubes bajas, tocando las cumbres; más arriba se levantaban encima del mar, torres altas de tempestad; el cielo restante estaba cubierto de muchas nubes altas y claras, con forma de tela; especialmente en el Norte y Este, reinaba vivo relampagueo en oscuras masas de nubes empinadas, encubriendo con

sus bases los picachos de los volcanes de San Salvador y San Vicente. Durante el viaje estaba oscureciéndose el cielo detrás de la bifurcación a Santa Tecla, y bajas trizas de nubes estaban bajándose a las colinas por bajo de la estrechada cubierta de nubes. Más tarde el cielo se aclaraba; lucía el sol debilitado por finos y altos celajes que primero brillaban blancos y al crepúsculo ya eran de color rosado. Encima del pacífico al Sur y Sureste, estaban algunas nubes como altas montañas.

En segundo lugar, sigue la observación de la temperatura y su evaluación. Durante el viaje (siempre fuera del vehículo) sostenía dos termómetros, los cuales están en un estuche metálico blanco como abrigo, contra la radiación calórica y ventilados por el viento del viaje. Uno de los termómetros marca la temperatura del aire libre, el otro, recubierto el bulbo con una tela humedecida con agua, marca la temperatura húmeda. Sólo cuando el aire está completamente saturado de vapor de agua, cuando la humedad relativa (es decir la relación del peso de vapor de agua, contenido en el aire con el peso máximo que es posible a la misma temperatura) tiene 100%, entonces la temperatura seca equivale a la temperatura húmeda. De lo contrario, la temperatura húmeda siempre es más baja que la temperatura seca; porque la evaporación produce enfriamiento.

Cada 2-4 kilómetros se leían los termómetros y se anotaban además la hora y el lugar de la observación. La figura 1a. representa gráficamente dichas observaciones: de izquierda a derecha se hallan los kilómetros; la curva más alta indica la temperatura seca y la curva anterior a la temperatura húmeda. Puede verse como generalmente ambas curvas tienen la misma marcha. Detrás del calor de la capital que tenía esa tarde unos 25 grados, se bajaba la temperatura del aire, según el aumento de la altura, hasta 25 grados, crecía hacia la costa con un máximo de 28,6 grados en La Libertad; al mismo tiempo la temperatura húmeda llegaba a un máximo de 25,7 grados. La curva tercera que representa la humedad relativa, que puede calcularse por las observaciones, da a conocer que hay más o menos el mismo valor en San Salvador y La Libertad. La cantidad de vapor de agua en el aire, dada por la curva IV y que puede calcularse por las observaciones de estas temperaturas, tenía en la capital unos 19 gr./m<sup>3</sup>, bajaba encima de la cumbre hasta 17 y alcanzaba su máximo de 23 al río Chilama. De los detalles que señalan las curvas sólo tomamos las referentes al gran aumento de temperatura en La Libertad; donde había una temperatura 2 grados más alta que en los alrededores, y la húmeda relativamente más baja. Esa conducta de la temperatura y la humedad indica que en la villa y sus alrededores se hallaba prácticamente la misma masa de aire, que bajaba su humedad relativa, a causa de calentarse en los enardecientes edificios de piedra.

Una investigación sistemática del país, relativa a las condiciones de temperatura y humedad en las varias regiones, puede servir a los proyectos de nuevos pueblos y ayudar a la búsqueda de sitios más agradables para el hombre.

## II.- DESARROLLO DE LA METEOROLOGIA.

El pequeño ejemplo del último párrafo enseña como la Meteorología aplicada puede servir a los intereses del Estado y de la sociedad.

Meteorología es la ciencia del tiempo y parte de las ciencias físicas y naturales; está en suma contribuyendo efectivamente desde las edades antiquísimas, al continuo y progresista desarrollo del género humano.

Ya el griego Aristóteles plantó la definición de la palabra 'Meteorología' significando la ciencia de todo lo que hay en el aire; y su compatriota Teofrasto, ocupándose mucho en Botánica, ya expresó la dependencia de la agricultura del tiempo, diciendo: 'El año fructifica, no la tierra', en lo cual, año quiere decir el temple del año.

