

EL FRÍO INVERNAL, FACTOR LIMITANTE PARA EL CULTIVO FRUTAL

**MODELOS Y MÉTODOS PARA DETERMINAR LA ACUMULACIÓN
DE FRÍO Y DE CALOR EN FRUTALES**

PABLO MELGAREJO MORENO



A. MADRID VICENTE, EDICIONES

© 1996, Pablo Melgarejo Moreno

© A. Madrid Vicente, Ediciones
Almansa, 94 - 28040 - Madrid (España)
Tlf. 533 69 26 - Fax 553 02 86

ISBN: **84-874440-88-6**
Depósito Legal: **MU-950-1996**

Imprime: **EL TALLER. Ingramur, S.L.**
Escultor Roque López, 3 y 5 - 30008 Murcia
Tlf. y fax: 24 45 99

No se permite la reproducción total o parcial de este libro ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

**EL FRÍO INVERNAL,
FACTOR LIMITANTE PARA
EL CULTIVO FRUTAL:**

**MODELOS Y MÉTODOS
PARA DETERMINAR
LA ACUMULACIÓN DE FRÍO
Y DE CALOR EN FRUTALES**

PABLO MELGAREJO MORENO

Dr. Ingeniero Agrónomo
U. D. de Cultivos Leñosos, Departamento de Producción Vegetal
Escuela Politécnica Superior de Orihuela
Universidad Politécnica de Valencia
Septiembre de 1996

EDITA



A. MADRID VICENTE, EDICIONES
Calle Almansa, 94 - 28040 - MADRID (ESPAÑA-SPAIN)

AGRADECIMIENTOS

Varias han sido las personas que han colaborado en la redacción y revisión de este trabajo. A todas ellas, citadas o no aquí, quiero mostrar mi agradecimiento; en especial a las mencionadas a continuación.

En primer lugar a mi esposa e hijos por haberme permitido dedicar gran cantidad de su tiempo a esta monografía.

A mis alumnos *D. Juan Fernando Navarro Hernández* y *D. Miguel Ángel Fernández Carrillo*, por su inestimable colaboración, tanto en la realización de numerosas búsquedas bibliográficas y comprobación de cálculos como en la elaboración del material fotográfico.

A *D. Benito Ubeda Miñarro*, profesor de la E. U. de Ingenieros de Telecomunicación (U.P.M.), por su colaboración en la realización de programas informáticos que han permitido realizar y comprobar numerosos cálculos sobre el análisis armónico de Fourier.

A mis compañeros *D. Rafael Martínez Valero* y *D.^a Asunción Amorós Marco* que, con su atenta lectura, han aportado valiosísimas sugerencias recogidas en este trabajo.

Finalmente, también deseo expresar mi gratitud al catedrático de Arboricultura Frutal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, *D. Fernando Gil-Albert Velarde*, por sus interesantes sugerencias y consejos, y por haber aceptado prologar este trabajo.

PRÓLOGO

En la década de los 50, coincidiendo con el inicio de la expansión del cultivo frutícola hacia zonas meridionales, en nuestro país, un factor adaptativo, hasta entonces casi desconocido, *las exigencias varietales de reposo invernal*, preocupó hondamente a técnicos y fruticultores. El convencimiento, que se fue adquiriendo con el tiempo, de que sus efectos no eran tan graves como en un principio se temía, hizo que la preocupación se fuera, en parte, olvidando; hasta que en los últimos años, la coincidencia de inviernos muy templados (1995), con el cultivo cada vez más especulativo de variedades muy tempranas en áreas frutícolas del Sur, ha vuelto a «poner sobre el tapete» la necesidad de factores climáticos que lo condicionan o incluso lo limitan.

En este caso, la evaluación del riesgo se ha realizado durante los años 60 y 70, mediante diversas correlaciones, que a partir de índices climáticos corrientes, permitían calcular las llamadas «horas-frío» del reposo de una variedad o de una zona determinada. Pero siempre se mantuvo la idea de que un proceso fisiológico tan complejo como el reposo invernal, no podía correlacionarse con un índice climático tan simple; y por lo tanto, todos los métodos de evaluación empleados, se consideraron siempre poco exactos y no merecedores de confianza. Por ello, desde hace 15 ó 20 años,

muchos Centros de Investigación frutícola en diversos países, han planteado la posibilidad de manejar nuevos índices, nuevos Procedimientos de Evaluación, e incluso, aprovechando el progreso tecnológico de los equipos de medida de las Estaciones climáticas, sistemas automatizables de medida continua del reposo.

El trabajo que estas líneas prologan, es una recopilación y actualización completísima de los nuevos sistemas de evaluación de las necesidades de reposo de las especies y variedades frutales. Además, los nuevos sistemas se comparan entre sí para apreciar su adecuación y exactitud, en una zona tan conflictiva como lo es la del Sudeste español (Alicante y Murcia). El resultado es un trabajo que se debe convertir en una herramienta imprescindible para cualquier profesional y técnico frutícola, que quiera aplicar toda esta metodología en la nueva fruticultura del siglo XXI.

El autor de la Monografía, *D. Pablo Melgarejo*, Dr. Ingeniero Agrónomo y Director de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, demuestra en ella, junto con su alta cualificación profesional, su determinación y constancia en el análisis y tratamiento de un tema muy difícil y complejo desde el punto de vista teórico, y que aún lo es más, cuando se trata de llevarlo al terreno práctico de explicación de sus efectos y consecuencias agronómicas. No me cabe la menor duda, de que esta «puesta al día» va a contribuir a facilitar las tomas de decisiones frutícolas en muchos casos reales, que cada año se presentan en nuestras áreas mediterráneas.

Hace bastante tiempo, traté parcialmente el tema de la medición del reposo invernal en algunos trabajos y publicaciones. El ver que han servido como uno de los puntos de apoyo, para completar, modernizar y mejorar los fundamentos de nuestro desarrollo frutícola, me satisface profundamente y me obliga a felicitar al autor por su detallado y exhaustivo trabajo.

Madrid, junio de 1996

Fernando Gil-Albert

Catedrático de Arboricultura Frutal
Universidad Politécnica de Madrid

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	15
1.1.- Objeto del trabajo.....	17
2.- EL PERIODO DE REPOSO DE LOS FRUTALES.....	18
3.- NECESIDAD DE FRÍO INVERNAL	22
3.1.- Fenómenos que ocasiona la deficiencia de frío invernal.....	27
3.1.1.- Comportamiento general de algunas especies frutales frente al déficit de frío invernal.....	30
3.2.- Salida del reposo	32
4.- INFLUENCIA DEL PATRÓN EN LAS NECESIDADES DE FRÍO .	33
5.- COMPENSADORES DE FRÍO	34
5.1.- Técnicas de cultivo.....	35
5.2.- Técnicas de mejora genética	42
6.- MEDIDA DEL FRÍO INVERNAL	43
6.1.- Horas-frío (hf)	43
6.1.1.- Correlación de Weimberger.....	44

6.1.2.- Método de Mota	45
6.1.3.- Bandas termográficas	46
6.1.4.- Método Crossa-Raynaud	46
6.1.5.- Método Bidabé	48
6.1.6.- Método Sharpe	49
6.2.- Unidades frío (Uf)	50
6.2.1.- Modelo Utah.....	50
6.2.2.- Modelo de Bajas Necesidades.....	53
6.2.3.- Modelo Carolina del Norte	54
6.2.4.- Modelo Dinámico.....	54
7.- NECESIDADES DE CALOR.....	59
7.1.- Unidades de calor acumuladas hasta la floración	61
7.2.- Método Bidabé	61
7.3.- Correlación entre la temperatura y la floración	63
7.4.- Horas grado de crecimiento (GDH).....	64
8.- EL ANÁLISIS ARMÓNICO DE DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS (AAVM), EN CUALQUIER MOMENTO DEL DÍA	65
8.1.- Introducción	65
8.2.- Análisis armónico de Fourier.....	67
8.3.- El método AAT	72
8.3.1.- Aplicaciones	81
8.4.- Esquema para el cálculo automático de la acumulación de frío o de calor	83
8.5.- Ejemplo de cálculo.....	84
8.5.1.- E. M. automática de Guadalupe-Murcia	84

8.5.1.1.- Cálculo de las necesidades de frío	87
8.5.1.1.1.- Cálculo de las horas-frío según distintos métodos.....	87
8.5.1.1.1.1.- Resumen de los resultados obtenidos por los distintos métodos de medida de las horas-frío	90
8.5.1.1.1.2.- Conclusiones sobre los métodos utilizados para el cálculo de las horas-frío (E.M. automática).....	91
8.5.1.1.2.- Cálculo de las unidades de frío	92
8.5.1.1.2.1.- Resumen de los resultados obtenidos por distintos modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío	95
8.5.1.1.2.2.- Conclusiones sobre los modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío (E.M. automática).....	96
8.5.1.2.- Cálculo de las necesidades de calor de crecimiento	96
8.5.1.2.1.- Cálculo de las necesidades de calor por distintos modelos ...	96
8.5.1.2.2.- Resumen de los resultados de acumulación de calor (E.M. automática).....	98
8.5.2.- E.M. simple de Llano de Brujas-Murcia.....	99
8.5.2.1.- Cálculo de las necesidades de frío	99
8.5.2.1.1.- Cálculo de las horas-frío según distintos métodos.....	99
8.5.2.1.1.1.- Resumen de los resultados obtenidos por los distintos métodos de medida de las horas-frío	101
8.5.2.1.1.2.- Conclusiones sobre los métodos utilizados para el cálculo de las horas-frío	101
8.5.2.1.2.- Cálculo de las unidades de frío	101
8.5.2.1.2.1.- Resumen de los resultados obtenidos por distintos modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío.....	102
8.5.2.1.2.2.- Conclusiones sobre los modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío	102

8.5.2.2.- Cálculo de las unidades de calor y de las horas grado de crecimiento	103
8.5.2.2.2.- Resumen de los resultados de acumulación de calor (E.M. simple).....	105
9.- CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES AGRONÓMICAS.....	105
10.- BIBLIOGRAFÍA.....	111

ANEJOS

Anejo 1: Necesidades de frío y de calor de distintas variedades frutales	119
Anejo 2: Temperaturas tomadas cada 10 minutos y temperaturas medias horarias obtenidas por la estación meteorológica automática de Guadalupe-Murcia en el mes de enero de 1990	131
Anejo 3: Bandas termográficas de la estación meteorológica simple de Llano de Brujas-Murcia correspondientes al mes de enero de 1990 y simulación de la curva diaria de temperatura, obtenida a partir de las temperaturas máxima y mínima diarias tomadas en la misma estación meteorológica para el mismo periodo	141
Anejo 4: Daños en distintas variedades frutales en una campaña con déficit de frío invernal (1965-66).....	145
Anejo 5: Intervalos y funciones utilizados para facilitar el uso de los distintos modelos empleados en el cálculo del frío y del calor acumulados.....	157
Anejo 6: Fotografías.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valoración de daños (0-5) por falta de frío invernal en variedades de melocotonero ubicadas en el Campo de Cartagena (Murcia).....	26
Tabla 2: Comportamiento general de algunas especies frutales frente al déficit de frío invernal.....	31

Tabla 3: Efecto de la aplicación de Aceite mineral, DNOC, Tiourea (TU) y Nitrato de potasio en la floración, foliación y fructificación en manzano Golden Delicious, de 3 años de edad, en Videira (Brasil)	41
Tabla 4: Correlación de Weimberger.....	45
Tabla 5: Método Sharpe	49
Tabla 6: Modelo Utah.....	50
Tabla 7: Modelo de Bajas Necesidades.....	53
Tabla 8: Modelo Carolina del Norte	54
Tabla 9: Equivalencias temperaturas/unidades-frío (Erez y Couvillon).....	58
Tabla 10: Número de días hasta floración plena con temperatura media superior a una dada.....	60
Tabla 11: Unidades de calor acumuladas hasta la floración para una temperatura umbral de 6 °C.....	62
Tabla 12: Suma de las acciones diarias para los diferentes valores de Q_{10}	63
Tabla 13: Relación entre la temperatura y la época de floración.....	64
Tabla 14: Valores de los estadísticos obtenidos por diversos métodos de síntesis de temperaturas (°C), a partir de los valores extremos diarios	74
Tabla 15: Temperaturas medias horarias (°C)	85
Tabla 16: Temperaturas máxima, mínima y media diarias (°C): I-90.....	86
Tabla 17: Resultados del cálculo de horas-frío (E.M. automática).....	90
Tabla 18: Resultados del cálculo de unidades-frío (E.M. automática).....	95
Tabla 19: Resultados del cálculo de unidades de calor (E.M. autom.)	98
Tabla 20: Temperaturas máximas y mínimas de la estación simple de Llano de Brujas-Murcia (enero-1990).....	99

Tabla 21: Temperaturas medias horarias (°C) obtenidas a partir de las temperaturas extremas de una estación simple.....	100
Tabla 22: Resultados del cálculo de horas-frío (E.M. simple).....	101
Tabla 23: Resultados del cálculo de unidades-frío (E.M. simple).....	102
Tabla 24: Resultados del cálculo de unidades de calor (E.M. simple)....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Descripción esquemática de la actividad metabólica en relación con el estado de reposo (Lavee, 1973).....	20
Figura 2: Descripción esquemática de los cambios de reguladores de crecimiento en relación con el estado de reposo.....	21
Figura 3: Necesidades de horas-frío según especies	23
Figura 4: Determinación de la fórmula para el cálculo de las horas-frío.....	46
Figura 5: Termograma de la estación meteorológica de Santomera	73
Figura 6: Termograma de la estación meteorológica de Llano de Brujas-Murcia.....	73

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Variación del peso seco en yemas de albaricoquero.....	33
Gráfica 2: Respuesta de la curva de temperatura a las tres reacciones propuestas	57
Gráfica 3: Representación de los 6 términos del desarrollo en serie de la función de temperatura de un día.....	70
Gráfica 4: Función original y 6 términos de su desarrollo en serie.....	71
Gráfica 5: Comparación de las curvas de temperaturas diarias, real y estimada.....	80
Gráfica 6: Horas-frío acumuladas en las campañas 1965-66 y 1995-96.....	153

1.- INTRODUCCIÓN

Los diversos factores climáticos (lluvias, heladas, vientos, granizos, etc.) son considerados desde siempre factores limitantes de primer orden para el cultivo frutal. Sin embargo, con la gran expansión frutícola de los últimos 30-40 años, en España (1950-1970) se han puesto de manifiesto algunos problemas de adaptación climática, fundamentalmente en las zonas donde se han realizado nuevas plantaciones, ya que son zonas generalmente cálidas, en las que no se han hecho experiencias previas de adaptación varietal, ni estudios climáticos tan precisos que permitieran evitar algunos de los problemas que posteriormente se han planteado. Así, Gil-Albert (1965, 1989b) denuncia que: «Las nuevas plantaciones en zonas cálidas (Extremadura, Andalucía, Costa Mediterránea, etc.) de frutales de pepita o de variedades extranjeras de frutales de hueso acarrear, casi siempre, el *problema de la insuficiencia del reposo invernal* de estas especies o variedades, insuficiencia ocasionada por inviernos con pocas horas con temperaturas relativamente bajas ($\leq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$)». Ésto se ha podido comprobar en numerosos años y zonas; un ejemplo reciente lo tenemos en el año 1995, en el que la falta de frío invernal ha provocado cuantiosos daños económicos en numerosas plantaciones frutales situadas en el Sudeste, especialmente en la Región de Murcia.

Como consecuencia de la importancia que han adquirido los proble-

mas relacionados con la falta de frío durante el *reposo invernal*, especialmente en las nuevas zonas de expansión frutícola, multitud de investigadores en diversos países se han dedicado a su estudio. Trabajos en otros países sobre diversos aspectos de este problema, han ido desvelándolo. Entre estos trabajos destacan los siguientes: Chandler (1925), Chandler *et al.* (1934, 1937, 1953), Black (1936, 1953), Weinberger (1950, 1967), Crossa-Raynaud (1955-1961), Mota (1957), Fregoni (1959), Brevighlieri (1960), Baldini (1956, 1961), Saunier (1960), Bidabé (1963). Más recientemente Erez y Lavee (1971), Richardson *et al.* (1974), Gilreath *et al.* (1981), Shaltout *et al.* (1983) y por último Hauagge y Cumming (1991), Gerreiro *et al.* (1991) Seif y Hassan (1992) y Nitransky (1993) han contribuido, con sus investigaciones, a tener otra visión diferente de la medida del *reposo invernal*.

En España múltiples trabajos han ayudado a aclarar este problema, como son los de Gil-Albert (1965, 1989b), muy especialmente los de Tabuenca (1964, 1966, 1967, 1968, 1971a, 1971b, 1979a, 1979b, 1980, 1983, 1984, 1985), y también Sánchez-Capuchino (1966, 1967) y Martínez (1979) obteniéndose un mayor conocimiento de las exigencias en frío invernal durante el periodo de reposo de algunas variedades nacionales, lo que ha permitido utilizar estos conocimientos para la elección de variedades en las nuevas plantaciones. En los últimos años son muy pocos los esfuerzos llevados a cabo en nuestro país en esta dirección. Encontramos los trabajos de investigación de Fernández-Escobar *et al.* (1987) sobre tratamientos químicos para la salida del reposo y de Rodríguez *et al.* (1987) sobre comportamiento, obtención y selección de material vegetal en frutales caducifolios (centro de Murcia), o el bibliográfico de Egea (1989) sobre modelos para medir el *reposo invernal*.

1.1.- Objeto del trabajo

Pretendemos abordar el problema de la acumulación de frío/calor en los frutales desde el punto de vista didáctico, facilitando al lector o estudiante las pautas a seguir para realizar el cálculo de las necesidades de frío (horas-frío o de las unidades de frío) y necesidades de calor (unidades de calor u horas grado de crecimiento) de manera automática, mediante un procedimiento matemático computerizado que permite, a partir de las estaciones meteorológicas automáticas y de las simples, obtener la curva de temperatura diaria de manera muy aproximada, con lo que los cálculos de las variables fenoclimáticas (horas-frío o de las unidades de calor, etc.) se simplifican y nos van a permitir utilizar cualquier modelo de cálculo. En el caso de no disponer de datos de estaciones meteorológicas automáticas, en las que los datos se toman con gran frecuencia, podremos realizar un cálculo suficientemente preciso de la curva de temperatura diaria a partir de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas simples y por tanto del frío o del calor acumulados en un período determinado, según el modelo que se utilice. De esta forma podremos caracterizar zonas y regiones en cuanto a este factor limitante, lo que unido a los datos propios en cuanto a necesidades de frío de la especie o variedad para esta zona o región, constituye una herramienta imprescindible para la planificación de nuevas plantaciones frutales. Por supuesto, de nada sirve tener un procedimiento más preciso para el cálculo del frío invernal si paralelamente no se realizan los esfuerzos necesarios para conocer las necesidades de frío de las variedades que se van a cultivar.

El método de cálculo que utilizaremos para obtener la curva diaria de temperaturas, a partir de la cual se puede caracterizar la zona según el frío invernal que en ella se tiene, de acuerdo con los modelos más adecuados, es el Método AAT, *Análisis Armónico de Temperaturas*, obtenido para la Cuenca del Segura (Garrido y Martínez, 1989) que, como demostraremos, es más exacto que los restantes métodos utilizados para obtener el valor de la temperatura en cualquier momento del día, para esta zona. A partir de la curva de temperatura diaria se podrán obtener las horas-frío,

las unidades de frío, las horas grado crecimiento, etc. de una forma automatizada y más exacta que a través de los valores de temperaturas máximas y mínimas que son los datos que habitualmente nos facilitan la mayoría de las estaciones meteorológicas tradicionales más simples que las automáticas. Éstas nos pueden proporcionar datos cada cierto tiempo prefijado.

Finalmente conviene indicar que mediante el estudio tanto de las necesidades de frío invernal como de las necesidades de calor tratamos de abordar un problema complejo mediante una sola variable, *la temperatura*, lo que no siempre permite explicar la respuesta de las plantas a los inviernos suaves, y sólo en aquellos casos donde el resto de variables, que definen una ecología, se mantienen constantes, para un mismo material vegetal, se obtienen resultados muy aceptables.

2.- EL PERIODO DE REPOSO DE LOS FRUTALES

En los climas templados o templado-cálidos como el nuestro, el ritmo de crecimiento estacional de los frutales está condicionado fundamentalmente por las temperaturas, pudiendo distinguirse durante su ciclo anual dos periodos claramente distintos:

- a) *El periodo de actividad vegetativa:* que se inicia al final del invierno o al principio de la primavera con el inicio de la actividad vegetativa y que termina en otoño con el cese aparente de toda actividad, cayendo las hojas en los frutales caducifolios y permaneciendo vestidos los perennes pero sin mostrar ningún tipo de crecimiento.
- b) *El periodo de reposo:* que se inicia a finales de otoño y finaliza a finales de invierno o principios de primavera, con el comienzo de la actividad vegetativa de la planta, caracterizándose porque durante él no muestra actividad aparente alguna, si bien algunos

procesos fisiológicos como la respiración continúan realizándose aunque de forma poco intensa.

El periodo de reposo, en los diversos frutales, empieza algún tiempo después de haber cesado el crecimiento de verano (Tabuenca, 1965); y cuando se produce la caída de las hojas las yemas están en un estado de profundo reposo del que no salen hasta que han experimentado suficiente cantidad de frío invernal (Black, 1953).

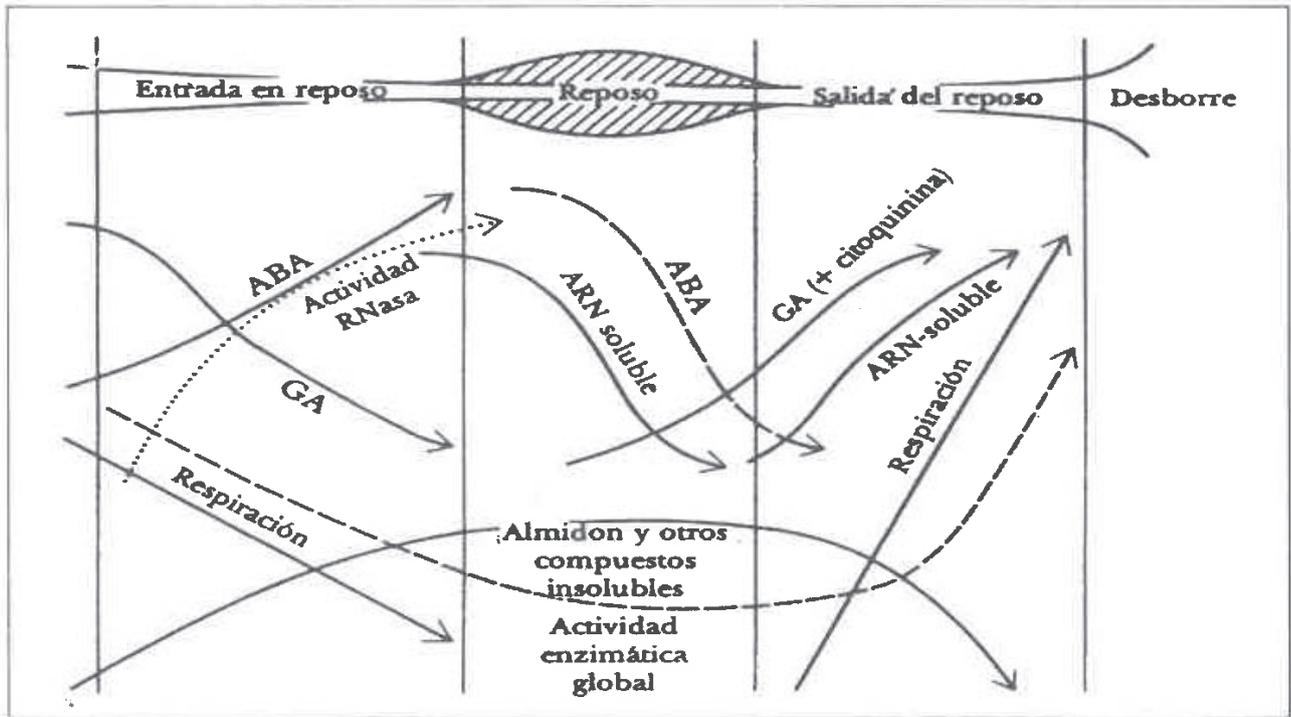
En la actualidad es aceptado por la mayor parte de los fisiólogos que el mecanismo directo que regula los procesos de actividad/reposo es un balance, en el interior del vegetal, entre promotores e inhibidores del crecimiento (Calderón, 1980). Parece ser que los factores externos al árbol, en especial los climáticos, influyen de manera notable sobre la fisiología de éste, dictándole instrucciones sobre la síntesis de sustancias promotoras o inhibidoras; cuando las cantidades de promotores son altas, los árboles son inducidos a crecer, mientras que si la predominancia es de inhibidores se induce al descanso (Calderón, 1980). El papel regulador del ABA en el reposo de yemas y semillas parece ligado al cambio de los niveles de GA y otros promotores, que se elevan marcadamente cuando se han cubierto las necesidades de frío y ha terminado el periodo de reposo (Westwood, 1982).

El acortamiento de la longitud del día al final del verano desencadena el cese del crecimiento en muchas especies. Los periodos de entrada en reposo, reposo y salida del reposo están acompañados de cambios en reguladores endógenos de crecimiento y en el metabolismo (Westwood, 1982), como puede verse en las figuras 1 y 2 según Lavee (1973), donde se explica como durante la entrada en reposo se produce un incremento de los inhibidores al mismo tiempo que se reduce la concentración de promotores del crecimiento; el proceso inverso ocurre durante la salida del reposo, lo que permite la brotación cuando además se dan condiciones de temperatura y humedad favorables.

Factores externos tales como temperatura, radiación solar, humedad

Figura 1

DESCRIPCIÓN ESQUEMÁTICA DE LA ACTIVIDAD METABÓLICA EN RELACIÓN CON EL ESTADO DE REPOSO (LAVEE, 1973)

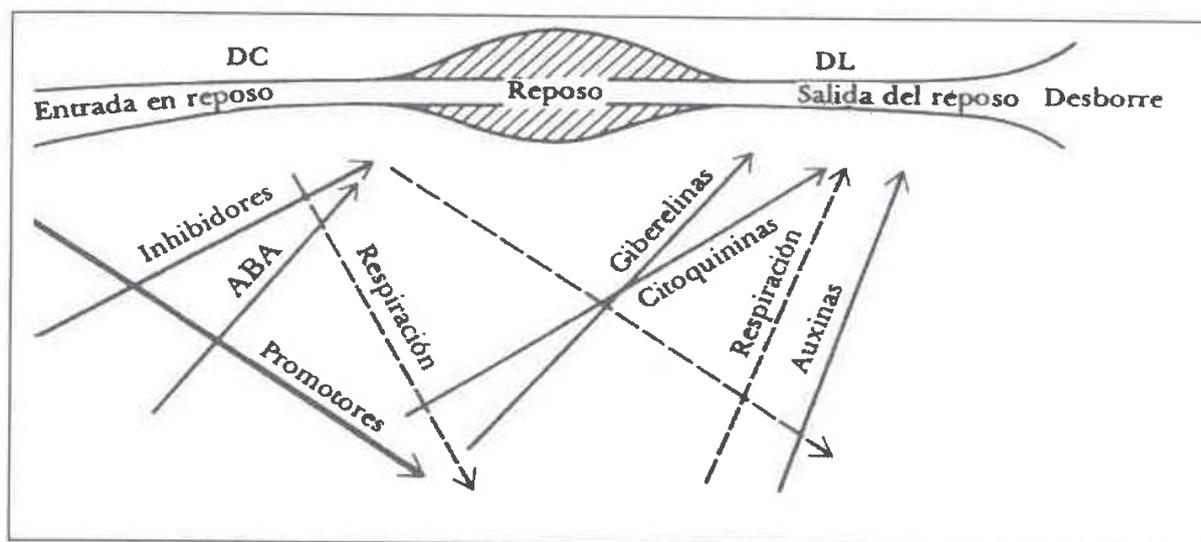


Fuente: Westwood, 1982.

ambiente y edáfica, fotoperíodo, niveles de fertilización, labores de cultivo, etc., pueden influir, y de hecho influyen, en el mecanismo que determina la caída de las hojas y la entrada en reposo de los árboles, pero su intervención no es del todo conocida en muchos de los casos. Se considera que el *período de reposo* comienza en los árboles desde el momento en que se detiene el crecimiento vegetativo anual, aún antes del desprendimiento de las hojas. A partir de ese momento las distintas actividades fisiológicas van disminuyendo hasta parar casi totalmente. Esta detención es casi total en la parte aérea pero parece ser que no tiene lugar de manera tan acentuada en la parte subterránea, en la que el crecimiento y otras funciones continúan presentándose aunque a ritmo menor (Calderón, 1980). En efecto, la actividad del sistema radicular se prolonga durante 2-

Figura 2

DESCRIPCIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS CAMBIOS DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN RELACIÓN CON EL ESTADO DE REPOSO



Fuente: Lavee, 1973 (Westwood, 1982).

3 semanas después de la parada otoñal y se inicia 2-3 semanas antes del desborre (Gil-Albert, 1989a).

Las especies caducifolias proceden de climas con estaciones definidas, siendo el periodo de reposo un mecanismo de defensa a las bajas temperaturas invernales. Aquellas se defienden de éstas mediante el agostamiento y endurecimiento de su madera a medida que se acercan al otoño y mediante la caída de las hojas, estado fenológico que nos muestra la entrada en reposo de la planta.

Algunos términos utilizados frecuentemente como sinónimos de reposo presentan matices diferenciales que conviene aclarar. Así, el término **latencia** (Westwood, 1992) es el término general utilizado para denotar el período de inactividad, distinguiéndose varias clases según la causa que la produce:

1. Quiescencia:

Cuando las yemas permanecen latentes a causa de condiciones externas desfavorables al crecimiento (por ejemplo, temperatura, agua disponible, fotoperíodo).

