

## VARIABILIDAD NATURAL Y ANTROPOINDUCIDA EN EL “CAMBIO CLIMÁTICO”: EL CASO DE LA PLUVIOMETRÍA DE SORIA

Juan José SANZ DONAIRE

*Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad Complutense*

### RESUMEN

Realizados ciertos tratamientos gráficos y estadísticos de la serie instrumental pluviométrica de Soria para estudiar la variabilidad, se comparan con los mismos tratamientos de las temperaturas, poniéndose de relieve que incluso las variaciones en los últimos años pueden explicarse por el traslado de la estación meteorológica y su cercado urbanístico más que por el llamado “cambio climático”.

**Palabras clave:** Precipitación, tratamientos estadísticos, cambio climático, Soria.

### ABSTRACT

This paper presents some graphics and statistics of the rainfall series over Soria (Spain) in order to study the natural variability, compared to the same statistical graphics of the temperature. Even the latest variations pointed out can be explained by the removal of the rainfall gauge and the urban growth around it, and not necessarily by the so-called climatic change.

**Key words:** Rainfall, statistics, climatic change, Soria (Spain).

### 1. INTRODUCCIÓN

Últimamente andamos preocupados por mostrar y demostrar, si ello es posible, la existencia del llamado “cambio climático”, entendido no como suele hacerse en los medios de comunicación y especialmente en la prensa divulgadora, esto es, como la variabilidad antropoinducida, sino como una variación del clima lo suficientemente importante como para ser considerada cambio irreversible, y que en otro lugar hemos querido definir a partir de un concepto previo de clima (SANZ DONAIRE, a, en prensa). Consideramos clima al: “estado normal de la atmósfera sobre un lugar, entendiendo por normal los valores cuya probabilidad es superior a 0,033% en ambas colas, previo ajuste de la distribución que mejor se acople a las series de treintenios, contados en sentido creciente o decreciente a partir de 1901”; y consideramos cambio climático: “toda desviación respecto de la normalidad, que, teniendo en cuenta el uso actual de los tests estadísticos, tenga significación” (SANZ DONAIRE, d, en prensa).

A partir de estas premisas hemos dedicado algún esfuerzo al meollo de la variabilidad natural, para, acotada ésta, disponer de elementos de juicio con los que abordar la antropoinducida.

En esta ocasión se han elegido las precipitaciones de una de las estaciones más problemáticas de entre las que en España ofrecen una serie instrumental más larga, esto es, de la ciudad de Soria.

## 2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SERIE Y MEDIAS

La simple gráfica del régimen interanual de la pluviometría (Fig. 1) pone de manifiesto que en términos generales se ha producido una tendencia inicial al aumento, seguida de una última y bastante marcada disminución de la precipitación a lo largo de los 133 años recogidos (desde 1862, comienzo de la serie registrada - en principio sólo con totales anuales -, hasta 1995). Efectivamente la media de toda la serie es de 553,3 mm y las medias de los treintenios inicial y terminal son las consignadas en el cuadro I.

TREINTENIO	MEDIA	VARIACIÓN
A) 1862-1891	588,1	
F) 1964-1995	497,6	-15,39%

Cuadro I. Como en el cuadro II, la letra inicial es la designación del treintenio para ulteriores tratamientos.

Esta simple tabla propone una diferencia de prácticamente 100 mm, lo que es equivalente a una variación en 1/6, si se establece sobre el valor mayor, o bien de un 1/5 si se calcula sobre el menor. Una variabilidad en torno al 16% resulta importante, pero no debemos dejarnos impresionar por estas cifras. En reciente estudio MARTÍN VIDE y ESTRADA MATEU (1998) han puesto de manifiesto la gran variabilidad de los regímenes pluviométricos peninsulares. No de modo casual Soria se halla en un ecotono (véase especialmente tabla 2 y mapas 1 y 2, págs. 88 y ss.), lo que induce a pensar en una mayor posibilidad para el cambio, al hallarse en las proximidades de un umbral sistémico, y, en este caso, también geográfico. Es allí precisamente donde es más esperable un cambio en un lapso de tiempo tan dilatado como el considerado.