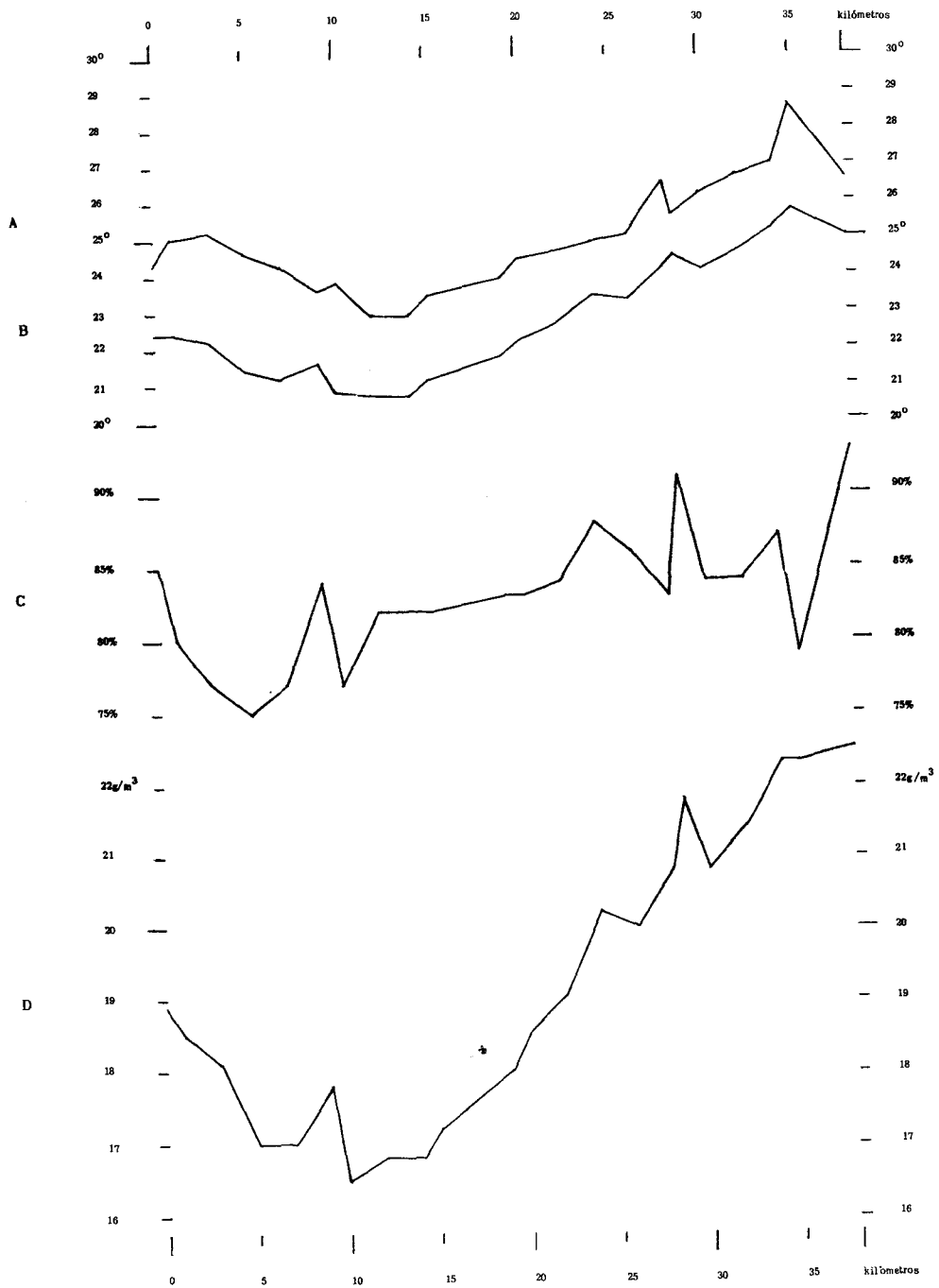


FIGURA : I

Viaje en jeep SAN SALVADOR- LA LIBERTAD el 1º de octubre 1951, 16<sup>h</sup>35<sup>m</sup>-17<sup>h</sup>50<sup>m</sup>.

- A temperatura seca en grados centígrados.
- B temperatura húmeda en grados centígrados
- C humedad relativa
- D humedad absoluta ( en gramo del vapor de agua contenido en un metro cúbico).

