

## ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE HORAS-FRÍO POR DEBAJO DE DISTINTOS UMBRALES, A PARTIR DE LA TEMPERATURA MÍNIMA, EN LA PROVINCIA DE SALAMANCA.

Autores: CABELLO CABELLO, M. J.

BLANCO DE PABLOS, A.

RIBAS ELCOROBARRUTIA, F.

TAPIA CID, J. M.

Con la colaboración técnica de: MARTÍN CEA, M.

RINCON RODRÍGUEZ, A.

**SUMMARY:** Among the commonly cultivated field crops of our province, a few require exposure to cold periods either to overcome seed dormancy or for vernalization.

A study of climatic characteristics of each zone in order to determine the duration of cold periods (hours of low temperature) in each one of them, is therefore considered to be of utmost practical importance. However, in the whole province of Salamanca only two observatories, Muñovela and Matacán, are known to be equipped with thermographs, an instrument essential for the determination of the duration of cold periods, thereby necessitating the computation of equations relating hours of cold period with other parameters like minimum temperature that can be easily obtained from any of the several rainfall-temperature meteorological observatories.

Thermographs bands of the Muñovela and Matacán observatories, provided by the National Meteorological Service, were used to determine the number of hours during which temperatures below 3.7, 5.9 and 9.1° C were recorded.

Several linear fits relating the number of cold-hours below each of the three threshold temperatures and the mean daily minimum temperature, were tested and the equation components statistically analyzed.

On classifying the entire study period into three groups based on cloudiness, a better estimation of the number of cold-hours on clear days was obtained as a result of the computation of linear regression equations with a high correlation coefficient. All the equation parameters ranged within acceptable limits and were statistically at a probability level of 0.01.

Finally, regression equations were computed for the determination of the accumulated number of cold-hours per decade based on mean minimum temperature.

**RESUMEN:** Parte de los cultivos que se realizan en nuestra provincia necesitan una cierta cantidad de horas-frío para levantar la dormición o producir la vernalización.

Es pues interesante conocer las características de cada zona y determinar el número de horas-frío que pueden tener lugar. Desafortunadamente, en toda la provincia de Sala-

manca, sólo las estaciones de Muñovela y Matacán disponen de los termógrafos necesarios para determinarlas, por lo que es imprescindible su cálculo mediante ecuaciones que las relacione con otros parámetros, como la temperatura mínima, que se obtienen en todas la estaciones termopluviométricas.

Con las bandas de los termógrafos de las estaciones meteorológicas de Muñovela y Matacán, cedidas por el Servicio Meteorológico Nacional, se han calculado el número de horas en que la temperatura descendió por debajo de 3.7, 5.9 y 9.1° C.

Se efectuaron distintos ajustes lineales relacionando el número de horas-frío por debajo de cada umbral, con la temperatura mínima diaria, y se procedió al análisis estadístico de sus componentes.

Posteriormente, se dividieron los días en tres grupos según la nubosidad, llegandose a una notable mejora en la estimación del número de horas-frío en los días despejados, obteniéndose ecuaciones con un alto coeficiente de correlación e intervalos razonables a un nivel de significación del 0.01 de los parámetros de la recta.

Por último, se deducen las ecuaciones para la determinación del número de horas-frío acumuladas por décadas, a partir de la media de la temperaturas mínima.

## INTRODUCCION

Si se tienen en cuenta los efectos que sobre los vegetales provocan las bajas temperaturas, se puede observar que dependiendo de toda una serie de factores como la especie, la variedad o el estado de desarrollo en el que se encuentren, estas bajas temperaturas pueden resultar en algunos casos completamente necesarias, mientras que en otros, pueden provocar resultados totalmente negativos (BLANCO DE PABLOS, A. 1.975). Por ejemplo, el trigo una vez nacido, es afectado por debajo de 0° C, pero es el estadio de antesis el más susceptible a la helada. Sin embargo, si la helada no es muy intensa y duradera, la producción se puede ver aumentada, ya que si bien es cierto que algunas plantas son dañadas, el resto ve favorecida la producción en grano (PAULSEN, G.M. et al. 1.983).

Muchos vegetales necesitan pasar un período mayor o menor de tiempo durante el cual las temperaturas deben bajar de un cierto umbral (BLANCO DE PABLOS et al. en prensa), estas necesidades son diferentes para cada tipo de planta y se manifiestan, sobre todo, en dos fenómenos: Uno es el de la llamada «vernalización» que es el proceso necesario en muchas especies para florecer normalmente (BARCELO COLL, J. et al. 1.983). El otro es el de la parada de crecimiento vegetativo o de reposo invernal, que se produce en la mayoría de los vegetales de nuestra región y cuyo levantamiento está condicionado, en muchos casos, a que se satisfagan unos ciertos requerimientos de temperatura inferior a un valor determinado.

Por ejemplo, la mayoría de los árboles frutales necesitan un tiempo de bajas temperaturas para levantar su dormición, y muy probablemente para inducir su floración, ya que se han comprobado retrasos en ella cuando las necesidades de frío no han sido suficientemente satisfechas (TABUENCA, M.C. 1.966, 1.972, 1.973).

No solamente la temperatura mínima influye en que estas necesidades de frío queden cubiertas, también el número de horas que los vegetales se encuentran por debajo de ciertos umbrales es determinante en este punto.

Como es lógico, las necesidades del número de horas de frío varían según las especies, por lo que hay que tenerlo en cuenta a la hora de elegir la especie o variedad para la zona de cultivo. Así, para el almendro el número de horas bajo 7°C oscila entre 90 y 427, o entre 422 y 940 horas bajo el umbral de 12°C. Para el melocotonero entre 588 y 1082 horas bajo el umbral de 7°. El ciruelo japonés entre 200 y 750 horas, mientras que el ciruelo europeo necesita entre 650 y 1300 horas por debajo de dicho umbral. El albaricoquero necesita entre 354 y 1185 horas (TABUENCA, 1.967, 1.968, 1.972).

No solamente gran parte de plantas leñosas necesitan de las bajas temperaturas para el levantamiento de la dormición, sino también muchos bulbos, rizomas o tubérculos se ven afectados por estos requerimientos.