2. Inhibición por correlación:

Cuando las yemas no crecen por la acción inhibidora de otra parte de la planta (por ejemplo, latencia de yemas laterales debido a la dominancia del brote terminal o dominancia apical).

3. Reposo:

Cuando las yemas están latentes a causa de condiciones fisiológicas internas que impiden el crecimiento incluso si las condiciones externas son favorables al mismo. Temperaturas bajas por encima de 0 °C conducen a la salida del reposo.

4. Entrada en reposo:

La transición de quiescencia a reposo profundo en otoño.

3.- NECESIDAD DE FRÍO INVERNAL

Es sabido que los frutales caducifolios necesitan sufrir durante el periodo de reposo la acción o efecto fisiológico de las bajas temperaturas durante un tiempo más o menos prolongado que depende de la intensidad de las mismas, de la variedad, etc., para que éstos puedan brotar y florecer de manera normal a finales de invierno o principios de primavera, una vez se den las condiciones favorables para el crecimiento.

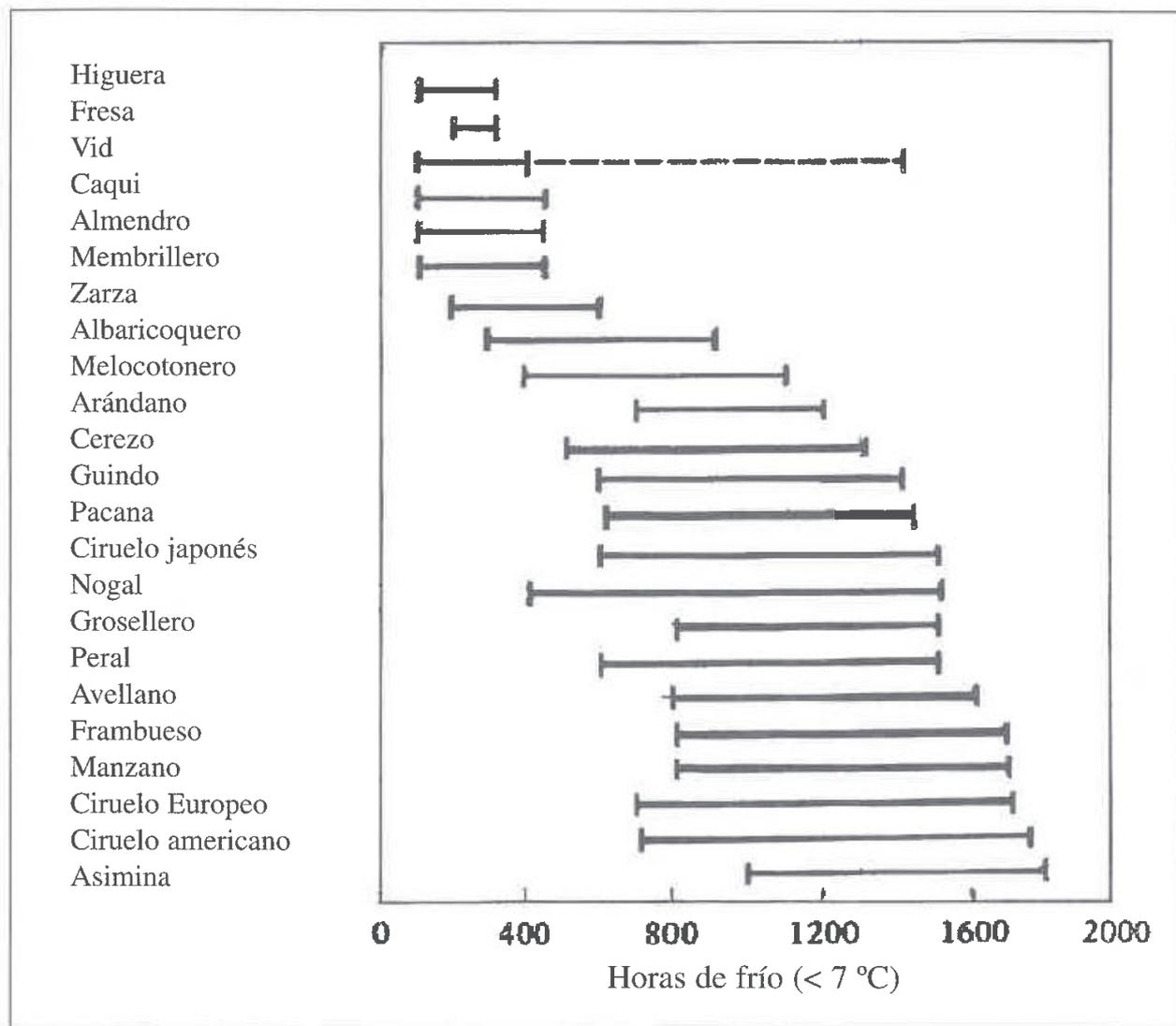
Las necesidades de frío invernal se han medido tradicionalmente a través del concepto de *horas-frío*, definiéndose éstas como el *número de horas que pasa la planta, durante el periodo de reposo invernal, a tem-*

peraturas inferiores a una umbral, comprendida entre 4 y 12 °C para distintos autores y según la especie y ecología de la zona de estudio, siendo frecuente que esta temperatura umbral se fije en 7 °C.

Aunque las distintas especies presentan diferencias en sus necesidades de frío invernal, en muchas ocasiones existen mayores diferencias entre las variedades de una misma especie que entre algunas variedades perte-

Figura 3

NECESIDADES DE HORAS-FRÍO SEGÚN ESPECIES



Fuente: Westwood, 1982.

necientes a distintas especies. Por ello no resulta adecuado hablar de las necesidades de frío de la especie, sino de las necesidades de frío de una variedad concreta. Las necesidades de horas-frío para distintas especies pueden ser en ocasiones, no obstante, una referencia útil, por lo que a continuación exponemos una gráfica con las exigencias aproximadas de frío para salir del reposo de distintas especies.

Baldini, 1961 (Tabuenca, 1965), indica que las necesidades de frío invernal entre las especies de hueso son diferentes, siendo melocotonero, albaricoquero y cerezo más exigentes que ciruelo; y entre los frutales de pepita, el membrillero es menos exigente que peral y manzano. Igualmente, del estudio realizado en las comunidades de Valencia, Murcia y Baleares por Sánchez-Capuchino (1967) puede deducirse que, por especies, las necesidades de frío invernal ordenadas de menores a mayores necesidades, en general son: Almendro < Albaricoquero < Melocotonero, dentro de los frutales de hueso. Aunque en este estudio se muestra claramente que las necesidades intervrietales dentro de una misma especie, y según los daños producidos por la falta de horas-frío, son en muchas ocasiones más importantes que las diferencias entre variedades de distintas especies.

Así, en el melocotonero la variedad Flordasun presenta requerimientos del orden de 300 a 350 horas-frío, mientras que la variedad May Flower los tiene del orden de 1.000 a 1.300. Igualmente, en el manzano, la variedad Winter Banana necesita solamente de 400 a 450 horas-frío, siendo las necesidades de la variedad Northern Spy de 1.200 aproximadamente (Calderón, 1980). Del mismo modo también puede decirse que una misma variedad puede tener distintas necesidades de frío para salir del reposo en zonas distintas, lo que pone de manifiesto la influencia de otros factores distintos de la temperatura para salir del reposo.

Ciertas variedades muestran una gran labilidad respecto a sus necesidades de *horas-frío*, vegetando aceptablemente en un amplio intervalo de valores de *horas-frío* disponibles, así por ejemplo el ciruelo Golden Japan

o el peral Blanquilla de Aranjuez se cultivan en España en regiones con variaciones en *horas-frío* entre 200 y 750 horas (Gil-Albert, 1989b). Asimismo este mismo autor afirma a continuación que, de cualquier modo, hoy puede afirmarse que, salvo en el caso de variedades muy exigentes, siempre que en una zona frutícola se producen más de 500 horas-frío, los problemas son de poca importancia, y solamente por debajo de esta cifra hay que tener cuidado de ajustar las necesidades de las variedades con las disponibilidades locales. Este aspecto queda corroborado por los trabajos de Rodríguez y col. (1987) sobre el comportamiento de variedades de melocotonero y ciruelo en el Campo de Cartagena (Murcia), en una zona donde las horas-frío acumuladas (≤ 7 °C) en el periodo de reposo se sitúan entorno a las 200 horas anuales. La valoración de daños por falta de frío invernal en variedades de melocotonero en esta zona se indican en la tabla 1:

Existe una falta de adaptación de gran parte de las variedades de melocotonero de carne blanda, nectarinas y ciruelos a la climatología del Campo de Cartagena (Murcia) debido a la falta de frío invernal y sólo las variedades de melocotonero y nectarinas muy poco exigentes en frío invernal pueden desarrollarse con normalidad en las condiciones de inviernos suaves que se dan en la zona, como por ejemplo la variedad de melocotonero Desertgold y de nectarina Sunred. Destaca asimismo el comportamiento de los ciruelos europeos (*Prunus domestica* L.) en la zona del Campo de Cartagena, que los hace totalmente desaconsejables, habiendo mostrado un grado de adaptación aceptable las variedades de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl y *Prunus triflora* Lindl) Red Beaut y Beaty, resultando la última en esta zona un buen polinizador de la variedad Red Beaut (Rodríguez y col., 1987).

Tabla 1**VALORACIÓN DE DAÑOS (0-5) POR FALTA DE FRÍO
INVERNAL EN VARIEDADES DE MELOCOTONERO
UBICADAS EN EL CAMPO DE CARTAGENA (MURCIA)**

VARIEDAD	NECESIDADES DE HORAS DE FRÍO	DAÑOS POR CAÍDA DE YEMAS
Rochon	450	1
Earlygold	600	1
Flordasun	250	2
Tejón	400	2
Royal April	–	2
Desertgold	400	2
Springtime	650	2
Armgold	750	2
Blazingold	750	2
Merril Bon Jour	–	2
Early Red	800	2
Merril Gem Free	650	2
Royal Gold	750	2
Sun Haven	750	3
Red Cap	750	3
Springgold	800	3
Marcus	800	3
Gardner Beauty	–	4
Favorita Morettini-	800	4
Auvril E.R.H.	–	4
Genadix 5	450	4
Sprincrest	700	4
Early Glo	–	4
Dixired	950	5

Fuente: Rodríguez y col. (1987).

Finalmente hay que resaltar que otros parámetros ambientales, distintos de las bajas temperaturas, pueden tener una influencia sobre la salida del reposo invernal de los frutales de hoja caduca, aunque sean las temperaturas y el régimen de éstas el factor que mayor peso específico parece tener en el proceso, ya que no todas las temperaturas por debajo de 7 °C tienen el mismo efecto, incluso pueden contrarrestar horas-frío cuando superan un determinado nivel durante el periodo de reposo. La influencia ambiental se manifiesta claramente al constatar que una misma variedad puede tener distintas necesidades de frío en distintas regiones o ecologías. Así, variedades de melocotonero que exigen de 700-900 horas-frío para salir del reposo en el Valle del Ebro, tan sólo requieren unas 350 horas para ello en el Valle del Guadalquivir; sin embargo la medida es válida cuando las condiciones de temperatura son análogas a las de la zona donde se han evaluado las necesidades de frío de una variedad determinada (Fernández-Escobar, 1988).

Por último también resulta interesante indicar que la acción de las bajas temperaturas invernales para romper el periodo de reposo tienen un efecto puramente local sobre cada yema del árbol, no transmitiéndose su efecto de una parte a otra de él (Calderón, 1980).

3.1.- Fenómenos que ocasiona la deficiencia de frío invernal

Si las necesidades de frío invernal de cada de árbol no son satisfechas, se presentarán en la siguiente época de crecimiento desórdenes fisiológicos más o menos importantes, que serán función del déficit de frío que la planta haya sufrido, aunque otros factores como la insolación, heladas invernales, etc., pueden disminuir o aumentar los daños propios atribuibles a este déficit de frío en los inviernos templados. Cuando las especies frutales se cultivan en zonas templadas, de inviernos suaves, a las que no están totalmente adaptadas o cuando aún estando adaptadas en ellas se produce un invierno anormalmente suave, en los frutales de hoja caduca se pueden presentar los siguientes síntomas típicos como consecuencia de

la falta de frío invernal, estudiados por distintos investigadores en multitud de variedades y que se pueden resumir del siguiente modo (Tabuenca, 1965; Gil-Albert, 1989b, y otros):

- a) ***Retraso en la apertura de las yemas:*** Es el efecto menos grave de los que se pueden producir, pudiendo incluso en ocasiones llegar a ser beneficioso para variedades ubicadas en zonas donde las heladas primaverales podrían dañar la floración o la brotación.

Sin embargo cuando estos retrasos en la apertura de las yemas son excesivos o se produce un desfase entre las brotaciones de las yemas de madera y las de flor, su efecto puede ser perjudicial con mayor o menor gravedad. En este sentido, Chandler y Brown, 1952 (Tabuenca, 1965), citan ejemplos de floración en manzano a últimos de julio después de inviernos excesivamente templados en algunas zonas de California. Por otro lado, considerando que normalmente la apertura de las yemas de madera se realiza con posterioridad a la apertura de las de flor, cuando el retraso en la apertura de las yemas de madera es importante, habiéndose producido la floración, puede llegarse a un agotamiento de las reservas, antes de que la nueva foliación sea capaz de aportar los nutrientes necesarios a los frutos recién cuajados. Por último, un retraso en la apertura de las yemas de flor puede afectar tanto a la polinización, si se utilizan variedades distintas en la parcela, como provocar un cambio en el orden de floración entre las variedades de una zona, como provocar un retraso en la maduración de los frutos respecto a su época normal con lo que incluso su valor comercial podría devaluarse notablemente por entrar en competencia con otras variedades.

- b) ***Brotación irregular y dispersa:*** Cuando la deficiencia de frío es mayor que en el caso anterior, los retrasos en la apertura de las yemas pueden ir acompañados de irregularidades, pudiendo originarse una brotación irregular y dispersa, tanto en las yemas de flor

como en las de madera, debido a las diferentes necesidades de frío de las distintas yemas, según su naturaleza y situación. Resulta normal que las yemas de flor tengan menores necesidades de frío que las de madera, y dentro de éstas que las terminales abran antes que las laterales, según Eggert (1951), Black (1953) y Fregoni (1959) (Tabuenca, 1965) y que tanto las yemas de flor como las de madera, situadas en ramos débiles, abran antes que las que se encuentren en ramos vigorosos, según Reinecke (1936) y Chandler y Brown (1951) (Tabuenca, 1965).

También las irregularidades de crecimiento son más evidentes en manzano y peral que en melocotonero y albaricoquero, ya que en los últimos un tanto por ciento elevado de yemas de flor cae como consecuencia de la falta de frío invernal según Black (1953) (Tabuenca, 1965).

Finalmente, tanto por las experiencias de los autores citados como por las de otros, puede decirse que resulta característico de los periodos de reposo prolongado por inviernos templados: que se aumenten las diferencias entre floración y foliación, que la brotación sea irregular y que dentro de un mismo árbol se puedan encontrar yemas de flor y de madera sin abrir, yemas de flor en distintos estados, frutos recién cuajados y frutos con cierto grado de desarrollo, yemas de madera que han iniciado la brotación así como brotes en los que las hojas ya están en estado de desarrollo avanzado.

- c) **Caída de yemas:** Es el efecto más grave que puede provocar la falta de frío en los inviernos suaves. Son más sensibles a esta caída melocotoneros y albaricoqueros en los que puede llegar a caer el 100% de las yemas de flor, en menor grado resultan afectados ciruelos japoneses y europeos y por último el peral y, aún menos, manzano (Tabuenca, 1965). Esta caída de yemas no siempre resulta totalmente explicada por la suavidad del invierno,

apuntando algunos autores la existencia de otros factores que pueden producir este fenómeno como son las heladas que se pueden producir en el invierno cuando las yemas comienzan a salir de la latencia, las altas temperaturas durante el periodo de reposo, o éstas últimas junto con altas humedades. El estado nutricional adecuado o inadecuado puede mejorar o agravar el problema de la caída de yemas; la sequía en otoño o a finales de invierno o la defoliación por el ataque de plagas o enfermedades pueden agravar también el problema de la caída de yemas.

A pesar de la gravedad que en sí supone la caída de las yemas, si un 10-20% de las yemas de flor persisten y cuajan en buenas condiciones, la producción puede llegar a ser tan rentable o más que con porcentajes de cuajado superiores en árboles más pequeños en otras zonas (Gil-Albert, 1989b).

- d) *Otras anomalías de crecimiento provocadas por la falta de frío invernal*: Distintos autores también han encontrado diferentes anomalías de crecimiento provocadas por la falta de frío invernal como *el aborto del estilo, alteraciones en el desarrollo del polen, deformaciones de hojas, aparición de pistilos múltiples que originan frutos múltiples, «chamuscado» de yemas (que mueren antes de desarrollarse el brote), etc.* (Tabuenca, 1965).

3.1.1.- Comportamiento general de algunas especies frutales frente al déficit de frío invernal

Haremos una síntesis del trabajo de recopilación realizado por Tabueca (1965) sobre el comportamiento de algunas especies frutales, frente al déficit de frío invernal, en distintas zonas del planeta (tabla 2).

Como ya indicamos anteriormente, las especies, en su conjunto, muestran diferencias en sus necesidades de frío invernal. Dentro de los

Tabla 2

COMPORTAMIENTO GENERAL DE ALGUNAS ESPECIES FRUTALES FRENTE AL DÉFICIT DE FRÍO INVERNAL

Especie	Comportamiento	Observado en	Citado por
Albaricoquero:			
- En general:	Son susceptibles a la caída de yemas cuando están menos de 400 horas por debajo de 7 °C hasta 1.º de enero.		Brown, 1952
- En general:	Son ligeramente más exigentes en frío invernal que la mayor parte de las variedades de melocotonero y otros frutales de hueso.	California	Hesse, 1952
- En general:	Exigentes en frío invernal, son susceptibles a la caída de yemas.	California	Breviglieri, 1954
Cerezo:			
- En general:	Poco susceptible a la caída de yemas.	California	Chandler y Brown, 1951
- En general:	Algo más exigente que la media de las variedades del melocotonero.	California	Childers, 1961
- Guindos en general:	Más exigentes en frío invernal que los cerezos dulces.	EE. UU.	Chandler y Brown, 1951
Ciruelos:			
- Variedades japonesas en general:	Tienen periodos de reposo más cortos que muchas variedades de peral y que la mayoría de los manzanos.	California África del Sur	Reinecke, 1936
-- Variedades japonesas en general:	Tienen pocas necesidades de frío invernal.	California	Lesley, 1994
Manzano:			
- En general:	Necesitan entre 900 y 1.000 horas de frío invernal.	EE. UU.	Magness y Traub, 1941
- En general:	Poco susceptibles a la caída de yemas.	California	Brown, 1952
Melocotonero:			
- En general:	Necesitan de 600 a 900 horas de frío.	EE. UU.	Magness y Traub, 1941
- Variedades españolas en general:	Tienen menos necesidades de frío que la mayor parte de las variedades cultivadas en EE.UU.	California	Chandler y Brown, 1951
Membrillero:			
- En general:	Menos exigente en frío que las otras especies de hueso y pepita.	California	Chandler y Brown, 1951
Peral:			
- En general:	Necesita unas 900 horas por debajo de 7 °C.	Francia	Ravel d'Esclapon y Ballot, 1960

frutales de hueso, melocotonero, albaricoquero y cerezo son más exigentes que ciruelo y, dentro de los de pepita, manzano y peral son más exigentes que membrillero. Asimismo, de los estudios realizados por distintos autores se desprende que, en ocasiones, existe mayor diferencia entre las variedades de una misma especie que entre especies, por lo que en general podremos hablar de necesidades generales de la especie, pero sin perder de vista lo indicado respecto a las diferencias entre variedades.

3.2.- Salida del reposo

Para que el árbol frutal de hoja caduca brote con normalidad en primavera, se requiere:

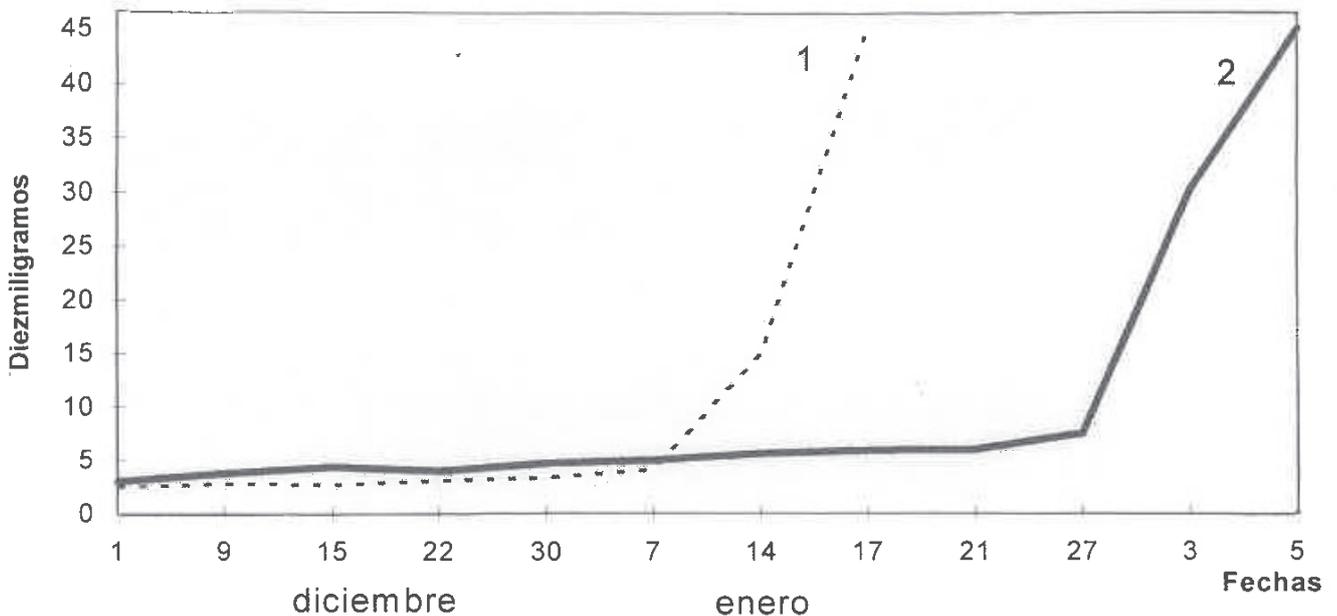
- 1. Que hayan sido satisfechas sus necesidades de frío invernal.*
- 2. Que se presenten condiciones favorables al crecimiento.*

Como métodos que permiten determinar el momento en que los frutales han superado las necesidades de frío invernal pueden utilizarse la relación entre promotores e inhibidores del crecimiento, el incremento del porcentaje de floración y el incremento del peso seco de las yemas de flor. Este último método es el más utilizado por su mayor exactitud frente al segundo y facilidad de realización frente al primero cuando se trata de laboratorios modestos; en la gráfica siguiente puede verse la variación del peso seco en yemas de albaricoquero. (Gráfica 1).

Una vez que la planta ha superado su periodo de reposo, puede iniciar la brotación, pudiéndose encontrar en estado quiescente durante un periodo de tiempo más o menos prolongado hasta que se den unas condiciones mínimas necesarias para el crecimiento. De entre los distintos factores que determinan este crecimiento, la temperatura es el que mayor influencia relativa tiene.

Gráfica 1

VARIACIÓN DEL PESO SECO EN YEMAS DE ALBARICOQUERO



Fuente: Martínez, 1979. 1: Fenómenos; 2: Valenciano-1.

Distintos autores han intentado establecer fórmulas que permitieran determinar el tiempo que debe transcurrir desde la salida del reposo hasta la plena floración de las distintas especies y variedades. Este aspecto puede resultar de interés, no sólo para saber en que fecha probable tendremos la plena floración, sino también para conocer si en una zona determinada y para una variedad concreta existen posibilidades de heladas primaverales por una brotación demasiado temprana.

4.- INFLUENCIA DEL PATRÓN EN LAS NECESIDADES DE FRÍO

En ocasiones, las necesidades de frío de los árboles no están exclusivamente dadas por la variedad sino que éstas pueden estar más o menos influenciadas por las del patrón y la manifestación de la influencia de éste puede ser más o menos clara.

Parece ser que hay cierta influencia del patrón sobre las necesidades de frío de la variedad, relacionada con el vigor del mismo. Es decir, las necesidades de frío de los árboles no están exclusivamente dadas por la variedad (o parte aérea de ellos), sino que están influenciadas por el patrón, debido a la interacción que establece con la variedad que sobre él se ha injertado, según Hatton y Grubb, 1926 (Tabuenca, 1971, 1979).

Como el patrón tiene una composición genética propia, también tendrá sus propias necesidades de frío y desarrollo influenciado por las temperaturas. Estas necesidades de frío pueden ser transmitidas a la parte aérea (variedad), como muchas otras interrelaciones que existen, a través de la unión entre patrón y variedad, como indica Chandler, 1960 (Tabuenca, 1971, 1979).

Por otro lado, Tabuenca (1971) indica que el patrón no tenía influencia sobre la época de salida del reposo invernal de variedades de manzano en el Valle del Ebro, pero pudiera tenerla en zonas con inviernos más benignos tal como encontraron Griggs e Iwakiri en 1969 en California. Asimismo, en el Valle del Ebro, la influencia fue clara sobre variedades de almendro, mientras apenas se notó sobre variedades de melocotonero (Tabuenca, 1979).

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, podemos postular que las altas necesidades de frío de una determinada variedad podrían ser compensadas mediante la utilización de un patrón de muy escasas necesidades, con lo cual se haría factible su cultivo en regiones de inviernos benignos.

5.- COMPENSADORES DE FRÍO

Aunque la mejor solución para que no haya déficit de frío invernal es la elección de árboles cuyas exigencias estén adaptadas a la zona de cultivo, existen técnicas que pueden paliar en alguna medida su falta. Las técnicas utilizables pueden clasificarse en:

- Técnicas de cultivo.
- Técnicas de mejora genética.

Estas técnicas se resumen a continuación de acuerdo con Calderón (1980), aunque algunas no se utilicen en nuestras zonas frutícolas, pero sí que ponen de manifiesto la posibilidad de actuar mediante distintas técnicas de cultivo para compensar la falta de frío invernal que en ocasiones provoca pérdidas económicas muy considerables en las regiones de inviernos suaves.

5.1.- Técnicas de cultivo

a) Encalado total de los árboles:

La gran radiación solar, provocada por ausencia de nubosidad, contribuye de manera importante a contrarrestar el efecto del frío producido. En lugares de inviernos frecuentemente nublados, aún obteniéndose las mismas temperaturas para el conteo de horas-frío, éstas tienen un efecto mayor, por lo que la sombra que las nubes producen es beneficiosa.

Puede decirse, entonces, que el sombrea ejerce el efecto de reducir las necesidades de frío, pero al no ser posible producirla artificialmente de manera práctica, puede ser suplantada mediante la realización de aspersiones, a toda la parte aérea del árbol, de agua con cal, de manera que éste quede totalmente blanco. El color blanco reflejará la radiación solar, con lo que el calentamiento de las yemas será menor y su temperatura se mantendrá más constante. Igualmente, la capa de cal sobre las yemas hará el efecto de aislante.

Este procedimiento, que no es caro, y sí factible, produce bastante buenos resultados, con la ventaja adicional de que puede determinar un retraso en la brotación, que puede ser de gran importancia en aquellas regiones en las que se presenten heladas primaverales, aunque no es utilizado en la fruticultura española.

b) Suspensión temprana del riego:

Se ha comprobado en numerosas ocasiones que los árboles que más tardan en entrar en reposo y continúan creciendo fuera de época, son también los que en primavera más tardíamente efectúan la brotación, como si tuvieran mayores necesidades de frío. Esta respuesta de la planta a la entrada tardía en reposo, puede ser aprovechada para lograr un retraso en la brotación que pueda salvarla de los efectos de las heladas primaverales.

Por otro lado, en regiones donde las heladas primaverales no sean de temer, el retraso en la brotación representa uno de los efectos negativos de la falta de frío, por lo que puede resultar indeseable. La suspensión temprana del riego, una vez realizada la cosecha, es un factor que determina una rápida entrada al reposo, y por lo tanto, una más pronta salida de él y una floración más precoz.

c) Evitar la fertilización nitrogenada tardía:

La fertilización nitrogenada tiene efectos semejantes al riego en la continuación del período de crecimiento, por lo que se consideran válidas las consideraciones hechas en el apartado anterior.

d) Poda:

La poda de despunte, como se sabe, rompe el fenómeno de dominancia apical, con lo cual se favorece la brotación de yemas laterales que se encontraban parcialmente inhibidas por las terminales.

La poda ha sido siempre considerada como de efectos estimulantes para la brotación siendo, en cierta forma, complementaria de las horas-frío o unidades de frío practicada fuera del período de heladas tardías de primavera.

Si la poda se efectúa al final del período vegetativo, debe realizarse lo más tarde posible, cuando ya no hay posibilidades de brotaciones, por haber entrado en reposo, ya que así se evitará una brotación tardía con especial sensibilidad a los fríos invernales.

No obstante, en la actualidad, cuando es posible predecir que no se van a cubrir las necesidades de frío de los frutales de una zona, la poda ya suele estar efectuada. Por tanto, de usarse como medida para paliar los efectos negativos de la falta de frío, deberá tenerse en cuenta con antelación suficiente.

e) Arqueado de ramas:

Este procedimiento tiene un efecto estimulador de las yemas laterales, que se encontraban inhibidas por la dominancia apical. Por medio de él se puede lograr la brotación de gran cantidad de yemas laterales que normalmente quedarían inhibidas, síntoma clásico de la deficiencia de frío.

f) Aspersión de agua:

Cuando la temperatura tiende a elevarse mucho en inviernos muy soleados las aspersiones de agua, que mojen las yemas, constituyen un excelente método para evitar el efecto negativo de la elevación de la temperatura en las yemas durante el día.