El naturalista de fama Universal Alexander von Humboldt, quien inició el establecimiento de Institutos de Meteorología en Prusia, Inglaterra y Rusia antes de la mitad del siglo pasado, cimentó en su carta al Ministro competente el provecho de las reguladas observaciones meteorológicas así:

'Calor y humedad son los más importantes elementos de la vida vegetal, y sin declarar numéricamente la medida de sus variaciones en diferentes años, cerca de la costa o en el interior de la tierra plana o montuosa, todo el razonamiento sobre las causas de la esterilidad es palabrería'.

Hasta fines del siglo todos los países civilizados, poseían ya Institutos y observatorios meteorológicos. Estos sirven especialmente a la agricultura, economía forestal, economía acuática, higiene pública; además, al tráfico, a la industria, la arquitectura y el comercio. También los países tropicales erigieron observatorios, como El Salvador, el cual, ya en 1889 estableció su Observatorio Nacional Meteorológico, que anualmente publica sus valiosas observaciones revelando un aspecto completo y comprensivo del tiempo y del clima de la capital.

En la zona templada el tiempo varía mucho caprichosamente, más que en los trópicos y surgió el deseo de prever el tiempo con anticipación. La ciencia de la Meteorología indicaba un medio para la solución de este problema. Muchos países instalaron servicios meteorológicos, y en tiempos de paz, reunidos en estrecha organización internacional, siempre canjearon sus observaciones; en el servicio para la navegación aérea, en períodos de media en media hora. En tiempos de guerra, las tareas meteorológicas se amplificaron, fomentando en los tiempos sucesivos un progreso en el conocimiento de los enmarañados procesos atmosféricos. Pero no sólo el problema pronóstico, sino también el de los restantes temas meteorológicos progresaba; especialmente la Meteorología Agrícola, concediendo el conocimiento de las observaciones exclusivas de los Institutos, no bastaba para comprender el influjo del tiempo en la vegetación y necesitaban nuevos conocimientos ganados con métodos especiales. Más, los resultados no se pueden aplicar a los trópicos en general; esa es la causa de que el Centro Nacional de Agronomía del Ministerio de Agricultura y Ganadería haga observaciones meteorológicas por sus estaciones mismas. Pues para obtener un mejor éxito se necesitan exámenes particulares; especialmente de la lluvia que muestra gran desigualdad en pequeñas extensiones de espacio.

### III. - HIDROLOGIA, AGRONOMIA Y METEOROLOGIA.

Muchas rama de la vida pública están en estrecha dependencia con las condiciones de la lluvia. Consideramos ahora sólo la relación con la Hidrología; pues en este momento ha comenzado la construcción de la planta eléctrica del Río Lempa, teniendo la mayor importancia del país. Es la tarea de la Hidrología, investigar y controlar el agua en los suelos y en los ríos. Cuando se construyen diques, es necesario saber los promedios de las cantidades de lluvia que caen en la cuenca; pues es urgente cuidar de bastantes provisiones de agua, o bien de regular económicamente la altura del agua. Urgentemente se necesitan también medidas exactas de las lluvias sobre las montañas. Además, puede arreglarse conforme a las cantidades caídas de lluvia, la humedad de los terrenos en praderas y cultivados mediante regadíos y desagües.

En lo que se refiere la planta del Río Lempa, no puede declararse con exactitud la economía acuática; porque el radio de las estaciones de observación no llena las exigencias necesarias. Junto con las estaciones del Observatorio Nacional, las estaciones de los ferrocarriles que miden la lluvia revelan las condiciones de éstas a lo largo de la cadena de volcanes

y del occidente. Pero hay aún grandes partes de la cuenca no conocidas, según demuestra una colección de las cantidades anuales de la lluvia de 29 estaciones publicada en junio de 1947 por el Ministerio de Fomento (Desarrollo hidroeléctrico propuesto para el Rfo Lempa, Harza Engineering Company, Chicago, Illinois, (pág. F 12)).