Mayor precisión se encuentra en la consideración de los treintenios que nosotros hemos considerado normales (SANZ DONAIRE, b, en prensa) y acordes con la definición de clima que hemos apuntado más arriba (cuadro II).

TREINTENIO	MEDIA	VARIACIÓN
B) 1871-1900	554,546667	
C) 1901-1930	565,063333	+1,90
D) 1931-1960	573,91	+1,56
E) 1961-1990	514,396667	-10,37

Cuadro II

Del cuadro anterior se extrae un lento pero continuado aumento de la precipitación en los primeros 90 años considerados, para producirse un derrumbamiento en lo ganado y descender, en el último treintenio, muy por debajo de lo que han sido las variaciones de los lapsos de tiempo de treinta años anteriores. Tal comportamiento resulta al menos sorprendente, por lo que se sugiere la intervención humana en el mismo, al multiplicar como mínimo por 5 cualquier variación anterior. También se ha realizado unos tests estadísticos (sobre la media, desviación típica, mediana y de Kolmogórov-Smírnov) con el fin de averiguar si los treintenios reseñados ofrecen diferencias significativas entre sí. El cuadro III consigna el número de tests significativos que pasan las comparaciones, y que demuestran las diferencias, mayores o menores, entre los distintos treintenios.

Queda claro que las series más alejadas entre sí en el tiempo son las que ofrecen mayor diferenciación, como cabría esperar de un cambio progresivo; pero también se patentiza que el cambio resalta a partir del treintenio D. A tal fin, recuérdese que ha habido un traslado de la estación meteorológica en Soria desde su primer emplazamiento en el Instituto de Enseñanza Secundaria a la parte alta de la ciudad, concretamente a la calle Navas de Tolosa, nº 14 (ALMARZA, LÓPEZ y FLORES, 1996), hecho que se realizó en el año 1943. Esta circunstancia podría explicar, en parte, las diferencias entre los períodos trigintanales, independientemente de que, en tiempos recientes, el chalet donde se ubicaba la estación de medida de precipitación haya sido objeto de sombra pluviométrica al crecer los edificios colindantes, en definitiva, agobiada por el crecimiento urbanístico en altura de la ciudad (DRONIA, 1967).

A	A					
B	0	B				
C	0	0	C			
D	0	0	0	D		
E	3	1	0	2	E	
F	4	1	2	3	0	F

Cuadro III (ver texto).

### 3. USO DE GRÁFICOS DE DESVIACIONES ACUMULADAS

Con el fin de representar más claramente esta tendencia se ha realizado el gráfico de desviaciones acumuladas respecto de la media (Fig. 2) que arroja el siguiente resultado:

- a) cuatro años iniciales con pérdidas, posiblemente como final de una etapa seca iniciada anteriormente;
- b) un período húmedo con incrementos positivos continuados entre 1865 y 1883, con mantenimiento posterior hasta 1890;
- c) descenso hasta 1900;
- d) ligero incremento positivo hasta 1967;
- e) etapa final del siglo XX con un descenso muy notable.

Ya se ha puesto de relieve en otro lugar (SANZ DONAIRE, c, en prensa) que, para que el gráfico resulte bien entendido, es definitivo que se construya adecuadamente, pues existe quien, se supone que intencionadamente, confecciona el mismo de modo distinto, por lo general teniendo en cuenta un treintenio de referencia u otro (CALLENDAR, 1961; HOUGHTON, JENKINS y EPHRAUMS, 1990). A modo de demostración de lo que se ha dicho se proponen ahora dos ejemplos bien ilustrativos, realizados sobre la referencia de un treintenio al comienzo de la serie, o al final (Figs 3 y 4).

Especialmente este cuarto gráfico muestra un aumento mantenido de la precipitación, durante la casi totalidad del período de registro, con la salvedad de la etapa 1882-1900, y una plataforma en el lapso 1967 hasta el final de la serie. Los límites de tiempo son coincidentes con los que se aludían en otras representaciones, pues, al fin y al cabo, son distintos tratamientos, pero de los mismos datos.

