

ANALISIS DE LAS OSCILACIONES DE TEMPERATURA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA PROVINCIA DE SANTANDER: SU IMPORTANCIA EN EL ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE

L.S. Quindos (I), J. Soto (II), E. Villar (III)

*Departamento de Física Fundamental
Facultad de Ciencias Universidad de Santander*

RESUMEN

Se lleva a cabo un análisis armónico para aproximar mediante un desarrollo en serie de Fourier el curso anual de la temperatura media mensual en Santander, Reinosa, Torrelavega y Villacarriedo durante períodos superiores a los veinticinco años.

Se analizan los tres primeros armónicos superpuestos a la onda fundamental, abordando un estudio comparativo entre las cuatro estaciones y la dependencia de los diferentes armónicos con determinadas variables climatológicas y geográficas de cara a su utilidad en el estudio de problemas de medio ambiente.

INTRODUCCION.

Puede decirse que entre todos los factores que caracterizan el medio ambiente, la temperatura del aire resulta ser el que con más frecuencia se estudia debido, sin duda, a su facilidad de medida y a la utilidad de su conocimiento. La temperatura media diaria es una variable básica que ha servido y sirve para definir el clima o bioclima de una zona determinada así como para caracterizar la influencia del clima sobre el crecimiento y desarrollo de los vegetales. La variación periódica que presentan las oscilaciones diurnas y anuales de dicha variable, si bien tienen como origen fundamental la naturaleza periódica de los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, está, sin embargo, fuertemente afectada por otros muchos factores meteorológicos, tales como la existencia de corrientes de aire, con intercambio horizontal de calor, y los cambios relativos de humedad y de precipitaciones acuosas. Son todos estos factores los que de una u otra ma-

nera contribuyen a dar a la función temperatura la complejidad que normalmente presenta y también los que sugieren la conveniencia de realizar un análisis de dicha función periódica en sus componentes armónicos, en un intento de comprender mejor el fenómeno y determinar las posibles correlaciones entre los factores citados y los armónicos que resultan de un análisis de Fourier, de cara a servir de base fundamental a cualquier tema relacionado con el medio ambiente.

RECOPIACION DE DATOS.

Se ha procedido a recopilar los datos suministrados por el Servicio Meteorológico del Cantábrico, referidos a temperaturas medias mensuales y comprendidos en el intervalo de tiempo que va desde 1923 a 1978. Concretamente, los datos obtenidos de las estaciones de Santander y Reinosa, se corresponden a sus períodos completos de funcionamiento, es decir desde su constitución como tales estacio-

(I) Licenciado en C. Físicas. Diplomado en Ingeniería Ambiental.

(II) Doctor en C. Físicas. Diplomado en Ingeniería Ambiental.

(III) Doctor en C. Físicas. Catedrático de Termología. Director Departamento Física Fundamental.

nes de servicio meteorológico. Asimismo, se han recogido los datos correspondientes a las estaciones de Villacarriedo y Torrelavega, de la misma provincia, que aunque con un período más corto de funcionamiento (1947-1978), ofrecen una situación geográfica intermedia entre las dos citadas anteriormente, que nos permitirá efectuar un estudio correlativo de las cuatro estaciones.

En la Tabla I se incluyen las temperaturas medias correspondientes a los diferentes meses del año promediadas a todo el período estudiado para las distintas estaciones en dicho período (1947-1978) y en la Tabla II las correspondientes a las estaciones de Santander y Reinosa en el período (1923-1978).

RESULTADOS

Hemos procedido en primer lugar a representar en la figura 1 las temperaturas medias mensuales para los períodos estudiados en las distintas estaciones. Al aplicar el método de análisis armónico según (Martínez et al 1975) a las curvas de la figura 1 obtenemos los desarrollos de Fourier que se indican en la Tabla III.

En todos los casos la contribución correspondiente al cuarto armónico puede considerarse despreciable habida la amplitud correspondiente al tercero y la sensibilidad con que fueron tomadas las medidas que resulta ser de 0.1° C.

El disponer de los datos correspondientes a Santander y Reinosa relativos a un largo período de tiempo ha permitido: De un lado, efectuar un estudio global de dicho período en ambas estaciones; de otro, extraer el período correspondiente al intervalo 1947-1978 que nos permita hacer un estudio comparativo con las otras estaciones de Villacarriedo y Torrelavega.

El valor del 1° armónico y media anual pa-

ra la estación de Santander, referido a nivel del mar, para el período 1923-1978 resulta ser respectivamente 5.03 y 13.9 . Estos mismos valores para el período 1947-78 son 4.99 y 14.0 . Esto representa respecto a los anteriores unas discrepancias del orden del 0.8 por 100 y 0.71 por 100.

Sin embargo, para la estación de Reinosa dichas discrepancias, durante los mismos intervalos de tiempo resultan ser de 5.2 por 100 y 2.92 por 100 en el primer armónico y media anual respectivamente.

Este hecho nos ha conducido a efectuar un estudio de la variación relativa de la amplitud ($\langle A \rangle - A_0$)

_____ 100 del primer armónico en

A_0

función del intervalo de tiempo tomado para obtener su valor medio $\langle A \rangle$ en donde A_0 es el valor medio para el máximo intervalo de tiempo. Los resultados quedan reflejados en las gráficas de las figuras 2 y 3, en donde se han representado los valores absolutos de las variaciones relativas y además se ha desplazado el origen de ordenadas.