Doce de estas estaciones tienen medidas con un período de 20 años, (1927 - 1946). La figura 2 tiene al lado derecho el promedio anual de cada estación y del medio total que tiene 1996 mm. La cantidad menor está en Olomega: 1700 mm.; la cantidad mayor en Zacatecoluca: 2306 mm. Las desviaciones de los valores de las estaciones particulares y del medio total de las mismas contra el promedio respectivo para los 20 años, indican la diferente conducta de las cantidades de lluvia en los varios años del citado período, que siguen de izquierda a derecha. Las desviaciones representadas por columnas verticales, son desviaciones relativas que se obtienen cuando se dividen las desviaciones por el medio. En las observaciones de todas las doce estaciones, en la parte inferior de la gráfica, pueden observarse las variaciones del clima (reconocer éstas, es una tarea muy importante pero aún no descubierta por la Meteorología). Puede verse también que las variaciones del clima se distinguen en los años desde 1927 hasta 1936, excepto los años 1930 y 1935, por valores sobresalientes de lluvia, mientras que en los años desde 1937 hasta 1946, excepto los años 1937 y 1942, los valores estaban bajo de los promedios. Todavía no es posible pronosticar la conducta de la lluvia con anticipación, pues no se conocen las causas de las variaciones. Puede verse además que sólo durante cinco años (1930, 1936, 1939, 1944, 1946) el total de las estaciones tiene desviaciones del mismo sentido y que, en los quince años restantes, al mismo tiempo existen desviaciones positivas y negativas. Eso ya indica la necesidad de registrar continuamente las condiciones lluvia para regular económicamente el agua del dique.

La Agronomía tiene el segundo lugar relativo a la importancia de las medidas llovedizas. En septiembre de 1951 el Centro Nacional de Agronomía publicó todas las medidas llovedizas sequibles del país (36 estaciones). Se recalca también en este centro la gran importancia de medir la lluvia; por eso en algunas fincas, en partes desde hace muchos años, se mide la cantidad de lluvia diariamente. Tales medidas relativamente simples necesitan lo.: erigir pluviómetros (de poco costo) en lugares apropiados, según lo indica un Meteorólogo; 2o.: Observadores fieles y cumplidos quienes medirán todos los días según la instrucción. En sitios de especial importancia, será recomendable establecer pluviógrafos que registren la lluvia, para comprender su intensidad, el comienzo y fin de la misma. Las medidas de una red de pluviómetros densa y bien organizada serán de gran interés. Mapas indicando la cantidad de las lluvias, en los diferentes meses del año y en las diferentes partes de la República serán de su utilidad para fines agrícolas; problemas de tráfico etc.

#### IV. - OTROS PROBLEMAS DEL AGUA ATMOSFERICA.

La misma importancia que tiene la lluvia, tiene la evaporación prestando gran atención a la Agronomía e Hidrología. Desafortunadamente, la Meteorología no puede contestar, con exactitud necesaria, la pregunta referente a la cantidad de la evaporación. En la ecuación fundamental del agua en el suelo, la lluvia y la evaporación están en relación con el desagüe total y la variación del agua subterránea; esta última cantidad, tal vez puede ser influenciada por el hombre en extensión considerable, mediante la reforestación. Ahora, para conseguir artificialmente lluvia y evaporación, es indiscutiblemente necesario sumar más y más las investigaciones. Para fines prácticos este problema no está resuelto todavía.

Al hombre no le es posible hacer lluvia artificial en general; sin embargo hay ciertos estados de la atmósfera llamados estados inestables en Física y Meteorología, donde todas las

