

LAS ONDAS PARCIALES DE LA PRESION ATMOSFERICA EN CARACAS Y SUS RELACIONES CON LAS LLUVIAS (*)

Por G. FIEDLER (**)

R E S U M E N

Los valores horarios de 3 años de la presión atmosférica de Caracas fueron analizados armónicamente con diferentes métodos. Las ondas parciales obtenidas en esta forma fueron relacionadas con la climatología local y especialmente con las lluvias caídas. Hemos demostrado, que una onda diurna y una semidiurna causan el 90% de las variaciones diarias de la presión observada. Los ángulos de estas dos ondas parciales principales dan una función del tiempo y permiten por ésto la reconstrucción de los barogramas respecto a las mínimas y máximas. De las amplitudes, la de la onda diurna indica con gran sensibilidad cualquier cambio en el clima local. Tiene valor alto en tiempo seco, es decir en una situación climatológica muy estable y disminuye enseguida su valor, cuando se acerca la lluvia. La relación entre las amplitudes de la onda semidiurna y la diurna debe ser mayor que 2 hasta 2.5 para pronosticar caída de lluvia con cierta seguridad. Una relación mayor que 4 significa lluvias fuertes, y una menor que 2 significa prácticamente la falta de lluvia, como lo tenemos durante el tiempo seco.

Es posible, mejorar todavía estos cocientes de las relaciones de las dos amplitudes, prosiguiendo estas investigaciones y aprovechando

(*) Trabajo leído en la 2ª sesión del Symposium de 1964, el día 28-5-64.

(**) Dr. Günther Fiedler, Jefe Geofísico, Comandancia General de la Marina. Dirección de Hidrografía y Navegación, Observatorio de Sismología y Mareas Terrestres, Apdo. 6745, Caracas.

también los resultados de las demás 8 ondas parciales, obtenidas por el método aplicado. Pero estas amplitudes en su mayoría están en el orden de centésimos de milibares, valores que con toda confianza no dan los barógrafos corrientemente en uso. En nuestras latitudes es mejor, reemplazarlos por Microbarógrafos fotoeléctricos, para llegar a mayor exactitud en los datos de observación.

* * *

Las largas series de observaciones y registros gravimétricos permanentes desde 1958 y los muchos análisis armónicos sobre desplazamientos periódicos de la corteza terrestre firme a causa de atracciones planetarias, llamadas también Mareas Terrestres Gravimétricas, nos han dado ciertas diferencias en los resultados obtenidos, respecto a los teóricos. Es conocido, que las Mareas Marítimas y las Mareas Atmosféricas influyen por inclinaciones en la corteza terrestre a causa de variaciones de carga o peso y por potenciales adicionales, las mediciones de la Gravedad y las de la desviación de la plomada, hechas sobre la capa continental. Analizando armónicamente las Mareas Marítimas de La Guaira y las de la presión atmosférica de Caracas, siempre en paralelas de las Mareas Terrestres, esperamos llegar más cerca a la solución de este complicado problema.

Una vez obtenidos los resultados de las amplitudes y ángulos fásicos de 10 ondas parciales, que forman en su suma la presión atmosférica en Caracas, hemos buscado, qué otra utilidad nos prestan estas constantes armónicas. En primer lugar, son de interés general las relaciones entre las ondas parciales de la presión y la climatología local.

Es conocido que en regiones de Latitudes más altas se usan las indicaciones de los Barómetros y Barógrafos para pronósticos del clima. Cada baja del mercurio significa en general el comienzo de inestabilidad climatológica y cuando sube, el clima está mejorándose.

Esta ventaja no la tenemos en Latitudes tropicales. La curva registrada de la presión atmosférica es suave, una ondulación más o menos regular de día a día y con una amplitud de algunos milibares solamente.

El período de la oscilación tiene el carácter semidiurno y el tiempo de las dos máximas y mínimas se observa siempre dentro de horas fijas, con poca desviación.

Nuestra pregunta es: ¿"Qué contiene esta curva barométrica experimental"? Para obtener una idea general, fueron analizados ar-

mónicamente los registros barométricos de algunos días de tiempo seco y algunos de tiempo de lluvia, y estudiado las diferencias en las ondas parciales.

Si suponemos la curva barométrica $f(x)$, por ejemplo de un día, como suma de múltiples ondas parciales con períodos de un día, 12 horas, 8 horas, 6 horas etc., vemos que son mínimos múltiplos del período básico de 24 horas, podemos expresarla en la forma conocida²⁾:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + \dots + b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + \dots \quad (1)$$

Para cada onda parcial "m" se puede calcular los coeficientes a_m y b_m y obtener las expresiones

$$a_m \cos mx + b_m \sin mx = A_m \cos (mx - \phi_m) \quad (2)$$

La amplitud A_m es dada por la relación

$$A_m = \sqrt{a_m^2 + b_m^2} \quad (3)$$

y el ángulo fásico ϕ_m de la onda parcial "m" para el momento del comienzo de las series es:

$$\operatorname{tg} \phi_m = b_m / a_m \quad (4)$$

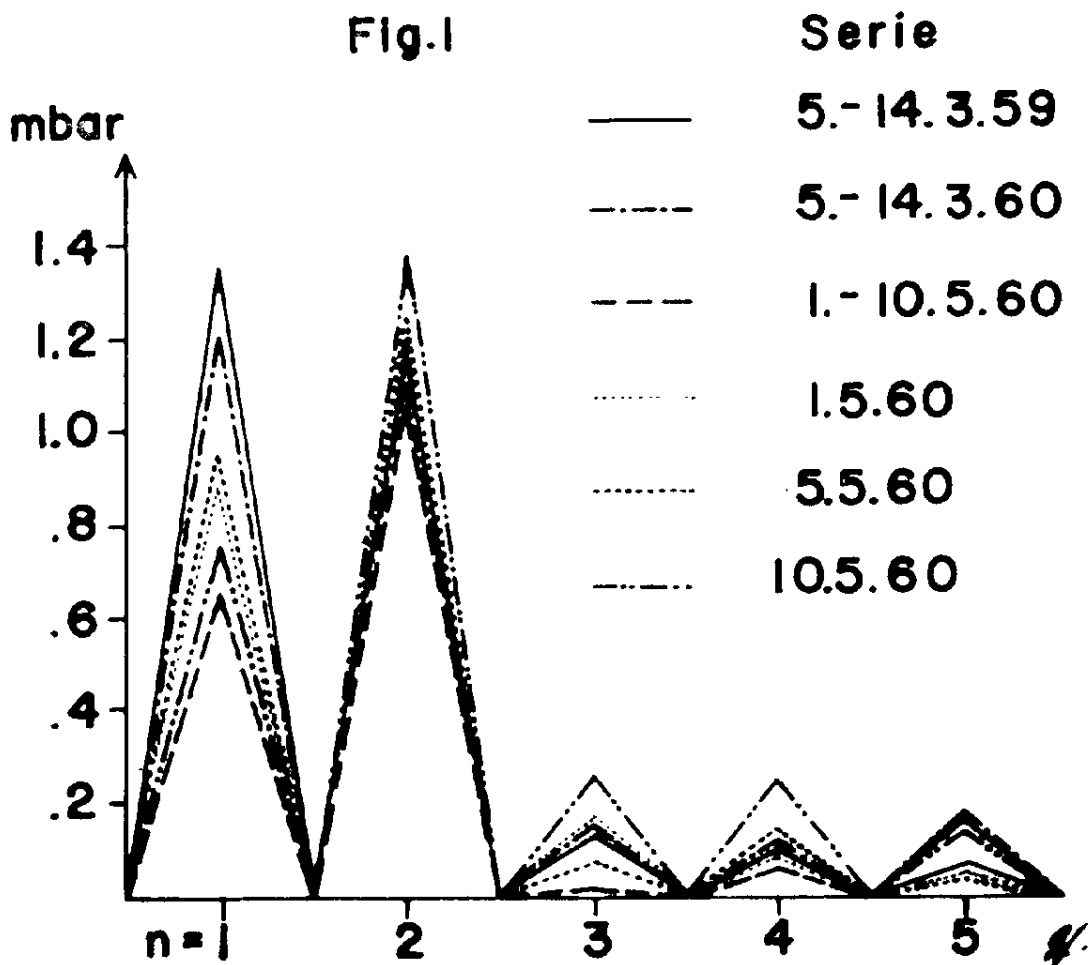
El resultado de varias series diurnas de la presión, de esta manera analizada es dada en la Figura 1 en forma de un espectro de amplitudes y frecuencias. Vemos, que nuestra presión atmosférica está compuesta en primer término de una onda parcial diurna y una semidiurna. Las ondas de períodos más cortos, las de 8, de 6 y de 4.8 horas son insignificantes en su amplitud. Estos períodos se pueden ver también en la Figura 1, donde "n" significa la frecuencia de las ondas parciales, es decir el número de oscilaciones completas por día. Observamos primero el comportamiento de la onda parcial diurna, llamamos la A_1 . Su amplitud en tiempo seco es entre 1.2 y 1.3 mbar., mientras en tiempo de lluvia este valor baja hasta 0.6 mbar. Vemos una importante dependencia de esta onda diurna respecto al tiempo del año, indicándonos el pronto comienzo del tiempo de lluvia, u otra inestabilidad climatológica.

Con menor característica notamos la onda semidiurna, llamamos

ésta A_2 . La variación de la amplitud durante el paso de tiempo seco en tiempo de lluvia es poca y ella representa la parte principal en la regularidad de nuestros barogramas, evitando el uso directo de estos registros para pronósticos locales.

En Latitudes mayores, estas oscilaciones son muy pequeñas, porque las variaciones del clima no permiten la perfección de ondas dominantes.

Respecto al método matemático usado, el análisis de FOURIER se debe aplicar solamente, cuando los períodos parciales son comensurables, es decir son mínimos múltiplos de un período básico. Si suponemos, que por una parte la atracción luni-solar forma la variación barométrica y no la radiación térmica solamente sabiendo, que tiempo lunar y tiempo solar no son comensurables, tenemos que cambiar



el método y los periodos básicos, y comparar los resultados nuevos con los anteriores. Hemos aplicado por ésto el método de LECOLAZET ¹⁾, que usamos desde hace años, para descomponer los registros de las Mareas Terrestres Gravimétricas en sus términos lunares y solares.

Un solo resultado de este método está basado en 715 valores horarios consecutivos de la presión, los cuales son analizados o descompuestos en ondas lunares, solares y combinaciones de ambas, con períodos diurnos y semidiurnos, medidos en tiempo lunar y solar.

Hemos utilizado una serie de unos tres años de valores horarios consecutivos de la presión. Como material básico fueron usados los registros permanentes de un Barógrafo del Observatorio y agradezco al SR. JIMENEZ, Jefe del Departamento de Meteorología por haberme prestado estas bandas. También nos facilitó algunos datos el INOS. Los primeros análisis armónicos fueron calculados a mano en nuestro Instituto y los demás por medio de la IBM 650 y 1.401 del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Departamento de Sistematización. Quiero aprovechar la ocasión para agradecer en forma pública a la Dirección de esta Institución y especialmente a la Doctora Parodi, por su gran interés particular y apoyo en nuestras labores.