## MATERIALES Y METODOS

Como las necesidades de frío invernal en las distintas variedades de cultivo suelen oscilar entre unos límites relativamente amplios, conociendo la cantidad de horas bajo una determinada temperatura que podemos esperar en una región, así como su distribución a lo largo de las cuatro estaciones del año, será posible la elección de aquellas variedades más convenientes y económicamente más rentables.

El problema se presenta al intentar la evaluación de estos períodos fríos en una determinada zona, ya que en la mayor parte de las estaciones meteorológicas termopluiométricas, sólo se poseen datos de temperatura mínima y máxima diaria, y solamente en las llamadas Estaciones Completas, la existencia de Termógrafos permite conocer, con bastante exactitud, este número de horas, ya que en ellos se realiza un registro continuo de la temperatura ambiental.

Se hace pues necesario deducir algún método que permita la evaluación de estos períodos fríos, partiendo únicamente de los datos que poseen las estaciones Termopluiométricas.

El primer paso a seguir será determinar la relación existente entre la temperatura mínima diaria y las horas durante las cuales la temperatura ha descendido, por debajo de un umbral determinado, en cada día.

La amplitud del ciclo diario de temperatura, la diferencia entre los valores máximo y mínimo de temperatura, regularidad en el aumento o disminución paulatino de las mismas, existencia o falta de cambios bruscos, o estacionamiento durante un cierto tiempo de un valor determinado, varía dependiendo de una serie de factores, entre los cuales la estación del año en la que se encuentra el día y la nubosidad del mismo son los más importantes.

Desafortunadamente, en Salamanca sólo las estaciones de Matacán y Muñovela disponen de los Termógrafos necesarios para calcular el número de horas al día en que la temperatura fue inferior a 2, 4, y 7°C.

La elección de estos umbrales se realizó teniendo en cuenta la bibliografía existente, en la que parecen ser los valores de 2 y 4°C los que están más relacionados con las temperaturas de vernalización para los cereales de invierno (ELIAS CASTILLO, et al. 1.977), mientras que para gran cantidad de frutales, la temperatura umbral se establece en 7°C (TABUENCA, 1.967, 1.968, 1.972; GIL ALBERT, 1.970).

Se efectuaron distintos ajustes a una recta, tanto con los datos obtenidos en Muñovela como con los de Matacán, relacionando las temperaturas mínimas diarias obtenidas en garita meteorológica con el número de horas-frío de cada día, pero sin considerar los días en que el número de horas frío fue cero.

Posteriormente, se consiguieron de nuevo otros ajustes lineales, esta vez sin considerar los días en que el número de horas-frío fue cero y, además, distinguiendo entre los días en que más de la mitad del cielo estaba cubierto de nubes, días en que la superficie del cielo cubierta por nubes era entre un medio y un octavo, y días en que la superficie del cielo cubierta por nubes era menor que un octavo.

Para cada uno de estos ajustes se calculó el coeficiente de correlación ( $r$ ) junto con su intervalo de confianza, así como los intervalos de confianza para el coeficiente poblacional de la «X» ( $\beta$ ) y del término independiente poblacional ( $\alpha$ ) de la recta, además del error típico de la estimación según VIEDMA (1.976).

Posteriormente se calculó la media de las temperaturas mínimas por décadas y el número de horas-frío acumuladas en el mismo intervalo de tiempo. Se realizaron de nuevo distintas regresiones lineales, tanto para Muñovela como para Matacán, repitiéndose el proceso anterior.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Ya con anterioridad se ha indicado la importancia que puede tener para los cultivos el pasar ciertos períodos de bajas temperaturas. Tan importante como la intensidad del frío es el número de horas que el cultivo está sometido a temperaturas inferiores a un umbral establecido.

Debido a esto, se ha realizado un estudio con el fin de poder establecer un modelo matemático que permita determinar la magnitud de estos períodos de tiempo a partir de parámetros, como la temperatura mínima, sencillos de obtener en las estaciones termoplumiométricas que se encuentran repartidas por nuestra geografía.

Hay que tener presente que las temperaturas, que tan amablemente nos cedió el Servicio Meteorológico Nacional para este estudio, están tomadas en garita meteorológica, y no a nivel de cultivo, por lo que hay que modificar los umbrales elegidos (2, 4 y 7°C), ya que cuando estas temperaturas se dan a nivel de las plantas, en garitas se registran temperaturas de 3.7, 5.9 y 9.1°C respectivamente (CABELLO, et al. 1.986).

A partir de las bandas de los termógrafos de las estaciones de Muñovela y Matacán, de los años 1.983 y 1.984, se calculó el número de horas diarias en que la temperatura descendió por debajo de los valores de 3.7, 5.9 y 9.1°C correspondientes a los respectivos umbrales de 2,4 y 7°C a nivel del cultivo.

Con estos datos se realizaron distintos ajustes para ambas estaciones, y con los tres umbrales elegidos, en los que a la variable independiente (X) se le asignaron los valores de la temperatura mínima diaria, mientras que a la variable dependiente (Y) se le dieron los valores del número de horas-frío por debajo del umbral tomado.

Esta correspondencia que parece evidente, al ser evaluada resulta aproximadamente lineal, sobre todo en lugares de poca nubosidad y ciclos diarios de temperaturas bien definidos.

Se calcularon, asimismo, los errores típicos de estimación, los intervalos de confianza de los parámetros  $\beta$  y  $\alpha$  de la recta « $Y = \beta X + \alpha$ » y el intervalo de confianza del coeficiente de correlación poblacional ( $\rho$ ), siempre con un nivel de significación de 0.01.

Si se comparan los intervalos de confianza del coeficiente de correlación, obtenidos para las dos estaciones (figura n° 1 c, f e i), se aprecia que, en el umbral de 2°C, la intersección de ambos tiene un valor de 0.077 representando un 85% del intervalo de Muñovela. En el umbral de 4°C el intervalo obtenido para la ecuación de Matacán, se encuentra comprendido dentro del intervalo obtenido para la estación de Muñovela. En el umbral de 7°C la intersección de ambos intervalos también es muy superior al 50%.

Esto puede significar que el grado de dependencia lineal es igual o muy semejante en ambas estaciones, ya que no hay nada que parezca indicar que el coeficiente de correlación poblacional sea distinto en cada una de éstas.