#### 4. MODELOS MATEMÁTICOS SIMPLES

Después se ha procedido al ajuste de modelos matemáticos simples al fin de recabar más información sobre el hecho de la variabilidad de las precipitaciones sorianas, como indicador de la variación climática, si es que ella existe. En una primera fase se utilizó el modelo intrínsecamente lineal y otros extrínsecamente lineales, cuyos resultados se presentan en las figuras 5 a 8. Como se puede apreciar a simple vista los modelos lineales en todos los casos denotan el comportamiento a la baja de la recolección de precipitaciones en Soria capital. Todos los ensayos muestran, sin embargo, un enorme inconveniente: el bajísimo valor del coeficiente de determinación. No obstante, aunque éste arroje valores “insignificantes”, no por ello el ajuste ha de ser problemático, sino que puede dar significación estadística, al más alto nivel.

El cuadro IV presenta los citados parámetros para los diferentes ajustes efectuados.

Modelo	Expresión	R <sup>2</sup> (%)	Significación estad.
Lineal	$P=1826,36-0,6605 a(\text{ños})$	4,53	SÍ (95%)
Cuadrático	$P=-21629,1+23,66 a-0,006 a^2$	5,02	SÍ (95%)
Políg. 3er grado	$P=3,38E6-5284,3 a + 2,75 a^2 -0,0005 a^3$	8,18	SÍ (95%)
Exponencial	$P=\exp(8,36-0,0011 a)$	3,64	SÍ (95%)
Logarítmico	$P=10155,2-1269,47 \ln(a)$	4,51	SÍ (95%)
Potencial	$P=3,1464E9 a^{-2,055}$	3,61	SÍ (95%)
Curva en S.	$P=\exp(4,241+3953,2/a)$	3,59	SÍ (95%)
Raíz de y	$P=(49,0136-0,0132 a)^2$	4,12	SÍ (95%)
Raíz de x	$P=3095,8-57,9163 \sqrt{a}$	4,52	SÍ (95%)
Doble recíproco	$P=1/(0,005-6,396/a)$	2,50	SÍ (95%)
Recíproco de x	$P=-712,686+2,439/a$	4,48	SÍ (95%)
Recíproco de y	$P=1/(-0,001495-0,00000174 a)$	2,55	SÍ (95%)

Cuadro IV

Vale la pena argüir a favor de estos tratamientos, poco ortodoxos, desde el punto de vista del tratamiento estadístico de series. Es frecuente que en éstos se incluya la tendencia, dibujada a través del ajuste de una recta de regresión, como medida de la variación de la variable con el tiempo, sin tener en cuenta que la regresión implicaría dependencia de una variable respecto de otra. Sin embargo se hace con frecuencia, y hasta los programas estadísticos para microordenadores de utilización más extendida los recogen. A modo de ejemplo Statgraphics en su versión 4.0 para Windows incluye junto a la tendencia lineal, las exponencial, cuadrática y en S. ¿Y no todo debe restringirse a la diferenciación entre la palabra "modelo de regresión" y "tendencia"! Por esta razón se ha intentado aquí el ajuste mediante diversos modelos de regresión polinomiales y extrínsecamente lineales.

### **5. DESVIACIONES ACUMULADAS DE VARIOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS**

La comparación de los gráficos de desviaciones acumuladas de las precipitaciones y de las temperaturas (Fig. 9) puede dar origen a tres situaciones diferentes:

- a) Coincidencia: al aumentar una de las variables también lo hace la otra y en el mismo sentido (y viceversa). Parece lógico si se tiene en cuenta que un aumento general de la temperatura significa una mayor capacidad del aire para contener agua, aunque ello no signifique necesariamente que dicha humedad atmosférica tenga que precipitar
- b) Indiferencia: no existe pauta de comportamiento fácilmente ajustable
- c) Inversión: tendría su explicación en el hecho de que, para una humedad constante, la bajada de temperatura implicaría una más alta probabilidad de precipitación

Debe entenderse el comportamiento también en los justos términos: dado que los valores con los que se trabaja aquí son temperaturas medias y precipitaciones totales anuales, éstas pueden esconder situaciones bien diferentes:

- 1) aumento de la temperatura media por incremento térmico del verano
- 2) aumento de la temperatura media por suavización del frío invernal

Estas dos situaciones tienen diferente interpretación, por muy simple que ésta sea, y, por ende, dan lugar a distintas respuestas pluviométricas:

- 1) verano caluroso implicaría una disminución de la precipitación, debido a un reforzamiento en la persistencia de las altas presiones subtropicales
- 2) invierno suave puede darse con dos situaciones dinámicas bien distintas: por circulación continuada zonal del W, lo que implicaría un aumento de la precipitación; o bien por situación anticiclónica, cuyo efecto sería una bajada en la precipitación recogida.

En la figura 9 se ponen de manifiesto un período inicial de coincidencia (1862-1918), si bien con cierta histéresis de las precipitaciones respecto de las temperaturas; una etapa de incipiente inversión (1919-1942), para invertirse progresiva y netamente (en especial desde 1962) los comportamientos desde el cambio de localización de la estación meteorológica. Por ello pienso en los factores antropogénicos de localidad más que en los del "cambio climático" para su explicación.

## 6.PERIODOGRAMAS

Poco extendido está su uso entre los geógrafos, más preocupados por la variabilidad espacial que por la temporal; pero cuando se cartografía, se puede hacer para resaltar la variabilidad en el espacio de un acontecimiento temporal. Pongo por caso los tan utilizados mapas de aumento y disminución de la población, con gama de colores o tramas para denotar el diferente valor de la variable en el tiempo. A pesar de su mínima utilización geográfica, los periodogramas son adecuados para resaltar la periodicidad de ciertos ciclos. Para las precipitaciones sorianas (Fig.10) se destacan los ciclos (con un valor aproximado de su prominencia) en el cuadro V.

PRECIPITACIONES		TEMPERATURAS	
Período (años)	Valor orientativo	Período (años)	Valor orientativo
44,3	12,2	64,5	18,6
16,6	5,5	43	13,7
12,9	10,5	25,8	12,3
7,8	5,5	11,7	2,7
6,6	7,1	9,9	1,4
4,9	4,9	7,6	3,4
3,9	4,2	5,6	3,3
3,6	5,4	3,8	1,8
3,3	5,8	3,1	1,3
2,7	5,7	2,3	2,1
2,2	3,9		

Cuadro V

En general en el periodograma pluviométrico queda patente un “ruido más blanco” que en el de temperaturas (Fig. 11), lo que equivaldría a afirmar que las precipitaciones son más aleatorias que las temperaturas. El periodograma pluviométrico muestra unas puntas de difícil interpretación y que se hallan en clara contraposición a las determinadas en las temperaturas. Parecen esbozarse los ciclos tantas veces citados de 11 años (ciclo de las manchas solares), así como sus múltiplos (¿22?) y sobre todo 44 años.