Los resultados obtenidos de estas 37 series de análisis comprueban en gran parte los del método FOURIER. Tenemos que limitarnos a las ondas parciales más importantes, la onda S2A, término solar semidiurno principal, la onda M2A, término lunar semidiurno principal y la K1A, término diurno lunisolar. Estas ondas de atracción planetaria, según la teoría para un globo rígido se componen en la forma siguiente: Sea "C" la constante de Mareas

$$C = 3 f M r / c^3 = 16,4 \times 10^{-3} \text{gal} \quad (5)$$

con f = constante de NEWTON, M = masa de la Luna, r = radio terrestre, c = distancia centro Luna-centro Tierra.

Si φ es nuestra Latitud geocéntrica, podemos transformar esta constante en los coeficientes geodéticos del sitio de observación, Latitud $\varphi = 10^{\circ},4375$

$$\begin{aligned} C_1 &= 0.5 C \text{ sen } 2\varphi = 2,966 \\ C_2 &= C \text{ cos}^2\varphi = 15,963 \end{aligned} \quad (6)$$

Si “ τ ” es el tiempo lunar en el momento de la hora central de una serie de 715 horas consecutivas de observación, h = la longitud media del Sol, s = la longitud media de la Luna, medida en la eclíptica, nuestras tres ondas principales se componen en la siguiente forma:

La M2A: término lunar principal semidiurno:

$$\begin{aligned} A &= 0,454 C_2 \cos (2\tau + 180^\circ) = 72\,483 \cos (\dots) \\ B &= 0,454 C_2 (-\text{sen} (2\tau + 180^\circ)) = 72\,483 (-\text{sen} (\dots)) \end{aligned}$$

La S2A: término solar principal semidiurno:

$$\begin{aligned} A &= 0,211 C_2 \cos (2\tau + 2s - 2h + 180^\circ) = 33\,809 \cos (\dots) \\ B &= 0,211 C_2 (-\text{sen} (2\tau + 2s - 2h + 180^\circ)) \\ &= 33\,809 (-\text{sen} (\dots)) \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} A &= 0,211 C_2 \cos (2\tau + 2s - 2h + 180^\circ) = 33\,809 \cos (\dots) \\ B &= 0,211 C_2 (-\text{sen} (2\tau + 2s - 2h + 180^\circ)) \\ &= 33\,809 (-\text{sen} (\dots)) \end{aligned}} \right\} (7)$$

La K1A: término luni-solar principal, diurno:

$$\begin{aligned} A &= 0,530 C_1 \cos (\tau + s - 90^\circ) = 15\,736 \cos (\dots) \\ B &= 0,530 C_1 (-\text{sen} (\tau + s - 90^\circ)) \\ &= 15\,736 (-\text{sen} (\dots)) \end{aligned}$$

Según (6) tenemos que esperar en nuestra Latitud pequeñas ondas diurnas y grandes ondas semidiurnas, lo que comprueban las bandas barométricas aproximadamente. Lo mismo notamos según (7), indicándonos además, que la relación entre la S2 y la M2 debe ser igual a $33 / 72 \approx 0.460$, cuando ambas ondas están originadas únicamente por atracción lunar y solar. La misma relación también la podemos obtener en otra forma. Sea en un punto del globo

r = la distancia desde el centro de la Tierra al sitio de Observación.

ϑ = la distancia cenital de la Luna en este sitio.

R_m = la distancia centro Tierra hasta centro Luna.

En este punto, la Luna produce el potencial de Mareas

$$V_m = \frac{f M r^2}{R_m^3} (P_2(\vartheta) + \left(\frac{r}{R_m}\right) P_3(\vartheta) + \left(\frac{r}{R_m}\right)^2 (\dots)) =$$

$$= V_{m2} + V_{m3} \quad (8)$$

Los $P_n(\vartheta)$ son las funciones esféricas armónicas zonales con

$$\begin{aligned} P_1(\vartheta) &= \cos\vartheta \\ P_2(\vartheta) &= \frac{1}{2} (3 \cos^2\vartheta - 1) \\ P_3(\vartheta) &= \frac{1}{2} (5 \cos^3\vartheta - 3 \cos\vartheta) \end{aligned} \quad (9)$$

Si reemplazamos en (8) los valores de la Luna por los del Sol, obtenemos el potencial solar V_s . Para facilitar el cálculo, expresamos las masas de Luna y Sol en múltiplos de la masa de la Tierra "E" y las distancias en múltiplos del radio terrestre mediano "R". Así la relación entre las fuerzas lunares y solares, que causan las Mareas, será

$$\begin{aligned} V_s: V_m &= \frac{f S r^2}{R_s^3} : \frac{f M r^2}{R_m^3} = \frac{S R_s^3}{M R_m^3} = \\ &= \frac{S}{M} \cdot \frac{R_m^3}{R_s^3} \end{aligned} \quad (10)$$

Empleando valores numéricos en este resultado se obtiene:

$$V_s: V_m = 333\,200 \text{ E} / (1/81,5 \text{ E}) \times 60 \text{ R}^3 / 23\,360 \text{ R}^3 \approx 0.460$$

Veamos otra vez, que la fuerza solar de las Mareas es un poco menos que la mitad de la fuerza lunar y por ésto, la relación $S2/M2$ tiene que ser igual o muy cerca del valor 0,460, cuando las atracciones planetarias estén causando ondulación en la presión atmosférica.