Hay que destacar que los coeficientes de correlación son relativamente bajos, disminuyendo estos a medida que aumenta el umbral elegido. También se aprecia, que al pasar del umbral de 2°C al de 7°C el error típico de estimación lo hace de 3.662 en Muñovela y 3.900 en Matacán a 5.010 y 4.554 respectivamente. Esto es debido a que la mayor dispersión de los puntos se produce para valores superiores de la «Y» y, como es lógico, para una determinada temperatura mínima cuanto mayor es el umbral, mayor es el número de horas en que la temperatura está por debajo de éste. Dicho de otra forma, cuanto mayor es el umbral, mayor es el número de valores de la «X», temperatura mínima, que llevan consigo 24 horas-frío.

Todo esto parece indicar que se consigue un error menor al realizar estimaciones para los umbrales inferiores que para los superiores.

Si se observan los intervalos de confianza del parámetro  $\beta$ , en las dos estaciones y para los tres umbrales (fig. n° 1 a, d y g), puede apreciarse que hay un ligero solapamiento de los intervalos en el umbral de 2 y 4°C, mientras que en el de 7°C la intersección de dichos intervalos es el conjunto vacío. De aquí podría deducirse que el tipo de dependencia lineal es ligeramente distinta en las dos esta-

TABLA N° 1

ECUACIONES OBTENIDAS EN LOS AJUSTES DEL NUMERO DE HORAS-FRÍO (Y), FRENTE A LA TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA (X), JUNTO CON LOS ERRORES TÍPICOS DE ESTIMACIÓN Y LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS  $\beta$  Y  $\alpha$  DE LA RECTA  $Y = \beta X + \alpha$ , Y DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 0.01, EN LAS ESTACIONES DE MUÑOVELA Y MATACÁN.

Nombre de la Estación	Umbral (oC)	Ecuación	Coef. Cor. (r)	Error típico de estimación	Interval. conf. ( $\beta$ )	Interval. conf. ( $\alpha$ )	Interval. conf. (p)
Muñovela	2	$Y = -1.650 X + 7.578$	0.843	3.662	-1.794, -1.413	7.106, 8.531	0.795, 0.882
Matacán	2	$Y = -2.039 X + 6.980$	0.818	3.900	-2.342, -1.737	6.049, 7.912	0.742, 0.872
Muñovela	4	$Y = -1.437 X + 11.684$	0.785	4.278	-1.629, -1.224	10.946, 12.422	0.730, 0.883
Matacán	4	$Y = -1.282 X + 10.892$	0.795	4.158	-2.071, -1.571	10.113, 11.670	0.730, 0.847
Muñovela	7	$Y = -1.298 X + 16.632$	0.748	5.010	-1.455, -1.141	15.843, 17.420	0.695, 0.795
Matacán	7	$Y = -1.652 X + 16.452$	0.774	4.554	-1.835, -1.469	15.680, 17.224	0.720, 0.820

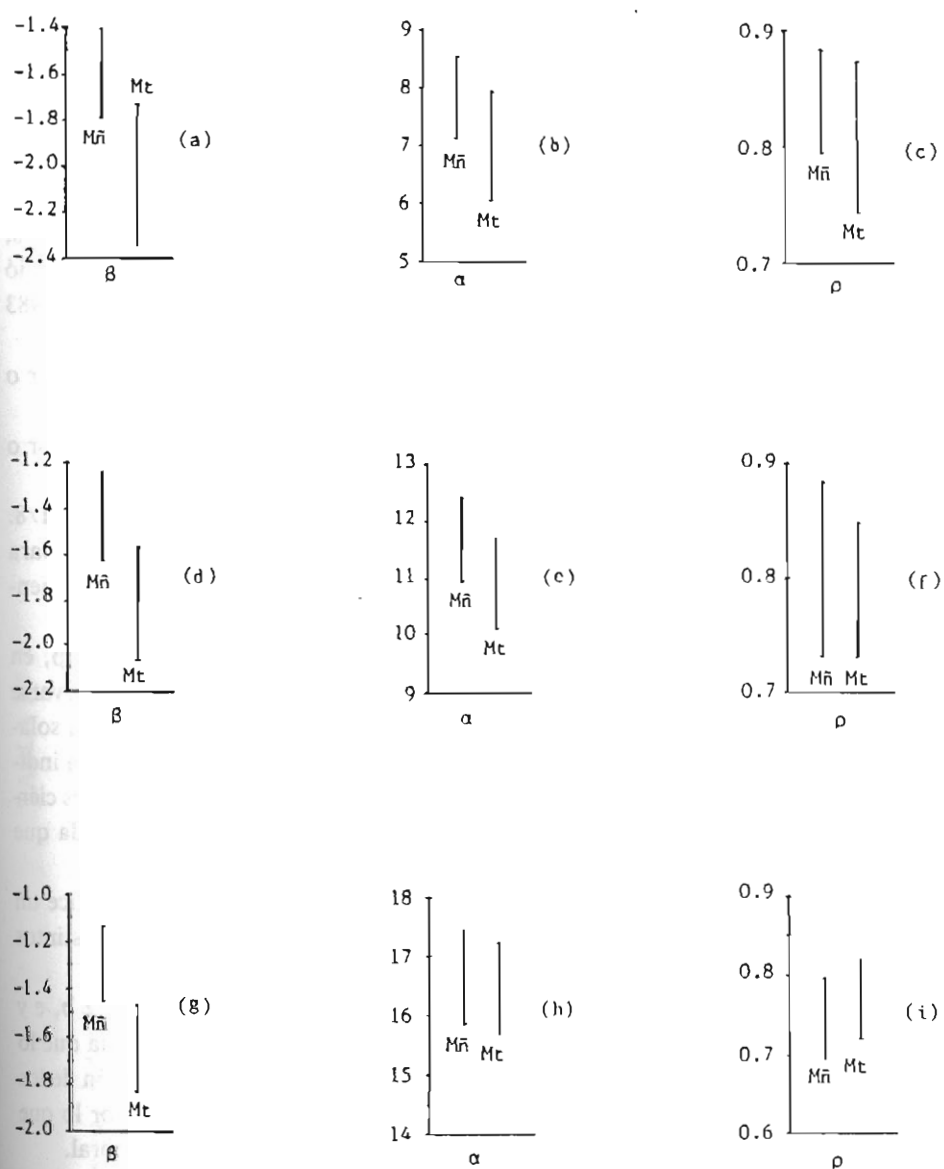


Figura n° 1.— Intervalos de confianzas de los parámetros  $\beta$ ,  $\alpha$  y  $\rho$  con un nivel de significación de 0.01, obtenidos en el ajuste lineal de número de horas-frío (Y), frente a la temperatura mínima diaria (X), en Muñova y Matacán, para los umbrales de 2°C (a, b y c), 4°C (d, e y f) y 7°C (g, h e i).

ciones, siendo la pendiente de la recta mayor, en valor absoluto, en Matacán que en Muñovela para los umbrales estudiados.