Comparando ambas gráficas se observa la amplitud del primer armónico para la estación de Santander, se estabiliza para un intervalo de tiempo más corto que en el caso de Reinosa, hecho que confirma el que las discrepancias antes citadas sean mayores en este último caso, poniendo de manifiesto la necesidad de tomar series cronológicas largas, sobre todo en zonas con amplias oscilaciones térmicas anuales.

Un criterio para la elección del período de tiempo viene dado como aquel para el que la media anual no presenta oscilaciones superiores a la sensibilidad de las medidas, en nuestro caso 0.1° C, al acumular nuevos datos anuales (Pérez et al 1969). La aplicación de dicho criterio para las estaciones de Reinosa y Santander viene dada en las figuras 4 y 5 y en ellas podemos observar que la estabilización del valor medio de la temperatura tiene lugar sobre los 30-35 años para Santander y entre los

40-50 para la de Reinosa. Ahora bien, dentro del período 1923-78 solo se dispone de los datos correspondientes a Santander y Reinosa; en cambio, y ello constituye el interés de nuestro estudio todas las estaciones mencionadas pueden compararse durante el período 1947-78.

Para ello, hemos comenzado con un análisis de los valores medios anuales medidos en cada una de las estaciones ubicadas a diferentes alturas sobre el nivel del mar, de cara a la confirmación de $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m.}$ como coeficiente de variación con la altura, de uso muy frecuente en meteorología, al efectuar reducciones de datos a nivel del mar. Para ello y a partir del valor de una de las estaciones, concretamente la de Torrelavega, por aplicación de dicho coeficiente de variación con la altura, deberíamos de obtener los correspondientes a las otras estaciones, introduciendo igualmente la corrección debida a la latitud, que comúnmente se toma como de 0.54°C por grado de latitud (Jansa J.M. 1969). Al efectuar estos cálculos encontramos que, mientras para las estaciones de Santander y Villacarriedo, dicho coeficiente es totalmente válido, para la de Reinosa, ubicada a 850 m. de altura, existe una ligera discrepancia, que parece aconsejable el utilizar como coeficiente de variación con la altura en este caso el de 0.61°C por 100 m., cuando efectuemos reducciones de temperatura al nivel del mar. En la Tabla I hemos incluido igualmente los valores reducidos al nivel del mar de las cuatro estaciones con la utilización de los coeficientes de variación calculados.

No resulta fácil intentar relacionar los valores del primer y segundo armónico con las situaciones geográficas y variables meteorológicas, cuando se carece de datos en tres de las cuatro estaciones analizadas, tales como velocidades de viento e insolación. Por ello, se ha intentado buscar relaciones con variables conocidas como son la precipitación media anual durante ese período y la continentalidad, definida como la distancia que existe de dichas estaciones a la costa, medida sobre los parale-

los correspondientes. En la Tabla IV se muestran los valores de los parámetros utilizados, así como el de la amplitud de los armónicos.

Se observa una dependencia directa del valor del 2^o armónico con la altura de la estación meteorológica sobre el nivel del mar, variando de 0.56 para Torrelavega (20 m.) hasta 0.85 para Reinosa (850 m.). Sin embargo, las gráficas 6, 7, 8, 9 vienen a demostrar que es el primer armónico, lógicamente el que más viene a influir en todo el proceso de ajuste. La dependencia que presenta este armónico con la continentalidad de cada una de las estaciones es clara, aumentando con ella, aspecto este que confirma numéricamente las débiles fluctuaciones que tienen lugar en zonas de clima típicamente marítimo que corresponde sobre todo a las estaciones de Santander, Torrelavega y un poco menos a Villacarriedo, junto con la mayor fluctuación típica de los climas continentales a los que se acerca Reinosa. Respecto a las precipitaciones en la figura lo observamos que existe una proporcionalidad entre estas y el valor del 2^o armónico con la excepción de Reinosa que parece no seguir esta variación. Esta anomalía puede venir explicada por el hecho de que si bien dicha estación presenta un bajo porcentaje de precipitaciones con respecto a las otras, se producen en ella situaciones de nieve y granizo que no acontecen las otras y que hacen que no siga dicha variación. El segundo armónico presenta una periodicidad de seis meses con máximos en los meses de febrero-marzo y agosto-septiembre y mínimos los correspondientes a mayo-junio y noviembre-diciembre. Pues bien, en la tabla V figuran los valores mensuales de precipitación en las cuatro estaciones y en todas ellas se observa la correlación de los máximos y mínimos del segundo armónico con valores mínimos y máximos respectivamente de precipitación.

CONCLUSIONES

En resumen podemos decir: a) Hemos de introducir una pequeña variación en el coefi-

ciente de variación con la altura para la reducción de los datos a nivel del mar para la estación de Reinosa, b) La amplitud del primer armónico depende fuertemente de la continentalidad y es independiente de la altitud y precipitación, c) Se encuentra una dependencia de la amplitud del segundo armónico con las precipitaciones recogidas y la altura sobre el nivel del mar de las estaciones estudia-

das.

Queremos agradecer aquí la colaboración del Instituto Meteorológico del Cantábrico al suministrarnos los datos sin los cuales no hubiera sido posible este trabajo. Asimismo al Dpto. de Electrónica de la Facultad de Ciencias por permitirnos hacer uso de la calculadora 9830 con la cual se han efectuado los cálculos numéricos y de programación.