## 7. VARIABILIDAD TERMOMÉTRICA Y PLUVIOMÉTRICA

Inicialmente se ha partido de un concepto de clima en el que se intenta introducir toda la variación de los elementos climáticos para la unidad de tiempo de la treintena de años. Esta definición, como todas, es arbitraria, aunque, pienso, más clara. La aplicación de la misma a los datos sorianos ha dado como resultado un mayor ajuste de la distribución de Weibull a las temperaturas (Fig. 12) y lognormal a las precipitaciones (Fig. 13). Quedan fuera de la definición realizada las temperaturas superiores a 12,1°C e inferiores a 8,1 (Fig. 14), al igual que las precipitaciones menores de 359 mm y mayores de 812 mm (Fig. 15). La desigual repartición de los valores extremos así como la no coincidencia en el tiempo de los mismos (Fig. 16) - que sólo se produce en los años finales del siglo XIX durante la que hemos denominado “anomalía climática finidecimonónica”- hace pensar que no existe el tan orquestado “cambio climático” antropogénico, ni tan siquiera en los datos de una de las series menos homogéneas de toda las de registro histórico instrumental en España.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMARZA MATA, C.; LÓPEZ DÍAZ, J.A. y FLORES HERRÁEZ, C. (1996): *Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España*. INM, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 318 pp.
- CALLENDAR, G.D. (1961): “Temperature fluctuations and trends over the Earth”. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **87**, 1-12.
- DRONIA, H. (1967): “Der Stadteinfluß auf den weltweiten Temperatortrend”, *Meteor. Abh. Freie Univ. Berlin*, tomo 74, 65 pp..
- HOUGHTON; JENKINS y EPHRAUMS (1990): *Climate Change. The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press.
- MARTÍN VIDE, J. y ESTRADA MATEU, J. (1998): “Una nueva propuesta metodológica de regímenes pluviométricos estacionales para la Península Ibérica”, *Nimbus*, Almería, nº 1-2, pp. 85-92
- SANZ DONAIRE, J.J. (a, en prensa): “La climatologie est morte! Vive la climatologie! Reflexiones sobre el cambio climático”, *Estudios Geográficos*, Madrid, 25 pp.
- SANZ DONAIRE, J.J. (b, en prensa): “A propósito del cambio climático: una “nueva” definición de clima”, Homenaje al Prof. García Fernández, Valladolid, 12 pp.
- SANZ DONAIRE, J.J. (c, en prensa): “Escepticismo al “cambio climático”: el ejemplo de las temperaturas”, *Nimbus*, Almería, 27 pp.
- SANZ DONAIRE, J.J. (d, en prensa): “New definitions of climate and climatic change”, *Bulletin of the Egyptian Geographical Society*, Vol. 73, 20 pp.

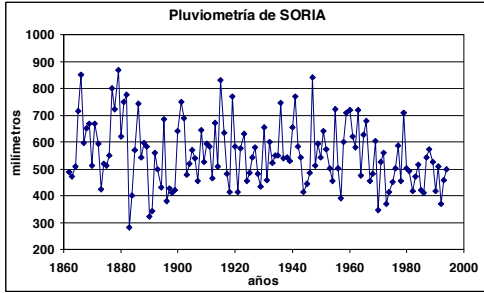


Figura 1.

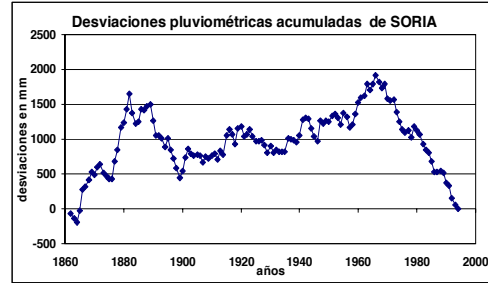


Figura 2.

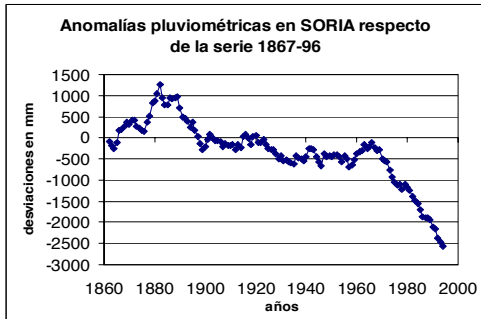


Figura 3.

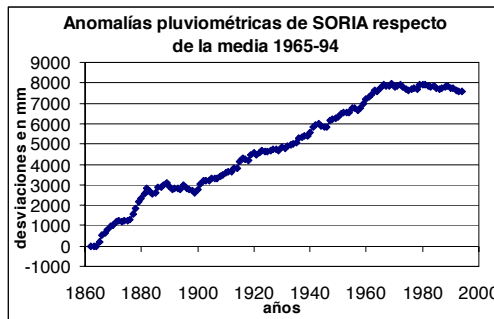


Figura 4.

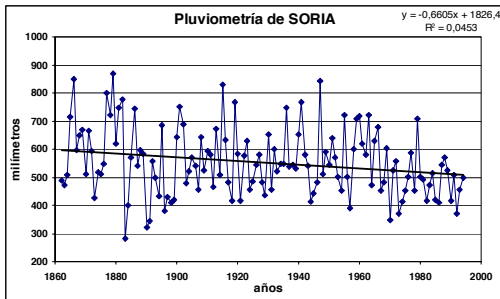


Figura 5.