En cuanto a los intervalos de confianza del parámetro  $\alpha$  (fig. n° 1 b, e y h), hay que hacer notar que su intersección aumenta a medida que lo hacemos de umbral, llegando a ser casi total en el de 7°C. Esto quiere decir que quizás se trata de un mismo valor en este umbral, y parecido en los dos anteriores.

Con la intención de profundizar en el conocimiento de estos períodos fríos, y debido a que las dos estaciones se comportan de forma semejante, se procedió a realizar un estudio de los datos de la estación de Muñovela en los años 1.983 y 1.984 juntos, desglosándolos en tres grupos:

1.— Días en los que la superficie del cielo cubierta de nubes era superior o igual a la mitad.

2.— Días en los que la superficie del cielo cubierta de nubes era superior o igual a 1/8 e inferior a la mitad.

3.— Días en los que la superficie del cielo cubierta de nubes era menor que 1/8.

De igual forma que en los casos anteriores se efectuaron ajustes lineales para los tres umbrales ya mencionados, así como el análisis estadístico correspondiente (tabla n° 2).

Analizando los intervalos de confianza obtenidos para el parámetro  $\beta$ , en los tres umbrales y en cada uno de los grupos (fig. n° 2 a, d y g), puede observarse que, si bien es cierto que en los dos primeros grupos se producen solapamientos importantes a medida que aumentamos de umbral, lo que podría indicar que el valor poblacional del parámetro se encuentra próximo, también es cierto que se observa una clara tendencia al aumento del parámetro a medida que lo hacemos de umbral.

En el tercer grupo, cuando la nubosidad es menor que 1/8, se produce un solapamiento prácticamente total entre los intervalos obtenidos con los distintos umbrales.

Comparando los intervalos obtenidos para el parámetro  $\alpha$  (fig. n° 2 b, e y h), puede señalarse que, como cabría esperar, el valor aumenta a medida que lo hace el umbral. Sin embargo, para un umbral determinado la intersección de los intervalos es mínima o nula según los distintos casos de nubosidad, por lo que no podría asignarse un mismo valor de este parámetro para cada umbral.

Observando los intervalos de confianza obtenidos para los coeficientes de co-reacción poblacionales  $\rho$  (fig. n° 2 c, f e i), se aprecia que en los dos primeros grupos que producen amplias intersecciones entre los distintos umbrales, por lo que el valor poblacional del parámetro puede ser relativamente parecido en todos los casos, aunque con una tendencia a la disminución a medida que aumentamos de umbral.

En el último grupo, cuando la nubosidad es muy pequeña o nula, se observa que los intervalos son casi iguales en los umbrales de 2 y 4°C, mientras que el de 7°C el que presenta valores más altos y menos amplitud, aunque no muestra intersección con los anteriores.



TABLA N° 2

ECUACIONES OBTENIDAS EN LOS AJUSTES DEL NÚMERO DE HORAS-FRÍO (Y), FRENTE A LA TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA (X), JUNTO CON LOS ERRORES TÍPICOS DE ESTIMACIÓN Y LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS  $\beta$  Y  $\alpha$  DE LA RECTA  $Y = \beta X + \alpha$ , Y DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 0.01, EN LAS ESTACIONES MUÑOVELA Y MATACÁN CONSIDERANDO LA NUBOSIDAD DEL CIELO.

Nombre de la Estación	Umbral (°C)	Ecuación	Coef. Cor. (r)	Error típico de estimación	Interval. conf. ( $\beta$ )	Interval. conf. ( $\alpha$ )	Interval. conf. (p)
MAS DE 1/2 DE LA SUPERFICIE DEL CIELO CUBIERTA POR NUBES							
Muñovela	2	$Y = -1.978 X + 8.940$	0.784	4.437	-2.447, -1.508	7.612, 10.269	0.699, 0.848
Muñovela	4	$Y = -1.480 X + 13.771$	0.658	5.189	-1.900, -1.061	12.397, 15.144	0.530, 0.755
Muñovela	7	$Y = -1.097 X + 19.208$	0.618	5.596	-1.405, -0.789	18.355, 20.062	0.510, 0.710
ENTRE 1/8 DE LA SUPERFICIE DEL CIELO CUBIERTA POR NUBES							
Muñovela	2	$Y = -1.623 X + 7.168$	0.901	2.937	-1.849, -1.357	6.024, 8.312	0.838, 0.940
Muñovela	4	$Y = -1.446 X + 10.443$	0.871	3.387	-1.696, -1.195	9.370, 11.517	0.805, 0.917
Muñovela	7	$Y = -1.232 X + 15.504$	0.839	3.888	-1.452, -1.013	14.874, 16.140	0.720, 0.820
MENOS DE 1/8 DE LA SUPERFICIE DEL CIELO CUBIERTA POR NUBES							
Muñovela	2	$Y = -1.467 X + 6.617$	0.908	2.251	-1.762, -1.171	5.584, 7.370	0.828, 0.951
Muñovela	4	$Y = -1.401 X + 9.629$	0.893	2.999	-1.687, -1.116	8.902, 10.352	0.810, 0.941
Muñovela	7	$Y = -1.347 X + 14.024$	0.958	2.374	-1.498, -1.197	13.552, 14.495	0.951, 0.968