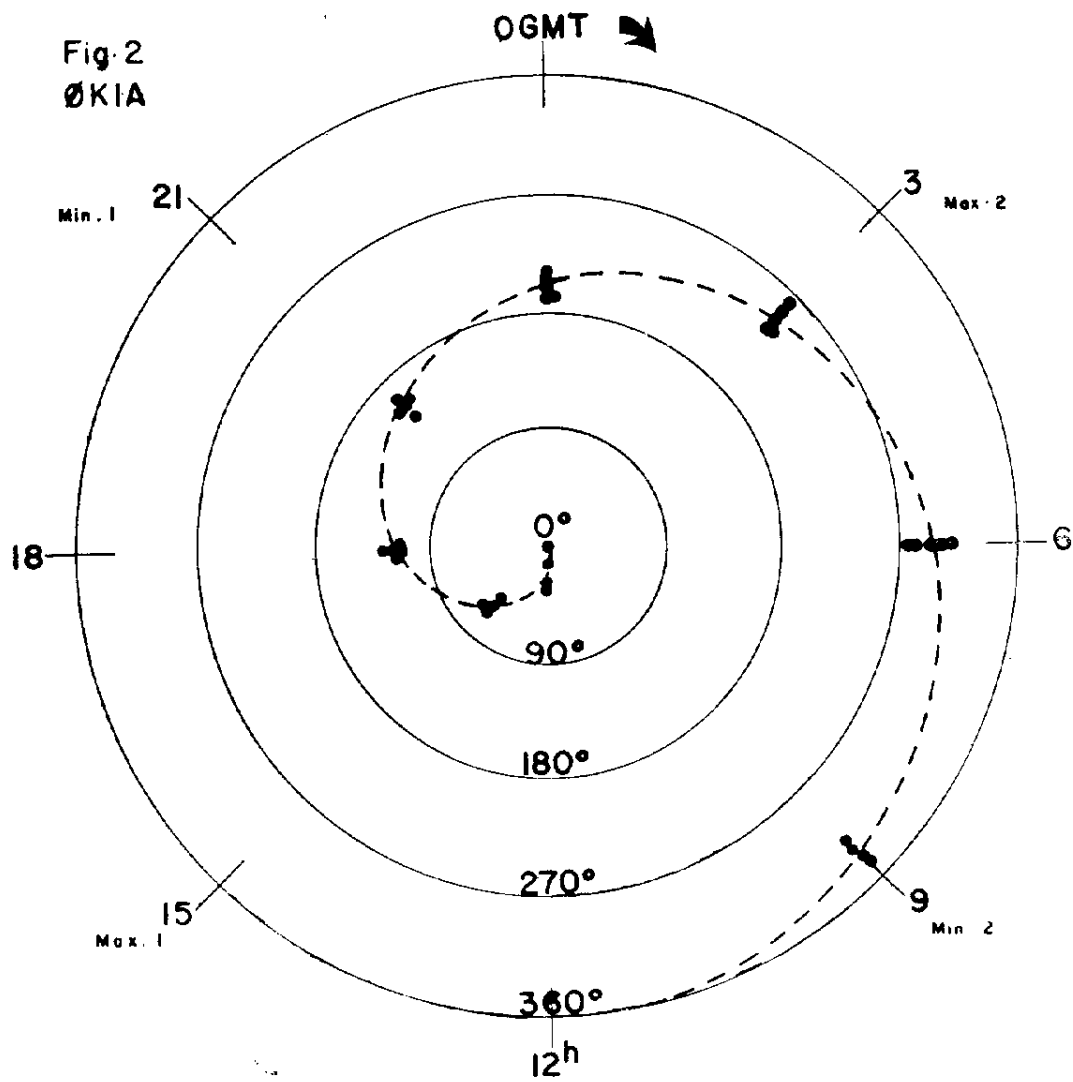
Con estos conocimientos básicos podemos ahora entrar en la discusión de los resultados, los cuales están dados en la Tabla I. La primera fila da el día y la hora central de cada serie mensual de la presión, armónicamente analizada, en hora Greenwich. Bajo "H" vemos la amplitud de la onda diurna K1A y bajo " ϕ " su ángulo fásico, ambos válidos en el momento de la hora central. " ϕ " significa la diferencia entre el ángulo fásico de la hora central y la hora 15:00 Gr., para la cual todas las amplitudes fueron transformadas, expresadas en la forma