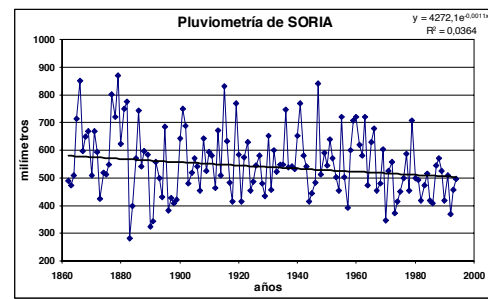


Figura 6.

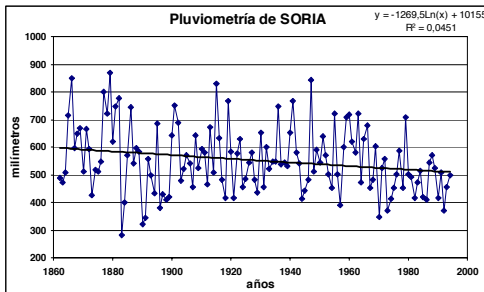


Figura 7.

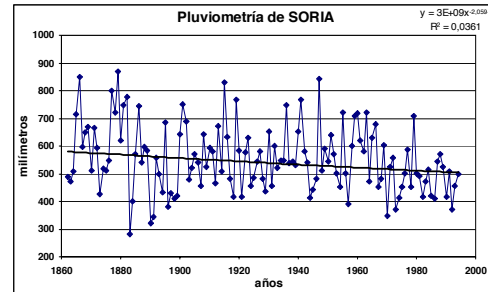


Figura 8.



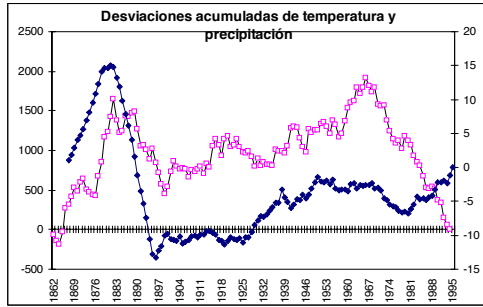


Figura 9.

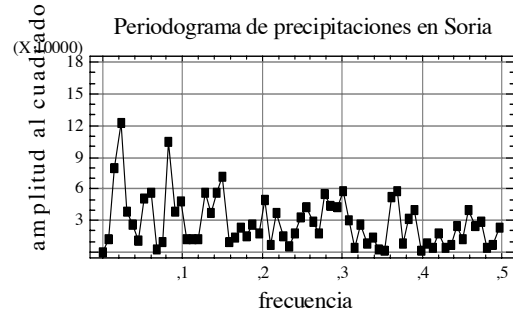


Figura 10.

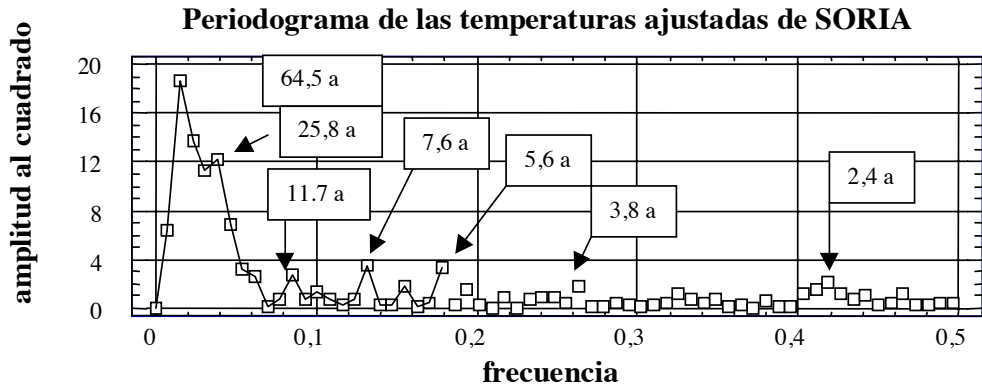


Figura 11.