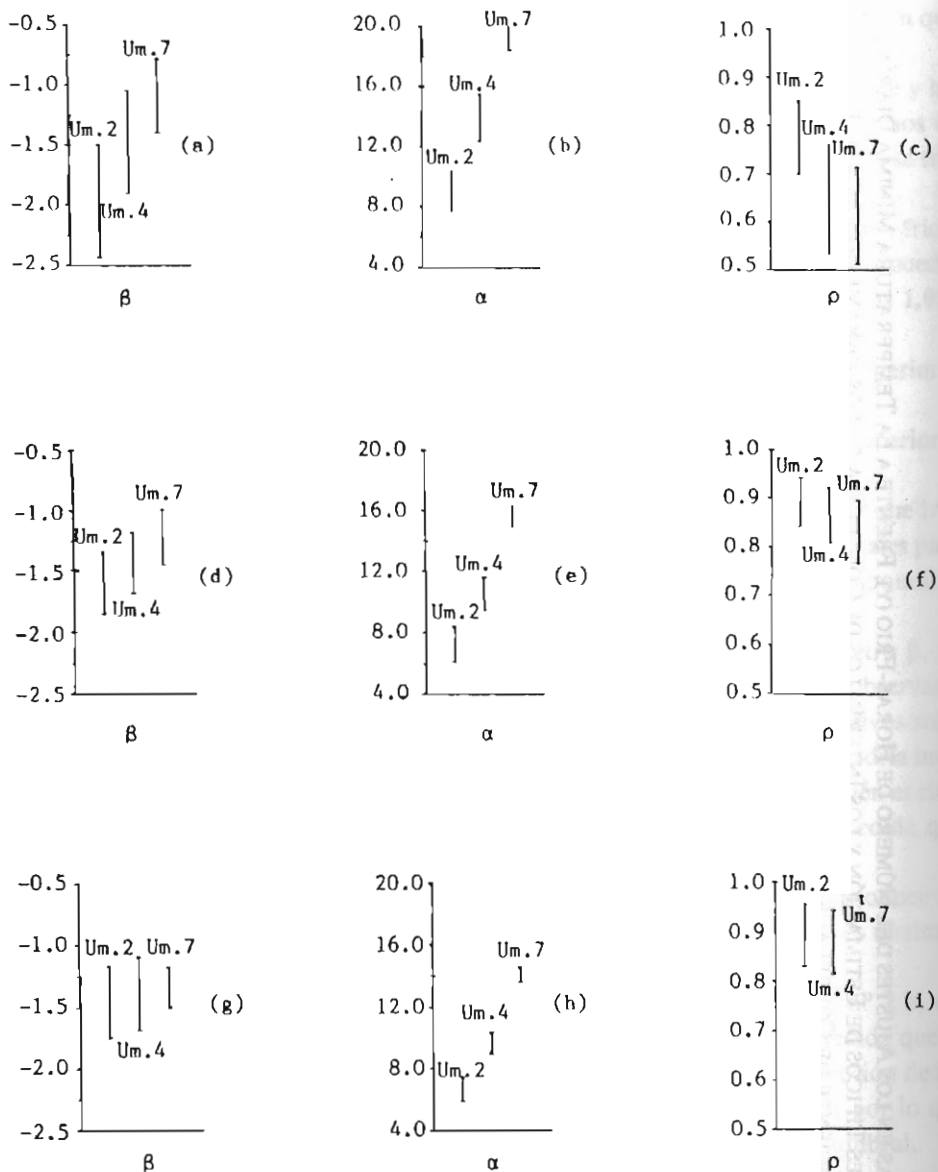


Figura N.º 2.— Intervalos de confianza de los parámetros  $\beta$ ,  $\alpha$  y  $\rho$  con un nivel de significación de 0.01, obtenidos en el ajuste lineal del número de horas-frío (Y), frente a las temperaturas mínimas diarias (X) en Muñovela, en los días en que la superficie de cielo cubierta por nubes fue mayor que 1/2 (a, b y c), entre 1/2 y 1/8 (d, e y f) y menor que 1/8 (g, h e i).

Comparando los distintos casos según la nubosidad, se advierte una clara tendencia a la disminución del error típico de estimación a medida que lo hace la nubosidad.

También es de destacar que la dependencia lineal aumenta con la disminución de la nubosidad pasándose de valores de «r» de alrededor de 0.6-0.7 a valores de 0.9 o superiores.

Cuando la nubosidad es alta las pendientes de las rectas obtenidas para cada umbral son ligeramente distintas. Esta diferencia disminuye a medida que lo hace la nubosidad.

Todo esto parece indicar que, cuando el día es claro, se puede realizar una buena estimación del número de horas en que la temperatura está por debajo de un cierto umbral, a partir de la temperatura mínima diaria, siendo estos días en los que normalmente se alcanzan temperaturas mínimas más bajas.

Sin embargo, en los días en que la nubosidad es mayor, estas estimaciones no pueden realizarse nada más que con el riesgo de cometer errores relativamente grandes.

Hay una clara influencia de la nubosidad en la duración de los períodos en los que la temperatura está por debajo de un umbral; aumentando por lo general este número de horas, aunque la temperatura mínima no haya descendido tanto como lo haría si el día fuera claro.

Esta influencia depende a su vez de otros factores como pueden ser: espesor de las capas de nubes, altura de éstas, tipo de que se trate, etc... Sería interesante, por tanto, profundizar en esta línea con el fin de aumentar en el conocimiento de la climatología de las diferentes zonas, sobre todo en lo referente a los períodos fríos, que tan importantes son para nuestros cultivos.

Por último, y debido a la dificultad que a veces se encuentra para obtener los valores de la temperatura mínima diaria, se realizaron nuevos ajustes lineales para las estaciones citadas y los tres umbrales escogidos.

Esta vez se asignaron los valores de las medias, por décadas, de las temperaturas mínimas diarias a la variable independiente «X», y la suma de horas frío a lo largo de la década a la variable dependiente «Y». Los resultados de estos ajustes así como del análisis estadístico se encuentran recogidos en la tabla nº 3.

Analizando los intervalos de confianza obtenidos para el parámetro  $\beta$  (fig. nº 3 a, d y g), puede observarse que el grado de intersección es muy alto, de lo que podría deducirse que el tipo de dependencia lineal es muy parecido en ambas estaciones, siendo Matacán la que presenta normalmente mayor amplitud en el intervalo. También puede observarse que el tipo de dependencia es semejante para los tres umbrales.

Respecto a los intervalos obtenidos para el parámetro  $\alpha$  (fig. nº 3 b, e y h), se podría afirmar que sus valores son semejantes para las dos estaciones.