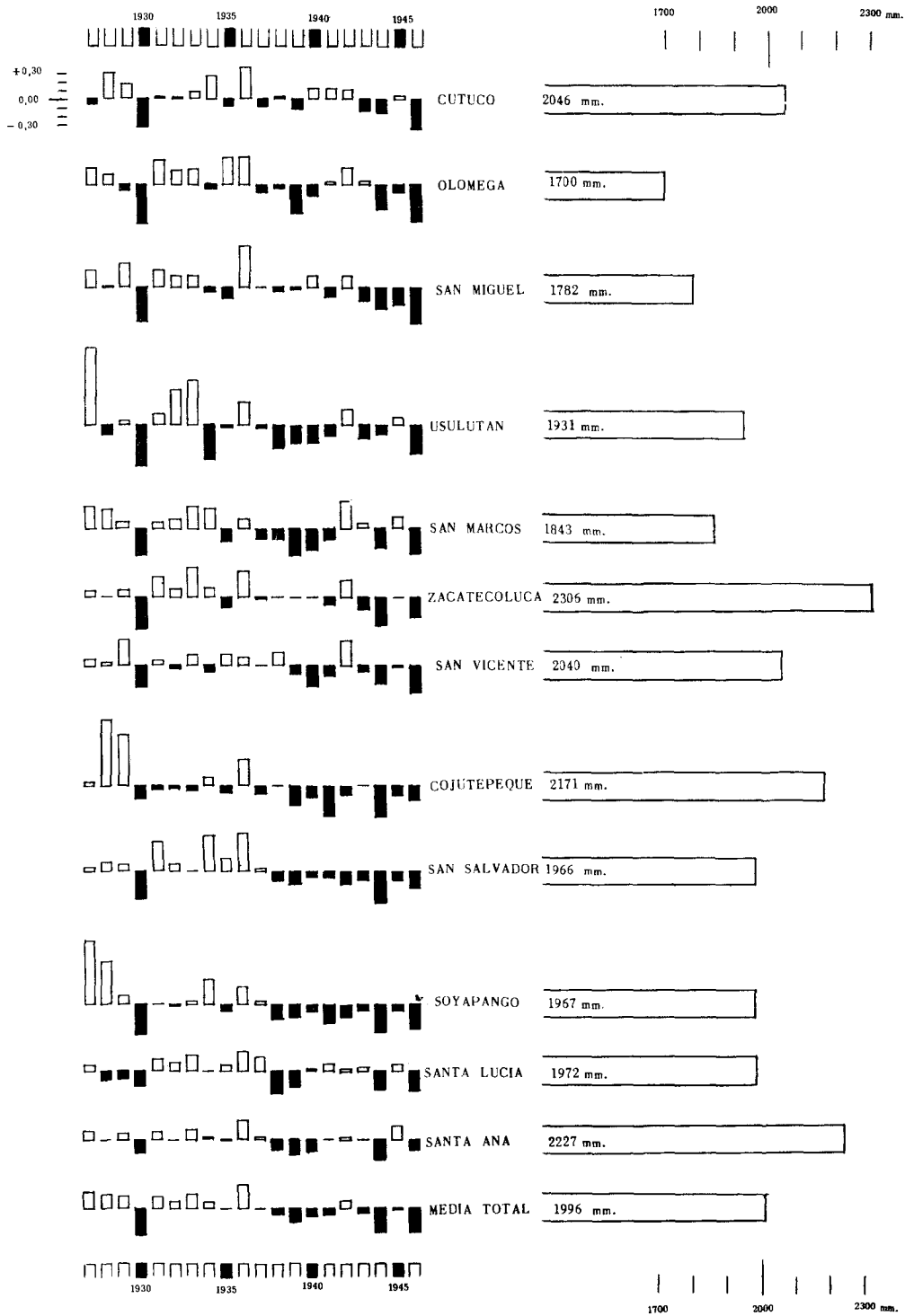


FIGURA : II

Desviaciones relativas de las lluvias anuales (lado izquierdo) y promedios anuales de la lluvia (lado derecho), de 12 estaciones de El Salvador.

condiciones para la lluvia están cumplidas, faltando solamente un impulso para producir la lluvia. Para aprovechar dicha lluvia artificial, es necesario investigar primero los datos básicos: dónde, cuando y cuántas veces acontecen tales estados inestables en este país. Las investigaciones acerca de estos fenómenos, partiendo de la Meteorología aplicada, son de gran importancia; y podrían llevarse a cabo estas investigaciones sin grandes gastos haciendo uso de los aviones salvadoreños, los cuales en sus vuelos llevarían aparatos especiales de Meteorología, cuyos datos deberían de ser valorados por un Meteorólogo. Esto sería semejante a las observaciones de temperatura del viaje en Jeep, mencionadas en el párrafo primero. En esta forma pueden ganarse conocimientos del estado variable de la alta atmósfera, que hasta ahora no es posible en el país; siendo necesario esos si se trata de comprender los sucesos del tiempo como experimentos de la naturaleza. Sin conocimiento exacto de un suceso físico, éste no puede ser aprovechado por el género humano. Como el progreso de la civilización moderna sólo es posible después del conocimiento de que la electricidad tiene un movimiento ondulatorio, sí será posible un provecho y quizás también un influjo del tiempo en gran estilo, cuando se sepa más de los complicados sucesos físicos del tiempo. Así el país que promueve reciamente la ciencia, se aprovechará más con los frutos de las investigaciones.