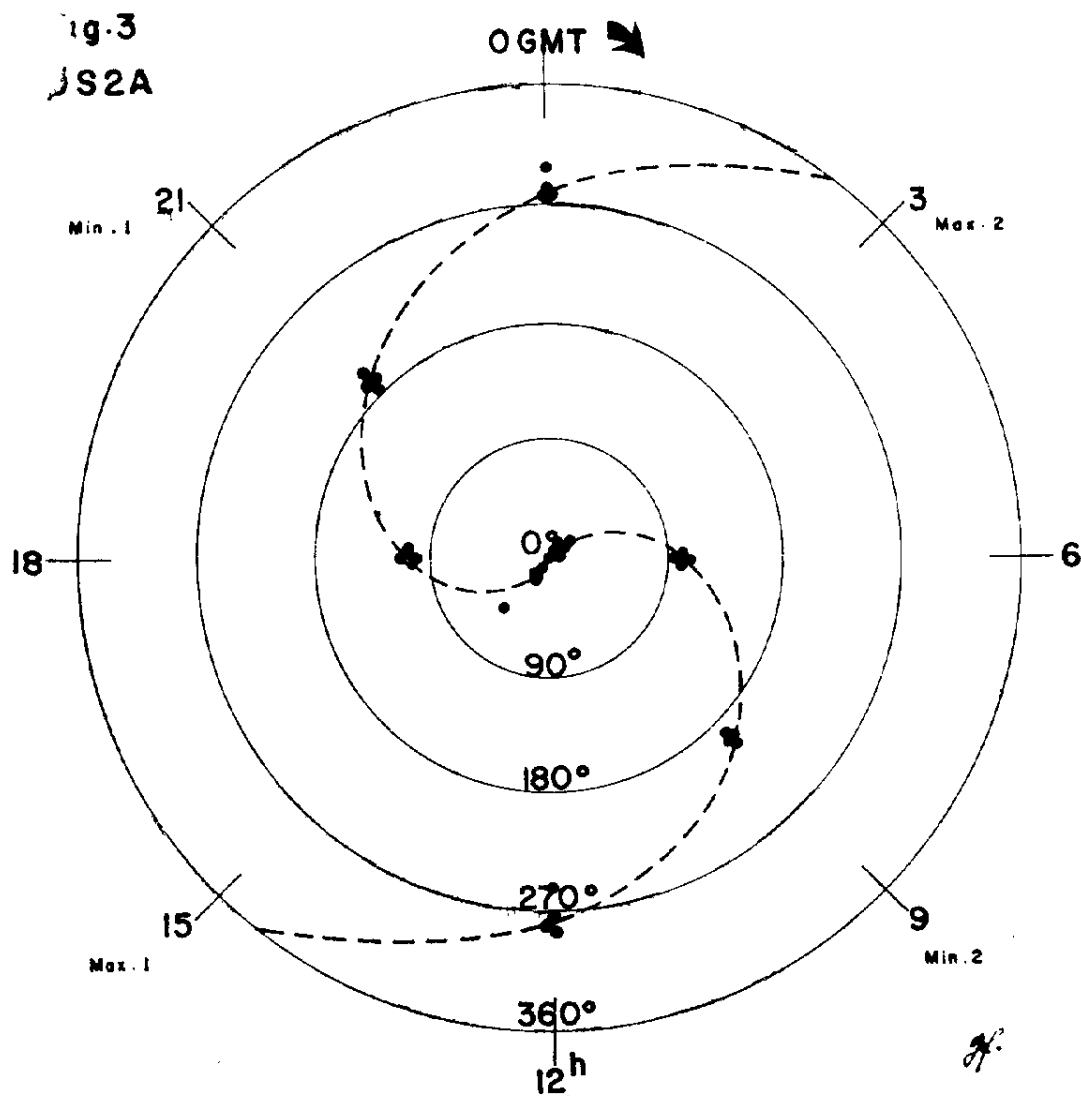
$$H \cos \phi \quad (11)$$

Bajo S2A son dadas las amplitudes correspondientes de la onda semidiurna solar, expresadas también en mbar y transformadas para 15:00 H. Gr., igual como de la onda K1A. En la última fila es dada la relación de ambas amplitudes.

Para una mejor demostración, estos resultados están expresados en las Figuras 2, 3 y 4. El primer dato importante, que nos da el análisis, son los ángulos físicos de las ondas parciales. En el momento de la hora central de cada serie analizada, las ondas parciales son expresadas en la forma

$$H \cos (wt + \phi)$$





donde H es la amplitud y ϕ el ángulo de la fase. La Figura 2 demuestra el transcurso del ángulo fásico de la onda K1A y la Figura 3 el de la S2A. Vemos, que en ambos casos, a veces sobre 5 ciclos de observación, los ángulos se demuestran en forma lineal, si se usa como base hora solar Greenwich, lo que nos comprueba, que la K1A contiene en su mayoría efectos de radiación solar con un período de un día solar. Que se trata de radiación y no de atracción planetaria, también lo comprueban las relaciones entre las amplitudes S2A/M2A, que en caso de atracción deben estar cerca de 0.460, como hemos visto anteriormente. Ahora, la amplitud de la onda par-

cial M2A llega siempre alrededor de 0.05 hasta 0.1 mbar, mientras que la S2A sube siempre a más de 1.0 mbar. Esto nos da una relación

$$S2A / M2A = 10,0 \text{ hasta } 20,0$$

en vez de 0.460, valor obtenido según la teoría.

Por medio de la relación (11) y los espirales de $\phi K1A$ y $\phi S2A$, es ahora muy fácil explicar los barogramas de Caracas:

A las 15 H. Gr. (= 10 H. 30 HLV) se registran el máximo de primer orden de la presión. En este momento, la S2A se acerca a su extremo positivo y también la K1A está todavía sobre la abcisa. Ambas amplitudes positivas se acumulan.

El máximo de segundo orden observan los Meteorólogos cerca de las 03 H. Gr. (= 22 H. 30 HLV). A esta hora, la S2A es positiva, pero la K1A negativa y por ésto la suma de ambas es menor que a las 10 H. 30.