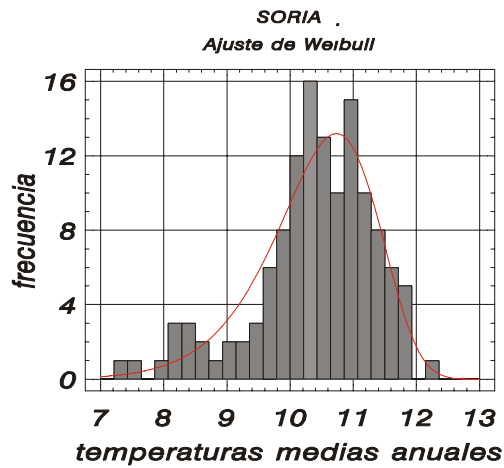


Figura 12.

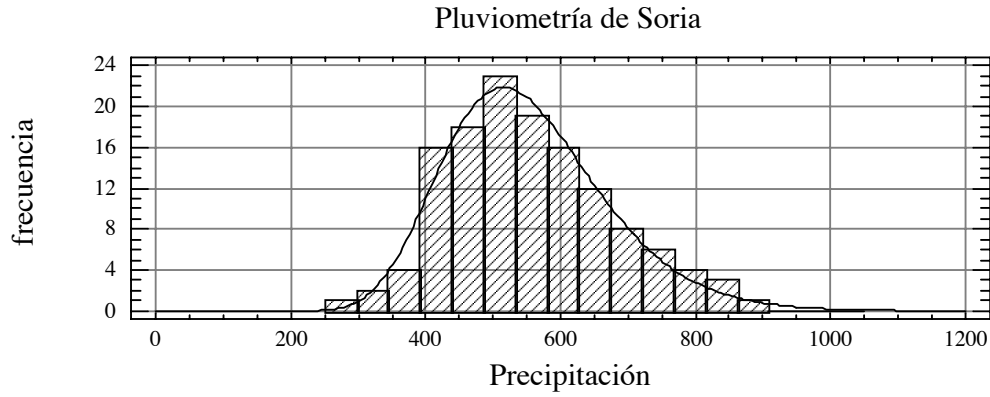


Figura 13.

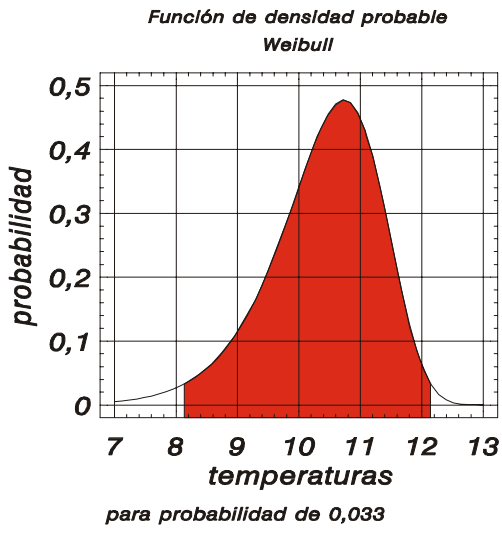


Figura 14.

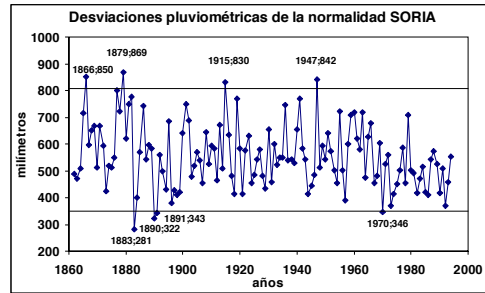


Figura 15.

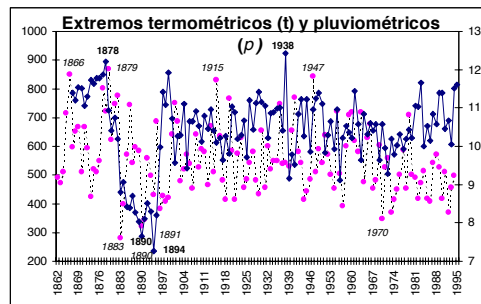


Figura 16.