Se ha concluido, de muchas experiencias, la ventaja de mojar periódicamente las yemas para obtener una mejor brotación primaveral, consecuencia de un mayor aprovechamiento del frío.

Este método sería utilizable en plantaciones en las que el sistema de riego sea el de aspersión, sistema muy raramente utilizado en la fruticultura española.

g) Defoliación:

En aquellas ocasiones en que las temperaturas templadas del otoño hayan propiciado un crecimiento continuo de las yemas terminales e impedido una completa caída de hojas, hay necesidad de hacer entrar a los árboles en reposo, para que salgan antes de él y de manera homogénea.

El reposo forzado puede ser inducido por medio de la defoliación, la

cual puede practicarse a mano, o mediante la pulverización con productos defoliantes.

La defoliación química es la más factible y barata. Se realiza mediante aspersión al follaje, todavía verde, de algún producto cáustico que determina su caída. Se ha usado con éxito, no sólo en caducifolios sino también en árboles de hoja perenne, el sulfato de zinc ($Zn SO_4$) al 5% en solución acuosa, lográndose la abscisión de todas las hojas a las 24 horas.

Otros productos como la cianamida de calcio ($CaCN_2$) en espolvoreo a razón de 20 kg./ha, el sulfato de amonio (NH_4SO_4) al 5% en agua, y el Ethrel [ácido (2-cloroetil) fosfónico] al 1% en solución acuosa, también han dado buenos resultados.

La defoliación forzada constituye un método interesante para el tratamiento de árboles caducifolios en regiones de inviernos templados. Esta defoliación puede representar la crisis o «stress» que se necesita para que el frutal presente en su momento una floración espontánea y una brotación regular. Sin embargo, en algunas ocasiones, no hay que aferrarse forzosamente a conseguir este «stress» únicamente mediante la defoliación, ya que a veces puede resultar difícil de conseguir. Puede cambiarse este «stress» por otro, como el resultante de una marcada época de sequía y una ayuda de la defoliación química.

El reposo que la sequía y la defoliación puede provocar en el árbol puede llegar a sustituir completamente al reposo normal del invierno, en algunas zonas de clima subtropical con falta de horas-frío, por otro reposo llamado «de sequía», lo que permite «elegir» la época del año más adecuada para que los árboles realicen el reposo. Experimentos de este tipo han sido realizados por distintos investigadores en Méjico y Perú, según indica Calderón, en el caso concreto de la variedad de melocotonero Anna. Esta variedad tiene una floración distribuida a lo largo del año de forma natural pero se ha conseguido homogeneizarla, concentrándola en una sola época, gracias a la aplicación sobre el follaje de productos como el Alar a una concentración de 5.000 a 6.000 p.p.m. El Alar produce sobre

los brotes el efecto de detener el crecimiento vegetativo e inducir una diferenciación floral pareja.

h) Riegos ligeros durante el invierno:

Es una práctica común dejar de regar desde antes de la caída de las hojas y no hacerlo hasta la primavera. Si la técnica es buena para que el árbol entre rápidamente en reposo, la falta drástica de agua perjudica al sistema radicular del árbol influyendo negativamente en la brotación de las yemas.

Se ha observado que, manteniéndose semejantes las demás condiciones, el riego ligero en invierno ayuda notablemente a la salida del reposo de los frutales, mientras que en los que durante el invierno se someten a un estado de sequía se agudizan los problemas del reposo prolongado.

i) Corrección de la deficiencia de zinc:

La deficiencia en zinc puede afectar negativamente a la correcta brotación. Se ha constatado su desfavorable acción al impedir la apertura inicial de las yemas en la parte superior de la copa.

Con la aplicación de sulfato de zinc, o cualquier otro corrector de esta deficiencia, se puede obtener mayor grado de brotación y foliación. La aspersión con Zineb proporciona buenos resultados.

j) Empleo de productos químicos compensadores de frío:

A partir de los años veinte, tras su descubrimiento casual en California, comienzan a utilizarse emulsiones de aceites como compensadores del frío invernal. Erez en 1973 (Calderón, 1983) emplea una combinación de productos utilizados secuencialmente (tabla 3): aceite parafínico, DNOC, tiourea y nitrato potásico, obteniendo excelentes resultados en cuanto a la apertura de yemas laterales que, generalmente, permanecían dormidas, llegando a obtener más del 74 % de brotación, lo que equivale prácticamente a la normalidad; el trabajo lo realizó sobre la variedad

de manzana Golden Delicious, estimándose que el efecto compensador de frío de estos productos está entre 200 y 300 horas-frío. Este mismo autor considera que la época de aplicación, para obtener la mayor eficiencia, está comprendida entre 3 y 6 semanas antes del momento normal en que se realiza la brotación.

La gran apertura de yemas laterales provocada por el tratamiento combinado, con 8% de aceite parafínico, determinó la obtención al siguiente año de gran cantidad de ramas de producción (lamburdas, brindillas coronadas, dardos), en claro contraste con algunos de los otros tratamientos y muy especialmente con el testigo, que se observó desnudo de ramificación, con grandes espacios vacíos e improductivos típicos de la insuficiencia de frío. (Tabla 3).

Más recientemente, en la cuenca del Guadalquivir, Fernández-Escobar y Martín (1987) realizan un interesante estudio sobre el empleo de nitrato potásico (al 1 y al 5%), tiourea (al 0'25 y al 1'5%) y cianamida de hidrógeno (0'1 a 0'9 M) como compensadores de frío sobre la variedad de melocotonero Sprincrest, en laboratorio.

Respecto a la aplicación de tiourea, según nuestra experiencia, deben tomarse precauciones para su empleo en melocotonero por su toxicidad y poca eficiencia a dosis bajas.

Por otro lado, la cianamida de hidrógeno se está utilizando en toda nuestra zona, como el producto más seguro a la dosis de 20 l/ha del producto comercial (cianamida de hidrógeno 52% LE) en el cultivo del melocotonero. También se recomienda esta misma formulación (De Liñan, 1995), en melocotón, nectarina, albaricoquero, cerezo y ciruelo, a la dosis indicada; en manzano y peral a 25 l/ha; en Kiwi a 4-5 l/ha y en parral y vid 3-4 l/ha. En los frutales de hueso las dosis por hectárea citadas se diluyen en 1.000 l de agua, aplicándose de forma que no alcance el punto de goteo, en kiwi se diluyen en 600 l, en parral y vid en 800-1.000 l en parrales en espaldera y en 300-400 l en plantaciones bajas. La aplicación en frutales debe realizarse 30-45 días antes del hinchado de las yemas y en

Tabla 3

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ACEITE MINERAL, DNOC, TIUREA (TU) Y NITRATO DE POTASIO EN LA FLORACIÓN, FOLIACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN EN MANZANO GOLDEN DELICIOUS, DE 3 AÑOS DE EDAD, EN VIDEIRA (BRASIL)

Tratamiento	Número de botones florales por árbol	Apertura de botones terminales	Apertura de yemas laterales	Fecha de la plena floración	Número de frutos por árbol		Peso promedio de los frutos (g)
					TOTAL	DESPUÉS DEL ACLAREO	
Control	1'4 a**	28'0 a	0'5 a	16/XI	23'5	8'0 a	122'2
8% oil 0'12% DNOC	45'0 cd	100'0 b	44'7 c	4/XI	53'2	24'5 bc	154'1
5% oil* 0'12% DNOC	28'0 bc	99'5 b	65'2 d	5/XI	29'1	15'7 ab	142'0
10% KNO ₃ + 2% TU	19'0 ab	97'4 b	14'7 b	10/XI	86'9	21'6 cb	166'6
10% KNO ₃ + 2% TU + 5% oil + 0'12% DNOC	65'2 d	85'1 b	65'7 d	3/XI	56'0	30'2 c	136'6
10% KNO ₃ + 2% TU + 8% oil + 0'12% DNOC	35'5 c	94'3 b	74'4 b	5/XI	44'7	20'5 cb	166'6

Fuente: Calderón, 1980.

parral y vid 45-60 días antes. Algunas variedades de melocotonero y nectarina, como May Belle y May Fire, son sensibles a este producto, por lo que se recomienda, si no se tiene experiencia en su aplicación en plantaciones de melocotonero y de nectarina, o de otros frutales, consultar con los servicios técnicos del fabricante: Agrevo.

5.2.- Técnicas de mejora genética

A pesar de la existencia de todos los métodos citados de efectos compensadores de frío, es claro que ninguno de ellos puede ofrecer, en definitiva, tan buenos resultados como pudiera proporcionar un adecuado programa de hibridaciones y de selecciones que llegara a obtener material genético, clones de las diversas especies caducifolias, con buenas características comerciales y que a la vez tuvieran muy escasas necesidades de frío invernal.

Este tipo de labor ya ha sido realizada, en cierto modo, en algunos países, tales como Estados Unidos, Israel, República de Sudáfrica y Brasil, en los cuales se han creado nuevas variedades especialmente adaptadas a regiones subtropicales y cálidas. Gran número de las variedades de melocotonero hoy recomendadas para esta clase de zonas productoras proviene de esos países.

Anteriormente ya se expuso el efecto que el patrón puede ejercer sobre la parte aérea. La elección acertada del patrón, con bajos requerimientos de frío invernal, que cumpla con el resto de requisitos exigibles para la variedad y zona concreta es, sin duda, un factor determinante que puede incluso evitar la aplicación de técnicas como las anteriores.

6.- MEDIDA DEL FRÍO INVERNAL

Aunque es evidente que un proceso fisiológico tan complejo como el reposo invernal no puede depender exclusivamente de un sólo factor climático, desde un punto de vista práctico y desde los primeros análisis del problema, se ha pretendido vincular la duración del reposo con las temperaturas por debajo de un determinado umbral (Gil-Albert, 1989b). Otros factores como la propia oscilación térmica a lo largo del día y durante el invierno, la radiación solar, la iluminación, la humedad del suelo y del aire, el tipo de suelo, etc., pueden ser considerados como factores ecológicos que influyen también en la salida del reposo de los frutales (Calderón, 1980). Sin embargo desde un punto de vista práctico parece razonable, mientras no se postule un modelo que integre la influencia de un mayor número de estos factores, utilizar la variable temperatura como el factor más adecuado para medir cuándo se han cubierto las necesidades de frío invernal de un determinado frutal; sin embargo, los valores obtenidos para una determinada zona y especie habrá que corregirlos en otras ecologías con objeto de tener en cuenta la influencia de los demás factores ecológicos antes citados.

Como unidades de medida del frío invernal han sido utilizadas primero las *horas-frío* y, más recientemente, las *unidades-frío*.

6.1.- Horas-frío (hf)

Las horas-frío se definen como el *número de horas que pasa la planta, durante el periodo de reposo invernal, a temperaturas iguales o inferiores a una umbral*, siendo frecuente que esta temperatura umbral se fije en 7 °C. Este umbral, ha sido considerado, en otras ocasiones, dependiendo de la zona y de la especie, entre 4 y 10 °C.

Uno de los primeros problemas que se plantean cuando se quieren realizar conteos de horas-frío es: ¿A partir de qué fecha iniciamos el conteo de las horas que pasan los frutales por debajo del umbral fijado y hasta qué fecha hemos de seguir contabilizando? La respuesta no es siempre fácil,

tomándose, generalmente, como fecha para el inicio del conteo el estado fenológico de «caída de hojas», aunque se sabe que en este momento la planta ya puede estar en reposo y por tanto acumulando frío para la salida del mismo; también puede tomarse como fecha de inicio del reposo y por tanto para el inicio del conteo el 1 de noviembre o la fecha media de la primera helada (Gil-Albert, 1989b). Por otro lado, el conteo de horas-frío finaliza cuando la planta ha cubierto sus necesidades de frío invernal, pero la determinación de esta fecha también puede conducirnos a cierto error, sobre todo si esperamos a ver síntomas externos como el desborre, ya que éste se producirá un tiempo después de haberse cubierto las necesidades de frío; por tanto, otros métodos como el rápido incremento de peso seco que sufren las yemas tras cubrir sus necesidades de frío invernal resultan adecuados para marcar la fecha final del reposo. Esta fecha se sitúa (Gil-Albert, 1989b), admitiendo un cierto error, en las diversas zonas frutícolas:

- El 1 de febrero en zonas templado-cálidas.
- El 15 de febrero en zonas templadas.
- El 1 de marzo en zonas frías continentales.

Una vez determinada la fecha de inicio y de fin del conteo, son varios los métodos que pueden utilizarse para el conteo de las horas-frío, aunque estas determinaciones deben realizarse para un número de años suficientemente grande, en cuyo caso además puede determinarse la probabilidad de que un determinado número de horas-frío se produzcan en la zona estudiada.

6.1.1.- Correlación de Weimberger

Weimberger (1956) establece una correlación entre las horas-frío y la temperatura media de las medias de los meses de diciembre y enero. De la correlación establecida resulta la tabla siguiente, en la que entrando con la temperatura media de los meses indicados se puede estimar el valor de las horas-frío correspondientes. Weinberger, (tabla 4) obtuvo las horas-frío para las temperaturas desde 13'2 a 6'3 °C, pero Muñoz Santamaría (Calderón, 1980) extrapolaró e interpoló la curva original para obtener valores de horas-frío entre 0 y 4'6 °C.

Tabla 4
CORRELACIÓN DE WEIMBERGER

t	13'2	12'3	11'4	10'6	9'8	9'0	8'3	7'6	6'9	6'3
horas < 7 °C	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350

t = Media de las temperaturas de los meses de diciembre y enero.

Fuente: Weimberger (1956).

Aunque el cálculo resulta simple, los resultados son solamente una primera aproximación y marcadamente erróneos en las zonas mediterráneas o templado-cálidas de alta insolación (Gil-Albert, 1989b).

6.1.2.- Método de Mota

Estudia la correlación entre las horas-frío y la temperatura media de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

$$Y = 485'1 - 28'52 X \quad \text{donde:}$$

Y = Número mensual de horas bajo 7 °C.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

Por tanto, aplicando el valor de la temperatura media de cada mes en la fórmula anterior y sumando los resultados correspondientes para cada temperatura se obtienen las horas-frío de ese periodo.

El método de Mota (1957) resulta todavía inexacto en zonas templado-cálidas (Gil-Albert, 1989b). Cuando en el cálculo un valor de Y resulta negativo, la acumulación de horas-frío se considera interrumpida.

Tabuenca (1964) adaptó esta fórmula a las condiciones del Valle del Ebro, obteniendo:

$$Y = 700'4 - 48'6 X \quad \text{donde:}$$

Y = Número mensual de horas bajo $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

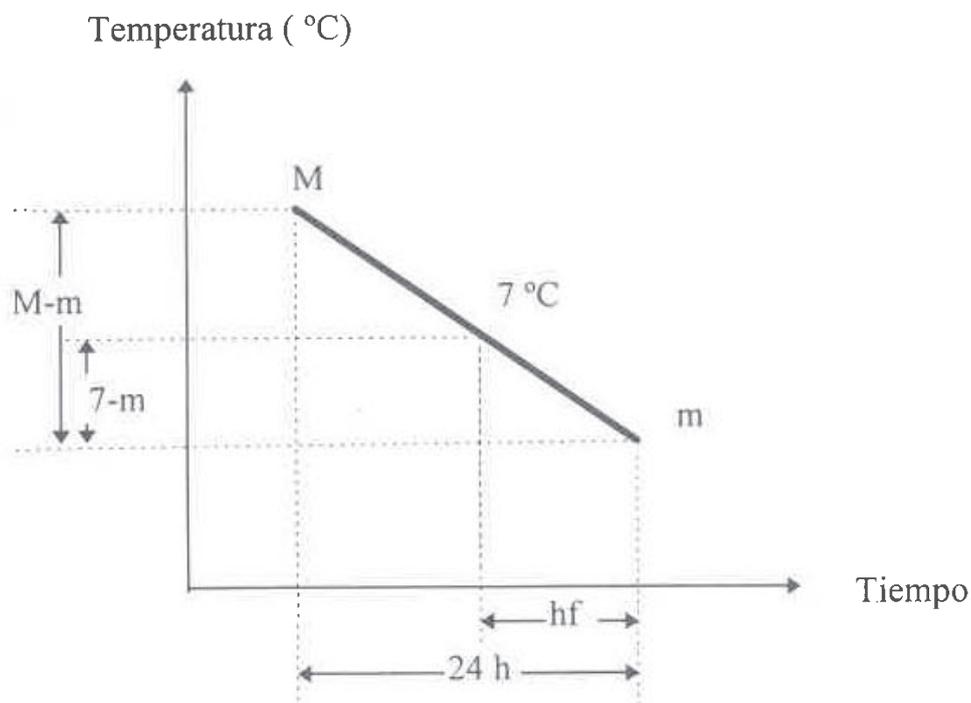
6.1.3.- Bandas termográficas

Este método está basado en la utilización de las bandas termográficas para determinar las horas-frío. Es un método bastante tedioso, además de la dificultad que existe en bastantes ocasiones de disponer de los termogramas. Sin embargo, es un método preciso para el conteo de las horas-frío.

Cuando se utiliza este método ha de tenerse en cuenta que los periodos en los que la temperatura mínima es inferior a la umbral considerada, darían horas-frío negativas, por lo que se despreciarán.

6.1.4.- Método de Crossa-Raynaud

Figura 4



Por semejanza de triángulos, tendremos:

$$\frac{hf}{24} = \frac{7 - m}{M - m}; \text{ de donde: } hf = 24 \frac{7 - m}{M - m}, \text{ siendo:}$$

hf = horas-frío (horas por debajo de 7 °C).

M = Temperatura máxima de un periodo de un día (°C).

m = Temperatura mínima de un periodo de un día (°C).

La fórmula fue obtenida en una zona templado-cálida (Tunicia) y supone que la temperatura es una función lineal del tiempo. Si observamos un termograma podemos ver que la temperatura no varía de modo exactamente lineal respecto al tiempo, por lo que la expresión anterior debe ser corregida con un factor corrector que compense el error cometido. Fue Sánchez-Capuchino (1965) quien determinó dicho factor para el Levante español, $K=1'5$, quedando la fórmula para nuestra zona como sigue:

$$hf = K \left[24 \frac{7 - m}{M - m} \right] = 36 \frac{7 - m}{M - m}$$

Como observaciones a la fórmula anterior podemos indicar las siguientes:

- El valor de K no es siempre constante, incluso para regiones relativamente pequeñas, como la Región de Murcia donde hemos comprobado que éste varía entre 0'98 para la estación meteorológica de Totana– «Presa del Paretón» y 1'90 para la de Aguilas– «Diputación».
- En los días o periodos en que m sea mayor que 7 se obtendrían valores negativos de hf , por lo que los mismos no deben contabilizarse.
- El método considera que todas las temperaturas por debajo de 7 °C producen el mismo efecto y que las inmediatamente superiores a ese umbral no tienen ninguno. Ambos extremos no parecen razonables.

- Es un método de cálculo sencillo y de fácil aplicación.

6.1.5.- Método Bidabé

Este método supone que la temperatura tiene una acción exponencial sobre la acumulación de frío en las plantas. Bidabé (1963) introdujo el concepto de Q_{10} para cuantificar la acción de la temperatura sobre las yemas, definiendo esta acción por:

$$aT = Q_{10}^{t/10}, \text{ donde:}$$

aT = Acción de la temperatura a t °C.

Q_{10} = Constante característica de la planta; corresponde a la razón de la progresión geométrica de acción de la temperatura, por cada 10 °C.

t = Temperatura en °C.

Bidabé (1965) indica que se puede establecer una ley de acción exponencial inversa, por analogía con la ley anterior sobre la acción de la temperatura en la evolución de las yemas, para evaluar la acción del frío:

$$aF = Q_{10}^{-t/10}, \text{ donde:}$$

aF = Acción del frío a t °C.

La acción a 0 °C se considera que es igual a 1.

La acción diaria del frío, según este autor, puede establecerse a partir de las temperaturas máxima (M) y mínima (m) diarias, como sigue:

$$aF = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10})$$

Bidabé indica que Q_{10} varía entre 2'5 y 3'5 para distintas variedades de manzano estudiadas en d'Angers (Francia). Los valores de Q_{10} , se deben obtener para cada variedad y zona.

Este método se ha mostrado más preciso que los anteriores y ha resul-

tado útil para zonas climáticas muy diferentes, pero su empleo es muy limitado (Fernández-Escobar, 1988).

6.1.6.- Método Sharpe

Este método (Calderón, 1980) está basado en una correlación entre las temperaturas medias mensuales de invierno, usándose los datos de noviembre, diciembre, enero y febrero, y el número de horas-frío acumuladas. El método, obtenido en Florida (EE. UU.) por Sharpe, utiliza una tabla (tabla 5) en la que para cada temperatura se obtiene el dato de horas-frío del mes, y cuando la temperatura media mensual no coincide con la de la tabla se pueden realizar interpolaciones para determinar el número de horas-frío.

Tabla 5

MÉTODO SHARPE

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN °C	HORAS-FRÍO ACUMULADAS EN EL MES
7'8	395
8'9	353
10'0	311
11'1	270
12'2	230
13'3	190
14'4	152
15'6	115
16'7	79
17'8	47
18'9	23
20	0

Fuente: Calderón, 1980.

Puede observarse como este método considera que por encima de una temperatura media de 20 °C no hay acumulación de horas-frío.

6.2.- Unidades de frío (Uf)

Los métodos expuestos anteriormente para el cálculo de las horas-frío suponen que un frutal debe estar una hora, por debajo de un determinado umbral de temperatura, para almacenar una hora frío, asumiendo que todas las temperaturas por debajo del umbral considerado tienen el mismo efecto y que las inmediatamente superiores al mismo tienen un efecto nulo. Para salvar esta incoherencia se recurre a un nuevo modo de medir el frío invernal necesario para salir de la latencia en los frutales de hoja caduca: «Las Unidades-Frío (Uf)» o «Chill Unit» en la literatura inglesa.

6.2.1.- Modelo Utah

Este modelo, ideado por Richardson *et al.* (1974) en la Universidad de Utah (EE.UU.) establece que todas las temperaturas no tienen el mismo efecto fisiológico para que los frutales salgan del reposo invernal. Una unidad de frío equivaldría a una hora de exposición a 6 °C. Una hora con temperaturas comprendidas entre 2'5 y 9'1 °C equivale a una unidad frío (máxima eficiencia), mientras que las temperaturas comprendidas de 2'5-1'4 °C y entre 9'2-15'9 °C tienen un efecto inferior y las superiores a 16 °C contrarrestan unidades de frío acumuladas. La conversión de temperaturas en unidades de frío es la siguiente:

Tabla 6

MODELO UTAH

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
< 1'4	0
1'5-2'4	0'5
2'5-9'1	1
9'2-12'4	0'5
12'5-15'9	0
16'0-18'0	-0'5
> 18	-1

Fuente: Richardson *et al.* (1974).

Vemos como este modelo elimina las incoherencias observadas para el modelo de horas-frío, en cuanto al efecto que ejercen las distintas temperaturas para la salida del reposo invernal.

Anteriormente, Erez y Lavee (1971), trabajando en condiciones de temperatura controlada, indicaron que la temperatura más eficiente para la acumulación de frío invernal es de 6 °C, mientras la temperatura de 10 °C era la mitad de eficiente que la de 6 °C y que cuando la temperatura era de 21 °C alternada con bajas temperaturas se conseguía anular el efecto de estas últimas.

El modelo fue estudiado para determinar de forma rápida y precisa el fin del *período de reposo* de dos cultivares de melocotonero (Redhaven y Elberta) para poder estimar a continuación la fecha en que ocurriría la plena floración. La determinación de los índices se realizó por estudios de correlación entre las temperaturas registradas en termógrafo y la presencia de ácido giberélico en las yemas.

Se pensó la necesidad de plantear un nuevo concepto: *Horas Grado de Crecimiento* («Growing Degree Hours» o GDH) (Richardson *et al.*, 1974). La cuantificación de las *horas grado de crecimiento* se realiza sumando las horas en que la temperatura es superior a 4'5 °C a partir del momento en que termina el reposo hasta el momento de plena floración. Este concepto, junto con el de *Unidades de Calor*, será expuesto más adelante.

La conversión de los datos diarios de temperatura, hora por hora, a unidades frío es un trabajo sumamente complicado que necesitaría el uso de un ordenador. Así fue realizado el trabajo original, pero para su uso ordinario fue ideado un método de conversión más fácil y rápido (Calderón, 1980). Este método está basado en el uso de los datos de temperaturas máximas y mínimas a intervalos de 12 horas, con los cuales se hacen curvas, conectándose los puntos con líneas rectas; cada línea es dividida en 11 segmentos iguales, representando la extremidad de cada uno de ellos la temperatura de cada hora (Richardson *et al.*, 1974).

El conteo de las *Uf* debe iniciarse en otoño, a partir del día en que exista la más elevada contribución negativa, debiendo ser suspendido el registro a finales del invierno, cuando de manera normal las unidades frío que cada día son negativas (Richardson *et al.*, 1974). A partir del momento en que finaliza la contabilización de *Uf* y por tanto del reposo invernal (en aquellos que hayan alcanzado las *Uf* necesarias), puede medirse la cantidad de calor necesaria para determinar la fecha de floración, para lo cual se calcula el número de *horas grado de crecimiento* acumuladas, sumando el total de horas con temperatura mayor a 4'5 °C.

Las aplicaciones del concepto de unidades-frío (Richardson *et al.*, 1974), pueden resumirse de la siguiente manera:

Una vez conocidas las ***unidades-frío*** para completar el reposo invernal de un cultivar es establecido y que se conocen las temperaturas máximas y mínimas diarias para una región determinada, el momento del fin del reposo puede ser estimado. Con ello un fruticultor puede:

1. *Determinar si habrá suficiente acumulación de **unidades-frío** que permita hacer prosperar una variedad específica de melocotonero en una región determinada.*
2. *Determinar cuándo la acumulación de energía en forma de horas grado de crecimiento (GDH) llega a ser efectiva para determinar el desarrollo de las yemas.*
3. *Determinar el momento en que pueden realizarse algunas prácticas de cultivo tales como las aspersiones para retrasar la floración, pueden comenzarse.*
4. *Determinar el momento en que los árboles iniciarán su crecimiento al existir temperaturas favorables, y empiezan a perder su resistencia a las bajas temperaturas.*

Este nuevo concepto de *Uf* fue estudiado e ideado especialmente para el melocotonero, pero puede ser utilizado para otros frutales, en alguno de

los cuales será necesario determinar los índices de ponderación del valor de las temperaturas. Hoy en día este método no es muy empleado, salvo casos aislados de trabajos de investigación, pero debido a una mayor precisión y a un más amplio criterio en la valoración del frío, sobre todo a temperaturas más altas de 7'2 °C, se estima que en el futuro tendrá gran utilización, una vez que se lleven a cabo los estudios necesarios sobre diversas especies y se obtenga un procedimiento fácil que permita la utilización de él en todos los países del mundo a nivel regional (Calderón, 1980).

Sin embargo, este modelo, que aún mantiene una importante vigencia en zonas de inviernos relativamente fríos, pronto empezó a ser cuestionado en cuanto a su efectividad en zonas de inviernos suaves (Egea, 1989).

6.2.2.- Modelo de bajas necesidades

Gilreath y Buchanan (1981) proponen el «Modelo de Bajas Necesidades», desarrollado para nectarina, cuya equivalencia entre temperatura y unidades de frío se indica a continuación. Este modelo fue desarrollado en la universidad de Florida, donde los inviernos son más suaves que en Utah.

Tabla 7

MODELO DE BAJAS NECESIDADES

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
-1'0	0
1'8	0'5
8'0	1'0
14'0	0'5
17'0	0
19'5	-0'5
21'5	-1

Fuente: Gilreath y Buchanan, 1981.

Puede observarse como la máxima efectividad se obtiene para la temperatura de 8 °C.

6.2.3.- Modelo Carolina del Norte

Shaltout y Unrath (1983)., proporcionan un modelo similar al anterior pero incorporando un mayor efecto negativo de las temperaturas superiores a 21 °C. Este modelo desarrollado en la universidad del estado de Carolina del Norte (EE.UU.) para variedades de manzano y conocido como «Modelo Carolina del Norte», se expone a continuación:

Tabla 8

MODELO CAROLINA DEL NORTE

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
-1'1	0'0
1'6	0'5
7'2	1'0
13'0	0'5
16'5	0'0
19'0	-0'5
20'7	-1'0
22'1	-1'5
23'3	-2'0

Fuente: Shaltout y Unrath, 1983.

Este modelo considera que la máxima efectividad para la salida del reposo invernal se obtiene para la temperatura de 7'2 °C.

6.2.4.- Modelo Dinámico

Los modelos expuestos hasta el momento estudian e interpretan el efecto de las bajas temperaturas sobre la salida del reposo en los frutales caducifolios, sin considerar la influencia de las temperaturas moderadas

que se alternan con éstas durante el periodo diurno. Erez y Couvillon (1979a, 1979b, 1987 y 1988) trabajan reproduciendo artificialmente el ciclo diario natural, estudiando el efecto de la luz y la influencia de las temperaturas moderadas que se producen durante el día en combinación con las temperaturas más bajas que se producen durante la noche. Se combinan distintos ciclos de «temperaturas bajas» con «temperaturas moderadas» y se establece un nuevo modelo que recibe el nombre de «Modelo Dinámico».