BIBLIOGRAFIA

Jansa Guardiola, J.M. (1969). *Curso de Climatología*. Instituto Nacional de Meteorología.

Martínez Molina, I, Navarro Falcon, G., Alvarez Langa E. (1975). "Serie de Fourier que mejor se adapta a la temperatura de Madrid". *Revista de Geofísica* XXXIV, num. 3-4, págs. 237-245.

Pérez Pérez, J., Núñez Espallargas, J.M. (1969). "Nota sobre la variación anual de la temperatura en Barcelona", *Revista de Geofísica* XXXIII, núm. 3-4, págs. 245-262.

RESUMO

Efectua-se uma análise harmónica para aproximar mediante um desenvolvimento em série de Fourier o curso anual de temperatura média mensal em Santander, Reinosa, Torrelavega e Villacarriada durante períodos superiores a vinte e cinco anos.

Analisam-se os três primeiros harmónicos sobrepostos à onda fundamental, abordando um estudo comparativo entre as quatro estações e a dependência dos diferentes harmónicos com determinadas variáveis climatológicas e geográficas, tendo em consideração a sua utilidade no estudo de problemas do meio ambiente.

ABSTRACT

Harmonic analysis is applied to the course throughout the year of the mean monthly temperature series for Santander, Reinosa, Torrelavega and Villacarriedo from 1947 to 1978 and for Santander and Reinosa also to the period 1923-1978. The three firsts harmonics are examined in regard to some climatological and geographical factors and the results for the four stations are compared.

TABLA I
Valores medios mensuales de temperatura para las cuatro estaciones

PERIODO		ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
SANTANDER	Observatorio	9,1	9,1	10,6	11,5	13,8	16,4	18,5	18,8	17,8	15,4	11,8	9,7	13,5
	Nivel del Mar	9,5	9,5	11,1	11,9	14,3	16,8	18,9	19,3	18,3	15,8	12,2	10,2	14,0
TORRELAVEGA	Observatorio	8,6	8,7	10,8	12,0	14,6	17,4	19,5	19,3	18,2	15,4	11,7	9,4	13,8
	Nivel del Mar	8,7	8,8	10,9	12,1	14,8	17,6	19,6	19,5	18,3	15,6	11,8	9,6	13,9
VILLACARRIEDO	Observatorio	7,6	7,6	9,5	10,7	13,0	16,0	18,2	18,7	14,5	14,5	10,8	8,1	12,4
	Nivel del Mar	8,9	8,9	10,8	12,0	14,3	17,3	19,5	20,0	18,8	15,8	12,1	9,4	14,0
REINOSA	Observatorio	2,4	3,2	5,6	7,4	10,3	13,3	15,4	15,7	14,1	10,5	6,0	3,2	8,9
	Nivel del Mar	7,6	8,4	10,8	12,6	15,5	18,4	20,5	20,9	19,3	15,7	11,2	8,4	14,1

TABLA II
Valores medios mensuales reducidos a nivel del mar referidos al periodo 1923-1978

PERIODO	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL	
1923-1978														
SANTANDER	Nivel del Mar	9,4	9,5	11,1	12,1	14,1	16,9	18,9	19,3	18,2	15,6	12,1	10,0	13,9
REINOSA	Nivel del Mar	6,0	6,8	10,3	11,8	15,0	19,1	21,5	21,8	20,0	15,3	10,0	6,9	13,7

TABLA III
Ecuaciones ajustadas correspondientes a cada una de las estaciones

PERIODO	ESTACION	ECUACION AJUSTADA
1947-1978	SANTANDER	$y = 13,5 + 4,99 \text{ sen } (z + 250,7) + 0,69 \text{ sen } (2z + 9,4) + 0,12 \text{ sen } (3z + 348,8)$
1947-1978	TORRELAVEGA	$y = 13,8 + 5,64 \text{ sen } (z + 252,0) + 0,78 \text{ sen } (2z + 4,8) + 0,12 \text{ sen } (3z + 326,3)$
1947-1978	VILLACARRIEDO	$y = 12,4 + 5,56 \text{ sen } (z + 255,1) + 0,56 \text{ sen } (2z + 7,5) + 0,16 \text{ sen } (3z + 324,1)$
1947-1978	REINOSA	$y = 8,9 + 6,63 \text{ sen } (z + 258,4) + 0,85 \text{ sen } (2z + 6,2) + 0,12 \text{ sen } (3z + 340,5)$
1923-1978	SANTANDER	$y = 13,9 + 5,03 \text{ sen } (z + 251,7) + 0,74 \text{ sen } (2z + 9,7) + 0,10 \text{ sen } (3z + 328,7)$
1923-1978	REINOSA	$y = 13,7 + 7,09 \text{ sen } (z + 259,0) + 1,14 \text{ sen } (2z + 0,41) + 0,17 \text{ sen } (3z + 311,1)$

