

**Aplicación de una
recta de Teissier a la
depuración de una
base de datos
termopluviométricos
mensuales**

José Antonio Guijarro
*Instituto Nacional de
Meteorología. Centre
Meteorològic a les Illes
Balears*

Miguel Morey
*Departament de
Biologia Ambiental.
Universitat de les Illes
Balears*

Aplicación de una recta de Teissier a la depuración de una base de datos termopluiométricos mensuales

José Antonio Guijarro Pastor

Instituto Nacional de Meteorología, Centre Meteorològic a les Illes Balears

Miguel Morey Andreu

Departament de Biologia Ambiental. Universitat de les Illes Balears

Resumen

Se han ensayado varios métodos, basados en el análisis de regresión, para rellenar y depurar series termopluiométricas mensuales y anuales. La regresión simple (modelo I) ha proporcionado resultados similares a los de la recta de Teissier en las series termométricas, si bien en las pluviométricas esta última ha mejorado ligeramente la calidad de las estimaciones. En cambio, en el caso de las precipitaciones anuales, tanto una como otra han resultado inadecuadas, especialmente en casos de extrapolación, y se ha tenido que recurrir al sencillo método de las proporciones.

Abstract

Several regression based methods have been tested to check the quality and estimate the missing values of monthly and yearly thermopluiometric series. Simple regression (model I) yielded similar results as the Teissier regression when applied to the thermometric series, though this last method slightly improved the estimation of the pluviometric missing values. On the other hand, both methods were inadequate for yearly precipitation data, specially in cases where extrapolation was needed, and the simpler ratio method had to be applied, giving better results due to its higher robustness.

Jose A. Guijarro (pmd@inm.es). Seccion de Estudios y Desarrollos. Centro Meteorológico en Illes Balears, Palma de Mallorca, E-07071 (Spain). Phone: (9 or 34) 71-403851. Fax: (9 or 34)71-404626

Recepción del manuscrito, octubre de 1996

1. Introducción

Los estudios sobre el clima tienen gran interés por su incidencia sobre disciplinas y actividades tan variadas como: agricultura, ecología, industria, obras públicas, hidrología y abastecimiento de aguas, transportes, turismo, deportes, urbanismo y ordenación del territorio. Puede decirse pues que cualquier actividad humana está condicionada, en mayor o menor grado, por el clima.

No obstante, las series de datos climatológicos (normalmente de varias estaciones), materia prima para cualquier estudio, muy frecuentemente están incompletas o no son coincidentes en el tiempo. Se hace necesario entonces seleccionar un periodo temporal que sirva de referencia, con objeto de que los valores climatológicos obtenidos a partir de dichas series sean comparables entre sí.

Cuando resulta suficiente trabajar con los valores medios de las series, se recurre habitualmente a métodos como los de las proporciones o las diferencias (CONRAD y POLLACK, 1962; JANSÁ, 1969), que corrigen las medias de las series incompletas para estimar las correspondientes al periodo de referencia. Pero si deseamos calcular otros parámetros (desviaciones típicas, etc) o efectuar otro tipo de estudios (análisis temporales, etc) resulta conveniente tratar de completar las series estimando los datos ausentes. Además, estas estimaciones pueden permitir contrastar los datos existentes en busca de posibles errores.

Algunas metodologías operan sobre series individuales, tratando de encontrar discontinuidades debidas a cambios de emplazamiento, de instrumentación, u otras causas (POTTER, 1981; GARRIDO et al., 1996). Una vez encontrada la discontinuidad, pueden corregirse los valores anteriores a la misma para que la serie resulte homogénea. Sin embargo, estos métodos no distinguen entre las discontinuidades artificiales, debidas a cambios en las prácticas de observación, de las naturales, que reflejan verdaderas fluctuaciones climáticas.

Los métodos de homogeneidad relativa superan este problema mediante la comparación de los datos de una estación con los de las estaciones vecinas. De este modo, las discontinuidades que coinciden en el tiempo en una misma área geográfica pueden suponerse debidas a cambios reales de los elementos del clima en esa zona (ALEXANDERSSON, 1986; BAKER et al., 1995).

Diferentes autores han empleado análisis de regresión lineal para estimar los datos de una estación climatológica en función de los de las estaciones próximas a ella (MATEO, 1956; ARLERY et al., 1973; FELICISIMO y ALVAREZ, 1980). Para ello se suele aplicar el modelo I de regresión, en el que se supone que la variable dependiente no se halla sujeta a errores (SOKAL y ROHLF, 1980).