A continuación se exponen los resultados más interesantes aportados por estos autores:

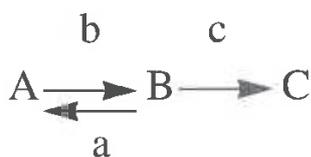
- 1.º) La efectividad para la ruptura del reposo de temperaturas tales como 0, 4 ó 6 °C es muy diferente, siendo notablemente más elevada para 6 que para 0 °C; sin embargo se ha comprobado que cuando se someten las plantas a estas temperaturas durante 16 horas diarias y las restantes 8 horas del día a temperaturas de 15 °C la efectividad de todos los ciclos es la misma. Esto puede significar que aún siendo similar la eficiencia de cada una de estas bajas temperaturas para satisfacer las necesidades de frío, sea necesario el concurso de temperaturas moderadas para hacerla efectiva (Erez y Couvillon, 1987).
- 2.º) Para un mismo número total de unidades de frío acumuladas, la salida del reposo se produce en mayor medida cuando éstas se han producido combinadas en ciclos diarios con temperaturas moderadas (por ejemplo 16 horas a 4 °C y 8 horas a 15 °C). Así una temperatura de 15 °C que no tiene por sí misma eficacia para la ruptura del reposo, acentúa de forma apreciable la eficiencia de las temperaturas frías (Erez y Couvillon, 1987).

Aunque en menor medida, se sigue contrarrestando parte del frío acumulado, en un ciclo de 3 días (2d - 1d). Sin embargo en ciclos de 9 días (6d - 3d) la cantidad de frío contrarrestada es muy pequeña. Se concluyó que sólo puede ser contrarrestado el frío

acumulado en las últimas 20-40 horas antes de la aplicación de las temperaturas elevadas.

- 3.º) Períodos largos de elevada temperatura sólo son eficaces para contrarrestar frío acumulado si se producen en una época en que menos del 50% de las necesidades de frío han sido satisfechas y en ese supuesto estos períodos deben ser más largos de 7 días. En cualquier caso, el efecto producido es mucho más suave que cuando se aplican en ciclos cortos.

Los resultados experimentales de tan amplio trabajo de investigación llevó a estos investigadores, siguiendo el esquema propuesto por Gregory y Purvis en 1952 para la vernalización de los cereales, a formular para la salida del reposo un mecanismo similar que consiste en una reacción en dos etapas, la primera de las cuales es reversible, no ocurriendo lo mismo con la segunda (Erez y Couvillon, 1987). El esquema es:



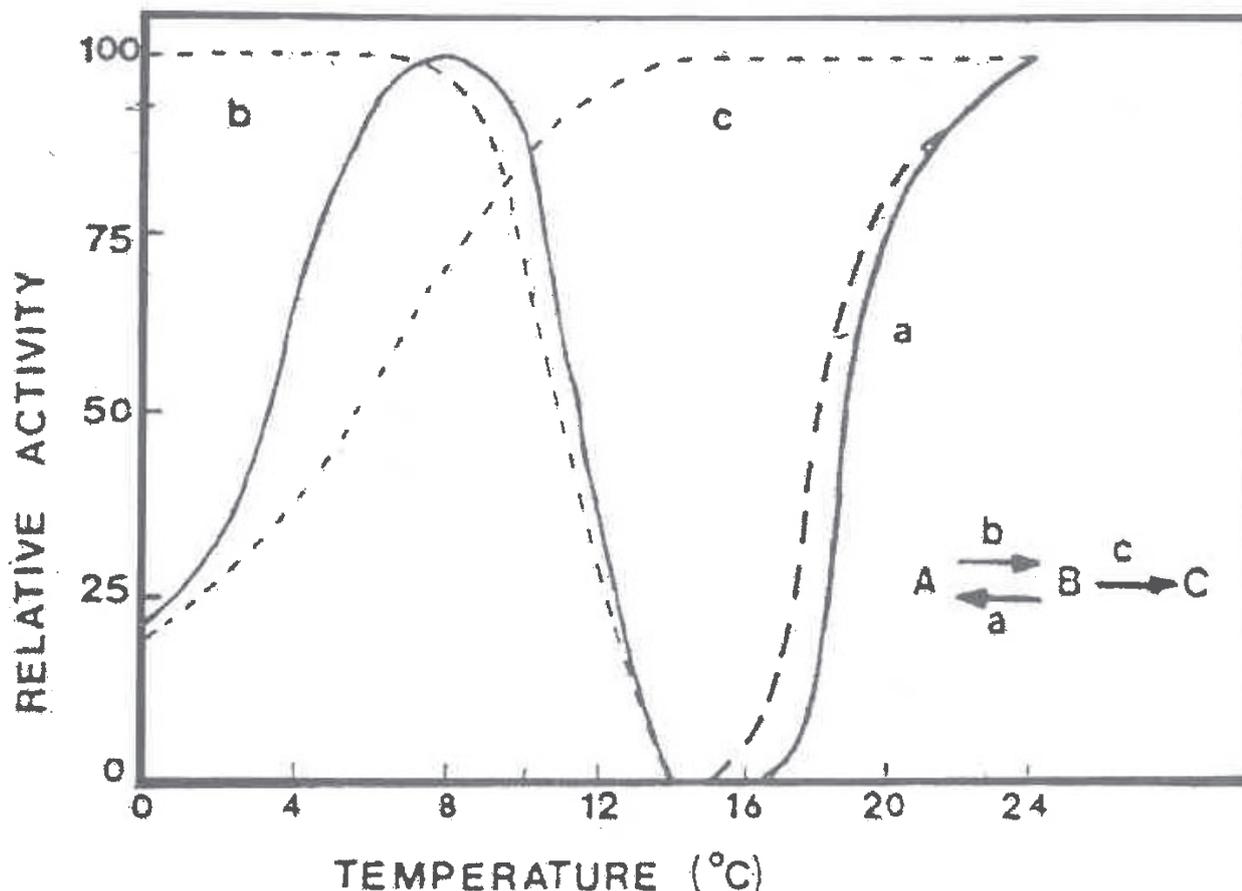
En donde A representa el estado de reposo invernal; B es el producto de la exposición de A a bajas temperaturas, que puede retornar a A dependiendo de la temperatura y C es el producto de B, que se fija con temperaturas moderadas y no es reversible, representando un avance hacia la salida del reposo.

- a: La reacción negativa al frío (favorecida por altas temperaturas, ≥ 16 °C y hasta 24 °C); puede contrarrestar los efectos del frío acumulado.
- b: La reacción al frío (favorecida por las bajas temperaturas, ≥ 0 °C y hasta 13 °C).
- c: La reacción de conversión de B a C a temperaturas moderadas (que se fija por el efecto del frío, entre 13 y 15 °C).

En la gráfica 2 se representa el efecto de las tres reacciones:

Gráfica 2

**RESPUESTA DE LA CURVA DE TEMPERATURAS
A LAS TRES REACCIONES PROPUESTAS**



Fuente: Erez y Couvillon, 1987.

Como se observa en el gráfico la máxima eficiencia del frío durante el periodo de reposo invernal, para la salida del reposo, corresponde a 8 °C.

De la gráfica anterior puede deducirse la siguiente tabla de equivalencias Temperaturas/Unidades de frío:

Como se observa en la tabla 9 expuesta, a la temperatura de 16 °C no le corresponde un valor negativo de UF, como ocurre en el modelo Utah,

Tabla 9**EQUIVALENCIAS TEMPERATURAS/UNIDADES-FRÍO
(EREZ Y COUVILLON)**

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
≥ 0'0	0'20
2'0	0'30
4'0	0'65
6'0	0'90
8'0	1'00
10'0	0'80
12'0	0'40
14'0	0'00
16'0	0'00
≥ 20'0	-0'70

Fuente: Erez y Couvillon, 1987.

e incluso temperaturas de 20 °C tienen un efecto negativo menor que en el modelo anterior.

Comparando las tablas de temperatura/UF correspondientes a los dos modelos expuestos se deduce que el «modelo» Erez-Couvillon dará un resultado numérico mayor que el modelo Utah, tras el cálculo de las unidades de frío, para una misma zona y periodo. El primero fue obtenido para zonas más cálidas que el segundo.

Estas últimas observaciones realizadas del efecto que tiene la temperatura sobre las yemas durante el reposo invernal, han inducido a idear un nuevo modelo que sería capaz de explicar tales efectos.

El análisis matemático para explicar la reacción de las dos etapas antes citadas fue elaborado por Fishman *et al.* (1987a, 1987b). Este análi-

sis condujo a Fishman a establecer un nuevo modelo denominado **Modelo Dinámico**.

7.- NECESIDADES DE CALOR

Como ya hemos indicado, muchos son los investigadores que han trabajado para conocer las necesidades de calor que necesitan los frutales para alcanzar la plena floración tras la interrupción del periodo de reposo.

Se sabe que las plantas no brotarán hasta que las temperaturas no superen su cero vegetativo, midiéndose el calor acumulado mediante la integral térmica de la especie considerada. Sin embargo esta forma de medir la acumulación de calor no resulta muy adecuada debido a que no todas las temperaturas que se producen durante el día tienen el mismo efecto.

Los métodos propuestos por los distintos autores para determinar el tiempo que ha de transcurrir para alcanzar la plena floración desde una fecha dada, consisten en contabilizar la acumulación de calor que se produce por encima de una temperatura determinada. Esta temperatura a partir de la cual se contabiliza la acumulación de calor varía, según las especies, zonas y autores, entre 4 y 10 °C. Siguiendo esta metodología, aquellos valores para los que el coeficiente de variación es mínimo darán la mejor apreciación de la época de floración (Tabuenca, 1965). No obstante, al igual que en el método de la **integral térmica**, esta forma de operar también considera que todas las temperaturas por encima de una dada producen el mismo efecto, lo cual puede conducir a errores más o menos importantes, dependiendo del régimen de temperaturas de la zona y del periodo considerado, ya que a medida que avanzamos hacia la primavera las temperaturas van subiendo, pudiéndose llegar en verano a temperaturas tan altas que, al igual que las muy bajas impidan el desarrollo.

En la tabla siguiente pueden verse los resultados obtenidos por Tabuenca

y Herrero (1966) para la zona de Zaragoza, utilizando esta forma de contabilizar el calor acumulado:

Tabla 10

**NÚMERO DE DÍAS HASTA FLORACIÓN PLENA
CON TEMPERATURA MEDIA SUPERIOR A UNA DADA**

Espece	Floración plena	Temperatura media superior a	N.º de días con temperatura media superior a la dada	Contados a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	7 °C	22 ± 32	1 de febrero
	Media de la especie	7 °C	28 ± 4	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	35 ± 4	1 de febrero
Cerezo	Primera variedad	7 °C	48 ± 4	1 de enero
	Media de la especie	7 °C	46 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	46 ± 2	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	7 °C	31 ± 3	16 de enero
	Media de la especie	7 °C	37 ± 3	16 de enero
	Última variedad	7 °C	38 ± 4	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	7 °C	41 ± 4	16 de febrero
	Media de la especie	7 °C	42 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	52 ± 4	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	7 °C	49 ± 3	1 de febrero
	Media de la especie	7 °C	60 ± 2	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	76 ± 5	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	4 °C	37 ± 3	1 de febrero
	Media de la especie	6 °C	40 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	42 ± 3	1 de febrero
Peral	Primera variedad	7 °C	44 ± 5	16 de enero
	Media de la especie	7 °C	43 ± 4	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	41 ± 4	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

Otros métodos que permiten calcular los días que han de transcurrir desde la salida del reposo hasta la plena floración son: las unidades de calor acumuladas hasta la floración, método Bidabé, los grados día de crecimiento y la correlación entre la temperatura y la época de floración. Estos se describen brevemente a continuación.

7.1.- Unidades de calor acumuladas hasta la floración

«Número de grados acumulados, durante un periodo, obtenidos como un sumatorio de las diferencias entre la temperatura media diaria y una umbral», variable según autores y especies.

$$U_c = \sum (T_m - t), \quad \text{donde:}$$

U_c = Unidades de calor (°C), acumuladas en el periodo considerado.

\sum = Sumatorio extendido al número de días considerado.

T_m = Temperatura media diaria (°C).

t = Temperatura umbral considerada (°C). Esta temperatura suele tomarse entre 4'5 y 6 °C.

Este método considera que, con independencia de la temperatura alcanzada o del momento en que ocurra, el aumento de 1 °C produce el mismo efecto.

Los mejores resultados, en las experiencias realizadas por Tabuenca y Herrero (1966) en Zaragoza, se obtienen para la temperatura umbral de 6 °C, para distintos frutales, tal como se expresa en la tabla 11.

7.2.- Método Bidabé

El método generaliza la ley de Van't Hoff Arrhenius, estableciendo una analogía entre una reacción química y el desarrollo fenológico de las yemas, considerando una acción exponencial de la temperatura, de manera que al aumentar la temperatura 10 °C la velocidad de crecimiento de las yemas de flor se multiplica por un coeficiente (Q_{10}) que se determina experimentalmente. Bidabé (1963) trabajando con manzano indica que al aumentar 10 °C la temperatura, la velocidad de crecimiento de los botones florales se multiplica por un valor que va de 2'5 a 3'5, según variedades, introduciendo la notación de Q_{10} para cuantificar la acción de la temperatura sobre el desarrollo de las yemas de flor.

Tabla 11

UNIDADES DE CALOR ACUMULADAS HASTA LA FLORACIÓN PARA UNA TEMPERATURA UMBRAL DE 6 °C

Especie	Floración plena	Unidades de calor acumuladas	Contadas a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	82	1 de febrero
	Media de la especie	108	1 de febrero
	Última variedad	119	15 de febrero
Cerezo	Primera variedad	186	1 de enero
	Media de la especie	223	1 de febrero
	Última variedad	291	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	115	16 de enero
	Media de la especie	140	16 de enero
	Última variedad	170	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	135	1 de febrero
	Media de la especie	197	1 de febrero
	Última variedad	261	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	231	1 de febrero
	Media de la especie	305	1 de febrero
	Última variedad	445	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	134	16 de enero
	Media de la especie	151	1 de febrero
	Última variedad	194	1 de febrero
Peral	Primera variedad	187	16 de enero
	Media de la especie	207	1 de febrero
	Última variedad	262	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

La acción diaria de la temperatura (ADT), se calcula de acuerdo con la expresión siguiente:

$$ADT = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10}), \quad \text{donde:}$$

M y m son las temperaturas máxima y mínima diarias, respectivamente.

La suma de las acciones diarias necesarias para la floración de algunas especies frutales, el coeficiente Q_{10} y las fechas iniciales del cálculo, estudiadas por Tabuenca y Herrero (1966) en la Estación Experimental de Aula Dei, se recogen en la tabla siguiente:

Tabla 12

SUMA DE LAS ACCIONES DIARIAS PARA LOS DIFERENTES VALORES DE Q_{10}

Especie	Floración plena	Q_{10}	Suma de acciones diarias	Contadas a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	4	328	1 de febrero
	Media de la especie	3	271	1 de febrero
	Última variedad	2'5	263	1 de febrero
Cerezo	Primera variedad	3'5	422	15 de febrero
	Media de la especie	3'5	506	15 de febrero
	Última variedad	2	313	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	2'5	288	1 de enero
	Media de la especie	3	254	16 de enero
	Última variedad	3	377	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	3	250	15 de febrero
	Media de la especie	3	349	15 de febrero
	Última variedad	2'5	401	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	3	482	1 de febrero
	Media de la especie	2'5	459	1 de febrero
	Última variedad	2	434	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	2	154	1 de febrero
	Media de la especie	2	160	1 de febrero
	Última variedad	2	232	1 de febrero
Peral	Primera variedad	3	362	1 de enero
	Media de la especie	3	439	1 de febrero
	Última variedad	2	288	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

7.3.- Correlación entre la temperatura y la floración

Los polinomios, utilizados en muchas ocasiones para relacionar dos variables, calculando los coeficientes correspondientes, también han sido utilizados como método para correlacionar la fecha de floración con la temperatura. Así, Tabuenca y Herrero (1966) calcularon los coeficientes de correlación entre la fecha de floración y la temperatura máxima media de algunos periodos de tiempo. En la tabla siguiente se exponen las ecuaciones y los periodos de tiempo considerados para cada una de las especies estudiadas.

Tabla 13**RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA
Y LA ÉPOCA DE FLORACIÓN**

Especie	Ecuación	Periodo
Albaricoquero	$y = 62'9 - 3'2 t$	15 de febrero a 15 de marzo
Cerezo	$y = 93'4 - 3'7 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Ciruelo japonés	$y = 57'4 - 3'1 t$	16 de enero a 15 de marzo
Ciruelo europeo	$y = 87'5 - 3'6 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Manzano	$y = 112 - 4 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Melocotonero	$y = 52'1 - 2'1 t$	15 de febrero a 28 de febrero
Peral	$y = 81'9 - 3'3 t$	1 de febrero a 31 de marzo

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

En todos los métodos recogidos y que se han empleado para estudiar la fecha de floración en relación con la temperatura, es de considerable importancia fijar la fecha en que se han de empezar a contar las integrales térmicas, pues en distintas localidades y años puede variar dependiendo del momento en que finaliza el periodo de reposo invernal (Tabuenca, 1965).

7.4.- Horas grado de crecimiento (GDH)

Una hora grado de crecimiento Celsius (GDH°C) se define como una hora a una temperatura 1 °C por encima de la temperatura base de 4'5 °C. Dichas unidades se calculan restando 4'5 °C a cada temperatura media horaria (T_{mb}) en el intervalo comprendido entre 4'5 y 25 °C. Todas las temperatura por encima de 25 °C se asume que son iguales a 25 °C; así la mayor acumulación para cualquier hora por encima de ésta es 20'5 GDH.

Para todas las temperaturas medias horarias inferiores a 4'5 °C se tomará $T_{mh} = 4'5$ °C, por lo que la menor acumulación será de 0 GDH (Richardson, 1975). Este modelo se conoce también con el nombre de *modelo Utah*:

$$GDH = \sum_{1}^{24} (T_{mh} - 4'5) \quad \text{donde:}$$

$\sum_{1}^{24} =$ Sumatorio desde la primera hora del día, $h = 1$, hasta la número 24, $h = 24$, de las diferencias entre las temperaturas medias horarias y la temperatura base de 4'5 °C, durante cada día del periodo considerado.

$T_{mh} =$ Temperatura media horaria (°C).

En otras zonas y para otras variedades puede tomarse otra temperatura base, por ejemplo 10 °C en vez de 4'5 °C (Buchanan, 1977) resultando:

$$GDH = \sum_{1}^{24} (t_{mh} - 10)$$

También, el límite superior de temperatura, podrá ser distinto de 25 °C

8.- EL ANÁLISIS ARMÓNICO DE TEMPERATURAS (AAT) COMO MÉTODO PARA OBTENER EL VALOR INSTANTÁNEO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE, EN CUALQUIER MOMENTO DEL DÍA, A PARTIR DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMA Y MÍNIMA DIARIAS

8.1.- Introducción

La mayoría de las estaciones meteorológicas existentes, de las que existe un registro histórico amplio de datos, son estaciones simples, que

contienen, en lo que nos afecta ahora, para medir la temperatura, un termómetro de máximas y otro de mínimas y, en ocasiones, un termógrafo. Durante los últimos años se han instalado algunas estaciones meteorológicas automáticas que, a diferencia de las primeras, son capaces de registrar la temperatura del aire con una frecuencia previamente programada. Con los datos procedentes de estas estaciones se podrán realizar cálculos de horas-frío, unidades de calor, etc., de modo automático y con mucha precisión. Sin embargo, la mayoría de las veces que necesitamos realizar un estudio de las temperaturas de una zona, no se dispone de una estación meteorológica automática, por lo que sólo podemos utilizar los registros de temperaturas máxima y mínima diarias procedentes de estaciones simples, lo que nos obliga a utilizar los métodos de cálculo antes citados (Cossa-Reynaud, correlaciones, etc.) con el error inherente a los mismos. En caso de que en las estaciones simples exista termógrafo, el cálculo, aunque preciso, resulta entonces demasiado tedioso para su utilización práctica y ágil.

En la actualidad tanto los datos de las estaciones simples como los de las estaciones automáticas correspondientes a la red de Centros Meteorológicos públicos pueden obtenerse en soporte magnético, con lo que el manejo de la información resulta simple y rápido, siempre que se disponga del programa informático necesario. No obstante, en el caso de datos procedentes de estaciones simples, el problema de imprecisión de cálculo sigue siendo el mismo, razón por la que se hace necesario desarrollar métodos que permitan simular la curva diaria de temperatura como si las observaciones se hubiesen tomado con mucha frecuencia a partir de las temperaturas máxima y mínima diarias.

Cuando Richardson *et al.* (1974), desarrollaron el modelo de unidades de frío, se encontraron con la dificultad de no poder disponer de las temperaturas horarias, para lo cuál propusieron el siguiente método: Trazaban líneas rectas que unían las temperaturas máximas y mínimas que se producían en intervalos de 12 h. Para ello estimaban que la curva de temperatura diaria era simétrica cada 12 h, aunque reconocieron que el tiempo

transcurrido entre la temperatura máxima y la mínima podía necesitar ser cambiado para representar mejor los cambios de la longitud del día durante el año.

Para conocer la temperatura instantánea del aire en cualquier momento del día, a partir de las temperaturas máxima y mínima, es necesario utilizar un modelo que permita estimar la curva de temperatura diaria. Varios son los autores que han desarrollado modelos que permiten estimar dicha curva a partir de las temperaturas máxima y mínima diarias.

Para realizar la aproximación de una función debemos conocer su forma con objeto de elegir el tipo de aproximación más adecuado (el que mejor la estima): lineal, logarítmica, exponencial o polinómica. Dado que la función que representa a la temperatura diaria es una función cuasiperiódica, es por lo que se utiliza el *desarrollo en serie de Fourier* o *análisis armónico de Fourier* para encontrar la función que nos permitirá estimar la temperatura del aire en cualquier momento del día. Por esta razón expondremos a continuación los aspectos más relevantes y que son de nuestro interés sobre el análisis armónico de Fourier.

8.2.- Análisis armónico de Fourier

La curva que representa la temperatura diaria puede obtenerse mediante una función periódica de modo bastante aproximado, por lo que el desarrollo en serie de Fourier o series de Fourier, que constituye una herramienta adecuada para obtener aproximaciones de funciones periódicas, puede utilizarse acertadamente para obtener una aproximación de la función que represente a la temperatura diaria.

Definición de *función periódica*:

Una función $T(h)$, es periódica, de periodo P , si cumple que para todo valor de h , $T(h) = T(h+P)$. El menor valor de $P > 0$ se llama periodo mínimo o simplemente periodo de $T(h)$.

En nuestro caso $T(h)$ es la función utilizada para estimar la temperatura en cualquier instante del día (h).

Las siguientes funciones trigonométricas:

$\cos \frac{2\pi k}{P} h$ $\sin \frac{2\pi k}{P} h$, $k = 1, 2, 3, \dots$ son *funciones periódicas simples*.

La combinación lineal de funciones periódicas simples da una función llamada *función trigonométrica polinomial de orden N*:

$$P_N(h) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^N \left(a_k \cos \frac{2\pi k}{P} h + b_k \sin \frac{2\pi k}{P} h \right)$$

La función que nos ocupa es periódica, de infinitos términos, por lo que la mejor forma de aproximarla será mediante el Desarrollo en Serie de Fourier, definida como:

$$T(h) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos \frac{2\pi k}{P} h + b_k \sin \frac{2\pi k}{P} h \right)$$

Donde el problema consiste en calcular los coeficientes a_k y b_k para cada uno de los términos en coseno y en seno. El cálculo de estos coeficientes, despejando en la ecuación, se realiza mediante las siguientes expresiones:

$$a_k = \frac{2}{P} \int_0^P T(h) \cos \frac{2\pi k}{P} h \, dh \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

$$b_k = \frac{2}{P} \int_0^P T(h) \sin \frac{2\pi k}{P} h \, dh \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

$$a_0 = \frac{2}{P} \int_0^P f(h) \, dh$$

El término $\frac{a_0}{2}$ se corresponde con el valor medio de la función en el periodo; esto sería más fácil de ver si consideramos la integral como un sumatorio:

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{P} \int_0^P f(h) dh \qquad \frac{a_0}{2} = \frac{1}{P} \sum_{I=0}^{P-1} f(I)$$

Hay que destacar que para su tratamiento numérico por ordenador, las expresiones anteriores se convierten en sumatorios.

En nuestro caso conocemos 24 puntos de la curva (la temperatura media horaria de las 24 horas del día) que obtenemos de una estación meteorológica automática, es decir, la temperatura cada hora, lo que representa 24 puntos de esta función en un periodo.

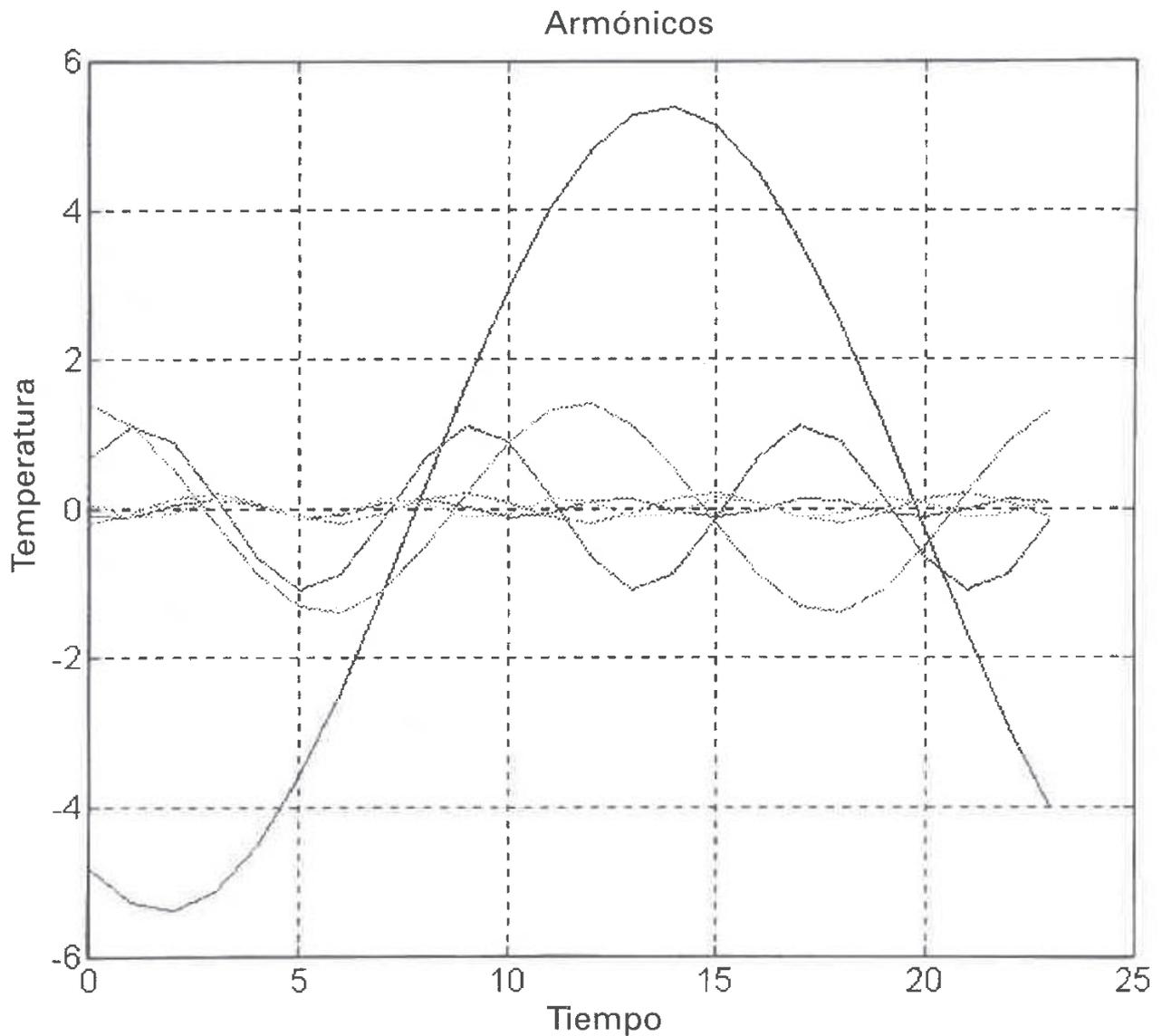
Para poder realizar la aproximación a través de las series de Fourier debemos calcular los coeficientes, pero ahora no disponemos de la forma analítica de la función, sino sólo de los valores en unos puntos. Por tanto tendremos que sustituir las integrales por sumatorios. No tendría sentido, si disponemos únicamente de esta información puntual, calcular los infinitos coeficientes que intervienen en la serie de Fourier, por lo que debemos de calcular un número finito.

Por otro lado, en cualquier aplicación práctica, es necesario truncar la serie y coger un número finito de términos. Esto va a producir cierto término de error en la representación, consistente en la eliminación de los cambios bruscos en la función original, es decir, produciendo un suavizado del contorno de la función original. Por ejemplo, en nuestro trabajo hemos considerado sólo 6 términos de la serie, ($k=1, 2, 3, 4, 5, 6$) de acuerdo con lo recomendado por Garrido y Martínez (1989), obteniéndose buenos resultados.

Para entender mejor el desarrollo en serie de Fourier, en las gráficas 3 y 4 se representa la función original y 6 términos de su desarrollo en serie.