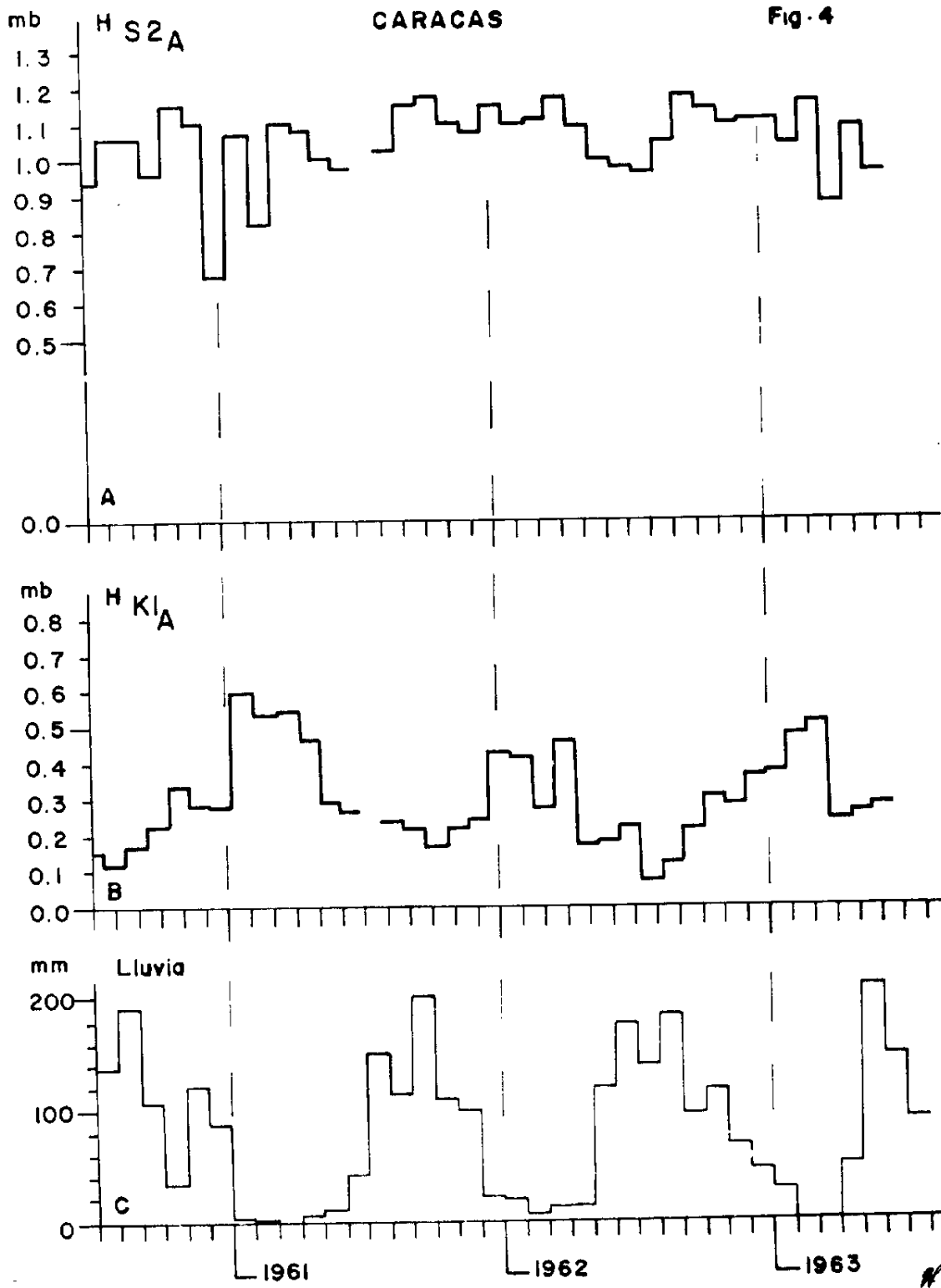
A las 21 H. Gr. (= 16 H. 30 HLV) la presión atmosférica tiene su mínimo principal, porque S2A y K1A ambas son negativas según su ángulo fásico, y por ésto están cerca de su valor mínimo.

A las 09 H. Gr. (= 04 H. 30 HLV), se forma el mínimo de segundo orden, porque la S2A es negativa, pero la K1A ya tiene un valor positivo, la suma de ambas da un mínimo no tan extremo que la de las 16 H. 30, por ser mayor la K1A que la S2A.

Vemos que por la constancia de los ángulos fásicos de las ondas parciales respecto a la hora local resulta una constancia en la posición de las máximas y mínimas de nuestra presión atmosférica.

El segundo resultado importante son las amplitudes calculadas para 15 horas Greenwich, las cuales se demuestran en la Figura 4.

Vemos que la onda parcial solar S2A forma por su tamaño la parte básica y más constante dentro de la presión atmosférica en la región de Caracas. Su amplitud varía entre 0.9 y 1.3 mbar, y hay una ligera periodicidad de un año. Las irregularidades se pueden atribuir a pequeños errores en la lectura de los barógrafos mismos, ya que estamos moviéndonos en el orden de centésimos de milibares, exactitud que no da un barógrafo corriente, cuya línea de



tinta ya cubre a veces unos décimos de milibares. Si esta onda sirve para pronósticos climatológicos locales o no, deben indicarlo estudios mas detallados.

El transcurso de las amplitudes en función del tiempo de la onda parcial diurna K1A, demostrado en la Figura 4-B, depende mucho más que en el caso de la S2A del tiempo del año y especialmente de las lluvias caídas en el oeste de Caracas, que aparecen en la Figura 4-C. La amplitud sube enseguida, cuando las épocas de lluvias están por terminar, como por ejemplo en los meses de Diciembre y Enero. Mientras más lluvia, menor es su amplitud. Debido a esta relación existe ahora la posibilidad de estudiar métodos para pronosticar las lluvias por medio de las amplitudes de la K1A.