Sin embargo las series de datos climatológicos son, a priori, todas igualmente susceptibles de contener errores. Cabría emplear entonces una recta de regresión ortogonal, en la que el ajuste a la nube de puntos se realiza haciendo mínimos los cuadrados de las desviaciones en dirección perpendicular a la misma. No obstante, por su mayor sencillez se ha preferido ensayar una recta de Teissier o «eje mayor reducido» (DAGET, 1979): $y = \pm x$, donde x e y son las variables independiente y dependiente en su forma tipificada (restando a cada valor original, X o Y , su promedio, y dividiéndolo por su correspondiente desviación típica), y el signo que hay que tomar es el del coeficiente de correlación, r . (Con esta notación, el modelo I de regresión se formularía: $y = r \cdot x$).

Aquí ensayaremos ambos métodos para comparar sus resultados. Para ello los aplicaremos a la depuración de un conjunto de datos mensuales termopluiométricos de Baleares correspondientes a los 20 años del periodo 1961-80, obtenidos en su día (GUIJARRO, 1986) de los archivos del Centro Meteorológico de Baleares. Concretamente se trata de los totales mensuales de precipitación de 109 estaciones que contaban con al menos 15 años de observación en el citado periodo, y los de temperaturas máximas y mínimas mensuales (medias y extremas) de 34 estaciones con un mínimo de 5 años de observación. También se han utilizado los totales anuales de precipitación de 57 estaciones que, sin alcanzar los 15 años de observación, tenían un mínimo de 10. Con objeto de

minimizar el problema de la fragmentación de las series, se han unificado las resultantes de pequeños cambios de emplazamiento.

En cuanto a la distribución geográfica de las estaciones, de las 109 pluviométricas, 93 se hallan en Mallorca, 10 en Menorca, 4 en Ibiza y 2 en Formentera, y de las 34 termométricas, 25 corresponden a Mallorca, 5 a Menorca y 4 a Ibiza. (Unas pocas estaciones no se hallaban exactamente en estas islas, sino en islotes adyacentes a las mismas).

2. Primeros análisis

En primer lugar se efectuaron análisis de regresión lineal entre la estación del aeropuerto de Palma, que no presenta ninguna laguna de observación, y todas las demás. Además de realizar los análisis mes por mes, también se analizaron los datos tanto globalmente (todo el año) como agrupados según las estaciones del año (asignando a la primavera los meses de marzo, abril y mayo, y así sucesivamente).

En la tabla 1 se relacionan los valores medios y desviaciones típicas de los coeficientes a y b (de las rectas de regresión $Y=a+b.X$) y r^2 (coeficientes de determinación), obtenidos en los análisis pluviométricos.

Se observa en general una gran variabilidad en los diversos valores, sobre todo en los coeficientes 'a' de las ecuaciones mensuales, afectados de unas elevadas desviaciones típicas. Esta variabilidad es lógica si tenemos en cuenta la gran aleatoriedad de la precipitación, tanto en el espacio como en el tiempo, y para las regresiones a nivel mensual se añade también el efecto de un reducido número de datos, ya que los valores individuales, es decir, entre el aeropuerto de Palma y una sola estación pluviométrica, se basan en un número de pares de datos que oscila entre 15 y 20.

El valor medio de los términos independientes de las 108 ecuaciones globales de regresión es: $a = 8,04$, pero con una elevada incertidumbre: su desviación típica vale 20,27, por lo que puede aceptarse que la recta de regresión media pasa próxima al origen de coordenadas.

En cuanto a los coeficientes de regresión de estas mismas ecuaciones, presentan un valor medio de $b = 0,58$, con una desviación típica de 0,041. Este valor medio, claramente inferior a la unidad, es indicativo de que el aeropuerto de Palma está situado en una zona relativamente árida de Baleares.

Puesto que los valores medios de los coeficientes 'a' y 'b' de las ecuaciones globales (empleando todos los meses simultáneamente) de regresión interceptan la totalidad de los intervalos de confianza del 95% de los coeficientes 'a' de las ecuaciones mensuales, y casi todos los de los coeficientes 'b', podemos concluir que las variaciones que presentan estos coeficientes de unos meses a otros no son suficientemente significativas, y basta por tanto con emplear las ecuaciones globales. (Los coeficientes de las ecuaciones estacionales tampoco ofrecieron grandes diferencias).