Gráfica 3

REPRESENTACIÓN DE LOS 6 TÉRMINOS DEL DESARROLLO EN SERIE DE LA FUNCIÓN DE TEMPERATURA DE UN DÍA

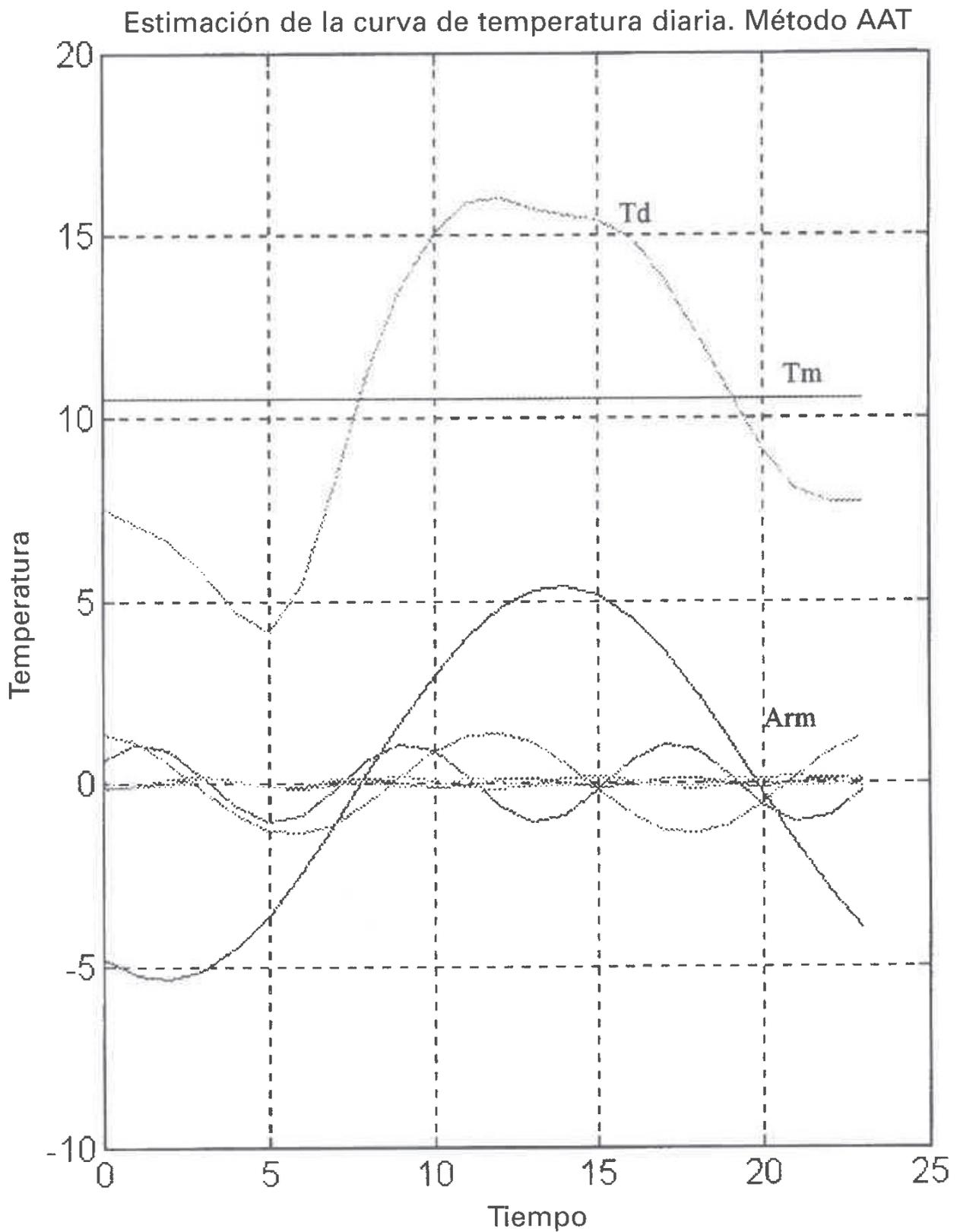


Cada uno de los términos se corresponde con una senoide de frecuencia múltiplo entero del primer término y amplitud la correspondiente al coeficiente que le corresponda.

A cada uno de éstos términos se le denomina armónico, considerándose el primer término el primer armónico o fundamental.

Gráfica 4

FUNCIÓN ORIGINAL Y 6 TÉRMINOS DE SU DESARROLLO EN SERIE



Td: Curva de temperatura diaria; **Tm:** Temperatura media; **Arm:** Curvas de la serie armónica.

En nuestra aplicación la función $T(h)$ se corresponde con la variación de la temperatura a lo largo de un periodo P de 24 horas.

8.3.- El método AAT

En el análisis de variables meteorológicas (temperatura, presión, humedad, etc.) es recomendable disponer del mayor número de observaciones posibles, tanto en la escala temporal como espacial. De esta forma, cuando se trata de obtener datos de superficie, puede optarse por multiplicar los observatorios permanentes o la instalación de estaciones meteorológicas automáticas. Sin embargo, los elevados costes económicos que ello acarrearía hacen inviable dicha opción (Garrido y Martínez, 1989).

Para la aplicación del método se utiliza la información suministrada por un número limitado de estaciones automáticas (en este caso las temperaturas tomadas cada diez minutos) que se complementa con la que proporciona una red termométrica más simple (de la que se obtiene únicamente información a cerca de las temperaturas extremas diarias), pero mucho más numerosa. De esta forma cada estación automática puede servir de referencia para conocer, en la medida de lo posible, la variación de la temperatura del aire a lo largo del día de todas las estaciones más simples que se encuentren en su entorno. Se supone para ello que las curvas de temperatura son semejantes entre estaciones para un día determinado, diferenciándose cuantitativamente de acuerdo con la oscilación térmica de cada una de las estaciones.

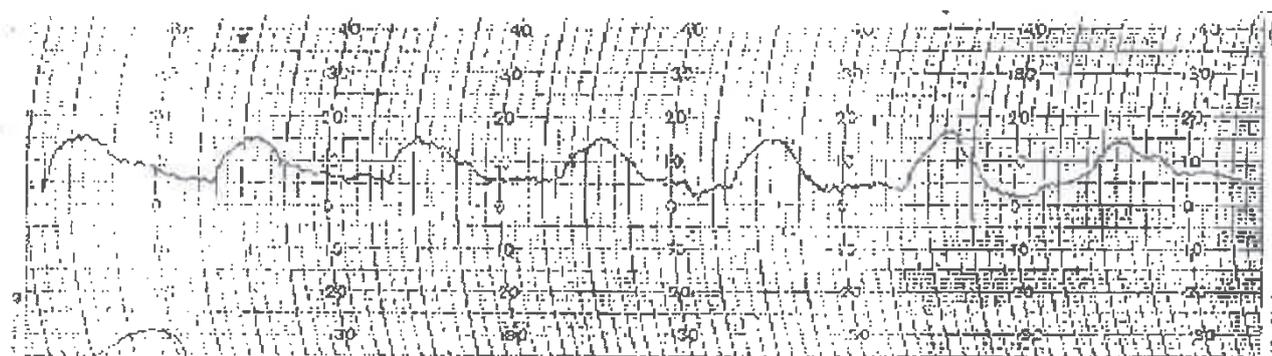
En las Figuras 5 y 6 se observan los termogramas correspondientes a una estación meteorológica situada en Santomera (Murcia) y a otra situada en la pedanía de Llano de Brujas-Murcia:

Como puede observarse las curvas de temperatura son muy semejantes.

Esta idea requiere especificar matemáticamente la *forma* de la curva por medio de algún tipo de coeficientes. Dado que las curvas de tempera-

Figura 5

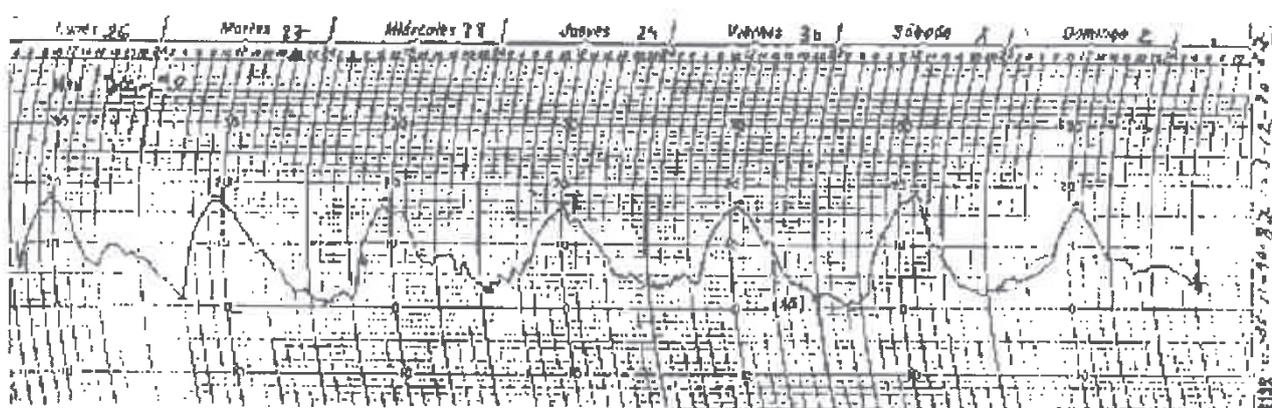
**TERMOGRAMA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA
DE SANTOMERA**



Fuente: CMZM (INM), 1990.

Figura 6

**TERMOGRAMA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA
DE LLANO DE BRUJAS - MURCIA**



Fuente: CMZM (INM), 1990.

tura diaria son aproximadamente periódicas, y consideradas éstas de carácter continuo, cabe pensar en describirlas mediante los coeficientes de su desarrollo en serie de Fourier, también llamado análisis armónico de Fourier.

En el Centro Meteorológico Zonal de Murcia, Garrido y Martínez (1989), desarrollaron un método matemático basado en el análisis armó-

Tabla 14

**VALORES DE LOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS POR
DIVERSOS MÉTODOS DE SÍNTESIS DE TEMPERATURAS
(°C), A PARTIR DE LOS VALORES EXTREMOS DIARIOS**

ESTADÍSTICO	CROSSA-SAWTOOTH	WAVE-PETRICEVIC	SOYGRO	GLYCIM	TEMP	AAT
$\bar{\epsilon}$	-0.22	-0.30	-0.61	-0.37	0.09	-0.04
$ \bar{\epsilon} $	1.55	1.37	1.54	1.79	1.67	1.00
σ	1.90	1.82	1.94	2.32	2.08	1.36

Fuente: Garrido y Martínez, 1989.

nico de Fourier que permite obtener los valores de la temperatura para cualquier instante del día, al igual que los métodos desarrollados por otros autores referenciados en la tabla 14, a partir de los valores extremos de la temperatura diaria ($T_{MÁX}$ y $T_{MÍN}$), determinando además unos «factores de forma», obtenidos de los datos de la estación automática más próxima. El método utiliza el Análisis Armónico de Temperaturas (AAT). Éstos, realizaron un estudio de los errores que provocaban cada uno de los métodos estudiados en la Tabla 14. En ésta se muestran los valores de los estadísticos $\bar{\epsilon}$ (error medio), $|\bar{\epsilon}|$ y σ (desviación típica) que obtuvieron para cada uno de los métodos. En la columna de la derecha se muestran los valores de esos mismos estadísticos obtenidos mediante el AAT, considerando el hecho de que para el conjunto de la red termométrica de la Cuenca del Segura $D^2 = 1'1 \times 10^4 \text{ km}^2$ (con la actual configuración de estaciones automáticas).

Como puede observarse, mientras que en los modelos que no son capaces de adaptarse a las peculiaridades térmicas de cada día el error medio (en valor absoluto) varía entre 0'09 y 0'61 °C, para el modelo AAT se obtiene un valor de 0'04 °C; el error absoluto medio se sitúa entre 1'37

y 1'79 °C frente a 1'00 °C del AAT y por último la desviación típica, que varía entre 1'90 y 2'32 °C, se reduce a sólo 1'36 °C. En cualquier caso, incluso haciendo que la distancia equivalente D adquiriera el mayor valor posible $D \cong 370$ km dentro de la Cuenca del Segura y con la actual configuración de estaciones automáticas, el método basado en el AAT provoca errores inferiores a los generados por los otros métodos indicados en la Tabla 14. Podemos concluir pues que los errores cometidos mediante AAT son notablemente inferiores (Garrido y Martínez, 1989). Una vez demostrada la bondad del método propuesto por estos investigadores frente a los referenciados en la Tabla 14 y conocidos los planteamientos y definiciones del análisis armónico de Fourier, expondremos los detalles más significativos del mismo, referenciando al lector, para más detalle, al trabajo original de éstos.

En investigaciones realizadas en Meteorología y Climatología y para el caso de conocer el valor de la función $T(h)$ en un número par de N puntos h_0, h_1, \dots, h_{N-1} igualmente separados en el período P (en nuestro caso $N=24$, y $P=1$ día), suele utilizarse la formulación siguiente según Conrad y Pollak, 1962; Martínez, 1986 (Garrido y Martínez, 1989), para la serie armónica o serie de Fourier:

$N =$ Puntos o instantes del día en que se toman las temperaturas.

$P =$ Período en el que se toman los puntos N , en nuestro caso, un día.

$$T^*_{NA}(h) = \bar{T} + \sum_{l=1}^{NA} a_l \text{sen} (2\pi lh / P + P + b_l) \quad (1)$$

siendo:

$T^*_{NA}(h) =$ Función que calculamos para estimar a $T(h)$.

$\bar{T} =$ valor medio de $T(h)$ en el período P ($= a_0/2$, vista anteriormente).

$N_A =$ número de armónicos o términos que intervienen en el sumatorio, con la restricción de que $N_A \leq N/2$.

a_I, b_I = coeficientes correspondientes a cada armónico (amplitud y fase, respectivamente) y que se calculan como:

$$a_I = (p_I + q_I)^{1/2} \quad (2)$$

$$b_I = \begin{cases} \arccos p_I / a_I \\ \arcsen q_I / a_I \end{cases} \quad (3)$$

$$p_I = 2 / N \sum_{h=0}^{N-1} (T(h) - \bar{T}) \text{sen } 2\pi I h / P \quad (4)$$

$$q_I = 2 / N \sum_{h=0}^{N-1} (T(h) - \bar{T}) \text{cos } 2\pi I h / P \quad (5)$$

con $I = 1, 2, \dots, N_A$ y cumpliéndose que $T^*_{N_A}(h) = T(h)$ para todo h que pertenezca al conjunto $\{h_0, \dots, h_{n-1}\}$ si $N_A = N/2$, mientras que la igualdad sólo se cumple, en general, de forma aproximada $T^*_{N_A}(h) \approx T(h)$ si $N_A < N/2$. A la serie (1) se le denomina *Serie armónica o serie de Fourier*.

Considérese que $T(h)$ representa la temperatura del aire de un lugar en función del instante h del día. Si hacemos el período $P = 24$ horas y conocemos el valor de $T(h)$ en los 24 instantes $\{0, 1, \dots, 23\}$, ya sea porque se realizan observaciones de temperatura cada hora o bien, si se dispone de datos más frecuentemente, porque se calculen como el valor medio en esa hora, podremos determinar los coeficientes $\{a_I, b_I\}$ $I = 1, 2, \dots, N_A$ («forma») de ese lugar para un día determinado. Conocidos los coeficientes y el valor medio \bar{T} podríamos «ajustar» $T(h)$ por $T^*_{N_A}(h)$ para todo h , obteniendo diferentes ajustes en función del número de armónicos N_A elegido. Estos ajustes mejoran a medida que se aumenta el N_A elegido si la serie es convergente, aunque, con objeto de suavizar los datos pueda utilizarse un número de armónicos no demasiado elevado.

En el método del análisis armónico de Fourier tradicional se ha intro-

ducido una corrección por aperiocidad, una hipótesis de invariancia proporcional aproximada de la oscilación térmica y una corrección para la reproducción de los valores extremos diarios.

a) Corrección por aperiocidad:

La función periódica supone que $T(0) = T(23)$. Aunque esto ocurre con frecuencia de forma aproximada, no se cumple en general, por lo que en los límites del día hay que efectuar una corrección por aperiocidad para calcular $T^*_{NA}(h)$. Designando mediante $\theta^*_{NA}(h)$ el valor que debe adoptar $T^*_{NA}(h)$ una vez que sea tenida en cuenta la corrección por aperiocidad, podemos calcular $\theta^*_{NA}(h)$ en los límites del día y en función del instante h como:

a1).- Si $h \in] -1/2 , 12/N_A - 1 [$:

$$\theta^*_{NA}(h) = P_{NA}(h) T^*_{NA}(h) + [1 - P_{NA}(h)] [T^*_{NA}(0) + (T^*_{NA}(1) - T^*_{NA}(0)) h] \quad (6)$$

siendo la función de peso: $P_{NA}(h) = (h + 1/2) / (12/N_A - 1/2) \quad (7)$

a2).- Si $h \in] 24 - 12/N_A, 23 + 1/2]$:

$$\theta^*_{NA}(h) = q_{NA}(h) T^*_{NA}(h) + [1 - q_{NA}(h)] [T^*_{NA}(22) + (T^*_{NA}(23) - T^*_{NA}(22)) (h-22)] \quad (8)$$

siendo la función de peso: $q_{NA}(h) = (23 + 1/2 - h) / (12/N_A - 1/2) \quad (9)$

a3).- En cualquier otro caso:

$$\theta^*_{NA}(h) = T^*_{NA}(h)$$

Puede constatarse que para el número óptimo de armónicos determinado por Garrido y Martínez (1989), $NA = 6$: $\theta^*_{NA}(h) = T^*_{NA}(h)$, es decir que no hay corrección por aperiocidad para el número óptimo de armónicos.

b) Corrección por invarianza proporcional aproximada de la oscilación térmica:

Se plantea ahora el problema de estimar la temperatura $T_{NA}(h)$ de una estación problema, de la que sólo se conociesen los valores extremos, en función de los valores $\theta_{NA}^*(h)$ de una estación testigo y que denotaremos a partir de ahora mediante $\theta_{NA}^{*0}(h)$, estableciendo la hipótesis de «invarianza proporcional aproximada de la oscilación térmica»:

$$[T(h) - T_{MÍN}] [T_{MÁX} - T_{MÍN}]^{-1} = [\theta_{NA}^{*0}(h) - T_{MÍN}^0] [T_{MÁX}^0 - T_{MÍN}^0]^{-1} \quad (11)$$

mediante la aplicación:

$$\theta_{NA}^{*0}(h) \rightarrow T_{NA}^{NE}(h) = T_{MÍN} + [T_{MÁX} - T_{MÍN}] [\theta_{NA}^{*0}(h) - T_{MÍN}^0] [T_{MÁX}^0 - T_{MÍN}^0]^{-1} \quad (12)$$

donde $T_{MÁX}$, $T_{MÍN}$, $T_{MÁX}^0$, y $T_{MÍN}^0$ son las temperaturas extremas (máxima y mínima) de la estación problema y testigo, respectivamente. La hipótesis establecida es realmente de invarianza «aproximada» y no de invarianza estricta, dado que $\theta_{NA}^{*0}(h) \approx T^0(h)$, y contiene implícitamente la hipótesis de invarianza de los $2N_A$ coeficientes de Fourier. En (12) se ha utilizado la nomenclatura $T_{NA}^{NE}(h)$ en vez de $T_{NA}(h)$ únicamente para indicar que todavía no se ha considerado la condición de reproducción de valores extremos.

c) Corrección por reproducción de valores extremos:

Los valores extremos de $T_{NA}^{NE}(h)$, calculados por (12), que dependen de N_A y que se denotan por $T_{MÁX}^{NE}$ y $T_{MÍN}^{NE}$, en general no coinciden con $T_{MÁX}$ y $T_{MÍN}$. Para imponer la reproducción de los valores extremos se propone una aplicación similar a (12):

$$\theta_{NA}^{*0}(h) \rightarrow T_{NA}^E(h) = T_{MÍN} + [T_{MÁX} - T_{MÍN}] [T_{NA}^{NE}(h) - T_{MÍN}^{NE}] [T_{MÁX}^{NE} - T_{MÍN}^{NE}]^{-1} \quad (13)$$

siendo $T_{MÁX}^{NE}$ y $T_{MÍN}^{NE}$ los valores máximo y mínimo de $T_{NA}^{NE}(h)$, que se producen en los instantes $h_{MÁX}$ y $h_{MÍN}$, respectivamente. Ahora se ha utilizado la nomenclatura $T_{NA}^E(h)$ para indicar que se está imponiendo la condición de reproducción de los valores extremos.

Según los autores, es de suponer que $T_{NA}^E(h)$ sea una buena estimación de $T(h)$ en las proximidades de un valor extremo, mientras que $T_{NA}^{NE}(h)$ lo sea lejos de dicho valor extremo. Si definimos la diferencia horaria respecto del valor extremo de la temperatura más próximo como $L(h) = \min \{ |h - h_{\max}|, |h - h_{\min}| \}$ podríamos estimar definitivamente $T_{NA}(h)$ como:

$$T_{NA}(h) = [N_A L(h)/6] T_{NA}^{NE}(h) + [1 - N_A L(h)/6] T_{NA}^E(h), \quad \text{si } L(h) \leq 6/N_A \quad (14)$$

$$T_{NA}(h) = T_{NA}^{NE}(h), \quad \text{si } L(h) > 6/N_A \quad (14)$$

De esta forma, el método de estimación de $T_{NA}(h)$ mediante el Análisis Armónico de Temperaturas (AAT) queda determinado, a falta de establecer el número óptimo de armónicos.

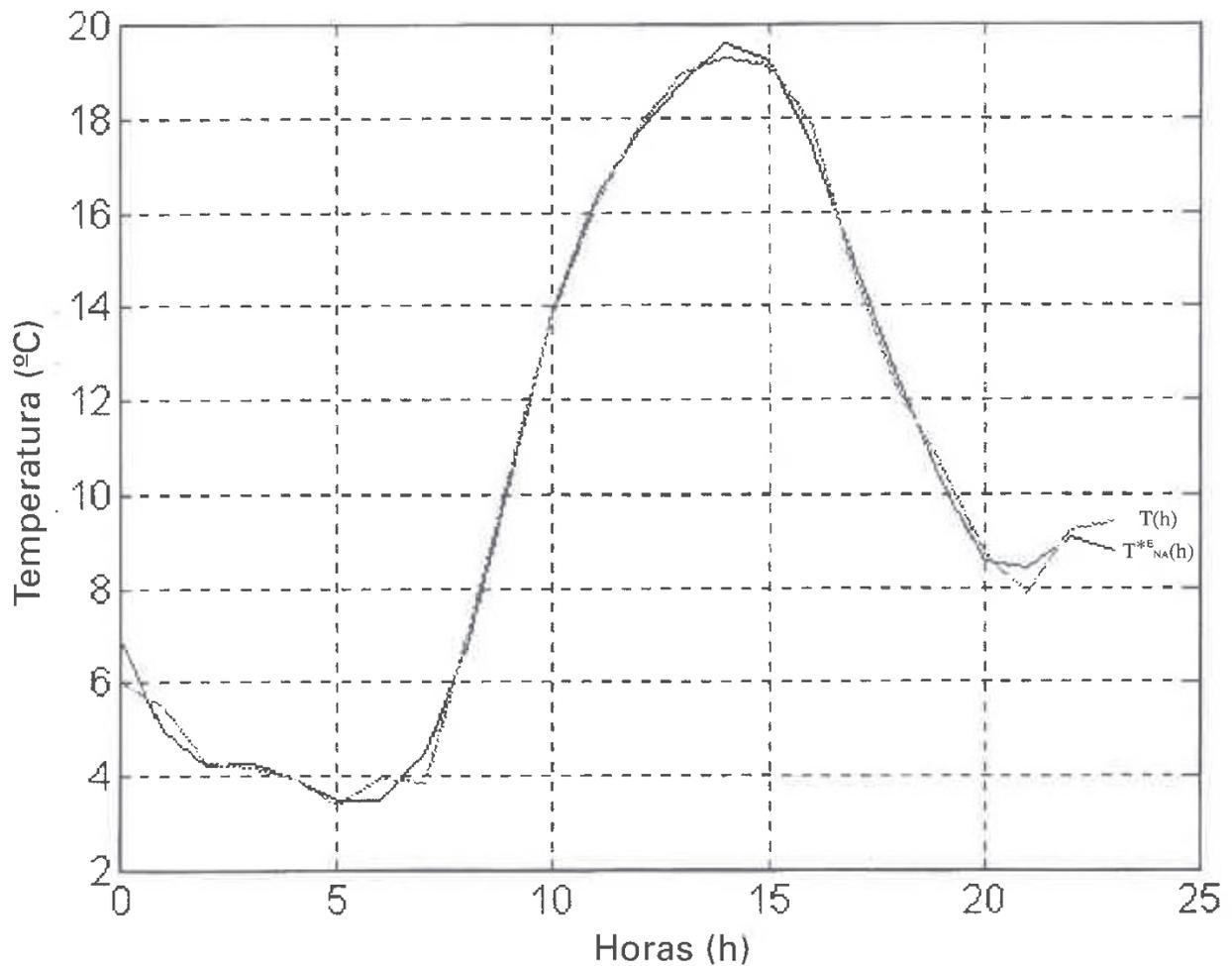
Tomando el número de armónicos, $N_A = 6$, que es el número óptimo determinado por los autores citados, quedará: $T_{NA}(h) = T_{NA}^{NE}(h)$.

d) Truncamiento de la serie armónica:

Para una misma estación la bondad del ajuste es máxima para N_A máximo, sin embargo al trasladar los coeficientes $\{a_i, b_i\}$ a otra estación problema estamos provocando errores o diferencias aleatorias entre el valor estimado y el valor real (Garrido y Martínez, 1989). Por ello indican que truncando la serie en el punto correcto, se puede descartar la mayor parte del error. Para determinar el N_A óptimo recurrieron al método AAT aplicándolo al conjunto de estaciones meteorológicas automáticas del INM instaladas en la Cuenca del Segura; compararon los valores reales de temperatura $T(h)$ de cada estación considerada como problema con los valores sintéticos $T_{NA}(h)$ obtenidos mediante (14), utilizando cada una de las restantes estaciones como testigo, para un número variable de armónicos. Así, para cada instante h y cada pareja de estaciones testigo y problema es posible definir el error de estimación como $\epsilon = T_{NA} - T$.

Gráfica 5

Comparación de las curvas de temperaturas diarias, real y estimada



Para $N_A = 6$ obtuvieron que el error medio obtenido, $\bar{\epsilon} = 0'03$ °C, es suficientemente pequeño frente al error instrumental, $\delta T = 0'1$ °C.

En la gráfica n.º 5 se representa la función $T_{NA}(h)$ para la misma estación, considerada a la vez como estación simple y como estación automática.

Como puede observarse en la gráfica 5 las funciones $T(h)$ y $T^{*E}_{NA}(h)$, son muy similares.

e) Índice de continentalidad:

El índice de continentalidad puede obtenerse como $K = (1'7 A/\text{sen } L) - 20'4$. En esta expresión se necesita conocer la amplitud anual media de la

temperatura A (diferencia de las temperaturas medias de los meses extremos) y la latitud L. Garrido y Martínez (1989) para la Región de Murcia introducen un nuevo índice de continentalidad C que no depende de los valores climatológicos, haciéndolo depender de la altitud sobre el nivel del mar h_M y de la distancia al mar d_M . Para ello estudiaron la correlación existente entre estas variables y el índice K, obteniendo la ecuación que define el plano de regresión mínimo-cuadrático:

$K = 20'06 + 0'0893 (d_M + 107'2 h_M)$, cuando d_M y h_M vienen expresadas en Km. En esta expresión se define el nuevo índice de continentalidad C como:

$$C = d_M + 107'2 h_M.$$

Ahora se puede exponer K en función de C:

$$K = 20'06 + 0'0893 C.$$

Siendo C un índice adecuado para dar cuenta de la continentalidad en la región estudiada.

El índice de continentalidad nos permite saber qué estación automática se parece más a una estación simple, de la cual se desea conocer la curva diaria de temperatura a partir de sus valores extremos. Así podemos elegir la estación automática más adecuada para obtener la curva diaria de temperatura de la estación simple a partir del factor de forma de la primera.

8.3.1- Aplicaciones

Una vez que hemos obtenido la curva diaria de temperatura mediante el método de AAT, tendremos la posibilidad de realizar dos aplicaciones:

a) Cálculo de las necesidades de frío:

a.1) Como el número de **horas-frío** (horas que el cultivo perma-

nece por debajo de un determinado umbral, por ejemplo 7 °C, 10 °C, 12 °C, etc.).

a.2) O como el número de **unidades de frío**, aplicando cualquier modelo que se desee (Utah, Carolina del Norte, etc.).

Una vez determinada la temperatura media horaria, tanto las horas-frío como las unidades de frío pueden obtenerse con facilidad mediante el uso de un programa informático, aplicando los métodos o modelos correspondientes, tal como veremos en el ejemplo que expondremos a continuación.

b) Cálculo del calor acumulado:

b.1) Como **unidades de calor**.

b.2) Como la **acción diaria de la temperatura**.