#### V. INVESTIGACIONES TROPICALES DEL TIEMPO.

A causa de numerosas observaciones variadas del tiempo, hechas en vuelos por aviones de guerra norteamericanos, fué posible averiguar la conducta de la zona intertropical de convergencia (Véase L. Alpert, Bull Am. Met. Soc., Vol 26, 1945, p. 426-432, Vol. 27, 1946, p. 15-29, 62-66: The Intertropical convergence zone of the Eastern Pacific). Los vientos alisios del hemisferio Norte y Sur, se encuentran en una zona llamada 'Frente intertropical', 'Frente ecuatorial', y recientemente 'Intertropical convergence zone', es decir convergencia tropical.

En la Convergencia tropical, la presión del aire es más baja que en los alrededores; hay corrientes de aire descendentes causando masas opacas de nubes con gran desarrollo vertical y además, lluvias acompañadas a menudo de tempestades. Es sobre todo la convergencia tropical, la que influye en el tiempo de los países y mares tropicales; por ejemplo: si se compara la posición de la convergencia tropical en la región entre los 90 y 95 grados Oeste con la lluvia que cae normalmente en la costa de Cutuco, puede verse la relación de ambas cantidades en la figura 3. De izquierda a derecha están los meses del año, y para apreciar mejor la variación se repiten después de Diciembre los meses de Enero, Febrero y Marzo. La línea continua indica la posición media de la latitud de la convergencia tropical entre 90 y 95 grados Oeste en el pacífico del Este.

Se reconoce que, la convergencia tropical se dirige desde febrero, cuando tiene su posición más al Sur ( en 2,60. N.), hacia el Norte; alcanzando su posición más al Norte en Junio (8,80.N). Durante Julio, ella retrocede un poco hacia el Sur, regresando enseguida hacia el Norte y alcanzando de nuevo la latitud de 8,80.N en el mes de Septiembre. Desde Septiembre hasta Febrero la convergencia tropical va caminando rumbo Sur, hasta alcanzar 2,6<sup>a</sup> de latitud Norte en Febrero otra vez.

En el mismo diagrama aparece una línea quebrada, ostentando el medio mensual de la cantidad de lluvias en Cutuco (La Unión). Muy clara es la relación entre la convergencia tropical y la cantidad de lluvias: en la posición más Norte de esta, es decir en Junio y Septiembre, la cantidad de lluvias alcanza su máximo. Al caminar la convergencia tropical hacia el Sur en Julio la cantidad de lluvias disminuye considerablemente. Desde Noviembre hasta Abril, cuando la convergencia tropical se encuentra en su posición más Sur, tenemos la temporada seca del año.

Cerca de la convergencia tropical la presión del aire es muy baja; por esto los movimien-