Lo mismo ocurre con los intervalos de confianza para el coeficiente de correlación poblacional  $p$  (fig. nº 3, f, e i), lo que indica que el grado de dependencia

TABLA N° 3

ECUACIONES OBTENIDAS EN LOS AJUSTES DEL NÚMERO DE HORAS-FRÍO ACUMULADAS (Y), FRENTE A LAS MEDIAS DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS, POR DÉCADAS, JUNTO CON LOS ERRORES TÍPICOS DE ESTIMACIÓN Y LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS PARAMETROS  $\beta$  y  $\alpha$  DE LA RECTA  $Y = \beta X + \alpha$ , Y DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN, CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 0.01, EN LAS ESTACIONES DE MUÑOVELA Y MATACAN

Nombre de la Estación	Umbral (°C)	Ecuación	Coef. Cor. (r)	Error típico de estimación	Interval. conf. (B)	Interval. conf. (α)	Interval. conf. (ρ)
Muñovela	2	$Y = -13.743 X + 86.450$	0.941	19.673	-16.221,-11.265	75.532, 97.369	0.879,0.973
Matacán	2	$Y = -14.664 X + 80.530$	0.929	20.034	-18.007,-11.320	67.934, 93.125	0.873,0.962
Muñovela	4	$Y = -15.313 X + 121.491$	0.949	21.213	-17.682,-12.944	110.087,132.896	0.899,0.975
Matacán	4	$Y = -16.857 X + 114.243$	0.941	22.594	-19.908,-13.806	100.460,128.026	0.893,0.970
Muñovela	7	$Y = -15.729 X + 182.253$	0.889	38.800	-19.282,-12.178	160.952,203.555	0.795,0.940
Matacán	7	$Y = -18.109 X + 180.158$	0.916	32.990	-21.852,-14.366	168.607,191.709	0.850,0.955

es semejante en las dos estaciones, encontrándose valores bastante elevados para los tres umbrales.

Del estudio de estos resultados se desprende que el comportamiento en las estaciones meteorológicas de Muñovela y Matacán es muy semejante en cuanto a la relación existente entre las temperaturas mínimas y el número de horas-frío por debajo de ciertos umbrales.

De hecho, no se obtienen grandes variaciones en los resultados al calcular el número de horas-frío a partir de la temperatura mínima en Muñovela o en Matacán (tabla n° 4). Lo mismo ocurre si lo que se calcula son el número de horas-frío acumuladas, por décadas, a partir de la media de la temperatura mínima por décadas (tabla n° 5).

Debido a la dificultad que supondría la evaluación de la nubosidad, tomándola en períodos de 10 días, y a que los resultados obtenidos en esta última parte son suficientemente satisfactorios, no se ha creído necesario realizar, en este caso, un estudio teniendo en cuenta este factor.

### CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la comparación del número de horas frío por debajo de un umbral determinado, con la temperatura mínima diaria en garita meteorológica, se concluye que:

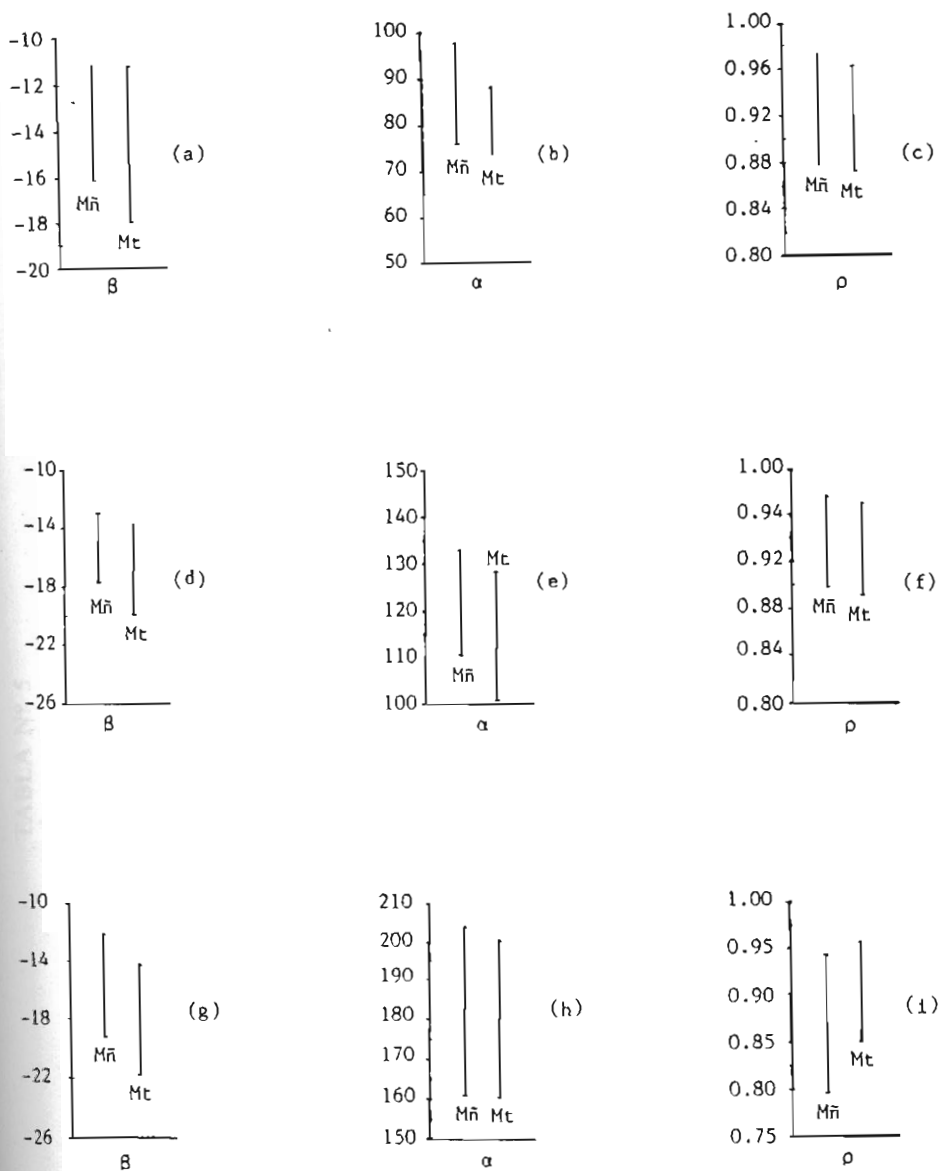


Figura N.º 3.— *Intervalos de confianza de los parámetros  $\beta$ ,  $\alpha$  y  $\rho$  con un nivel de significación de 0.01, obtenidos en los ajustes lineales del número de horas-frío acumuladas (Y), frente a las medias de las temperaturas mínimas por décadas (X), en Muñozela y Matacán, con los umbrales de 2°C (a, b y c), 4°C (d, e y f) y 7°C (g, h e i).*

TABLA N° 4

INTERVALOS DE LOS VALORES DEL NÚMERO DE HORAS EN LOS QUE LA TEMPERATURA DESCENDE POR DEBAJO DE LOS ÚMBRALES 2, 4 Y 7°C (Y), EN LAS ESTACIONES DE MUÑOVELA Y MATACÁN, A PARTIR DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN GARITA (X).