Comparando la variación mensual de la amplitud K1A con la de las lluvias, vemos que en su forma las curvas son inversas, es decir que la probabilidad de lluvia se puede determinar en la forma

$$\frac{x}{K1A} \quad (12)$$

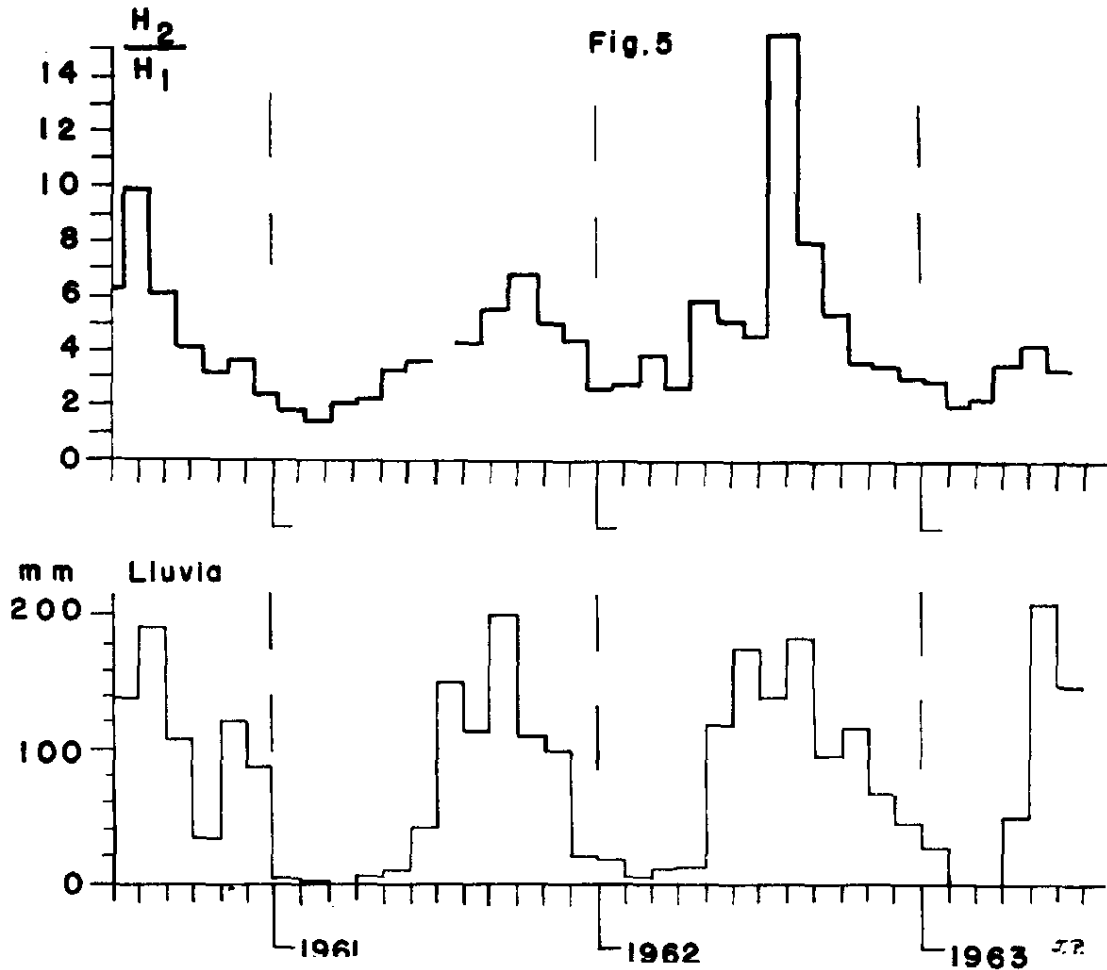
donde x es incógnita.

Para obtener una solución empírica, hemos formado las relaciones de las amplitudes

$$\frac{S2A}{K1A}$$

valores, que son dados en la Tabla I. Además la Figura 5 muestra la comparación de estas relaciones con las lluvias, reemplazando en esta forma la incógnita "x" por la amplitud correspondiente de la onda calculada S2A.

Según las dos gráficas se puede decir, que la caída de lluvia será insignificante, cuando la relación de las dos amplitudes es menor que 2,0. Si la relación sube instantáneamente, hay que esperar lluvias fuertes y viceversa. Se puede notar bien claro en los meses de Diciembre de 1961 y 1962 la rápida disminución de las lluvias, y en Diciembre de 1963 las disminuciones lentas. En todos los casos la tendencia de la relación de las amplitudes es la misma.



Hemos visto que los resultados de los análisis armónicos diferentes han coincidido en forma aceptable. La diferencia entre ambos métodos es, que las amplitudes de las ondas A_1 (Figura 1) son mayores que las de K_1 , ya que en el análisis de Fourier con 24 valores horarios no se pueden compartir los diferentes términos diurnos.

La posibilidad existente, de precalcular dentro de un pequeño error en forma de síntesis armónico los futuros registros barométricos por medio de las constantes armónicas conocidas en nuestra región demuestran claramente, la necesidad de trabajar con Microbarógrafos fotoeléctricos, para obtener mayor exactitud en los datos climatológicos.