- 8 -

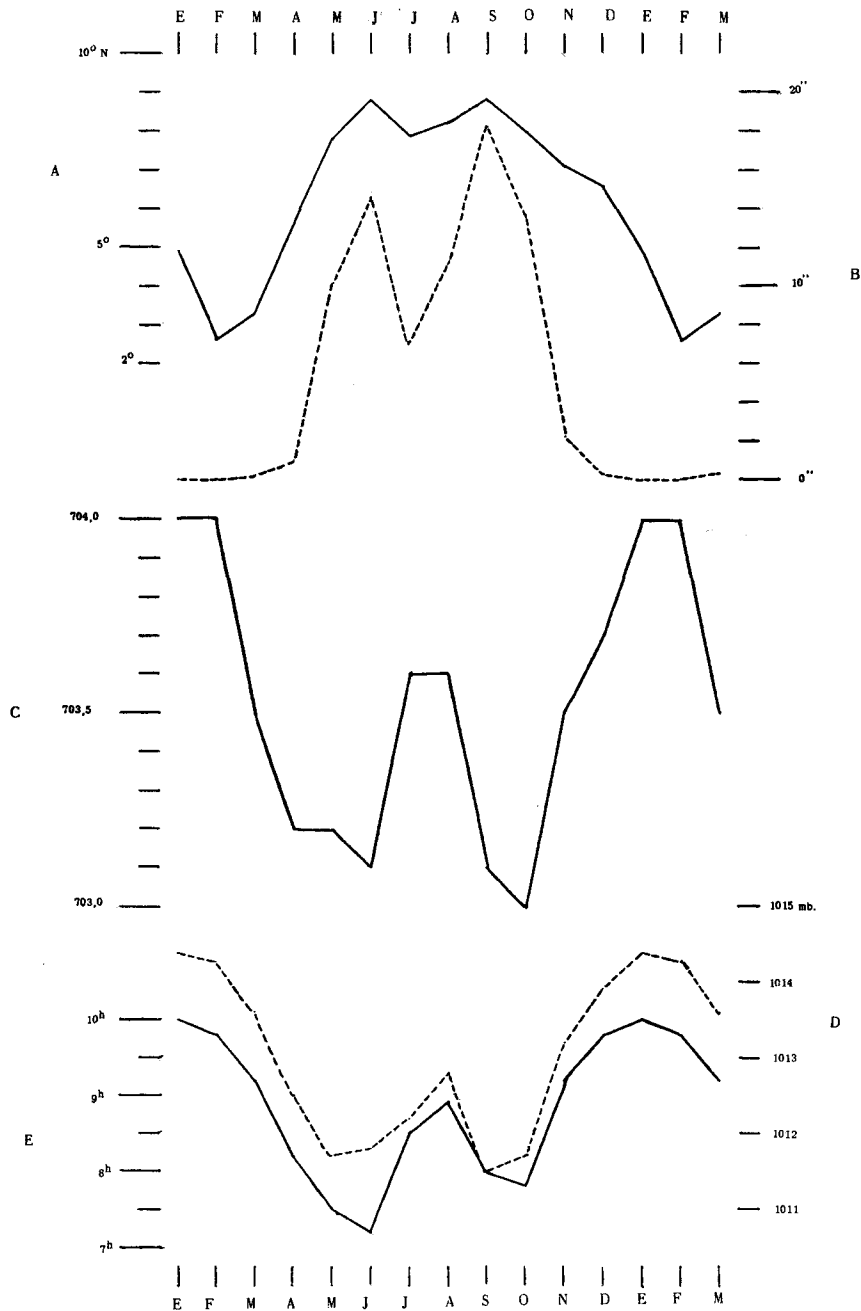


FIGURA : III

Movimiento anual de la convergencia tropical y de algunos elementos del tiempo en El Salvador.

A posición de la convergencia tropical

B lluvia anual de Cutuco 1927-1950

C presión normal a la altura de San Salvador 1912-1949

D presión normal reducida al nivel del mar de San Salvador 1899-1939

E promedio diario con luz de sol en San Salvador. 1912-1929.



tos de ésta tienen que reflejarse en la presión atmosférica mensual de un lugar. Así la presión de San Salvador publicada en los Anales (1949) del Observatorio Nacional para el período de 1912-1949, indica presión alta, cuando la convergencia tropical es lejana, y presión baja cuando es cercana. También puede verse el movimiento Sur de la convergencia tropical en Julio, relacionado con la elevación de la presión. La gráfica siguiente demuestra como están reunidas las condiciones de la presión y las del tiempo; de izquierda a derecha se hallan los meses del año. La línea continua representa el promedio diario con luz de sol (o sea la ausencia de nubes) en San Salvador; la línea quebrada representa la presión mensual normal de San Salvador, reducida al nivel del mar, tomada de 'Historical Weather Maps' (Mapas históricos del tiempo) para el período 1899-1939. Estos mapas, (conteniendo mapas diarios del tiempo para todo el Hemisferio Norte) se producían en los Estados Unidos durante la última guerra, teniendo inestimable valor para la investigación del tiempo mundial.

Las investigaciones hechas en este país pueden contribuir mucho a la ciencia internacional aclarando los problemas de la conducta de la convergencia tropical; tales investigaciones requieren sondeos de globos pilotos, radio-sondas y mapas sinópticos diarios del tiempo, al lado de una red de pluviómetros. Estas investigaciones al mismo tiempo pueden ser de importancia práctica para un pronóstico del tiempo. Muchas veces el desarrollo de las condiciones de la presión atmosférica puede ser pronosticado, y la presión atmosférica influye esencialmente las condiciones del tiempo. Además, toda investigación será aprovechada por el país mismo; porque, un conocimiento científico más detenido de estos problemas, hace posible pronósticos más exactos para un tiempo más largo; y por la misma razón, éste encontrará aplicación especialmente en la Agronomía e Hidrología.