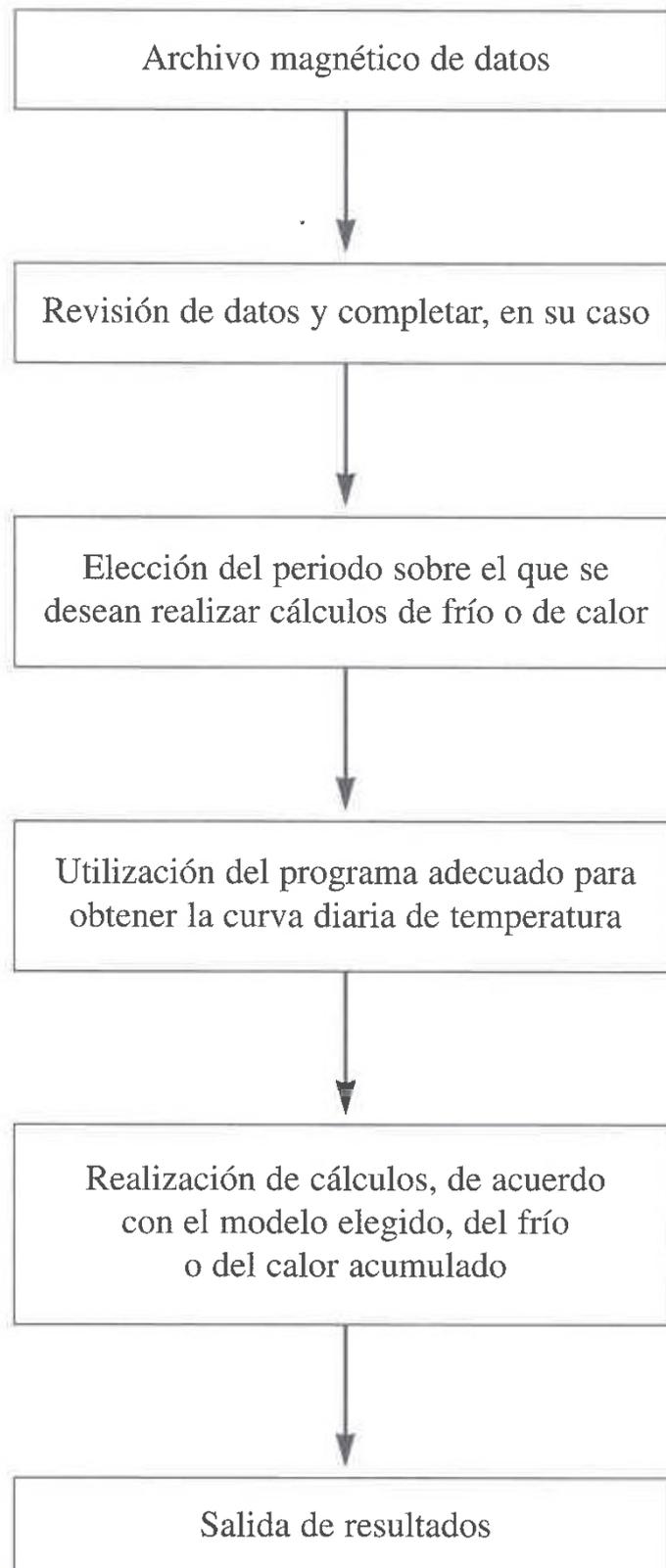
b.3) Por **correlación entre la temperatura y la floración**.

b.4) O como **horas grado de crecimiento**.

Al igual que podemos determinar el frío invernal acumulado, podemos determinar el calor acumulado por cualquiera de los métodos expuestos.

8.4.- Esquema para el cálculo automático de la acumulación de frío o de calor

ESQUEMA PARA EL CÁLCULO AUTOMATIZADO DE HORAS-FRÍO, UNIDADES-FRÍO, GDH, ETC.



8.5.- Ejemplo de cálculo

Para desarrollar este ejemplo de cálculo, utilizaremos los datos termométricos procedentes de una estación automática (E.M.A. de Guadalupe-Murcia) y de una estación simple (E.M.S. de Llano de Brujas-Murcia). Con objeto de no hacer un ejemplo demasiado largo, realizaremos el cálculo del frío y del calor acumulados durante un solo mes; concretamente el mes de enero de 1990.

8.5.1.- E.M. automática de Guadalupe-Murcia

Se trata de una estación meteorológica automática (EMA) cuyos datos termométricos fueron facilitados por el Centro Meteorológico Zonal de Murcia (CMZM) en soporte magnético. Estos datos pueden verse tabulados en el anejo 2, exponiéndose a continuación las temperaturas medias horarias resultantes para el citado mes de enero. (Tabla 15 y 16).

La temperatura media del mes es de 9'25 °C.

Los datos termométricos que vamos a utilizar están contenidos, como ya se dijo anteriormente, en soporte magnético, habiéndose realizado la lectura de los mismos y las operaciones necesarias mediante una hoja de cálculo.

Tabla 15

TEMPERATURAS MEDIAS HORARIAS (°C)

HORAS DÍAS	TEMPERATURAS MEDIAS HORARIAS:																							
	H00	H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	ENERO													
											H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23
1	6,33	5,85	6,87	5,82	5,67	5,98	5,38	5,86	7,23	9,06	10,68	12,75	14,70	15,75	16,45	16,13	14,05	11,72	11,18	11,75	11,32	11,88	11,62	11,17
2	9,05	9,33	8,50	6,90	5,78	6,58	6,78	7,90	14,93	15,47	16,30	16,70	16,50	13,85	9,28	16,50	13,85	9,28	7,23	7,10	7,23	7,32	7,13	6,88
3	5,38	5,87	5,62	7,00	7,55	7,88	8,18	8,13	8,48	8,88	9,60	10,52	11,23	11,48	11,70	11,57	11,23	10,93	10,35	10,57	10,85	10,15	9,65	9,43
4	9,28	8,27	9,82	10,20	10,18	9,52	9,60	10,28	10,85	11,30	11,60	11,82	11,97	12,03	11,70	10,63	10,42	10,15	10,10	10,17	10,13	10,17	10,12	9,98
5	9,40	9,27	9,37	8,92	9,20	9,08	7,92	7,95	10,00	11,48	12,20	12,73	13,60	14,02	14,00	13,80	12,32	8,68	7,13	6,28	5,63	5,38	4,57	5,32
6	4,18	4,15	3,60	5,13	5,03	4,93	4,70	4,22	5,65	7,52	9,55	10,92	12,92	13,82	14,75	14,57	13,45	10,07	6,95	6,07	6,52	8,28	4,97	3,73
7	5,17	4,92	4,53	3,05	2,25	3,05	2,15	3,28	5,30	7,53	11,08	13,30	14,92	14,78	14,63	14,20	13,63	10,98	10,20	10,82	10,88	10,28	9,78	9,67
8	9,18	7,93	7,32	6,55	5,65	6,45	5,28	5,90	6,82	7,70	8,73	9,13	9,43	9,73	9,98	10,35	9,90	9,40	8,97	7,90	6,55	6,52	6,95	5,83
9	5,50	5,42	4,65	4,78	4,98	5,50	4,92	3,52	5,03	6,55	11,13	13,23	13,32	13,85	13,53	13,00	11,77	10,05	9,40	6,78	5,60	5,80	3,85	3,90
10	4,62	4,98	5,22	5,57	5,72	5,37	4,87	5,33	6,13	6,87	7,65	8,45	9,05	8,75	9,02	8,97	8,83	8,28	7,53	7,35	7,37	7,35	7,23	7,05
11	6,75	6,65	6,52	6,48	6,45	6,73	6,88	6,90	6,95	7,60	9,07	10,27	11,23	12,02	12,25	12,07	11,45	9,75	9,38	9,25	9,13	8,88	8,53	7,58
12	6,57	6,38	6,73	6,77	7,35	7,72	6,92	6,73	7,43	8,93	11,28	13,33	13,68	13,98	12,60	11,95	11,62	11,37	11,30	11,00	10,80	10,75	10,30	9,87
13	9,60	9,45	8,12	7,95	6,93	6,72	7,50	7,67	7,90	9,27	10,23	10,68	11,68	11,32	11,00	11,02	10,77	10,48	10,13	9,80	9,83	9,82	9,43	9,23
14	9,05	8,85	8,55	8,42	8,40	8,30	8,22	8,50	8,50	9,05	10,90	12,35	13,07	14,18	15,08	14,12	13,02	8,82	6,90	5,92	5,42	4,58	4,65	4,53
15	3,92	3,08	2,22	1,90	1,63	2,90	4,15	3,62	5,27	8,17	10,45	11,28	12,75	13,67	14,17	13,67	12,52	9,62	6,70	6,28	5,25	5,87	4,82	4,25
16	3,95	3,90	4,67	3,67	3,25	2,72	1,95	1,78	4,43	7,62	9,45	11,05	12,43	13,13	13,42	12,95	12,03	9,03	6,95	5,82	5,87	6,90	6,50	6,43
17	6,53	6,32	6,00	6,42	6,60	6,05	5,98	5,95	6,92	8,38	10,50	11,23	12,35	13,28	13,82	12,93	12,28	10,30	9,18	7,00	6,42	5,83	5,03	6,65
18	6,55	5,30	4,83	3,02	2,13	2,38	2,40	2,35	5,37	8,37	10,13	11,40	12,35	13,03	13,35	13,07	12,33	9,37	7,03	7,45	6,93	6,42	7,78	7,17
19	6,67	6,55	6,23	6,45	6,62	6,88	6,65	7,00	6,75	7,78	9,27	10,80	12,67	13,10	13,00	12,83	11,43	9,40	5,68	5,68	5,87	6,18	5,22	4,93
20	4,28	4,67	3,70	3,00	1,72	0,78	0,48	1,70	3,42	6,13	8,63	10,62	10,77	11,83	12,70	12,48	11,83	7,92	5,92	5,20	5,95	4,75	5,28	5,32
21	3,87	3,78	2,57	1,88	1,37	0,32	0,48	1,85	3,38	7,37	10,25	12,07	13,38	14,57	15,92	16,13	15,12	8,27	4,30	3,23	2,88	1,77	1,17	3,20
22	2,57	0,53	-0,08	-0,53	-0,48	-0,27	-0,77	-0,75	3,15	7,47	9,90	11,62	13,23	14,60	15,38	15,33	14,43	8,55	6,23	5,77	3,70	1,82	1,13	0,63
23	0,52	0,68	0,78	0,75	-0,85	-0,43	0,87	-0,80	0,92	6,20	8,88	12,15	13,88	14,58	15,63	15,28	14,25	7,72	4,72	3,88	5,45	3,60	2,42	1,03
24	2,18	2,80	3,35	4,48	5,25	4,87	5,90	5,87	8,82	12,98	14,75	15,87	16,57	17,33	17,25	16,80	15,35	14,32	13,35	13,52	13,97	13,23	9,70	8,10
25	7,20	8,82	6,23	6,95	6,60	9,43	10,77	9,63	10,35	13,30	15,50	16,72	17,82	18,78	19,43	18,55	18,38	15,42	12,40	9,95	8,55	7,85	7,48	7,23
26	7,50	5,92	7,47	6,58	7,55	7,45	5,87	5,47	9,27	12,83	15,30	17,07	18,47	18,87	19,55	18,90	18,32	15,37	13,18	10,80	8,97	8,70	8,05	6,82
27	5,50	7,02	6,32	5,83	3,90	3,98	3,48	4,73	7,32	10,37	12,88	14,50	15,77	16,92	17,05	15,30	14,72	13,52	11,10	10,30	10,35	10,70	10,23	7,57
28	7,08	6,23	6,92	6,38	7,42	8,10	7,98	7,63	8,45	9,73	12,07	13,53	14,25	14,62	15,03	15,22	14,47	12,03	11,85	11,37	10,02	9,23	9,88	10,23
29	9,88	9,15	8,88	7,42	7,88	4,58	3,12	2,85	7,15	10,62	12,00	13,00	14,02	14,88	15,48	15,60	14,35	10,20	6,55	6,62	6,13	3,40	2,98	4,62
30	4,18	5,58	5,02	5,72	3,40	2,57	2,52	2,53	6,93	11,00	13,50	15,42	16,13	16,95	17,77	17,37	16,93	13,65	8,77	8,55	6,37	5,45	4,02	4,52
31	5,22	6,25	4,38	4,18	3,97	2,92	3,22	3,77	4,93	7,25	8,78	11,65	13,50	14,78	15,52	15,13	14,38	12,55	9,02	10,35	10,73	10,55	10,18	7,57

Fuente: CMZM (INM). 1990.

Tabla 16

**TEMPERATURAS MÁXIMA, MÍNIMA Y MEDIA DIARIAS
(°C): ENERO-1990**

Temperaturas	T [°] Máxima	T [°] Mínima	T [°] Media
Días			
1	16,45	5,38	10,22
2	16,70	5,78	10,27
3	11,70	5,62	9,25
4	12,03	9,27	10,47
5	14,02	4,57	9,51
6	14,75	3,60	7,74
7	14,92	2,15	8,77
8	10,35	5,28	7,84
9	13,85	3,52	7,83
10	9,05	4,87	6,98
11	12,25	6,45	8,70
12	13,98	6,38	9,81
13	11,68	6,72	9,44
14	15,08	4,53	9,13
15	14,17	1,63	7,01
16	13,42	1,78	7,08
17	13,82	5,03	8,42
18	13,35	2,13	7,52
19	13,10	4,93	8,07
20	12,70	0,48	6,21
21	16,13	0,32	6,21
22	15,38	-0,77	5,55
23	15,63	-0,85	5,50
24	17,33	2,80	10,69
25	19,55	6,23	11,89
26	19,55	5,47	11,43
27	17,05	3,48	9,97
28	15,22	6,23	10,41
29	15,60	2,85	8,81
30	17,77	2,52	8,95
31	15,52	2,92	8,78

8.5.1.1.- Cálculo de las necesidades de frío

Con los datos expuestos realizaremos el cálculo de horas-frío y unidades de frío, según diferentes métodos, comparando los resultados:

8.5.1.1.1.- Cálculo de las horas-frío según distintos métodos

a) *Correlación de Weimberger:*

El valor de las horas-frío según este método se obtiene de la tabla siguiente:

CORRELACIÓN DE WEIMBERGER

t	13'2	12'3	11'4	10'6	9'8	9'0	8'3	7'6	6'9	6'3
horas < 7 °C	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350

t = Media de las temperaturas de los meses de diciembre y enero.

Fuente: Weimberger (1956).

La temperatura media con la que debemos entrar a la tabla debe ser la temperatura media de los meses de diciembre y enero.

Este método no es aplicable al ejemplo ya que las horas-frío de todo el invierno se obtienen a través de las temperaturas medias de diciembre y enero. No obstante, haciendo abstracción de lo anterior y suponiendo que estuviésemos calculándolas para un periodo completo, deberíamos interpolar entre los valores de 9'8 y 9'0 °C para obtener el valor de las horas-frío acumuladas en el periodo considerado, ya que la temperatura media de éste es de 9'25 °C. De dicha interpolación se obtiene un valor de **918'75 horas-frío**.

b) *Método de Mota:*

De acuerdo con este método, el número de horas-frío se obtiene mediante la expresión:

$$Y = 485'1 - 28'52 X, \quad \text{donde:}$$

Y = Número mensual de horas bajo 7 °C.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

Aplicando el valor de 9'25 °C a esta expresión se obtiene:

$$Y = 221'29 \text{ horas-frío.}$$

c) Bandas termográficas:

No se dispone de bandas termográficas, por lo que no se puede realizar el conteo de horas-frío por este método.

d) Método de Crossa-Raynaud:

Según este método, las horas-frío se calculan mediante la expresión:

$$hf = 24 \frac{7 - m}{M - m} K$$

hf = horas-frío (horas por debajo de 7 °C).

M = Temperatura máxima de un periodo de un día (°C).

m = Temperatura mínima de un periodo de un día (°C).

Realizando el cálculo para todos los días del periodo considerado y sumando los resultados de cada día, se obtiene: **hf = 204 horas-frío.**

d1) Método de Sánchez-Capuchino:

Según este método las horas-frío se obtienen aplicando un factor corrector, K, a la fórmula de Crossa-Raynaud. Para K podemos adoptar, en una primera aproximación, el valor 1'5, ya que no tiene el mismo valor para todas las zonas. Por tanto:

$$hf = 24 \frac{7 - m}{M - m} K$$

El resultado de $hf = 204 \times 1'5 = 306$ horas-frío.

e) Método de Bidabé:

Usando la fórmula:

$$aF = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10}), \text{ donde}$$

aF = Acción del frío a las temperaturas M y m (°C).

M = Temperatura máxima de un periodo de un día (°C).

m = Temperatura mínima de un periodo de un día (°C).

Como el valor de Q_{10} es variable según la variedad y zona, debiéndose obtener en cada caso, tomaremos un valor intermedio entre los encontrados por el autor de la fórmula para el caso de distintas variedades de manzano en Francia, entre 2'5 y 3'5; tomaremos el valor 3. Realizando los cálculos correspondientes, se obtiene:

$$Q_{10} = 13'65 \text{ aF.}$$

f) Método Sharpe:

Está basado en la correlación que se expone en la tabla siguiente.

Para una temperatura media de 9'25 °C, interpolando entre 8'9 y 10'0 °C, se obtiene un valor de **339'64 horas-frío**.

g) Método computerizado:

Con los datos de temperatura registrados por la estación meteorológica automática y un programa informático se puede realizar el conteo de las horas-frío con mucha exactitud y seguridad, eliminando el trabajo tedioso que representaría realizarlo sobre bandas termográficas. Asimismo, dado

MÉTODO SHARPE

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN °C	HORAS-FRÍO ACUMULADAS EN EL MES
7'8	395
8'9	353
10'0	311
11'1	270
12'2	230
13'3	190
14'4	152
15'6	115
16'7	79
17'8	47
18'9	23
20	0

Fuente: Calderón, 1980.

que los datos están en soporte magnético se pueden introducir los modelos de cálculo antes expuestos para calcular las horas-frío o la acción del frío de modo automático, con lo que podremos ver la validez de cada uno de ellos respecto a este último método que es considerado como **exacto**. El número de horas-frío calculadas por este procedimiento es de **288**.

8.5.1.1.1.- Resumen de los resultados obtenidos por los distintos métodos de medida de las horas frío

Tabla 17

RESULTADOS DE CÁLCULO DE HORAS-FRÍO (E. M. AUTOMÁTICA)

Weimberger	Mota	Crossa-Raynaud	Sánchez-Capuchino	Bidabé	Sharpe	Computerizado
950 hf	228'5 hf	204 hf	306 hf	27'31 aF	353 hf	288 hf

8.5.1.1.1.2.- Conclusiones sobre los métodos utilizados para el cálculo de las horas-frío (E.M. automática)

- 1.^a En general, los métodos utilizados no dan resultados próximos entre sí, siendo en ocasiones las diferencias tan notables que nos hacen dudar de su validez, como ocurre en el ejemplo expuesto con el método de Weimberger, al menos para nuestra zona.
- 2.^a Aunque el método Bidabé está considerado como bastante exacto, presenta dificultades de utilización por la problemática que entraña determinar el factor Q_{10} para las distintas variedades y zonas, no siendo sus unidades tampoco comparables con las horas-frío; existe menos información del comportamiento de las variedades respecto a la acción del frío que respecto a su comportamiento frente a las horas-frío.
- 3.^a El método computerizado, junto al de las bandas termográficas, pueden considerarse métodos exactos, con la gran diferencia de uso y rapidez del primero frente al segundo.
- 4.^a El método de Crossa-Raynaud, considerado como válido en la zona de Tunicia, donde fue desarrollado por este autor, no resulta adecuado para nuestra zona, como puede verse en la tabla resumen anterior por comparación con el método computerizado.
- 5.^a El método de Sánchez-Capuchino, utilizando el factor $K = 1'5$, como modificación del anterior, resulta bastante preciso, en general, para el Levante español. Sin embargo, según hemos podido comprobar en un trabajo previo realizado en la región de Murcia (Navarro, 1995) este factor puede tomar valores comprendidos entre 0'98 y 1'9. Por tanto, la fórmula de Sánchez-Capuchino puede utilizarse con mucha exactitud si previamente se determinan los valores de K para áreas más o menos pequeñas, ya que de lo contrario podría producir, excepcionalmente, errores de importancia (a 50% en determinadas zonas de la Región de Murcia).

8.5.1.1.2.- Cálculo de las unidades de frío

Realizaremos el cálculo de acuerdo con los modelos Utah, Bajas Necesidades, Carolina del Norte y mediante la tabla de equivalencias Temperaturas / Unidades de frío deducida de las curvas dadas por Erez y Couvillon (más adaptado a zonas más cálidas), aunque aplicando dos herramientas distintas: una hoja de cálculo y un programa informático; evidentemente los dos procedimientos nos conducen al mismo resultado.

a) *Modelo Utah:*

Una vez leídos los datos proporcionados por el Centro Meteorológico, aplicamos la siguiente tabla que define el modelo:

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
< 1'4	0
1'5-2'4	0'5
2'5-9'1	1
9'2-12'4	0'5
12'5-15'9	0
16'0-18'0	-0'5
> 18	-1

Fuente: Richardson *et al.* (1974).

La ventaja del modelo computerizado, utilizando un programa informático, reside en que los datos proporcionados por el Centro Meteorológico o empresa suministradora, pueden ser utilizados directamente, si están en un formato adecuado, con lo que podemos indicar al programa que realice el cálculo de las unidades de frío, según el modelo y periodo deseados.

Utilizando una hoja de cálculo y leídas las temperaturas medias horarias para cada uno de los intervalos indicados en el modelo, tendremos:

Temperatura media horaria (T_{mh})	Cálculo de Unidades de frío
$T_{mh} < 1'4$	$Uf = 0$
$1'4 > T_{mh} < 18$	$Uf = 0'0016 * T_{mh}^3 - 0'0607 * T_{mh}^2 + 0'5667 * T_{mh} - 0'5455$
$T_{mh} > 18$	$Uf = - 1$

se obtiene un resultado de **418'67 unidades de frío**.

La función: $Uf = 0,0016 * T_{mh}^3 - 0,0607 * T_{mh}^2 + 0,5667 * T_{mh} - 0,5455$, se ha obtenido por correlación entre los valores de temperatura/ Uf expuestos en la tabla anterior para el intervalo ($1'4 > T_{mh} < 18$), con un coeficiente de correlación, $r = 0'985$ y un coeficiente de determinación, $r^2 = 0'9711$.

Utilizando igualmente una hoja de cálculo y aplicando la fórmula dada por Garrido y Martínez (1989) para Uf , tendremos:

$Uf = 0'951 (T_{mh} + 9'054)^{(-0'0664T_{mh})} - 8'611$, para $T_{mh} \geq 0$, y $Uf = 0$, para $T_{mh} < 0$.

siendo $r = 0'997$, con un nivel de riesgo de la correlación de $\alpha \approx 10^{-6}$.

El resultado obtenido en este caso es de **461'65 unidades de frío**.

Como vemos se obtienen resultados diferentes como consecuencia de los errores de estimación de los métodos de cálculo expuestos.

Por tanto, sumando las unidades de frío (Uf) de cada hora del día tendremos las Uf diarias y finalmente, sumando todas la Uf de todos los días del periodo considerado, tendremos las Uf buscadas.

Observación: En este ejemplo no se ha considerado que el inicio de la acumulación de Uf debe contabilizarse a partir del día en que se produzca la máxima contribución negativa, después de iniciarse el periodo de reposo.

b) Modelo de Bajas Necesidades:

Este modelo, desarrollado por la Universidad de Florida, se obtuvo para su aplicación en zonas más calidas que el modelo Utah.

Aplicando a los datos indicados la tabla que se expone a continuación:

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
-1'0	0
1'8	0'5
8'0	1'0
14'0	0'5
17'0	0
19'5	-0'5
21'5	-1

Fuente: Gilreath y Buchanan, 1981.

por intervalos, el resultado obtenido es de **579'92 unidades de frío.**

c) Modelo Carolina del Norte:

Este modelo fue obtenido por la Universidad de Carolina del Norte. Aplicando a los datos indicados la tabla que se expone a continuación:

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
-1'1	0'0
1'6	0'5
7'2	1'0
13'0	0'5
16'5	0'0
19'0	-0'5
20'7	-1'0
22'1	-1'5
23'3	-2'0

Fuente: Shaltout y Unrath, 1983.

por intervalos, el resultado obtenido es de **538'80 unidades de frío.**

d) «Modelo» Erez-Couvillon:

Como en el caso anterior, para simplificar la aplicación del «modelo», se realizó el cálculo por intervalos, obteniéndose el resultado de **540'74 unidades de frío**. Para ello se utilizó la siguiente tabla:

EQUIVALENCIAS TEMPERATURA/UNIDADES-FRÍO

TEMPERATURA (°C)	UNIDADES DE FRÍO
≥ 0'0	0'20
2'0	0'30
4'0	0'65
6'0	0'90
8'0	1'00
10'0	0'80
12'0	0'40
14'0	0'00
16'0	0'00
≥ 20'0	-0'70

Fuente: Erez y Couvillon, 1987.

8.5.1.1.2.1.- Resumen de los resultados obtenidos por distintos modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío

Tabla 18

**RESULTADOS DEL CÁLCULO DE UNIDADES/FRÍO
(E. M. AUTOMÁTICA)**

Modelo Utah	Modelo de Bajas Necesidades	Modelo Carolina del Norte	«Modelo» Erez-Couvillon
418'67-461'65 Uf	579'92 Uf	538'80 Uf	540'74 Uf

8.5.1.1.2.2.- Conclusiones sobre los modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío (E. M. automática)

- 1°. Los resultados obtenidos, según los distintos modelos utilizados, son bastante próximos a excepción de los obtenidos por el modelo Utah. Este modelo se obtuvo para zonas frías, mientras los otros están especialmente indicados para zonas cálidas.
- 2°. La utilidad de los resultados obtenidos está condicionada por la escasez de datos sobre las necesidades de frío de las distintas variedades, medidas en unidades de frío; sin embargo, la utilización de las unidades de frío parece un sistema de medida más razonable que el de las horas de frío.

8.5.1.2.- Cálculo de las necesidades de calor

Con los datos del ejemplo vamos a realizar el cálculo de **Unidades de calor (U_c)**, **Acción de la temperatura (aT)**, **Correlación entre la temperatura y la floración** y **Horas-grado de crecimiento (GDH)**.

8.5.1.2.1.- Cálculo de las necesidades de calor por distintos modelos

a) Unidades de calor:

Para realizar el cálculo de las unidades de calor se ha utilizado la expresión:

$$U_c = \sum (T_m - t), \quad \text{donde:}$$

U_c = Unidades de calor (°C), acumuladas en el periodo considerado.

\sum = Sumatorio extendido al número de días considerado.

T_m = Temperatura media diaria (°C).

t = Temperatura umbral considerada (°C). Esta temperatura suele tomarse entre 4'5 y 6 °C.

Para un cultivo frutal que finalice la acumulación de frío el día 10 de enero, como podría ser el caso de alguna variedad de almendro y, suponiendo que la floración de éste se produzca el 1 de febrero, la acumulación de calor y considerando una temperatura umbral de 6 °C (entre el 11 y el 31 de enero, ambos inclusive), sería de **53'57 °C**.

b) Método Bidabé:

La acción diaria de la temperatura (ADT), se calcula de acuerdo con la expresión siguiente:

$$ADT = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10}), \text{ donde:}$$

M y m son las temperaturas máxima y mínima diarias, respectivamente.

Suponiendo un valor de $Q_{10} = 3$, el resultado obtenido de aplicar la expresión anterior en el periodo comprendido entre el 11 de enero y el 31 de enero es de **9'52 unidades de acción de la temperatura (aT)**.

c) Correlación entre la temperatura y la floración:

Dado que no conocemos funciones de correlación para la zona de la que se han obtenido las temperaturas del ejemplo, utilizaremos, para completar nuestro ejemplo, la ecuación dada por Tabuenca y Herrero (1966) para el ciruelo japonés en el Valle del Ebro:

$$y = 57'4 - 3'1 t, \quad \text{donde:}$$

y = Acumulación de calor (°C).

t = Temperatura máxima media del periodo considerado.

Dado que nuestro ejemplo sólo considera las temperaturas del mes de enero, realizaremos el cálculo de las necesidades de calor para el periodo comprendido entre el 11 y el 31 de enero, aunque en realidad, según los autores citados, el periodo en que dicho frutal acumularía el calor necesario para la floración estaría comprendido entre el 16 de enero y el 15 de marzo, para el Valle del Ebro.

La temperatura media de las máximas para el periodo considerado es de 15'16 °C, y por tanto:

$$y = 57'4 - 3'1 t = 10'4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Evidentemente este cálculo se ha realizado únicamente como ejercicio.

d) Horas grado de crecimiento (GDH):

Para realizar este cálculo utilizaremos la expresión que se indica a continuación:

$$\text{GDH} = \sum_{1}^{24} (T_{mh} - 4'4) \quad \text{donde:}$$

\sum_{1}^{24} = Sumatorio desde la primera hora del día, h =1, hasta la número 24, h = 24, de las diferencias entre las temperaturas medias horarias y la temperatura base de 4'5 °C, durante cada día del periodo considerado.

El resultado obtenido de aplicar la expresión anterior en el periodo comprendido entre el 11 de enero y el 31 de enero es de **1.894'67 °C**.

8.5.1.2.2.- Resumen de los resultados de acumulación de calor (E.M. automática)

Tabla 19

**RESULTADOS DEL CÁLCULO DE CALOR
(E. M. AUTOMÁTICA)**

U _e	Bidabé	y = 57'4-3'1 t	GDH
53'57 °C	9'52 aT	10'4 °C	1894'67 °C

8.5.2.- E. M. simple de Llano de Brujas-Murcia

Los datos termométricos, correspondientes a las temperaturas máximas y mínimas, están contenidos en soporte magnético. Estos son:

Tabla 20

TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE LA ESTACIÓN SIMPLE DE LLANO DE BRUJAS (ENERO-1990)

DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
T. ^a máx.	20	20	13	13	16	17'5	17	10	13	10	13	17'5	12	18	17	16'5	17	17	15'5	15	19'5	18'5	17	20	23	23	20'5	19'5	19'5	21	18'5
T. ^a mín.	5'5	8	5'5	9	4	25	3	3'5	3	3	6	7'5	7'5	4	3	3	3'5	2'5	4'5	2'5	1'5	0	0'5	1'5	9	6	4	6	4'5	1'5	3'5

Con los datos de la estación automática más cercana (Guadalupe-Murcia, véase la Tabla 15) y mediante la utilización del método AAT podemos estimar la curva de la temperatura diaria así como su coeficiente de forma. Por tanto, con las temperaturas máximas y mínimas y con los coeficientes de forma correspondientes podremos estimar la curva diaria de temperatura, utilizando para ello el programa MATLAB™, que nos facilitará esta labor. (Tabla 21).