Se necesita la clara reproducción de centésimos de milibares para sobrever el estado del clima momentáneo. Finalmente hay que apun-

TABLA I

Resultados de los análisis armónicos de la
Presión Atmosférica en Caracas

Día y H.C. Hora Gr.	H_{K1A}	ϕ_{K1A}	ϕ_{K1A}	$\frac{H_1}{H_{K1A}} \cos \phi_{K1A}$	$\frac{H_2}{H_{S2A}} \cos \phi_{S2A}$	$\frac{H_2}{H_1}$
<u>1.960</u>						
02-07-09	0,565	344 ^o ,60	74 ^o ,60	0,150	0,948	6,32
31-07-06	0,591	304 ^o ,32	79 ^o ,32	0,109	1,073	9,80
29-08-03	0,689	255 ^o ,22	75 ^o ,22	0,175	1,073	6,13
27-09-00	0,794	207 ^o ,84	72 ^o ,84	0,234	0,976	4,17
25-10-21	0,773	153 ^o ,12	63 ^o ,12	0,349	1,163	3,33
23-11-18	0,747	112 ^o ,39	67 ^o ,39	0,287	1,105	3,85
22-12-15	0,513	56 ^o ,23	56 ^o ,23	0,285	0,686	2,40
<u>1.961</u>						
20-01-12	0,635	334 ^o ,61	19 ^o ,61	0,598	1,083	1,81
18-02-09	0,754	314 ^o ,75	44 ^o ,75	0,535	0,815	1,52
19-03-06	0,845	275 ^o ,12	50 ^o ,12	0,541	1,113	2,05
17-04-03	0,889	238 ^o ,23	58 ^o ,23	0,468	1,086	2,32
16-05-00	0,910	205 ^o ,91	70 ^o ,91	0,297	1,013	3,41
13-06-21	0,720	157 ^o ,90	67 ^o ,90	0,271	0,980	3,61
12-07-18						
10-08-15	0,675	69 ^o ,91	69 ^o ,91	0,232	1,025	4,41
08-09-12	0,785	29 ^o ,73	74 ^o ,73	0,206	1,161	5,63
07-10-09	0,807	347 ^o ,69	77 ^o ,69	0,172	1,176	6,84
05-11-06	0,648	295 ^o ,68	70 ^o ,68	0,214	1,104	5,16
04-12-03	0,482	240 ^o ,15	60 ^o ,15	0,239	1,082	4,53
<u>1.962</u>						
02-01-00	0,756	190 ^o ,94	55 ^o ,94	0,423	1,150	2,71
30-01-21	0,688	142 ^o ,75	52 ^o ,75	0,416	1,115	2,68
28-02-18	0,725	112 ^o ,05	67 ^o ,05	0,283	1,119	3,95
29-03-15	0,925	60 ^o ,18	60 ^o ,18	0,459	1,180	2,57
27-04-12	0,796	31 ^o ,73	76 ^o ,73	0,182	1,089	5,98
26-05-09	0,699	344 ^o ,25	74 ^o ,25	0,189	0,997	5,27
24-06-06	0,681	296 ^o ,32	71 ^o ,32	0,218	0,987	4,53
23-07-03	0,652	264 ^o ,56	84 ^o ,56	0,061	0,959	15,72
21-08-00	0,697	214 ^o ,22	79 ^o ,22	0,130	1,045	8,04
18-09-21	0,746	163 ^o ,33	73 ^o ,33	0,213	1,181	5,54
17-10-18	0,849	114 ^o ,11	69 ^o ,11	0,302	1,141	3,77
15-11-15	0,741	66 ^o ,22	66 ^o ,22	0,299	1,098	3,67
14-12-12	0,593	7 ^o ,16	52 ^o ,16	0,364	1,114	3,06

Continúa

Día y H.C. Hora Gr.	H_{K1A}	ϕ_{K1A}	ϕ_{K1A}^*	$\frac{H_1}{H_{K1A}} \cos \phi_{K1A}^*$	$\frac{H_2}{H_{S2A}} \cos \phi_{S2A}^*$	$\frac{H_2}{H_1}$
<u>1.963</u>						
12-01-09	0,636	324°,83	54°,83	0,366	1,101	3,00
10-02-06	0,751	274°,61	49°,61	0,486	1,050	2,16
11-03-03	0,854	232°,48	52°,48	0,520	1,163	2,23
09-04-00	0,758	206°,41	71°,41	0,241	0,876	3,63
07-05-21	0,578	154°,20	64°,20	0,251	1,096	4,36
05-06-18	0,673	110°,47	65°,47	0,279	0,972	3,48

tar, que no solamente en la Climatología, sino también en otros ramos del amplio campo de las Ciencias Naturales hay que aprender, no a copiar en todos casos los métodos adecuados para regiones de otras Latitudes, sino buscar y estudiar métodos más apropiados para el sitio de observación mismo, cuando en éste los fenómenos en la naturaleza son muy diferentes de los de otra parte más Sur o más Norte de nuestro globo. Durante los últimos 60 años, miles de valores medios de todas clases, de la presión atmosférica fueron calculados, acumulados, y archivados, que nos sirven para estudiar fenómenos de secularidades y otros, pero en nuestras regiones poco han dado resultados sobre variaciones momentáneas en el clima del sitio de observación, dato importante para la adjudicación y el suministro de agua en ciudades y en la agricultura.

R E F E R E N C I A S

- 1) LECOLAZET, R.: La méthode utilisé à Strasbourg pour l'analyse harmonique de la marée gravimétrique. Marées Terrestres Bulletin d'informations, N° 10, 1 février 1958, Observatoire Royal de Belgique, Uccle.
- 2) FIEDLER, G.: Las mareas de la radiación solar de la presión atmosférica en las Latitudes Ecuatoriales. Bol. del Instituto Sismológico, Observatorio Cagigal, Junio 1960.