TABLA IV
Parámetros utilizados para el estudio de las correlaciones

	VALOR 1º ARMONICO	VALOR 2º ARMONICO	ALTURA (m) NMM	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Continentalidad
SANTANDER	4,99	0,69	68	43º 28'	3º 48'	1202,0	1' 20"
TORRELAVEGA	5,56	0,56	20	43º 21'	4º 3'	1122,9	4' 50"
VILLACARRIEDO	5,64	0,78	212	43º 14'	3º 7'	1816,9	9' 10"
REINOSA	6,63	0,85	850	43º 00'	4º 7'	932,3	24' 50"

TABLA V
Valores mensuales de precipitación correspondientes a cada una de las estaciones

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL TOTAL
SANTANDER	113,1	91,2	78,4	89,4	87,0	65,8	54,8	80,7	111,7	130,9	145,3	153,7	1202,0
TORRELAVEGA	108,3	89,4	81,1	101,3	84,2	61,8	40,9	70,0	95,1	118,5	118,5	153,7	1122,9
VILLACARRIEDO	176,4	146,4	153,9	175,5	126,7	104,2	72,6	94,5	131,2	195,5	206,5	233,5	1816,9
REINOSA	121,5	120,8	83,0	89,1	99,5	44,0	41,3	41,0	51,6	101,3	67,3	71,9	932,3

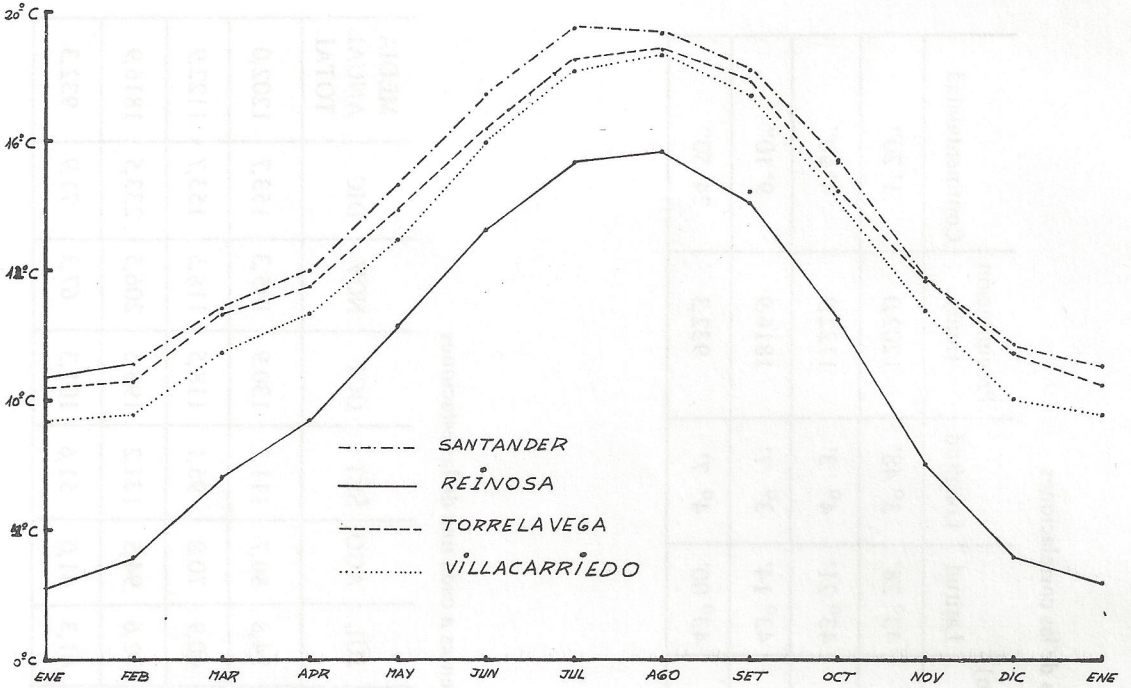


Fig. 1: Variación anual de la temperatura media mensual en las cuatro estaciones estudiadas.