En el anejo número 4 se exponen las curvas de temperatura diaria, agrupadas por semanas.

8.5.2.1.- Cálculo de las necesidades de frío

Con los datos expuestos realizaremos el cálculo de horas-frío y unidades de frío, según diferentes métodos, comparando los resultados obtenidos.

8.5.2.1.1.- Cálculo de las horas-frío según distintos métodos

Los métodos de cálculo ya han sido expuestos para el caso de la esta-

Tabla 21

TEMPERATURAS MEDIAS HORARIAS (°C) OBTENIDAS A PARTIR DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS DE UNA ESTACIÓN SIMPLE

TEMPERATURAS MEDIAS HORARIAS (ESTACIÓN SIMPLE DE LLANO DE BRUJAS-MURCIA): ENERO DE 1990

HORAS	H00	H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23
DIAS																								
1	8,05	6,05	6,39	6,87	6,18	5,50	5,74	6,53	7,70	9,91	12,87	15,34	17,20	19,15	20,00	19,38	16,50	14,15	13,36	13,26	13,46	14,14	14,11	11,72
2	11,34	12,03	10,87	9,18	8,00	8,45	9,19	10,68	12,92	15,25	16,96	17,93	18,63	19,49	20,00	19,63	16,62	12,31	9,41	9,18	9,95	9,72	9,05	9,67
3	6,72	5,50	5,97	7,38	8,18	8,41	8,68	8,98	9,13	9,56	10,57	11,68	12,35	12,74	13,00	12,92	12,40	11,90	11,71	11,58	11,44	11,42	10,95	9,21
4	9,11	9,00	9,76	10,44	10,18	9,49	9,48	10,36	11,38	11,97	12,29	12,67	13,00	12,96	12,32	11,29	10,48	10,24	10,31	10,28	10,19	10,30	10,36	9,88
5	9,22	10,61	9,83	9,51	10,05	9,57	8,25	8,48	10,71	12,83	13,74	14,40	15,35	16,02	16,00	15,63	13,55	9,86	6,80	6,04	5,94	4,63	4,00	5,77
6	2,50	3,25	3,28	3,69	4,65	4,68	3,58	3,42	5,28	7,92	10,23	12,55	14,89	16,46	17,23	17,50	15,72	11,33	6,79	5,68	7,30	7,53	5,10	2,87
7	7,62	5,77	4,95	4,42	3,61	3,00	3,42	4,46	6,14	8,98	12,68	15,59	16,69	16,79	17,00	16,47	14,94	13,06	12,09	12,14	12,40	12,35	11,65	9,97
8	7,17	7,45	6,19	4,81	4,41	4,41	4,39	3,50	4,10	5,24	6,88	7,91	8,33	8,79	9,33	9,62	10,00	9,58	7,92	6,69	5,68	4,93	4,78	5,75
9	4,47	4,98	4,37	3,85	4,47	5,03	4,15	3,00	4,42	7,73	10,69	12,08	12,64	13,00	12,78	11,99	11,00	9,74	8,06	6,45	5,39	4,52	3,68	3,61
10	4,02	3,00	3,79	4,82	4,75	3,89	3,58	4,21	5,28	6,49	7,90	9,14	9,72	9,78	9,84	10,00	9,60	8,75	7,79	7,20	7,19	7,53	7,36	5,99
11	6,49	6,12	6,10	6,06	6,00	6,27	6,56	6,55	6,58	7,43	9,08	10,70	11,79	12,58	13,00	12,89	11,71	10,29	9,46	9,28	9,29	9,05	8,37	7,37
12	8,63	7,50	7,56	8,39	8,87	8,85	8,44	8,06	8,67	10,92	14,04	16,46	17,50	17,08	16,01	14,81	14,18	14,18	14,06	13,50	13,16	13,37	13,03	11,15
13	10,01	9,86	9,14	8,25	7,75	7,50	7,98	8,31	8,84	9,64	10,57	11,38	12,00	11,71	11,46	11,31	11,21	10,93	10,54	10,34	10,35	10,23	9,98	9,89
14	8,52	9,98	9,39	8,69	8,84	9,06	8,80	8,58	8,99	10,14	11,91	13,83	15,28	16,28	17,50	16,89	14,27	9,95	6,71	5,79	5,37	4,04	4,00	5,38
15	5,38	4,87	3,72	3,00	3,36	4,61	5,23	5,58	7,17	10,08	12,71	14,19	15,19	16,33	17,00	16,67	14,80	11,93	9,13	7,59	7,45	7,48	6,76	5,83
16	6,13	5,63	5,68	5,55	4,91	3,84	3,00	3,47	5,96	9,42	12,20	13,87	15,09	16,18	16,50	16,08	14,41	11,82	9,02	7,45	7,81	8,91	8,91	7,54
17	5,89	5,54	5,15	5,41	5,80	5,46	4,71	4,83	6,46	8,97	11,38	13,29	14,85	16,11	17,00	16,12	14,31	11,84	9,39	7,20	5,33	3,50	4,42	5,36
18	8,37	7,02	5,26	3,82	2,99	2,49	2,50	3,55	6,45	10,17	13,13	14,67	15,48	16,41	17,00	16,96	14,98	12,02	9,58	8,54	8,61	8,95	9,10	8,98
19	6,27	6,96	6,43	6,22	6,85	7,22	6,92	6,84	7,37	8,31	10,03	12,67	14,87	15,50	15,30	15,11	13,62	9,88	6,11	5,12	6,02	5,97	4,50	4,90
20	6,91	6,44	5,88	5,06	3,83	2,71	2,50	3,65	5,61	8,20	10,90	12,71	13,34	13,84	14,90	15,00	13,54	10,37	8,05	7,47	7,59	7,45	7,22	7,12
21	5,84	5,45	4,03	3,20	2,66	1,79	1,50	2,91	5,70	9,11	12,59	15,25	16,43	17,33	19,23	19,50	17,31	11,07	6,12	4,66	4,34	3,21	2,77	4,27
22	3,20	2,18	0,04	0,01	0,08	0,04	0,00	0,06	4,47	9,02	12,39	14,44	15,87	17,32	18,78	18,50	16,23	11,60	8,08	6,76	5,57	3,20	1,56	2,21
23	1,02	1,47	1,21	0,05	0,02	0,03	-0,05	0,03	1,95	5,81	10,40	13,56	14,86	15,73	17,05	17,00	14,44	9,28	5,28	4,55	5,43	4,99	2,87	1,14
24	2,93	1,50	2,85	4,38	5,18	5,23	5,24	6,51	9,82	14,09	17,15	18,35	18,93	19,81	20,00	19,26	17,56	16,14	15,42	15,35	15,59	14,88	11,80	6,94
25	10,58	11,01	9,87	9,00	10,00	12,38	13,33	12,86	13,49	16,09	18,82	20,24	21,02	22,08	23,00	23,04	21,57	18,77	15,48	13,08	12,01	11,22	10,14	9,76
26	7,78	7,53	7,36	7,92	8,65	8,02	6,00	6,59	10,08	14,85	18,20	19,95	21,35	22,53	23,00	22,36	21,05	18,54	15,09	12,15	10,64	9,61	8,86	8,09
27	7,08	7,62	7,90	6,54	4,88	4,00	4,29	5,49	8,52	12,48	15,46	17,28	19,03	20,50	20,20	18,76	17,45	16,02	13,74	11,93	12,26	13,22	11,89	8,77
28	7,75	6,02	6,00	6,83	7,37	7,69	7,98	7,95	8,17	9,85	12,55	14,33	14,72	15,17	16,00	16,09	14,55	13,00	12,27	11,43	10,16	9,68	10,11	9,70
29	11,89	12,79	10,97	10,27	9,97	7,24	4,50	4,94	9,53	13,52	15,29	16,46	17,72	18,53	19,30	19,50	17,80	13,02	9,23	8,67	8,25	5,56	4,09	7,30
30	4,24	5,09	5,18	4,68	3,46	1,60	1,50	2,42	6,94	12,03	15,81	17,94	19,02	19,81	20,77	21,00	19,44	15,26	10,78	8,09	6,78	5,29	3,71	3,35
31	7,18	6,41	5,79	5,07	4,39	3,83	3,50	4,47	6,14	8,29	10,83	13,68	16,19	17,67	18,30	18,50	17,12	14,40	11,82	11,47	12,85	13,29	11,50	8,89

ción automática, por lo que no los repetiremos en este apartado, resumiendo los resultados en el apartado siguiente.

8.5.2.1.1.1.- Resumen de los resultados obtenidos por los distintos métodos de medida de las horas-frío

Tabla 22

RESULTADOS DEL CÁLCULO DE HORAS-FRÍO (E. M. SIMPLE)

Weimberger	Mota	Crossa-Raynaud	Sánchez-Capuchino	Bandas termográficas	Bidabé	Sharpe	Computerizado
850 hf	205'5 hf	172 hf	258 hf	254 hf	12'74 aF	311 hf	240 hf

8.5.2.1.1.2.- Conclusiones sobre los métodos utilizados para el cálculo de las horas-frío

Las conclusiones que pueden obtenerse de los resultados obtenidos son similares a las expuestas anteriormente para el caso de los resultados obtenidos con los datos procedentes de la estación meteorológica automática (apartado 8.5.1.1.1.2.).

8.5.2.1.2.- Cálculo de las unidades de frío

Los cálculos para los modelos ya han sido expuestos para el caso de la estación automática, por lo que no los repetiremos en este apartado, resumiendo los resultados en el apartado siguiente.

a) *Modelo Utah:*

El resultado del cálculo es: **337'76 Uf**, obtenidas mediante la aplicación de la función dada por Garrido y Martínez (1989), mientras que apli-

cando los intervalos y expresión polinómica expuesta en 8.5.1.1.2 a) se obtiene un resultado de **311'39 Uf**.

b) Modelo de Bajas Necesidades:

El resultado tras aplicar este modelo es de **501'25 Uf**.

c) Modelo Carolina del Norte:

El resultado tras aplicar este modelo es de **445'57 Uf**.

d) «Modelo» Erez-Couvillon:

El resultado obtenido tras aplicar este modelo es de **614'17 Uf**.

8.5.2.1.2.1.- Resumen de los resultados obtenidos por distintos modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío

Tabla 23

**RESULTADOS DEL CÁLCULO DE UNIDADES/FRÍO
(E. M. SIMPLE)**

Modelo Utah	Modelo de Bajas Necesidades	Modelo Carolina del Norte	«Modelo» Erez-Couvillon
311'39-337'76 Uf	501'25	445'57	614'17

8.5.2.1.2.2.- Conclusiones sobre los modelos utilizados para el cálculo de las unidades de frío

Las conclusiones que pueden obtenerse de los resultados obtenidos son similares a las expuestas anteriormente para el caso de los resultados obtenidos con los datos procedentes de la estación meteorológica automática (apartado 8.5.1.1.2.1.).

8.5.2.2.- Cálculo de las unidades de calor y de las horas grado de crecimiento

Con los datos que se disponen, vamos a realizar el cálculo de: **Unidades de calor (U_c)**, **Acción de la temperatura (aT)**, **Correlación entre la temperatura y la floración** y **Horas-grado de crecimiento (GDH)**.

8.5.2.2.1.- Cálculo de las necesidades de calor por distintos modelos

a) *Unidades de calor:*

$$U_c = \sum (T_m - t), \quad \text{donde:}$$

U_c = Unidades de calor (°C), acumuladas en el periodo considerado.

∑ = Sumatorio extendido al número de días considerado.

T_m = Temperatura media diaria (°C).

t = Temperatura umbral considerada (°C). Esta temperatura suele tomarse entre 4'5 y 6 °C.

Para un cultivo frutal que finalice la acumulación de frío el día 10 de enero, como podría ser el caso de alguna variedad de almendro y, suponiendo que la floración de éste se produzca el 1 de febrero, la acumulación de calor considerando una temperatura umbral de 6 °C (entre el 11 y el 31 de enero, ambos inclusive), sería de **83'74 °C**.

b) *Método Bidabé:*

$$ADT = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10}), \text{ donde:}$$

M y m son las temperaturas máxima y mínima diarias, respectivamente.

Suponiendo un valor de Q₁₀ = 3, el resultado obtenido de aplicar la expresión anterior en el periodo comprendido entre el 11 de enero y el 31 de enero es de **8'65 unidades de acción de la temperatura (aT)**.

c) Correlación entre la temperatura y la floración:

Dado que no conocemos funciones de correlación para la zona de la que se han obtenido las temperaturas del ejemplo, utilizaremos, para completar nuestro ejemplo, la ecuación dada por Tabuenca y Herrero (1966) para el ciruelo japonés en el Valle del Ebro:

$$y = 57'4 - 3'1 t, \quad \text{donde:}$$

y = Acumulación de calor (°C).

t = Temperatura máxima media del periodo considerado.

Dado que nuestro ejemplo sólo considera las temperaturas del mes de enero, realizaremos el cálculo de las necesidades de calor para el periodo comprendido entre el 11 y el 31 de enero, aunque en realidad, según los autores citados, el periodo en que dicho frutal acumularía el calor necesario para la floración estaría comprendido entre el 16 de enero y el 15 de marzo, para el Valle del Ebro.

La temperatura media de las máximas para el periodo considerado es de 17'86 °C, y por tanto:

$$y = 57'4 - 3'1 t = 2'034 \text{ °C.}$$

Evidentemente este cálculo se ha realizado únicamente como ejercicio.

d) Horas grado de crecimiento (GDH):

El resultado obtenido de aplicar la expresión de Richardson en el periodo comprendido entre el 11 de enero y el 31 de enero es de **2.898'44** °C.

8.5.2.2.2.- Resumen de los resultados de acumulación de calor (E.M. simple)

Tabla 24

RESULTADOS DEL CÁLCULO DE UNIDADES DE CALOR (E. M. SIMPLE)

U _c	Bidabé	$y = 57'4-3'1 t$	GDH
83'74 °C	8'65 aT	2'05 °C	2.898'44 °C

9.- CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES AGRONÓMICAS

En el punto 8.4 se expone un ejemplo de cálculo, tanto para el caso de una estación meteorológica simple como para el de una estación meteorológica automática, aplicándose en él los distintos métodos de cálculo estudiados para la acumulación de frío o de calor. No obstante, el planteamiento matemático de algunos de estos métodos, especialmente el análisis armónico de Fourier, no sólo pueden presentar problemas de entendimiento y de aplicación, sino que incluso pueden hacernos perder la visión agronómica del problema estudiado y que resulta de gran interés para el establecimiento y cultivo rentable de nuestras plantaciones frutales. Por ello, para que los métodos y procedimientos de cálculo no nos hagan perder la visión de lo fundamental sobre el problema planteado por la acumulación de frío o de calor al realizar una nueva plantación frutal, es por lo que a continuación expondremos algunas consideraciones y conclusiones agronómicas.

- 1.^a El problema y consecuencias de la falta de frío invernal es un fenómeno prácticamente desconocido hasta la década de los años cincuenta, época en la que se inicia la gran expansión y desarrollo de la fruticultura, favorecida por el desarrollo de las nuevas técnicas de conservación frigorífica, los nuevos sistemas de trans-

porte, etc. La utilización de nuevas variedades, la explotación de zonas de cultivo más cálidas que permiten adelantar las producciones, etc. hacen que un problema adaptativo, hasta entonces prácticamente sin importancia o desconocido, se muestre en su verdadera magnitud creando gran preocupación entre técnicos y agricultores.

La falta de adaptación de las variedades cultivadas a las nuevas zonas de expansión frutícola pone al descubierto un gran problema que, de no abordarse con los conocimientos necesarios sobre sus necesidades de frío invernal o la posible falta de adaptación al clima de la nueva zona, puede provocar graves y cuantiosos daños en la nueva fruticultura.

- 2.^a La gran preocupación creada en el sector frutícola por la falta de adaptación de las variedades a las nuevas zonas de expansión frutícola hizo que los técnicos e investigadores desarrollaran métodos de evaluación de los posibles riesgos. Estos métodos toman como variable fundamental la temperatura que, siendo muy importante, no siempre es capaz de explicar un proceso fisiológico tan importante como el del reposo invernal, por lo que las unidades y métodos de medida del frío invernal, «horas-frío» y «unidades de frío», no obtienen idénticos resultados para distintas zonas climáticas. Por ello se han desarrollado distintos métodos, ya que ninguno de ellos explicaba igualmente la acción del clima (de la temperatura) sobre la misma variedad frutal en distintas zonas climáticas.

El efecto negativo no llegó a ser tan importante como en principio se temió debido a la labilidad de las especies y variedades en general y a la influencia que otros factores climáticos locales ejercen (Gil-Albert, 1989b). Como consecuencia de la influencia de otras variables no contempladas en los métodos de medida del frío invernal, las respuestas de las distintas variedades pueden ser

muy distintas de un año a otro, incluso para una misma zona. Por tanto, sólo en los casos en los que los requerimientos de frío de las variedades son claramente superiores al frío invernal que se produce en la zona se pueden hacer predicciones fiables. Es decir, se trata de casos donde existe una falta de adaptación clara.

Del estudio de 75 observatorios españoles (Gil-Abert, 1965), en los que se determinaron las horas frío acumuladas (por debajo de 7 °C), se obtuvo una clasificación del país en cuatro zonas:

- **Zona primera:** más de 1.500 horas-frío. En ésta no habrá que pensar en problemas de falta de reposo invernal, aunque sí en otros factores limitantes (heladas, poca duración del periodo vegetativo, etc.).
- **Zona segunda:** entre 1.000 y 1.500 horas-frío. Tampoco existirán problemas de falta de frío invernal para la salida del reposo, aunque como en el caso anterior, otros factores limitantes deberán tenerse en cuenta.
- **Zona tercera:** entre 500 y 1.000 horas-frío. Corresponde a zonas típicas de cultivo frutal, en las que las horas-frío acumuladas serán un factor climático a considerar. Aquellas zonas con acumulaciones inferiores a 500 horas-frío serán límites para el cultivo frutal y en ellas cabrá esperar problemas de falta de frío invernal, ya que la mayoría de las variedades frutales caducifolias tienen exigencias de horas frío evaluadas en el intervalo entre 500-1.000 horas frío. En el anejo n.º 1 pueden verse las necesidades de frío invernal y de calor de gran cantidad de variedades de frutales y en el n.º 4 se relacionan los daños en distintas variedades frutales en una campaña con déficit de frío invernal (1965-66).
- **Zona cuarta:** menos de 500 horas-frío. Zonas en las que el reposo invernal está claramente limitado y en las que única-

mente se podrá cultivar variedades con pocas exigencias de frío invernal o con gran capacidad de adaptación.

- 3.^a Al igual que se desarrollaron métodos para determinar la acumulación de frío durante el periodo de reposo invernal, también se desarrollaron métodos para calcular el calor efectivo acumulado por las especies frutales tras haber acumulado el suficiente frío invernal para salir del reposo. El cálculo de la acumulación de calor desde la salida del reposo hasta la plena floración, permitirá realizar predicciones sobre la época en que se producirá la floración de una variedad en una zona climática determinada, siempre que se hayan realizado los estudios previos sobre las necesidades de la variedad estudiada, además de otros interesantes estudios sobre su fisiología y desarrollo.
- 4.^a En zonas límites para el cultivo frutal, como la tercera o cuarta citadas anteriormente, la elección de un material vegetal adecuado para la zona es la solución ideal. No obstante, no siempre se tienen conocimientos sobre las necesidades de frío o de calor de las variedades, por lo que cuando se produce un invierno más suave o más frío de lo normal, suelen aparecer los problemas de falta de adaptación, mostrándose el déficit de frío invernal (entre otros) como uno de los problemas que originan grandes desarreglos vegetativos e incluso la pérdida total de las cosechas en los casos más graves.

Aún cuando estos problemas suelen ser detectados en los primeros años de vida de las nuevas plantaciones, los agricultores no suelen optar por realizar el cambio varietal, que en algunos casos sería la solución más acertada, sino que intentan paliar el problema mediante la aplicación de algunas técnicas de cultivo. De entre éstas, la pulverización con productos «compensadores de frío» suele ser la más utilizada, aunque la aplicación de estos productos debe realizarse con la experiencia y consejos necesarios.

5.^a Los distintos métodos descritos para el cálculo de las horas-frío, arrojan resultados cuyas diferencias suelen ser notables. Estas diferencias obedecen fundamentalmente a que cada uno de ellos ha sido desarrollado en una climatología diferente, por lo que sus autores han tratado de explicar con su método los resultados del reposo invernal de esta zona a través de una sola variable, la temperatura. Por ello, cuando el método se aplica a otra zona puede arrojar resultados muy diferentes.

De entre los métodos estudiados en el punto 8.5 (en la Región de Murcia), el de «Sánchez Capuchino» es el más exacto por comparación con el de «bandas termográficas» y con el «computerizado» considerados «exactos».

6.^a Los distintos modelos descritos para el cálculo de las unidades de frío arrojan en nuestra zona resultados próximos, a excepción del modelo Utah que fue desarrollado para una zona más fría que la nuestra. Sin embargo, los resultados obtenidos tienen todavía hoy una aplicación relativa, dada la escasez de estudios sobre las necesidades de unidades de frío de nuestras variedades.

7.^a Los modelos desarrollados para calcular las unidades de calor o las horas grado de crecimiento pueden tener gran utilidad para conocer aspectos como:

- Días que transcurrirán desde la salida del reposo hasta la plena floración.
- Periodo útil de crecimiento que tendrá una especie en una determinada zona.

Los resultados obtenidos por los distintos métodos aplicados en el ejemplo del punto 8.5 son claramente incomparables, ya que los métodos utilizados son conceptualmente distintos. De entre ellos, las horas grado de crecimiento (GDH), corrigiendo su temperatu-

ra base de acuerdo con la especie considerada, parece el método más adecuado.

- 8.^a La utilización del método AAT representa un gran avance ya que, además de permitir la realización del cálculo automático de los distintos parámetros estudiados, permite utilizar el potencial de datos de nuestra red de estaciones meteorológicas simples, apoyándonos en una estación meteorología automática cercana. De este modo podemos obtener la curva diaria de temperatura de las estaciones simples, con un pequeño error, y a partir de aquí podremos calcular automáticamente las horas frío, unidades frío, unidades de calor, GDH, etc., en cualquier periodo del año.
- 9.^a Al mismo tiempo que se produce el avance en los métodos del cálculo de los parámetros estudiados resulta absolutamente necesario no sólo estudiar las necesidades de cada variedad frutal para cada estado fenológico o periodo, sino que también resulta necesario correlacionar las respuestas de la planta con otros parámetros distintos de la temperatura.

Como conclusión final podemos decir que la temperatura no es el único factor que determina la salida del reposo o el crecimiento de las plantas. Cada región presenta sus propias particularidades que se manifiestan en el comportamiento de las plantas. Por tanto deberán realizarse, en cada región climática, los estudios necesarios que vislumbren con cierta fiabilidad la salida del reposo o el efecto del calor sobre el crecimiento vegetativo, a través de la temperatura, contemplando aquí el efecto del resto de variables no determinadas que influyen sobre la salida del reposo y en el crecimiento.

En el futuro deberán tenerse en cuenta otras variables, que junto con la temperatura, determinan el comportamiento fisiológico de los frutales.

10.- BIBLIOGRAFÍA

- Bidabé, B. 1963. Contrôle de l'époque de floraison du pommier par une nouvelle conception de l'action des températures. C. R. Acad. Agri.: 934-945
- Bidabé, B. 1965. L'action des températures sur l'évolution des bourgeons de l'entrée en dormance à la floraison. Congrès Pomologique, 96 Session: 51-68.
- Buchanan, D. W. 1977. Manipulation of bloom and ripening dates of three Florida grown peach and nectarine cultivars through sprinkling and shade. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 (4): 466-470.
- Calderón, F. 1983. Fruticultura general. Limusa. Barcelona. 759 pp.
- Couvillon, G. A. y Erez, A. 1985: *Effect of level and duration of high-temperatures of rest in the peach*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 (4): 579-581.
- De Liñán, C. 1995. Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. 11.^a Ed. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Madrid. 265-275.
- Egea, J. 1989. Necesidades de frío en frutales de hoja caduca. Estado de la cuestión. Fruticultura profesional. N.º 24: 19-25.
- Erez, A. y Lavee, S. 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. I. Temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 (6): 711-714.
- Erez, A; Couvillon, G. A. y Hendershott, C. H. 1979b: *Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (4): 536-540.
- Erez, A; Couvillon, G. A. y Hendershott, C. H. 1979a: *The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (4): 573-576.

- Erez, A. y Couvillon, G.A. 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (4): 677-680.
- Fernández-Escobar, R. 1988. Planificación y diseño de plantaciones frutales. Mundi-Prensa. Madrid. 205 pp.
- Fernández-Escobar, R. y Martín, R. 1987. Chemical treatments for breaking rest in peach in relation to accumulated chilling. *J. of Horticultural Science.* 62 (4): 457-461.
- Fishman, S; Erez, A y Couvillon, G. A., 1987a: *The temperature dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition.* *J. theor. Biol.* 124, 473-483.
- Fishman, S.; Erez, A. y Couvillon, G. A., 1987b: *The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Computer simulation of processes studied under controlled temperatures.* *J. Theor. Biol.* 126, 309-321.
- Garrido, R. y Martínez, F., 1989. Cálculo de la temperatura instantánea del aire a partir de la máxima y mínima diaria y el análisis de Fourier. Aplicaciones en la Cuenca del Segura. Paralelo 37°, n.º 13. 113-125 pp.
- Gerreiro, R.; Scalabrelli, G. y Fiocchi, C. 1991. Influence of light and chilling condition on apricot bud opening. *Acta Hort.*, 293:327-330.
- Gil-Albert, F. 1969. Factores limitativos en fruticultura: Deficiencia en horas-frío. INIA. Madrid. 42 pp.
- Gil-Albert, F. 1989a. Tratado de arboricultura frutal. Vol. I: Aspectos de la morfología y fisiología del árbol frutal. Mundi-Prensa. Madrid. 103 pp.
- Gil-Albert, F. 1989b. Tratado de arboricultura frutal. Vol. II: La ecología del árbol frutal. 2.ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 236 pp.

- Gilreath, P.R. y Buchanan, D. W. 1981. Rest prediction model for low-chilling «Sungold» nectarine. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106 (4): 426-429.
- Hauagge, R. y Cummings, J. 1991. Dormienza e fabbisogno in freddo del melo in climi temperati e sub-tropicali. *Riv. Frutt.*, 2: 59-64.
- Martínez, A. 1979. Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero. INIA. Madrid. 196-202 pp.
- Navarro, J.F. 1995. Trabajo Fin de Carrera: Caracterización de la Región de Murcia según la acumulación de frío invernal. E.P.S.O. (U.P.V.). Orihuela. 294 pp.
- Nitransky, S. 1993. Termination of deep dormancy of generative buds in different apricot cultivars. *Zahradnictvi-UZPI*, 20: 1-10.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D. y Walker, R.D. 1974. A Model for Estimating Completion of Rest for «Redhaven» and «Elberta» Peach Trees. *Hortscience* 9: 331-332.
- Richardson, E.A.; Seeley, S.D.; Walker, R.D.; Anderson, J. y Ashcroft, G. 1975. Pheno-climatography of spring peach bud development. *HortScience* 10(3): 236-237.
- Rodríguez, J.; Martínez, A.; Frutos, D; Revilla, A.; Hernández, J. M. y González, F. 1987. Comportamiento, obtención y selección de material vegetal en frutales caducifolios (Centro de Murcia). Resúmenes de los proyectos de investigación de I+D. I.N.I.A. Madrid. 61-63.
- Sánchez-Capuchino, J.A. 1967. Contribución al conocimiento de necesidades en frío invernal de variedades frutícolas (I, II y III). *Levante Agrícola*.
- Seif, S.A. y Hassan, M.M. 1992. Growth, yield, chilling and growing degree hours requeriments of apricot trees. *Egyptian J. Hort.*, 19: 43-54.
- Shaltout, A.D. y Unrath, C.R. 1983. Rest completion prediction model for

«Starkrinson Delicious» apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 (6): 957-961.

Tabuenca, M.C. 1964. Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero, peral y melocotonero. An. Aula Dei, 7(3-4): 113-132.

Tabuenca, M.C. 1965. *Influencia del clima en los frutales*. C.S.I.C.- Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza. 297 pp.

Tabuenca, M.C. y Herrero, J. 1966. Influencia de la temperatura en la época de floración de los frutales. An. Aula Dei, 8: 115-153.

Tabuenca, M.C. 1968. Necesidades de frío invernal de variedades de peral. An. Aula Dei, 7(3-4): 113-132.

Tabuenca, M.C. 1971a. Caída de yemas de flor de melocotonero. An. Aula Dei, 11: 69-97.

Tabuenca, M.C. 1971b. Influencia del patrón de la época de salida del reposo invernal de la variedad. An. Aula Dei, 11: 51-57.

Tabuenca, M.C. 1979a. Influencia del patrón de la época de salida del reposo invernal de las variedades de melocotonero y de almendro. An. Aula Dei, 14(3-4): 469-475.

Tabuenca, M.C. 1979b. Duración del período de reposo a distintas temperaturas y evaluación de las necesidades de frío en variedades de albaricoquero y almendro. An. Aula Dei, 14(3-4): 519-531.

Tabuenca, M.C. 1980. Necesidades de frío invernal y exigencias de calor previas a la floración de variedades de ciruelo europeo. An. Aula Dei, 15(1-2): 148-159.

Tabuenca, M.C. 1983. Necesidades de frío invernal de variedades de ciruelo europeo. An. Aula Dei, 16(3-4): 202-207.

Tabuenca, M.C. 1984. Efectos de distintas temperaturas en otoño y en invierno sobre dos variedades de manzanos. An. Aula Dei, 17(3-4): 115-149.

- Tabuenca, M.C. 1985. Factores climatológicos en la producción frutal.
An. Aula Dei, 18(3-4): 115-149.
- Westwood, M.N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Mundi-Prensa.
Madrid. 461 pp.