Sí resultan significativas, en cambio, las diferencias que de un mes a otro arrojan los coeficientes medios de determinación de estas mismas ecuaciones, que oscilan entre 0,361 en octubre y 0,790 en abril, cuando el valor medio en las ecuaciones globales es de 0,573. Un valor elevado de r^2 representa una mayor regularidad en la distribución de las precipitaciones, por lo que los bajos valores de las ecuaciones de los meses de verano y otoño pueden interpretarse como indicadores del carácter más convectivo de las precipitaciones de esas estaciones frente a las de invierno y primavera, con precipitaciones

más generalizadas. (Curiosamente septiembre parece haber sido una excepción, al menos durante el periodo considerado, 1961-80).

En cuanto a los valores termométricos, se obtuvieron sendas tablas análogas a la tabla 1 (no ofrecidas aquí por razones de espacio), para temperaturas máximas mensuales, máximas diarias medias, mínimas diarias medias, y mínimas mensuales. Se observó también en ellas una gran variabilidad en todos los valores mensuales de los coeficientes. Los de regresión (b) resultan casi todos inferiores a la unidad, pero en la ecuación global ya son muy próximos a este valor. Los coeficientes de determinación nos indican que las temperaturas máximas están mejor correlacionadas que las mínimas, y las medias mejor que las extremas. Los valores de r^2 de las ecuaciones globales son muy elevados, pero también reflejan este hecho: para las medias de las máximas es de 0,974, para las medias de las mínimas, de 0,954, para las máximas mensuales, 0,928, y para las mínimas mensuales, 0,925.

3. Método de estimación

Para estimar cada dato problema emplearemos las ecuaciones de regresión de las n estaciones con mejor coeficiente de determinación con la estación problema, para las que exista el correspondiente dato de comparación. La estimación definitiva se puede obtener entonces como media ponderada de esas n estimaciones, empleando como factores de ponderación los propios coeficientes de determinación (tal como proponen RUFFRAY et al., 1981).

Con objeto de contrastar la validez de esta metodología, la aplicaremos sobre datos conocidos, de forma que podamos evaluar los errores cometidos en las estimaciones. Para ello recalcularemos las ecuaciones de regresión para el periodo 1961-73, y estimaremos con ellas los datos del periodo 1974-80.

4. Resultados y discusión

Aplicamos el método expuesto en el apartado anterior para los tres tipos de ecuaciones (mensuales, estacionales y anual), y con un número de $n = 5$ estaciones de comparación, elegido provisionalmente.

Estimamos así los datos de precipitación del aeropuerto de Palma para el periodo 1974-80 en base a las ecuaciones obtenidas con los trece años anteriores. De la comparación entre estos datos estimados y los realmente observados se obtienen los errores típicos relativos de la tabla 2 (expresados como porcentaje de los valores medios de la precipitación).

Como puede verse en la tabla, la ecuación anual es la que proporciona, en conjunto, los mejores resultados. En efecto, la media anual de los errores relativos mensuales es del 31% para las ecuaciones mensuales, 27% para las estacionales y 25% para la anual.

Con las temperaturas se realizó un proceso análogo, si bien el número de estaciones de comparación hubo de reducirse a $n = 4$ por falta de más estaciones con pocas lagunas de datos. En este caso no parece tan claro qué tipo de ecuaciones resulta más ventajoso. Las medias anuales de los errores típicos obtenidos se hallan relacionadas en la tabla 3, en la que se observan valores muy similares, que no permiten decantarse por ninguna de las tres opciones.

Así pues, vamos a elegir las ecuaciones anuales como método más deseable. En el caso de las precipitaciones porque son las que han dado los errores más bajos, y en el de las temperaturas, aunque los resultados han sido bastante parecidos entre los tres tipos de ecuaciones, por su mayor sencillez y significación, al estar basadas en un mayor número de pares de datos.

Ahora aplicaremos la metodología escogida, pero empleando una recta de Teissier en lugar de una recta de regresión clásica (modelo I). Los errores típicos relativos resultantes de la aplicación de esta recta a las precipitaciones del aeropuerto de Palma se pueden observar en la tabla 4, junto con los del modelo I, probado anteriormente. Se aprecia una disminución del error típico en siete de los meses, por cuatro en los que empeora. La media anual de estos errores es, sin embargo, del 23% para la recta de Teissier, por un 25% del modelo I: sólo un 2% de error típico a favor de la primera.