Valor de X	Muñovela (Umb. 2) Y = -1.650 X + 7.578	Muñovela (Umb. 4) Y = -1.4367 X + 11.684	Muñovela (Umb. 7) Y = -1.2982 X + 16.631	Matacán (Umb. 2) Y = -2.0393 X + 6.9804	Matacán (Umb. 4) Y = -1.8208 X + 10.8917	Matacán (Umb. 7) Y = -1.6522 X + 16.4521
X = -10	(25.045, 22.658)	(27.238, 24.863)	(30.393, 28.833)	(29.467, 15.280)	(30.821, 27.378)	(34.034, 31.914)
X = -9	(23.251, 21.246)	(25.609, 23.619)	(28.938, 27.692)	(27.125, 23.543)	(28.751, 25.807)	(32.198, 30.445)
X = -8	(21.457, 19.833)	(23.979, 22.375)	(27.483, 26.550)	(24.783, 21.806)	(26.680, 24.236)	(30.363, 28.976)
X = -7	(19.663, 18.420)	(22.350, 21.131)	(26.028, 25.409)	(22.442, 20.069)	(24.609, 22.665)	(28.527, 27.507)
X = -6	(17.869, 17.008)	(20.721, 19.887)	(24.573, 24.268)	(20.100, 18.333)	(22.538, 21.095)	(26.692, 26.038)
X = -5	(16.075, 15.595)	(19.092, 18.643)	(23.118, 23.127)	(17.758, 16.596)	(20.467, 19.524)	(24.857, 24.569)
X = -4	(14.281, 14.182)	(17.463, 17.399)	(21.663, 21.985)	(15.416, 14.859)	(18.397, 17.953)	(23.021, 23.100)
X = -3	(12.488, 12.769)	(15.833, 16.155)	(20.208, 20.844)	(13.074, 13.122)	(16.326, 16.382)	(21.186, 21.631)
X = -2	(10.694, 11.357)	(14.204, 14.910)	(18.753, 19.703)	(10.733, 11.385)	(14.255, 14.811)	(19.350, 20.162)
X = -1	(8.900, 9.944)	(12.575, 13.666)	(17.298, 18.561)	(8.391, 9.649)	(12.184, 13.241)	(17.515, 18.693)
X = 0	(7.106, 8.531)	(10.946, 12.422)	(15.843, 17.420)	(6.049, 7.912)	(10.113, 11.670)	(15.679, 17.224)
X = 1	(5.312, 7.119)	(9.317, 11.178)	(14.388, 16.279)	(3.707, 6.175)	(8.043, 10.099)	(13.844, 15.755)
X = 2	(3.518, 5.706)	(7.687, 9.934)	(12.933, 15.137)	(1.365, 4.438)	(5.972, 8.528)	(12.009, 14.286)
X = 3	(1.724, 4.293)	(6.058, 8.690)	(11.478, 13.996)	(0.2.701)	(3.901, 6.957)	(10.173, 12.817)
X = 4	(0.2.881)	(4.429, 7.446)	(10.023, 12.855)	(0.0.964)	(1.830, 5.387)	(8.338, 11.348)
X = 5	(0.1.468)	(2.800, 6.202)	(8.568, 11.714)	(0.0)	(0.3.816)	(6.503, 9.879)
X = 6	(0.0.055)	(1.171, 4.958)	(7.113, 10.572)	(0.0)	(0.2.245)	(4.667, 8.410)
X = 7	(0.0)	(0.3.714)	(5.658, 9.431)	(0.0)	(0.0.674)	(2.832, 6.941)
X = 8	(0.0)	(0.2.469)	(4.203, 8.290)	(0.0)	(0.0)	(0.996, 5.472)
X = 9	(0.0)	(0.1.225)	(2.748, 7.148)	(0.0)	(0.0)	(0.4.003)
X = 10	(0.0)	(0.0)	(1.293, 6.007)	(0.0)	(0.0)	(0.2.534)

TABLA N° 5

INTERVALOS DE LOS VALORES DEL NUMERO DE HORAS ACUMULADAS, POR DÉCADAS, EN QUE LA TEMPERATURA DESCENDE POR DEBAJO DE LOS UMBRALES 2, 4 Y 7°C, EN LAS ESTACIONES DE MUÑOVELA Y MATAACÁN, A PARTIR DE LAS MEDIAS DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS, POR DÉCADAS, EN GARITA (X).