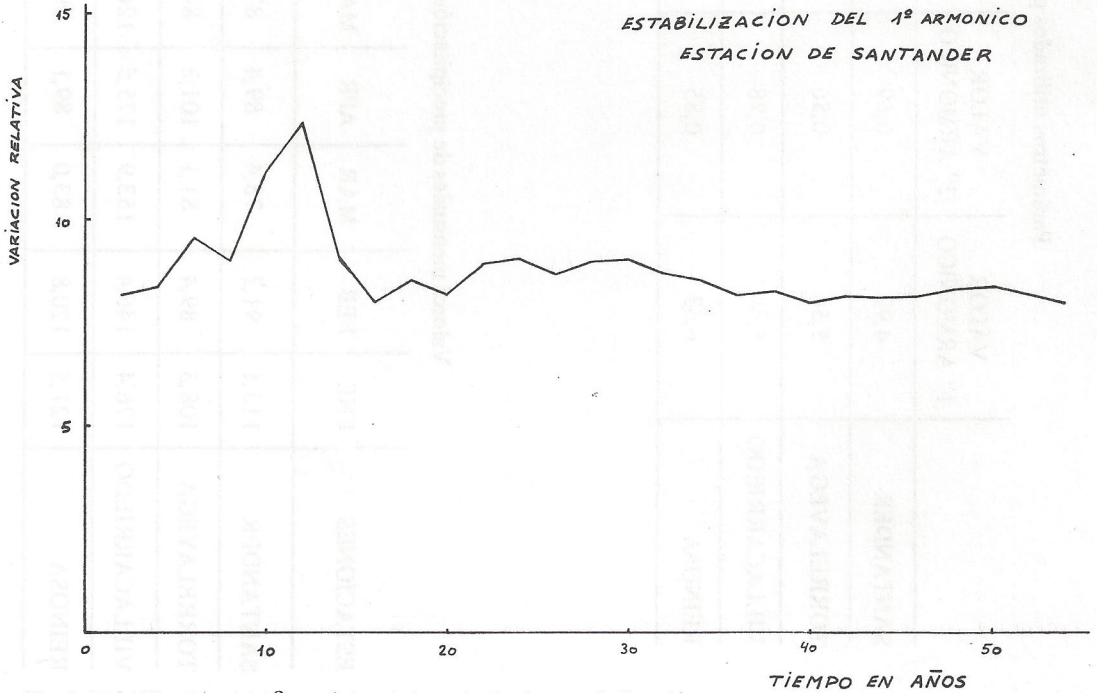


Fig. 2: Estabilización del 1º armónico de la onda fundamental. Estación de Santander.

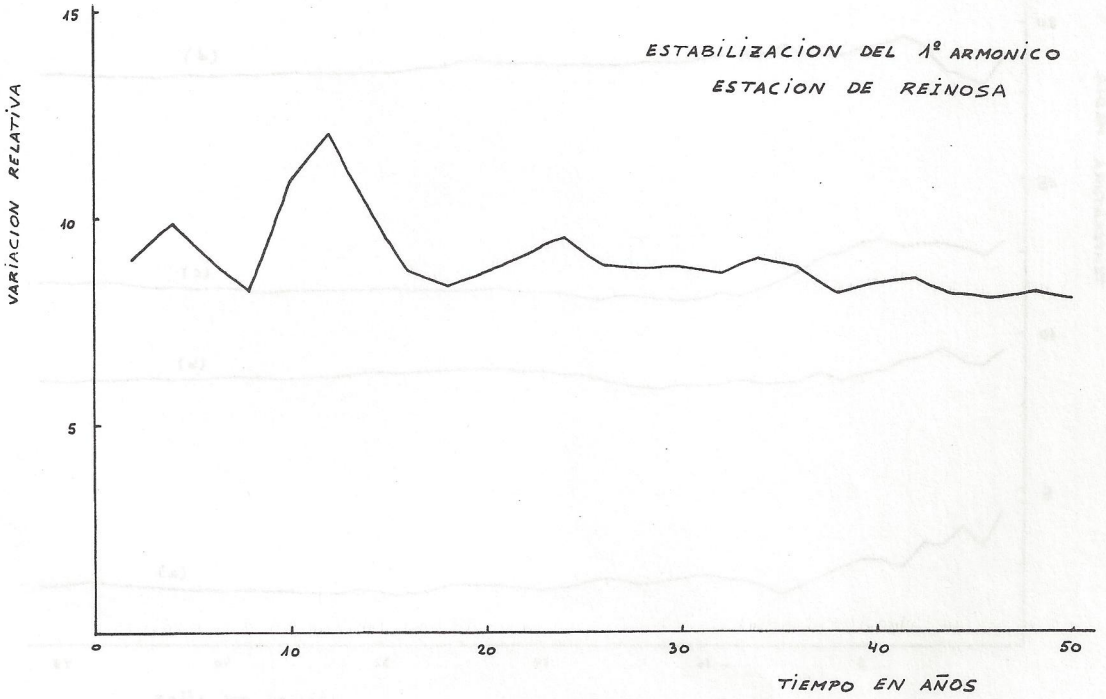


Fig. 3: Estabilización del 1º armónico de la onda fundamental. Estación de Reinoso.