En cuanto a las temperaturas, los resultados son nuevamente muy poco claros. En la tabla 5 puede observarse lo pequeñas que son las diferencias entre los errores típicos medios anuales producidos por ambos métodos. A nivel mensual, la recta de Teissier parece disminuir ligeramente los errores en las temperaturas máximas, al contrario de lo que sucede con las mínimas (sobre todo con las mínimas mensuales).

A la vista de estos resultados, se decidió emplear la recta de Teissier por la ligera mejoría observada en la estimación de las precipitaciones, así como por la mayor coherencia conceptual de su aplicación.

Los últimos análisis efectuados fueron encaminados a determinar el número óptimo de estaciones de referencia, que provisionalmente se había fijado en 5 para las precipitaciones y 4 para las temperaturas. Se utilizaron para ello desde 1 hasta 10 estaciones, con dos conjuntos de estaciones diferentes. Con el primer conjunto, con coeficientes de determinación altos (superiores a 0,8 en las siete primeras estaciones), los mejores resultados se obtenían con mayor número de estaciones que con el segundo, cuyas estaciones presentaban coeficientes de determinación menores (sólo las tres primeras superaban el valor 0,6).

En el proceso de depuración real cabe esperar ambos tipos de situaciones: si la estación problema se halla en una zona de alta densidad de estaciones es muy probable que presente elevadas correlaciones con gran número de ellas, pero no así si la estación problema se halla relativamente alejada de las demás. Se tomaron entonces como números óptimos de estaciones de comparación unos valores intermedios entre los obtenidos con las dos simulaciones, y resultaron ser $n=4$ para las precipitaciones, y $n=3$ para las temperaturas.

5. Aplicación del método

Con estos valores de n se realizó entonces la depuración de la base de datos, seleccionando para cada estación los mejores observatorios de referencia tras calcular las matrices de correlaciones, medias y desviaciones típicas de los datos simultáneos de cada pareja de estaciones. Los datos ausentes se estimaron por el procedimiento citado, y los presentes se contrastaron admitiéndolos como válidos si quedaban incluidos en un cierto intervalo de la estimación E realizada con la estación mejor correlacionada. Si no se cumplía esta condición se volvía a intentar con la siguiente estación por orden de correlación decreciente. Si tras cinco intentos consecutivos no se conseguía la aceptación del dato, éste se rechazaba y se estimaba como si no hubiera existido. El intervalo

empleado fué: $E \pm 1,5 \cdot SE$ para las temperaturas ($SE =$ error típico de la estimación), mientras que con las precipitaciones se empleó el ($E-1,5 \cdot SE$, $E+2,5 \cdot SE$) para tener en cuenta la asimetría de su distribución de frecuencias.

Naturalmente, la elección de un intervalo de confianza más o menos adecuado no es garantía de una depuración correcta al ciento por ciento, sino que inevitablemente se rechazarán por erróneos datos que serán correctos, y pasarán por buenos otros que no lo serán (aunque no diferirán mucho de los verdaderos). No obstante, esto último no es muy perjudicial y, por otra parte, el rechazo de algunos datos correctos pero que se aparten mucho de lo que sería de esperar puede resultar beneficioso para algunas aplicaciones, puesto que aumentaría la coherencia interna de todo el conjunto de datos en una variable que, como la precipitación, presenta con frecuencia singularidades aleatorias de importancia que sólo encajarían en el conjunto total en series más largas de observación. (Esto es aplicable cuando estamos interesados en los valores medios de las series, pero en otros casos, como por ejemplo en el estudio de frecuencias de máximos pluviométricos, esta «poda» podría ser contraproducente).

A lo largo del proceso de depuración se rechazaron sólo el 0,7% de los datos mensuales pluviométricos y del 1,1 al 1,8% de los termométricos.

6. Depuración de las precipitaciones anuales

Una vez rellenas y depuradas las series mensuales se obtuvieron los totales anuales de precipitación. Estas 109 series obtenidas se emplearon para rellenar y depurar las 57 series que sólo contaban con valores de entre 10 y 14 años en el periodo de estudio escogido.