Valor de X	Muñovela (Umb. 2) Y = -13.7428 X + 86.454	Muñovela (Umb. 4) Y = -15.3131 X + 121.4916	Muñovela (Umb. 7) Y = -15.7298 X + 182.2537	Mataacán (Umb. 2) Y = -14.6637 X + 80.5300	Mataacán (Umb. 4) Y = -16.8572 X + 114.2430	Mataacán (Umb. 7) Y = -18.1089 X + 180.1570
X = -10	(237.741, 210.016)	(286.906, 262.339)	(353.771, 325.331)	(248.008, 206.325)	(299.541, 266.090)	(378.626, 343.870)
X = -9	(221.520, 198.751)	(269.224, 249.395)	(334.489, 313.154)	(230.001, 195.005)	(279.633, 252.284)	(356.774, 329.503)
X = -8	(205.299, 187.487)	(251.542, 236.451)	(315.207, 300.976)	(211.594, 183.685)	(259.725, 238.477)	(334.923, 315.137)
X = -7	(189.078, 176.222)	(233.860, 223.506)	(295.925, 288.799)	(193.986, 172.365)	(239.817, 224.671)	(313.071, 300.771)
X = -6	(172.857, 164.957)	(216.178, 210.562)	(276.643, 276.621)	(175.979, 161.045)	(219.909, 210.865)	(291.219, 286.404)
X = -5	(156.636, 153.692)	(198.496, 197.618)	(257.361, 264.443)	(157.971, 149.725)	(200.000, 197.058)	(269.368, 272.038)
X = -4	(140.416, 142.428)	(180.814, 184.674)	(238.079, 252.266)	(139.964, 138.405)	(180.092, 183.252)	(247.516, 257.671)
X = -3	(124.195, 131.163)	(163.132, 171.729)	(218.798, 240.088)	(121.957, 127.085)	(160.184, 169.446)	(225.665, 243.305)
X = -2	(107.974, 119.898)	(145.450, 158.785)	(199.516, 227.911)	(103.949, 115.765)	(140.276, 155.639)	(203.813, 228.939)
X = -1	(91.753, 108.634)	(127.769, 145.841)	(180.234, 215.733)	(85.942, 104.445)	(120.368, 141.833)	(181.961, 214.572)
X = 0	(75.532, 97.369)	(110.087, 132.896)	(160.952, 203.555)	(67.934, 93.125)	(100.460, 128.026)	(160.110, 200.206)
X = 1	(59.311, 86.101)	(92.405, 119.952)	(141.670, 191.378)	(49.927, 81.805)	(80.552, 114.220)	(138.258, 185.839)
X = 2	(43.090, 74.839)	(74.723, 107.008)	(122.388, 179.200)	(31.919, 70.485)	(60.644, 100.414)	(116.407, 171.473)
X = 3	(26.869, 63.575)	(57.041, 94.063)	(103.106, 167.023)	(13.912, 59.165)	(40.736, 86.607)	(94.555, 157.107)
X = 4	(10.648, 52.310)	(39.359, 81.119)	(83.824, 154.845)	(0, 47.845)	(20.828, 72.800)	(72.703, 142.740)
X = 5	(0, 41.045)	(21.677, 68.175)	(64.542, 142.667)	(0, 36.525)	(0, 919.58.994)	(50.852, 128.374)
X = 6	(0, 29.781)	(3.995, 55.231)	(45.260, 130.489)	(0, 25.205)	(0, 45.188)	(29.000, 114.007)
X = 7	(0, 18.516)	(0, 42.286)	(25.979, 118.312)	(0, 13.885)	(0, 31.382)	(7.148, 99.641)
X = 8	(0, 7.251)	(0, 29.342)	(6.697, 106.135)	(0, 2.565)	(0, 17.575)	(0, 85.275)
X = 9	(0, 0)	(0, 16.398)	(0, 93.957)	(0, 0)	(0, 3.769)	(0, 70.908)
X = 10	(0, 0)	(0, 3.453)	(0, 81.779)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 56.542)

— La temperatura mínima diaria se encuentra en relación lineal con el número de horas-frío, sobre todo, en los días despejados o con escasa nubosidad, en los que el ciclo de temperaturas está bien definido, obteniéndose las mejores estimaciones en esos días.

— La influencia de la nubosidad se ve disminuida cuando se consideran las medias de las temperaturas mínimas por décadas, obteniéndose, en este caso, el número de horas-frío acumuladas, con unos intervalos de confianza aceptables, a un nivel de significación de 0.01.

— El comportamiento de las estaciones meteorológicas de Muñovela y Matacán es en todo momento semejante, en cuanto a la relación existente entre el número de horas-frío por debajo de un umbral y la temperatura mínima diaria. Lo mismo ocurre en lo referente al número de horas-frío acumuladas y la media de la temperatura mínima por décadas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BARCELO COLL, J; NICOLAS RODRIGO, G; SABATER GARCIA, B y SÁNCHEZ TAMES, R. (1983). *Fisiología Vegetal*. Ed. Pirámides (Madrid).
- BLANCO DE PABLOS, A. (1975). Andamento dei fattori climatici e rendimento del frumento neel'ambiente della Provincia di Bari. *Ecol. Agrar.*; 5: 1-42.
- BLANCO DE PABLOS, A; BARCENA GARCÍA, M y ACEITUNO, P. Determinación de períodos críticos de helada y horas frío en la Cuenca del Duero. (*En prensa*).
- CABELLO CABELLO, M. J; BLANCO DE PABLOS, A; RIBAS ELCOROBARRUTIA, F. y TAPIA CID, J. M. (1986). Determinación de la temperatura mínima a nivel de cultivo a partir de la temperatura mínima en garita meteorológica, en la provincia de Salamanca. (*En prensa*).
- ELIAS CASTILLO F. y RUIZ BELTRAN, L. (1977). Agroclimatología de España. *Ministerio de Agricultura. Cuaderno I.N.I.A. n.º 7* (Madrid).
- GIL ALBERT, F. (1970). Consideracione sobre los factores limitativos en fruticultura. Horas frío acumuladas en diversos observatorios españoles. *I.N.I.A. Registro de variedades de plantas*.
- PAULSEN, G.M. and HEYNE, E.G. (1983). Grain production of winter wheat after spring freeze injury. *Agron. J.*; 75 (4): 705-707.
- TABUENCA, M.C. (1967). Necesidades del frío invernal de variedades de ciruelo. *An. Est. Exp. Aula Dei.*; 8 (3/4): 383-391.
- (1968) Necesidades del frío invernal de variedades de albaricoquero. *An. Est. Exp. Aula Dei.*; 9(1): 10-24.
- (1972). Necesidades del frío invernal de variedades de melocotonero II. *An. Est. Exp. Aula Dei.*; 11(3/4): 330,334.
- (1973). Factores limitantes del clima en el cultivo frutal. *Información Técnica Económica Agraria*. (I.T.E.A.): 10: 19-30.
- TABUENCA, M.C. y HERRERO, J. (1966) Influencia de la temperatura en la época de floración de frutales. *An. Est. Exp. Aula Dei.*; 8 (1/2): 115-153.
- VIEDMA, I.A. (1976). *Bioestadística. (Métodos Estadísticos en Medicina y Biología)*. Ed. Gráfica Internacional. (Madrid).