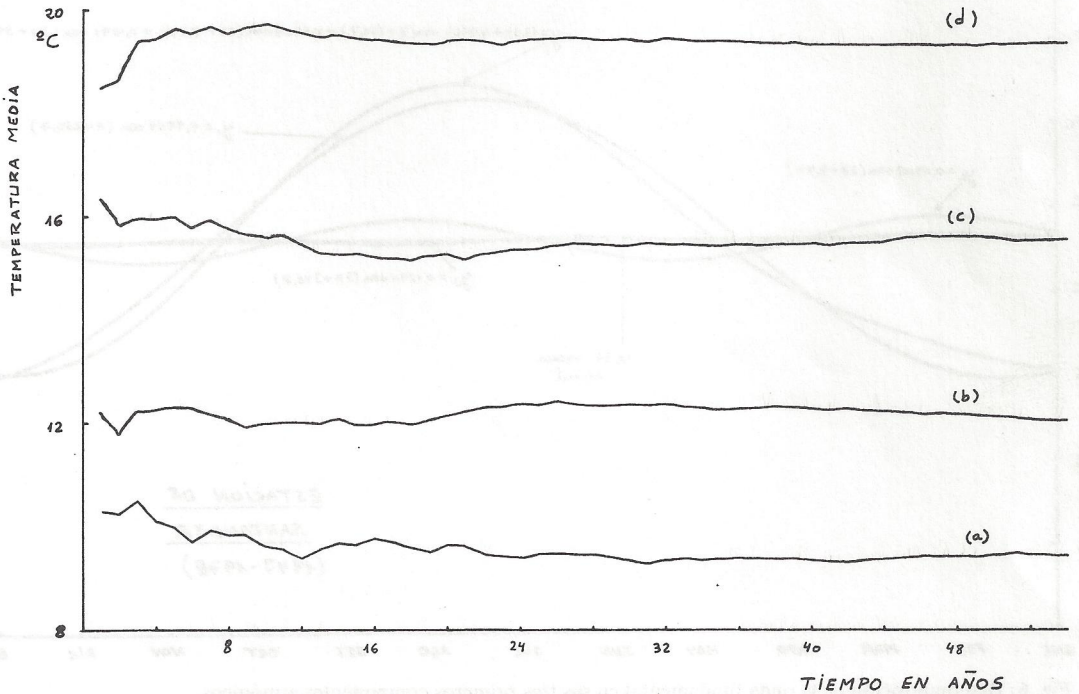


Fig. 4: Estabilización de la temperatura media mensual en Santander: a) enero, b) abril, c) octubre, d) agosto.

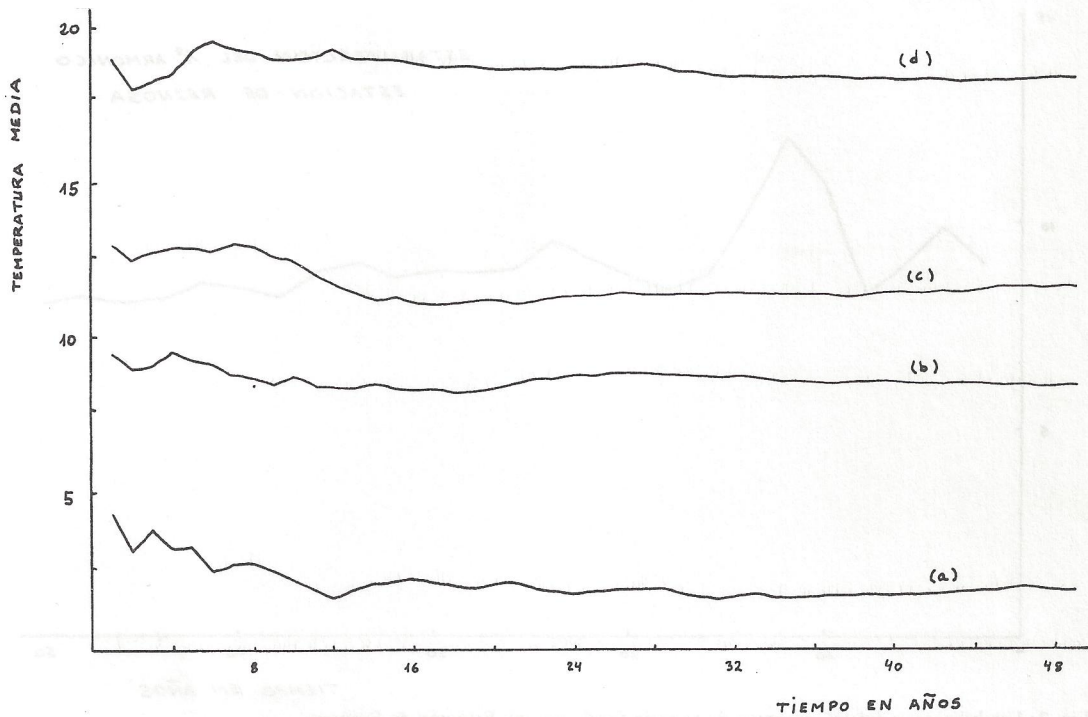


Fig. 5: Estabilización de la temperatura media mensual en Reinosa: a) enero, b) abril, c) octubre, d) agosto.