Se probó primeramente el método de regresión simple (modelo I), pero se observó que daba lugar a valores absurdos en algunas estaciones: datos negativos al rellenar la serie de Costitx, y otros de hasta más de 3500 mm en la de Son Torrella. La causa de estas irregularidades estriba en la escasa significación de los parámetros de regresión calculados en base a 10 a 14 pares de datos. Esto se observa con claridad en la figura 1, en la que aparece representada la nube de puntos formada por los datos de Costitx comparados con los de Els Olors, una de las cuatro estaciones mejor correlacionadas con ella ($r = 0,926$).

Tanto la recta de regresión modelo I como la de Teissier interceptan al eje de abscisas hacia los 500 mm, con lo que al estimar algunos de los valores ausentes con los correspondientes de Els Olors (señalados como pequeños segmentos sobre el eje X) se obtendrían valores muy bajos, e incluso negativos en dos de ellos. Vemos así que estas rectas, que suelen dar buenos resultados en casos de interpolación, pueden ser bastante inadecuadas cuando hay que extrapolar, estimando valores exteriores al rango de la nube de puntos que sirvió de base para su determinación analítica.

Para evitar la intercepción del eje de abscisas se ensayó un ajuste potencial, del tipo $Y = a \cdot X^b$ (curva continua en la figura), y también una recta que uniera el origen de coordenadas con el centro de gravedad de la nube de puntos ($Y = b \cdot X$, recta de trazos largos). En la figura se observa que la curva potencial se ajusta bien a la nube pero, aunque evita que se estimen valores negativos, algunos parecen excesivamente bajos. Esto no sucede con la recta $Y = b \cdot X$, aunque su ajuste es el más burdo de todos.

Para determinar la bondad de todos estos métodos se han realizado tres ensayos con sendas muestras de 5 estaciones cada una, todas ellas con series anuales completas, y con diversas distancias entre las estaciones: A) pequeñas (estaciones de sa Cabaneta, Palma,

Palma-Urania, aeropuerto de Palma y Establiments); B) intermedias (Algaida, Raixa, Calvià, faro de Cap Blanc y Palma); C) grandes (Artà, Palma, Port de Pollença A.M., faro de Cap de Cavalleria y aeropuerto de Eivissa).

En cada ensayo se han aplicado los cuatro tipos de estimación a cada estación, con todas las demás como estaciones de comparación, con lo que se ha efectuado un total de 60 análisis de regresión. El ajuste de las ecuaciones se ha realizado con los datos del periodo 1971-80, y con ellas se han estimado los del decenio 1961-70. De la comparación de estos datos con los observados resultan los errores típicos medios de la tabla 6.

En ella se observa como el método más simple es el que ofrece los mejores resultados. La pendiente de la recta según este método, $Y = b \cdot X$, no es sino: $b = MY / MX$ (denotando por MX y MY los promedios de X e Y, respectivamente), con lo que tenemos: $Y / MY = X / MX$. Vemos pues que se trata del conocido método de las proporciones, pero aplicado aquí a la estimación de datos individuales, y no solamente a los valores medios de las series.

7. Conclusiones

En este trabajo se ha puesto de manifiesto que para rellenar y depurar series de datos termoplumiométricos mensuales mediante análisis de regresión, basta emplear ecuaciones anuales, ya que ni las mensuales ni las estacionales han proporcionado resultados mejores (en general), con el problema adicional de contar frecuentemente con un escaso número de pares de datos, lo que hace disminuir mucho el nivel de significación de las mismas.

La comparación del modelo I de regresión con una recta de Teissier no ha resultado en una clara ventaja de ninguno de los dos métodos. Sólomente se ha apreciado una ligera mejora en la estimación de los valores mensuales de precipitación mediante la recta de Teissier.

No obstante, ninguno de los dos métodos ha resultado adecuado para completar las series anuales de precipitación, sobre todo cuando ha habido que extrapolar datos (externos a la nube de puntos). En este caso, el sencillo método de las proporciones es el que ha ofrecido las mejores estimaciones.

8. Bibliografía

- ALEXANDERSSON H, 1986.- «A homogeneity test applied to precipitation data».- *Jour. of Climatol.* 6: 661-675.
- ARLERY R, GRISOLLET H, GUILMET B, 1973.- *Climatologie. Méthodes et pratiques*.- Monographies de Meteorologie. Gauthier-Villars. Paris.
- BAKER C B, EISCHEID J K, KARL T R, DIAZ H F, 1995.- «The quality control of long-term climatological data using objective data analysis».
<http://www.ncdc.noaa.gov/gcps/papers/qc1/qc.html>.
- CONRAD V, POLLACK L W, 1962.- *Methods in Climatology*.- Harvard Univ. Press, Cambridge-Massachusset.
- DAGET J, 1979.- *Les modèles mathématiques en écologie*.- Collection d'Ecologie 8, 172 pp, Masson, Paris.