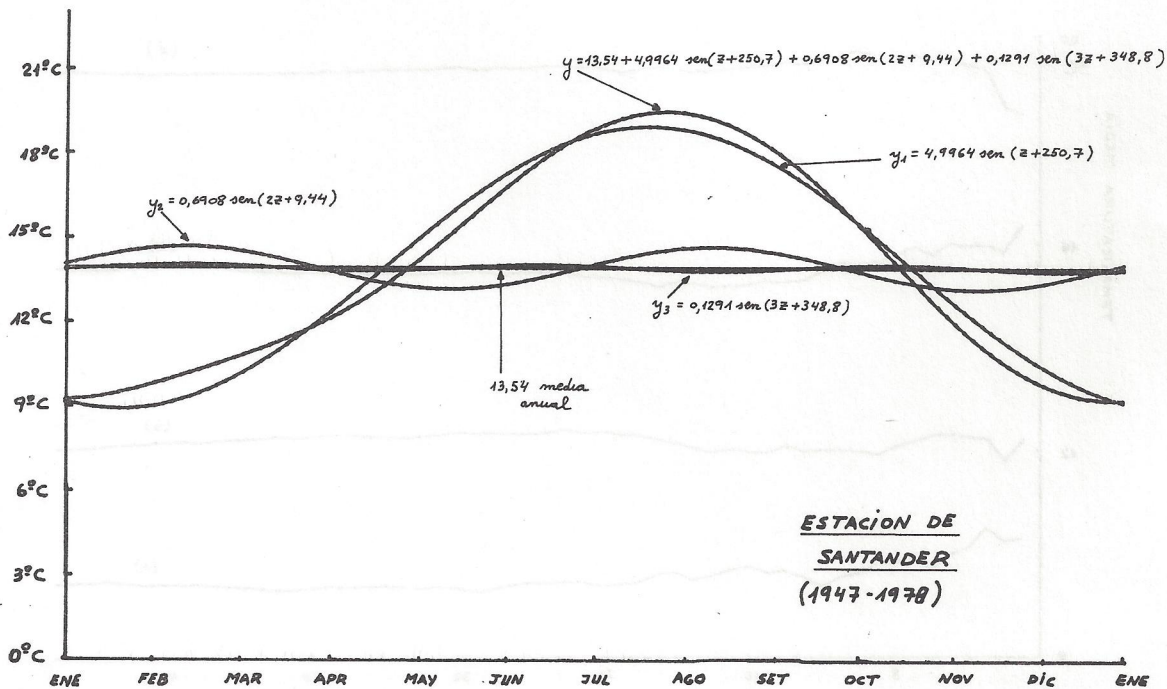


Fig. 6: Descomposición de la onda fundamental en sus tres primeros componentes armónicos. Estación de Santander.

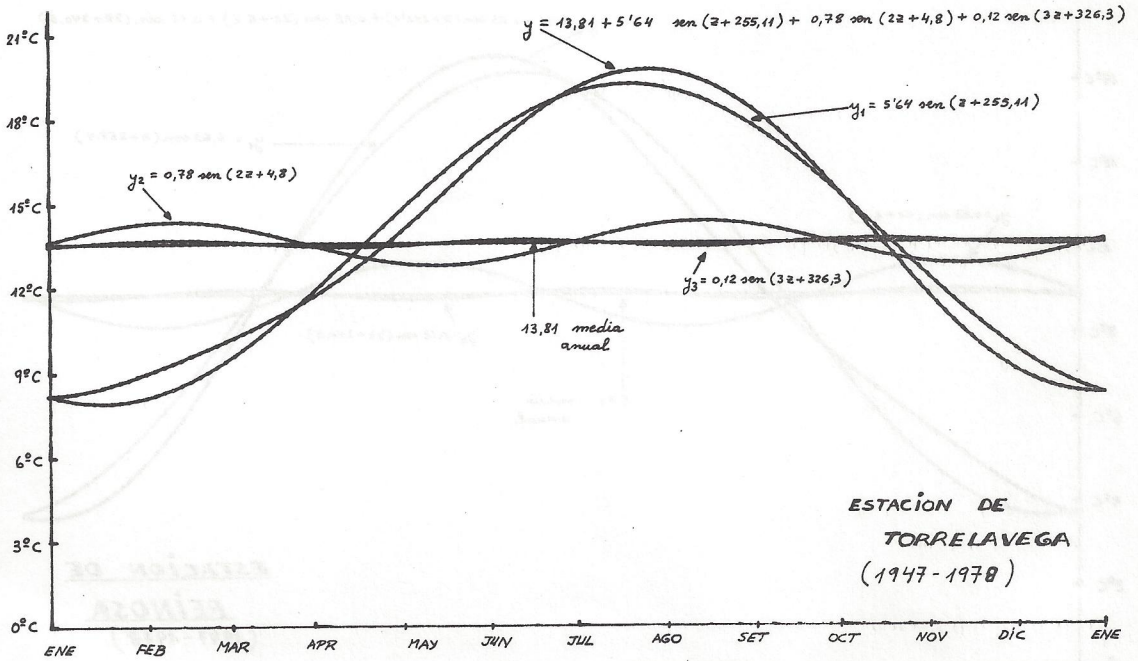


Fig. 7: Descomposición de la onda fundamental en sus tres primeros componentes armónicos. Estación de Torrelavega.