- FELICISIMO A M, ALVAREZ M A, 1982(1980).- «Caracterización climática de Asturias según la clasificación agroclimática de Papadakis».- *Avances sobre la Investigación en Bioclimatología*: 11-22, CSIC-Salamanca.
- GARRIDO J, GARCIA J A, MATEOS V L, 1996.- «Homogeneidad y variabilidad natural de series largas de precipitación».- *Anales de Física* 92: 19-31.
- GUIJARRO J A, 1986.- *Contribución a la Bioclimatología de Baleares*.- Tesis Doctoral, Universitat de les Illes Balears, 2 vols., 282 y 301 pp. (inédita).
- JANSA J M, 1969.- *Curso de climatología*.- SMN B-19, 445 pp, Madrid.
- MATEO P, 1956.- *Pluviometría de Asturias*.- SMN A-28, Madrid.
- POTTER K W, 1981.- «Illustration of a new test for detecting a shift in mean in precipitation series».- *Month. Weath. Rev.* 109: 2040-2045.
- RUFFRAY P, BRISSE H, GRANJEAN G, 1981.- «Un procédé d'estimation des données manquantes fondé sur les correlations climatiques entre postes voisins».- *La Météorologie*, 24: 47-60.
- SOKAL R R, ROHLF F J, 1980.- *Introducción a la bioestadística*.- Ed.Reverte, Barcelona, 362 pp.

ANEXOS

Tabla 1.- Medias y desviaciones típicas de los coeficientes a, b y r^2 de las regresiones lineales mensuales, anual y estacionales, entre las precipitaciones mensuales del aeropuerto de Palma y las de las otras 108 estaciones pluviométricas.

	Coef. a		Coef. b		Coef. r^2	
	Media	D. típ.	Media	D. típ.	Media	D. típ.
Enero	10,07	35,80	0,474	0,054	0,558	0,043
Febrero	-0,92	19,57	0,744	0,104	0,780	0,026
Marzo	8,52	26,76	0,506	0,056	0,637	0,022
Abril	0,46	21,53	0,704	0,040	0,790	0,015
Mayo	7,08	24,08	0,669	0,053	0,584	0,031
Junio	6,54	12,93	0,594	0,044	0,448	0,037
Julio	3,28	8,46	0,712	0,195	0,372	0,077
Agosto	5,09	16,65	0,516	0,048	0,423	0,037
Septiembre	10,58	77,98	0,682	0,023	0,678	0,031
Octubre	28,21	445,36	0,587	0,080	0,361	0,048
Noviembre	12,81	43,82	0,413	0,040	0,508	0,037
Diciembre	11,55	84,28	0,534	0,053	0,602	0,035
Anual	8,04	20,27	0,580	0,041	0,573	0,018
Primavera	7,12	16,76	0,584	0,048	0,630	0,018
Verano	5,76	5,19	0,519	0,030	0,411	0,022
Otoño	16,51	104,87	0,564	0,046	0,451	0,037
Invierno	6,53	29,11	0,563	0,051	0,650	0,021

Tabla 2.- Errores típicos relativos (en %) de la estima de datos mensuales de precipitación del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión mensuales, estacionales, y anual.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
E. mens.	24	31	22	15	16	63	72	32	22	23	29	24	31
E. esta.	13	34	22	11	22	65	30	28	18	27	28	28	27
E. anual	14	28	23	12	22	52	30	24	20	29	26	23	25

Tabla 3.- Errores típicos (medias anuales en %C) de la estima de datos mensuales de temperatura del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión mensuales, estacionales, y anual.

Ecuaciones	Máx. media	Mín. media	Máximas	Mínimas
Mensuales	0,6	1,7	1,1	2,0
Estacionales	0,6	1,6	1,2	1,9
Anuales	0,7	1,6	1,4	1,8

Tabla 4.- Errores típicos relativos (en %) de la estima de datos mensuales de precipitación del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión anuales según el modelo I y según la recta de Teissier.