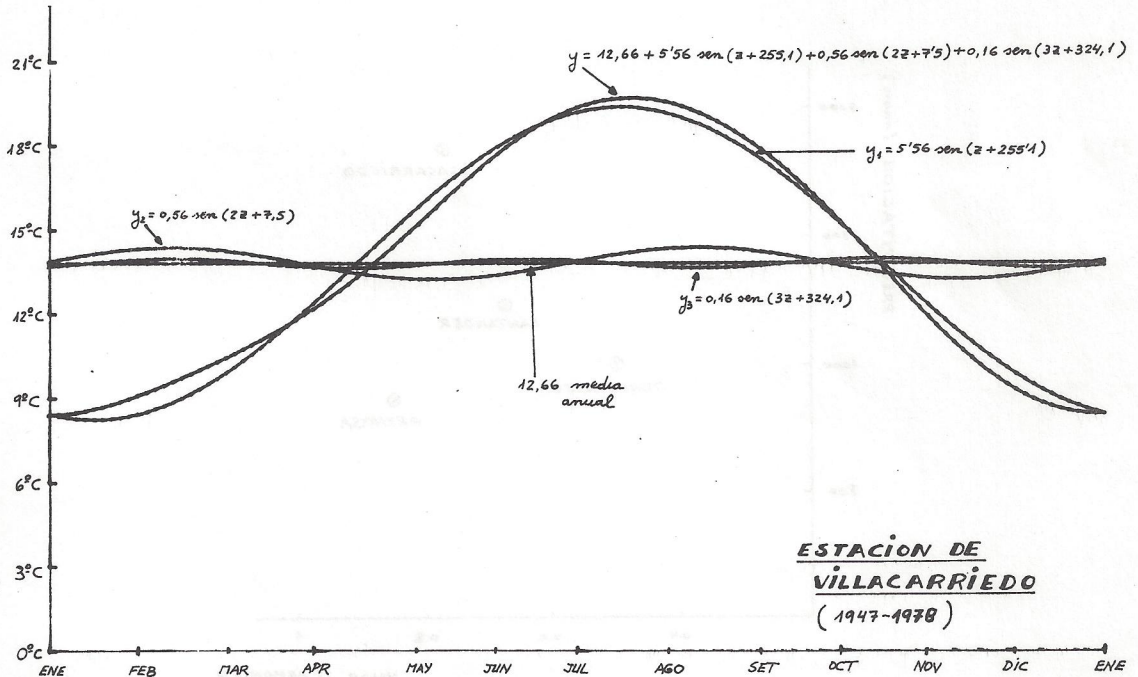


Fig. 8: Descomposición de la onda fundamental en sus tres primeros componentes armónicos. Estación de Villacarriedo.

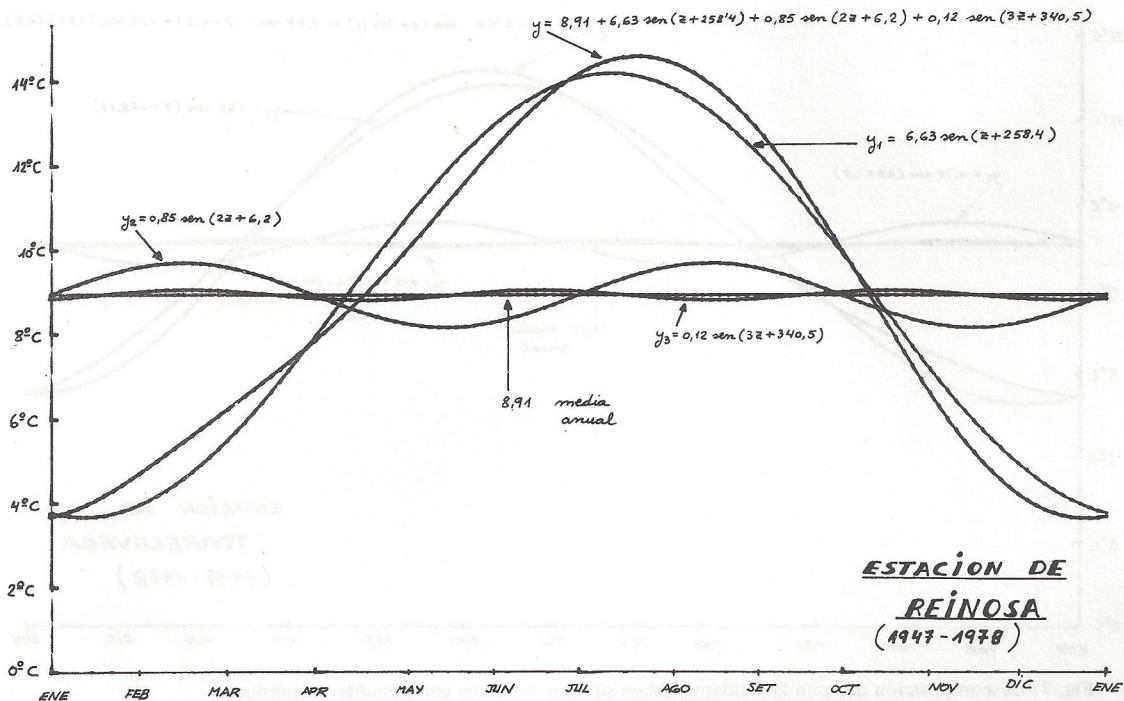


Fig. 9: Descomposición de la onda fundamental en sus tres primeros componentes armónicos. Estación de Reinos.

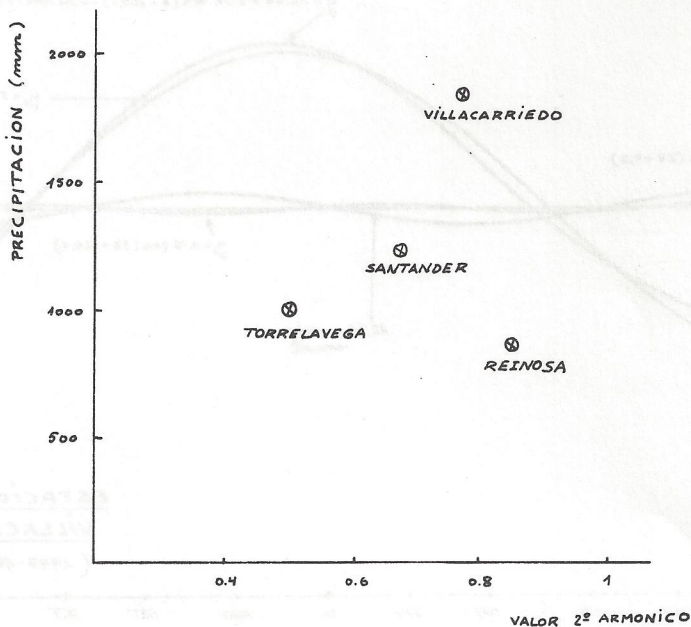


Fig. 10: Variación del valor del segundo armónico con la precipitación recogida en cada una de las estaciones.