Recta	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
Modelo I	14	28	23	12	22	52	30	24	20	29	26	23	25
Teissier	16	21	20	8	20	53	23	26	20	25	27	19	23

Tabla 5.- Errores típicos medios anuales (% C) de la estima de los datos mensuales de temperatura del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión anuales según el modelo I y según la recta de Teissier.

Recta	Máx. media	Mín. media	Máximas	Mínimas
Modelo I	0,7	1,6	1,4	1,8
Teissier	0,7	1,6	1,3	2,0

Tabla 6.- Errores típicos medios (mm) de la estima de las precipitaciones anuales por cuatro métodos de regresión diferentes, aplicados a conjuntos de 5 estaciones próximas entre sí (A), con distancias medias (B), y alejadas (C).

Tipo de Ajuste		Conjuntos de estaciones			Media
		A	B	C	
Modelo I	$(Y = a + b \cdot X)$	70	117	164	117
Teissier	$(y = x)$	75	135	171	127
Potencial	$(Y = a \cdot X^b)$	68	112	160	113
Proporcional	$(Y = b \cdot X)$	56	89	145	97

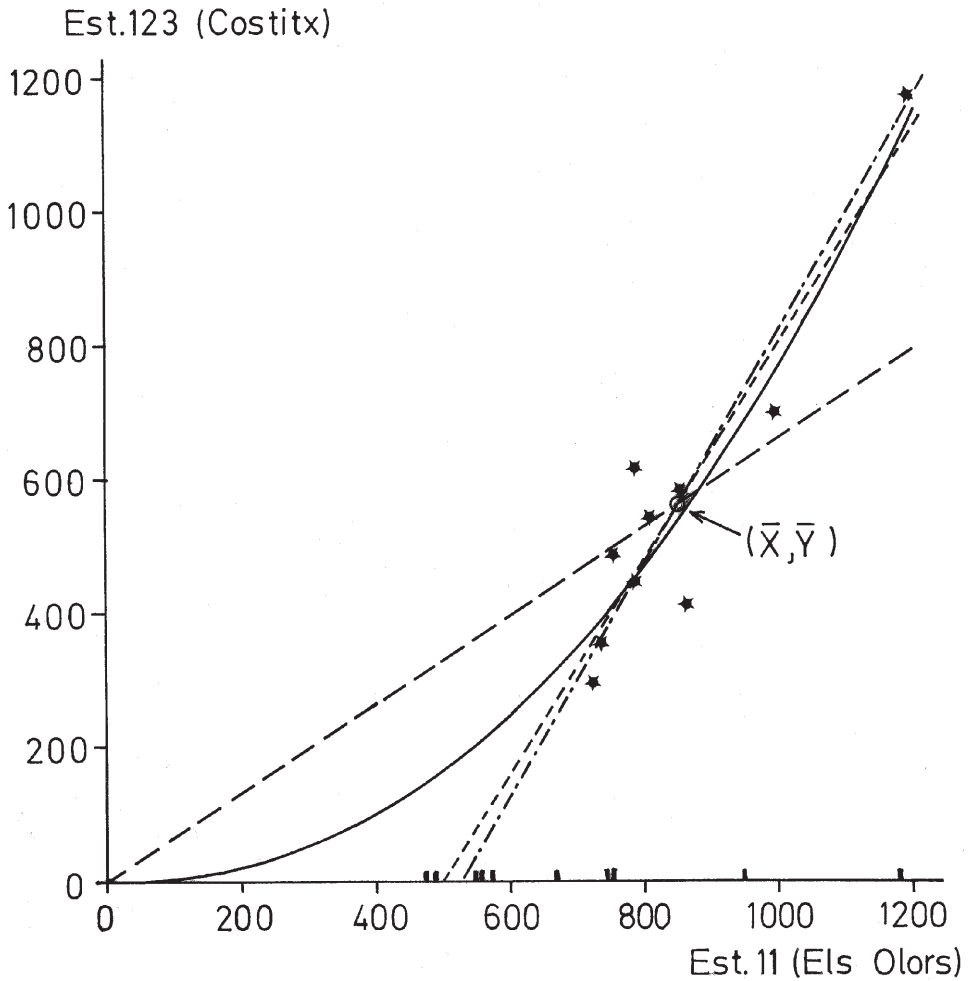


Figura 1.- Diferentes líneas de regresión entre las precipitaciones anuales de Costitx y Els Olors: lineal (trazos cortos), potencial (línea continúa), recta de Teissier (trazos y puntos), y método de las proporciones (trazos largos).