ANEJOS

Anejo N.º 1

NECESIDADES DE FRÍO Y DE CALOR DE DISTINTAS VARIETADES FRUTALES

1.- NECESIDADES DE FRÍO INVERNAL

En este apartado pretendemos realizar una recopilación de las necesidades de frío invernal de algunas variedades frutales con objeto de dar una primera orientación sobre sus necesidades de frío, facilitando la elección de las mismas. No obstante, debemos advertir que estos datos en ningún caso deben tomarse como definitivos, ya que éstos han sido obtenidos para una determinada ecología de características, probablemente, distintas a las nuestras.

1.1.- Clasificación de variedades según sus necesidades de horas-frío.

a) Variedades de albaricoquero cultivadas en la región de Murcia:

FIN DEL REPOSO INVERNAL Y EXIGENCIAS DE FRÍO EN ALBARICOQUEROS

Variedad	Patrón sobre la que está injertada	1974-75		1975-76	
		Fecha entre	Horas bajo 7 °C entre	Fecha entre	Horas bajo 7 °C entre
Fenómenos	Albaricoquero franco	23-12 y 3 0-12	346 y 399	22-12 y 30-12	159 y 243
Valenciano 1	Albaricoquero franco	30-12 y 7-1	399 y 504	7-1 y 14-1	335 y 435
Valenciano 2	Albaricoquero franco			30-12 y 7-1	243 y 335
Valenciano 3	Albaricoquero franco	23-12 y 30-12	346 y 399	22-12 y 30-12	159 y 243
Uleano 1	Albaricoquero franco	27-1 y 3-2	700 y 711	27-1 y 3-2	626 y 728
Uleano 2	Albaricoquero franco	27-1 y 3-2	700 y 711	27-1 y 3-2	626 y 728
Mauricio 1	Albaricoquero franco	27-1 y 3-2	700 y 711	21-1 y 27-1	554 y 626
Mauricio 2	Albaricoquero franco	27-1 y 3-2	700 y 711	21-1 y 27-1	554 y 626
Mauricio 3	Albaricoquero franco	27-1 y 3-2	700 y 711	21-1 y 27-1	554 y 627
Mayero	Albaricoquero franco	20-1 y 27-1	628 y 700	21-1 y 27-1	554 y 627
Ruiz	Albaricoquero franco	20-1 y 27-1	628 y 700	21-1 y 27-1	554 y 627
Marranero	Albaricoquero franco	27-1 y 3-2	700 y 711	27-1 y 3-2	626 y 728
Damasco	Albaricoquero franco	3-2 y 10-2	711 y 730	27-1 y 3-2	626 y 728
Búlida 1	Albaricoquero franco	3-2 y 10-2	711 y 730	3-2 y 10-2	728 y 782
Búlida 2	Albaricoquero franco	3-2 y 10-2	711 y 730	3-2 y 10-2	728 y 782

Fuente: Martínez, 1979

b) Necesidades de frío invernal de algunas variedades de melocotonero cultivadas en el Campo de Cartagena (Murcia):

Los autores de esta siguiente tabla indican que existe una falta de adaptación de gran parte de las variedades de melocotonero de carne blanda, nectarinas y ciruelos a la climatología del Campo de Cartagena (Murcia) debido a la falta de frío invernal y sólo las variedades de melocotonero y nectarinas muy poco exigentes en frío invernal pueden desa-

Variedad	Necesidades de horas de frío	Variedad	Necesidades de horas de frío
Rochon	450	Sun Haven	750
Earlygold	600	Red Cap	750
Flordasun	250	Springgold	800
Tejón	400	Marcus	800
Royal April	–	Gardner Beauty	–
Desertgold	400	Favorita Moretini	800
Springtime	650	Auvril E.R.H.	–
Armgold	750	Genadix 5	450
Blazinggold	750	Sprincrest	700
Merril Bon Jour	–	Early Glo	–
Early Red	800	Dixired	950
Merril Gem Free	650		
Royal Gold	750		

Fuente: Rodríguez y col. (1987).

rrollarse con normalidad en las condiciones de inviernos suaves que se dan en la zona, como por ejemplo la variedad de melocotonero Desertgold y de nectarina Sunred. Destaca asimismo el comportamiento de los ciruelos europeos (*Prunus domestica* L.) en la zona del Campo de Cartagena, que los hace totalmente desaconsejables, habiendo mostrado un grado de adaptación aceptable las variedades de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl y *Prunus triflora* Lindl) Red Beaut y Beaty, resultando la última en esta zona un buen polinizador de la variedad Red Beaut.

Asimismo, estos autores valoraron los daños producidos por la falta de frío invernal mediante la caída de yemas, resultando todas las variedades citadas en la tabla dañadas en mayor o en menor medida, ya que en esta comarca no suelen alcanzarse las 600 horas-frío de media, con muchos años en los que no se superan las 300-400 horas-frío, especialmente en las zonas costeras como Cartagena ciudad donde la media se sitúa entorno a las 95 horas-frío o los Alcáceres y San Javier donde la media se sitúa entorno a las 450 horas-frío.

c) Variedades frutales para climas templados:

Incluimos en este apartado un conjunto de variedades frutales comercializadas por Viveros Orero, S.A. para zonas de clima templado, reproduciendo a continuación la clasificación del catálogo comercial de esta empresa:

Albaricoqueros: (por orden alfabético)	Ciruelos: (por orden de maduración)	Melocotoneros: (por orden de horas frío)	Horas de frío	Nectarinas: (por orden de horas frío)	Horas de frío
Canino	En principio todas	Flordaglo	150	Zincal-5	250
Castelbrite	las variedades	Tropic Beauty	150	9-15 N	275
Desert Sun	japonesas	Desertred (9-10)	175	9-9 N (Carolina)	400
Gold Kist	Early Beaut	Flordaprince	175	Sungem 87-4 N)	400
Katy	Red Beaut	Tropic Sweets	175	8-2 N	425
	Ambra	Flordastar (Sherman)	200	Sunlite	425
	Black Beaut	Flordacrest	250	Armking 2	450
	Golden Japan	Tropic Snow	250	Maybelle	500
	Santa Rosa	Flordagold	325		550
	Blackamber	Desert Gold	350		
	Friar	9-4	350		
	Plum Late	Flordaking	400		
		Flordaglobe	450		
		Río Grande	450		
Almendros:	Manzanos: (por orden de maduración)				
En principio todas las variedades japonesas	Dorsett N.º 28 Anna				

d) Necesidades de frío invernal de las especies frutales:

A continuación se expone una relación de especies de hoja caduca con indicación de sus necesidades de frío invernal. Su autor indica que las variaciones reflejadas corresponden a la variabilidad varietal.

Especie	Horas bajo 7 °C	
Albaricoquero	300 a 900	
Almendro	0 a 800	(normalmente de 90 a 500 h)
Avellano	800 a 1600	
Melocotonero	100 a 1.250	(normalmente > 300 h)
Membrillero	90 a 500	
Cerezo	500 a 1.700	
Ciruelo europeo	800 a 1.500	
Ciruelo japonés	100 a 1.500	
Higuera	90 a 350	
Manzano	200 a 1.700	(normalmente > 800 h)
Nogal	400 a 1.500	
Peral	200 a 1.400	(normalmente > 600 h)
Vid	90 a 1.400	(normalmente < 400 h)

Fuente: Fernández-Escobar, 1988.

e) *Necesidades de frío invernal de algunas variedades frutales:*

Peral:	horas -frío	Ciruelo:	horas -frío	Melocotoneros de carne dura:	horas -frío
Abate Fetel	> 800	Europeo:		Baby Gold 5	600-700
Blanquilla		de Ente GF 707	800-1.000	Baby Gold 6 y 7	700-800
Buena Luisa de Arvanches	600	Presidente	Altas	Baby Gold 8 y 9	> 900
Castell	700	Reina Claudia de Bavay	Altas	Calandra	600-700
Conferencia	600	Reina Claudia de Oullins	600-700	Carson	850
Decana de Comicio	700	Reina Claudia Verde	790-1.300	Corona	700-800
Ercolini	600	Stanley	Bajas	Fortuna	600-700
Limonera	850	Japonés:		Frederica (Catherina)	650
Mantecosa Hardy	1.000	Burbank	500-600	Golden Queen	500-600
Mantecosa		Formosa	Altas	Jungerman	700
Precoz Morettini	< 650	Golden Japan	120-290	Loadel	700
Max Red Barlett	1.100	Methley	100-250	Maruja	600-700
Packham's Triumph	600	Red Beaut	Pocas	Shasta	700-800
Passa Crasana	750	Santa Rosa	370-600	Stanford	600-700
Roma	550	Sierra Plum	Bajas	Sudanell-3	600-700
Sta. M. ^a Morettini	<650	Melocotoneros de carne blanda:		Troubador (Baladin)	650
Williams	1.100	Cardinal	700-800	Vesubio	500-600
Almendro:		Dixired	800-900	Vivian	600-700
Cristomorto	400	Garnet Beauty	< 650	Nectarinas:	
Desmayo Largueta	180	Mayercrest	650-700	Armking	< 600
Desmayo Rojo	180	Merrill Carnival	650-800	Armking 2 y 3	< 650
Ferraduel	250	Merrill Franciscan	> 800	Crimson Gold	650-800
Ferragnes	350	Merrill Gem Free	650-800	Early Sungrand	650-800
Fournat	180	Merrill July Lady	650-800	Fantasia	< 650
Marcona	200	Merrill O'Henry	650-800	Firegold	< 650
Non Pareil	180	Merrill Sundance	650-800	Flavortop	650-800
primorskii	250	Redglobe	700-800	Fuzalode	650-800
Texas	280	Redhaven	700-800	Golden Grand	< 650
Tuono	300	Redtop	650-800	Independence	650-800
Verdiere	250	Regina	800-950	Maybelle	500-550
Yaltinskii	350	Royal April	< 600	Maygrand	650-800
Almendro:		Royal Gold	< 600	Morton	650-800
Búlida	1.050	Southland	500-600	Nectared 4	< 650
Canino	750	Springcrest	700	Nectared 6 y 8	650-800
Moniquí	850	Springtime	500-600	Red June	650-800
Paviot	1.050	Starcrest	650-700	Ruby Gold	650-800
		Suncrest	800-950	Silver Lode	<650
				Sungrand	650-800
				Sweet Gold	650-800

Fuente: Fernández-Escobar, 1988.

f) Relación de variedades frutales caducifolias según sus necesidades de frío invernal:

A continuación se expone una amplia relación de variedades frutales, clasificadas por especies y necesidades de frío invernal, recopiladas por Calderón (1980) de diversos trabajos de investigación, especialmente los de Tabuenca.

NECESIDADES DE FRÍO DE MANZANO Y MELOCOTONERO

MANZANO	Horas-frío	MANZANO	Horas-frío	MELOCOTONERO	Horas-frío
Ácida de Sfax	500-600	Lodi	800-900	June Gold	650
Beverly Hills	600-800	Red June	700-800	Early Gold	550
Bleenhiem Orange	600-800	Veret	600-700	Mary Gold	650
Cox's orange pippin	600-700	Tydemán's Early	700-800	Early Halehaven	850-1.050
Dulce de Sfax	500-600	Worcester	700-800	Mooreás Early Red	650-700
Early Mc Intosh	750-850	Astracán Roja	800-1.000	Early Jubilee	850
Emilia	600-700	Belle de Boskoop	800-1.000	Loring	750-950
Golden Delicious	800-1.000	Yellow Transparent	800-1.000	Fay Elberta	700-800
Granvestein	600-800	Naomi	600-800	Rochón	450
Hume	500-600	Reineta de Mans	1.000-1.200	Flordahome	400
Jonathan	600-700	Rayada	600-700	Sunhigh	650
King David	600-800	Anna	300-350	Flordaqueen	550
Laxton Superbe	800-1.000	Ein Shemer	400-450	Solthland	650-750
Mc Intosh	800-1.000	Tropical Beauty	300-400	Fortuna	800-850
Northern Spy	1.100-1.400	Elach	400-450	Swannee	650
Pacheco	200-300	Michal	400-450	Halehaven	850-950
Red Delicious	700-800	Mayan	400-450	Flaming Gold	750
Red Rome	700-800			Amsden	1.000-1.200
Reina de Reinetas	800-900	MELOCOTONERO		July Elberta	750
Starking	700-800	Hiley	750	June Elberta	900-1.000
Starkrimson	800-1.000	Flordawon	200	Tejón	400
Rome Beauty	1.000-1.300	Bonanza	650	Early Hiley	750
Trancendent	700-800	Flordasun	300	Río Oso Gem	850-950
White Permain	600-700	Dixigem	850-950	Jewel	300
White Winter		Dixiland	650-750	Max Red	500
Permain	600-700	Armgold	650-700	CNF-I	400
Winter Banana	500-600	Dixigold	850-950	Elberta	850-950
Winesap	750-850	Redhaven	850-950	Late Elberta	850
Reineta de Canada	800-900	Dixired	900-1.050	F: 82-15	350-400
Wealthy	600-700	White Knight	250	Rubidoux	600-750
Delicious	800-900	Earlry Red	850-950	Lowell	850
Grimes Golden	800-1.000	Coronet	700-800	Redcap	750
Melba	800-1.000	Early Elberta	850	May Flower	1.000-1300

MELOCOTONERO	Horas-frío	MELOCOTONERO	Horas-frío	MELOCOTONERO	Horas-frío
Fairhaven	850-1.050	Kalhaven	950	Shalil	700-8007
Sunhaven	900-950	Springtime	650	Witehale	00-800
Redsking	800-850	Bonita	500	Japanese Giant Cling	700-800
Redwing	700-800	Sungold	600-700	Sam Houston	650
Panamint	700	Ccmonfort	400	Red Grande	450
Sunred	300	Sunglow	700-800	Early Amber	350
Le Grand	700	Flordabelle	100-200	Profesor Mething	400
Simgold	650	Red Ceylon	200	Lucero	400
Gold Mine	700	Flordared	100	Profesor Walgan	550
Newday	750	Okinawa	50-100	Profesor Malherbe	550
Golden Jubileé	850	Afterglow	750	Profesor Oon Sarel	550
J. H. Hale	850-950	Flaming Gold	700-800	Profesor Blacks	550
Sothhaven	900-1.000	Sullivan Elberta	700-800	Selección Ucareo	400

Fuente: Calderón, 1980.

NECESIDADES DE FRÍO DE ALBARICOQUERO, PERAL, CIRUELO Y CEREZO

ALBARICOQUERO	Horas-frío	ALBARICOQUERO	Horas-frío	PERAL	Horas-frío
Canino	600-750	Klabi	600-700	Le Conte	500-600
Luizet	1.150	Valencianos	500-600	Auri	650-750
Reeves	700-800	Gold Debeck	700	Devoe	650-750
Bergeron	900-1.050	Moniquí	850	Favorita de Clapp	660
Búlida	900-1.050	Paviot	1.050	Beurré Hardy	950-1.050
Early Royal	700-800			Passe crassane	700-800
Nancy	1.000-1050	PERAL		Precoz de Tévoix	660
Mauricio	600-750	Bartlett (Williams)	1.000-1300	Poretini Precoz	700-800
Carlota	700-800	Baldwin	500-600	Pereta	700-800
Early Capy	700-800	Kieffer	500-600	San Juan	400-450
Newcastle	700-800	Garber	500-600	Hood	650-750
Blenheim	800-900	Beurré d'Anjou	600-700	Wilders	650-750
Mayero	650-750	Orient	500-600	Beurré Bosc	900-1.000
Moorpark	1.000-1.100	Doyeneé d'Hiver	800-900	Campas	650-750
Rouge du Rousillón	900-1.050	Dr. Jules Guyot	800-900	Douglas	650-750
Real Fino	650-750	Duchesse dángouleme	850-1.000	Carrick	650-750
Tilton	800-1.000	Epine du Mans	700-800	Dabney	650-750
Early Gold	700-800	Starking Delicious	1.200	Paraiso	400-500
Royal	700-850	Winter Nelis	650-750	Elizabeth	650-750
Rosado Chileno	700-800	Pineapple	500-600	Mendocina	400-500

CIRUELO	Horas-frío	CIRUELO	Horas-frío	CEREZO	Horas-frío
Florentia	600-700	Abundance	650-750	Napoleón	900-1.100
Santa Rosa	500	Queen Victoria	700-800	Lambert	900-1.100
Golden Japan	650-700	Kelsey	700-800	Van	800-1.050
Corazón de Elefante	850-950	Redheart	850-950	Montmorency	850-1.000
Presidente	700-800	Ozark Premier	800-900	Burbank	800-900
Burbank	600-700	Stanley	700-800	Chapman	850-900
Pazcuatingo	600	Purple King	700-800	Early Richmond	900-1.100
Beauty	750-800	Reina Claudia		Emperatriz Eugenia	800-900
Reina Claudia		d'Oullins	700-800	Morello	800-900
deAlthan	700-800	Eldorado	700-800	Jubileé	900-1.100
Ente (Agen)	850-950	Blufre	700-800	Republican	850-950
Formosa	600-700	Earliblue	700-800	Yelow Spanish	900-1.100
Sugar	650-700	Gota de Oro	600-700	Tixerain	750-850
Satsuma	700-800			Precoz de Bále	750-850
Shiro	650-750	CEREZO		Cristobalina	600-700
Mariposa	650-750	BingBlack	800-1.050	Stella	900-1.000
Bruce	650-750	Tartarian	750-850		

Fuente: Calderón, 1980.

2.- NECESIDADES DE CALOR DE ALGUNAS ESPECIES

a) *Número de días hasta floración plena con temperatura media superior a una dada:*

Especie	Floración plena	Temperatura media superior a	N.º de días con temperatura media superior a la dada	Contados a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	7 °C	22 ± 32	1 de febrero
	Media de la especie	7 °C	8 ± 4	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	35 ± 4	1 de febrero
Cerezo	Primera variedad	7 °C	48 ± 4	1 de enero
	Media de la especie	7 °C	46 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	46 ± 2	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	7 °C	31 ± 3	16 de enero
	Media de la especie	7 °C	37 ± 3	16 de enero
	Última variedad	7 °C	38 ± 4	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	7 °C	41 ± 4	16 de febrero
	Media de la especie	7 °C	42 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	52 ± 4	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	7 °C	49 ± 3	1 de febrero
	Media de la especie	7 °C	60 ± 2	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	76 ± 5	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	4 °C	37 ± 3	1 de febrero
	Media de la especie	6 °C	40 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	42 ± 3	1 de febrero
Peral	Primera variedad	7 °C	44 ± 5	16 de enero
	Media de la especie	7 °C	43 ± 4	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	41 ± 4	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

b) Unidades de calor acumuladas hasta la floración para una temperatura umbral de 6 °C:

Especie	Floración plena	Unidades de calor acumuladas	Contadas a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	82	1 de febrero
	Media de la especie	108	1 de febrero
	Última variedad	119	15 de febrero
Cerezo	Primera variedad	186	1 de enero
	Media de la especie	223	1 de febrero
	Última variedad	291	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	115	16 de enero
	Media de la especie	140	16 de enero
	Última variedad	170	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	135	1 de febrero
	Media de la especie	197	1 de febrero
	Última variedad	261	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	231	1 de febrero
	Media de la especie	305	1 de febrero
	Última variedad	445	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	134	16 de enero
	Media de la especie	151	1 de febrero
	Última variedad	194	1 de febrero
Peral	Primera variedad	187	16 de enero
	Media de la especie	207	1 de febrero
	Última variedad	262	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

Anejo N° 2

TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS Y TEMPERATURA MEDIA HORARIA (Tmh) EN LA E. M. AUTOMÁTICA DE GUADALUPE-MURCIA DURANTE EL MES DE ENERO DE 1990

A continuación se exponen los datos termométricos tomados por la estación meteorológica automática de Guadalupe-Murcia, tomados cada diez minutos. La presentación de los datos facilitados por el CMZM-INM ha sido modificada para su mejor comprensión, habiéndose calculado también la temperatura media horaria (Tmh) con objeto de facilitar los cálculos en la que ésta interviene.

TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS
Y TEMPERATURA MEDIA (Tmh). FECHA: 1/1/90

H.	T.ª (10)	T.ª (20)	T.ª (30)	T.ª (40)	T.ª (50)	T.ª (60)	Tmh
00	6,50	7,00	6,70	5,90	6,30	5,60	6,33
01	5,40	5,10	5,00	5,70	7,00	6,90	5,85
02	6,70	7,30	7,30	6,90	6,60	6,40	6,87
03	6,20	5,90	6,10	5,60	5,80	5,30	5,82
04	5,90	6,20	5,90	5,50	5,20	5,30	5,67
05	5,90	5,90	6,00	6,00	6,00	6,10	5,98
06	5,80	5,40	5,30	5,40	5,10	5,30	5,38
07	5,50	5,60	5,50	5,60	6,20	6,70	5,85
08	6,60	6,70	6,90	7,30	7,80	8,10	7,23
09	8,50	8,70	9,00	9,10	9,30	9,70	9,05
10	9,90	10,10	10,60	10,60	11,20	11,50	10,68
11	12,10	12,40	12,60	12,90	13,00	13,50	12,75
12	13,90	14,10	14,90	14,70	15,40	15,20	14,70
13	15,20	15,50	15,60	16,30	16,00	15,90	15,75
14	15,80	15,60	16,20	17,00	17,00	17,10	16,45
15	16,20	16,40	16,10	16,00	16,00	16,10	16,13
16	15,60	15,40	14,20	13,30	13,00	12,80	14,05
17	12,30	12,30	12,00	11,40	11,00	11,30	11,72
18	11,60	11,30	11,10	10,90	11,00	11,20	11,18
19	11,40	11,70	11,80	11,70	11,90	12,00	11,75
20	11,80	11,40	11,40	11,20	11,10	11,00	11,32
21	11,50	12,00	12,30	11,90	11,90	11,70	11,88
22	11,80	12,00	11,70	11,40	11,40	11,40	11,62
23	11,40	11,40	11,50	11,20	11,10	10,40	11,17

TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS
Y TEMPERATURA MEDIA (Tmh). FECHA: 2/1/90

H.	T.ª (10)	T.ª (20)	T.ª (30)	T.ª (40)	T.ª (50)	T.ª (60)	Tmh
00	10,10	9,00	8,60	8,40	9,00	9,20	9,05
01	9,30	9,40	9,50	9,50	9,30	9,00	9,33
02	9,10	8,90	8,60	8,30	7,90	8,20	8,50
03	7,90	7,00	7,30	6,40	6,80	6,00	6,90
04	5,50	6,10	6,00	6,00	5,50	5,60	5,78
05	6,40	7,30	7,10	6,60	6,30	5,80	6,58
06	6,40	7,00	6,60	6,70	6,60	7,40	6,78
07	8,80	8,00	7,40	7,70	7,00	8,50	7,90
08	9,80	9,90	10,30	10,90	11,10	11,80	10,63
09	11,40	11,90	12,60	12,40	12,60	12,90	12,30
10	13,20	13,70	13,80	14,00	13,80	14,10	13,77
11	14,30	14,50	14,70	14,90	14,80	15,10	14,72
12	15,10	15,20	15,40	15,40	15,90	15,80	15,47
13	16,00	16,10	16,20	16,30	16,50	16,70	16,30
14	16,70	16,80	16,90	16,60	16,70	16,50	16,70
15	16,50	16,40	16,50	16,70	16,60	16,30	16,50
16	15,80	15,60	15,40	13,60	12,10	10,60	13,85
17	10,80	10,10	9,70	8,80	8,30	8,00	9,28
18	7,90	7,60	7,20	7,00	6,90	6,80	7,23
19	6,80	7,00	7,00	7,40	7,30	7,10	7,10
20	7,40	7,40	7,00	7,20	7,00	7,40	7,23
21	7,00	7,20	7,20	7,40	7,50	7,60	7,32
22	7,30	7,50	7,20	6,90	7,00	6,90	7,13
23	6,90	7,00	6,80	7,00	7,00	6,60	6,88

TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS
Y TEMPERATURA MEDIA (Tmh). FECHA: 3/1/90

H.	T.ª (10)	T.ª (20)	T.ª (30)	T.ª (40)	T.ª (50)	T.ª (60)	Tmh
00	5,90	5,70	5,30	5,30	4,90	5,20	5,38
01	5,60	5,70	5,50	6,10	6,20	6,10	5,87
02	5,90	5,70	5,50	5,40	5,60	5,60	5,62
03	6,20	6,60	7,30	7,20	7,30	7,40	7,00
04	7,60	7,50	7,50	7,50	7,60	7,60	7,55
05	7,70	7,80	7,90	7,90	8,00	8,00	7,88
06	8,10	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,18
07	8,10	8,00	8,10	8,20	8,10	8,30	8,13
08	8,40	8,50	8,40	8,50	8,50	8,60	8,48
09	8,70	8,70	8,90	8,90	8,90	9,20	8,88
10	9,40	9,40	9,60	9,60	9,70	9,90	9,60
11	10,10	10,10	10,40	10,60	10,90	11,00	10,52
12	11,10	11,20	11,20	11,20	11,20	11,50	11,23
13	11,40	11,40	11,40	11,50	11,60	11,60	11,48
14	11,80	11,70	11,60	11,70	11,70	11,70	11,70
15	11,70	11,70	11,60	11,40	11,50	11,50	11,57
16	11,40	11,40	11,30	11,30	11,10	10,90	11,23
17	11,10	11,00	11,00	11,00	10,70	10,80	10,93
18	10,60	10,50	10,20	10,10	10,30	10,40	10,35
19	10,50	10,40	10,50	10,60	10,70	10,70	10,57
20	10,60	10,60	10,70	10,70	10,70	10,60	10,65
21	10,60	10,70	10,10	10,00	9,80	9,70	10,15
22	9,60	9,70	9,70	9,70	9,60	9,60	9,65
23	9,60	9,50	9,40	9,40	9,40	9,30	9,43

TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS
Y TEMPERATURA MEDIA (Tmh). FECHA: 4/1/90

H.	T.ª (10)	T.ª (20)	T.ª (30)	T.ª (40)	T.ª (50)	T.ª (60)	Tmh
00	9,4	9,2	9,3	9,2	9,3	9,3	9,28
01	9,3	9,4	9,3	9,2	9,2	9,2	9,28
02	9,6	9,8	9,8	9,8	9,9	10	9,78
03	10	10	10,2	10,2	10,3	10,5	10,14
04	10,5	10,5	10,3	10,1	9,9	9,8	10,26
05	9,8	9,6	9,6	9,5	9,3	9,3	9,56
06	9,3	9,4	9,5	9,6	9,8	10	9,52
07	10	10,3	10,2	10,3	10,4	10,5	10,24
08	10,7	10,7	10,9	10,9	10,9	11	10,82
09	11,2	11,1	11,3	11,3	11,4	11,5	11,26
10	11,4	11,5	11,5	11,7	11,8	11,7	11,58
11	11,8	12,1	12	11,8	11,6	11,6	11,86
12	11,8	12	11,9	12	12,1	12	11,96
13	12	11,9	12	12	12,1	12,2	12,00
14	12,2	12,1	12	11,6	11,3	11	11,84
15	10,9	10,8	10,6	10,4	10,6	10,5	10,66
16	10,5	10,6	10,4	10,3	10,4	10,3	10,44
17	10,2	10,2	10,2	10,1	10,2	10	10,18
18	10	10	10,2	10,2	10,1	10,1	10,10
19	10,1	10,1	10,1	10,2	10,3	10,2	10,16
20	10,1	9,9	10,1	10,2	10,3	10,2	10,12
21	10,1	10,2	10,2	10,1	10,2	10,2	10,16
22	10,2	10,2	10,2	10,1	10	10	10,14
23	10	10	10	10	9,9	10	9,98

TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS
Y TEMPERATURA MEDIA (Tmh). FECHA: 29/1/90

H.	T. ^a (10)	T. ^a (20)	T. ^a (30)	T. ^a (40)	T. ^a (50)	T. ^a (60)	Tmh
00	10,30	10,00	9,90	9,90	9,70	9,60	9,88
01	9,60	9,30	8,50	8,70	9,20	9,70	9,15
02	9,80	8,70	8,20	8,90	8,90	8,80	8,88
03	8,90	8,40	6,80	6,70	6,50	7,20	7,42
04	6,60	7,20	8,30	9,10	8,70	7,50	7,86
05	6,50	4,90	4,70	3,90	3,80	3,70	4,58
06	3,50	3,00	2,60	3,10	3,10	3,40	3,12
07	3,30	3,70	2,10	1,90	2,70	3,40	2,85
08	4,50	5,80	6,90	8,20	8,60	8,90	7,15
09	9,30	10,10	10,60	11,10	11,00	11,70	10,62
10	11,90	12,10	11,80	11,90	12,10	12,20	12,00
11	12,70	12,90	13,00	12,80	13,10	13,50	13,00
12	13,60	13,40	14,00	14,30	14,50	14,40	14,02
13	14,40	14,50	14,50	15,10	15,40	15,40	14,86
14	15,10	15,30	16,30	15,70	15,80	15,70	15,48
15	15,30	15,40	15,90	16,00	15,40	15,60	15,60
16	14,90	14,90	14,40	14,00	13,80	14,10	14,36
17	13,80	12,40	10,50	9,00	7,90	7,80	10,20
18	7,20	6,70	6,30	6,80	6,60	5,70	6,55
19	5,70	6,20	7,00	7,00	6,90	6,90	6,62
20	7,10	6,70	6,60	6,50	5,80	4,10	6,13
21	4,70	3,30	2,90	3,50	3,10	2,90	3,40
22	3,70	2,90	3,00	2,60	2,80	2,90	2,98
23	4,80	5,30	4,20	4,80	4,50	4,10	4,62

TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS
Y TEMPERATURA MEDIA (Tmh). FECHA: 30/1/90

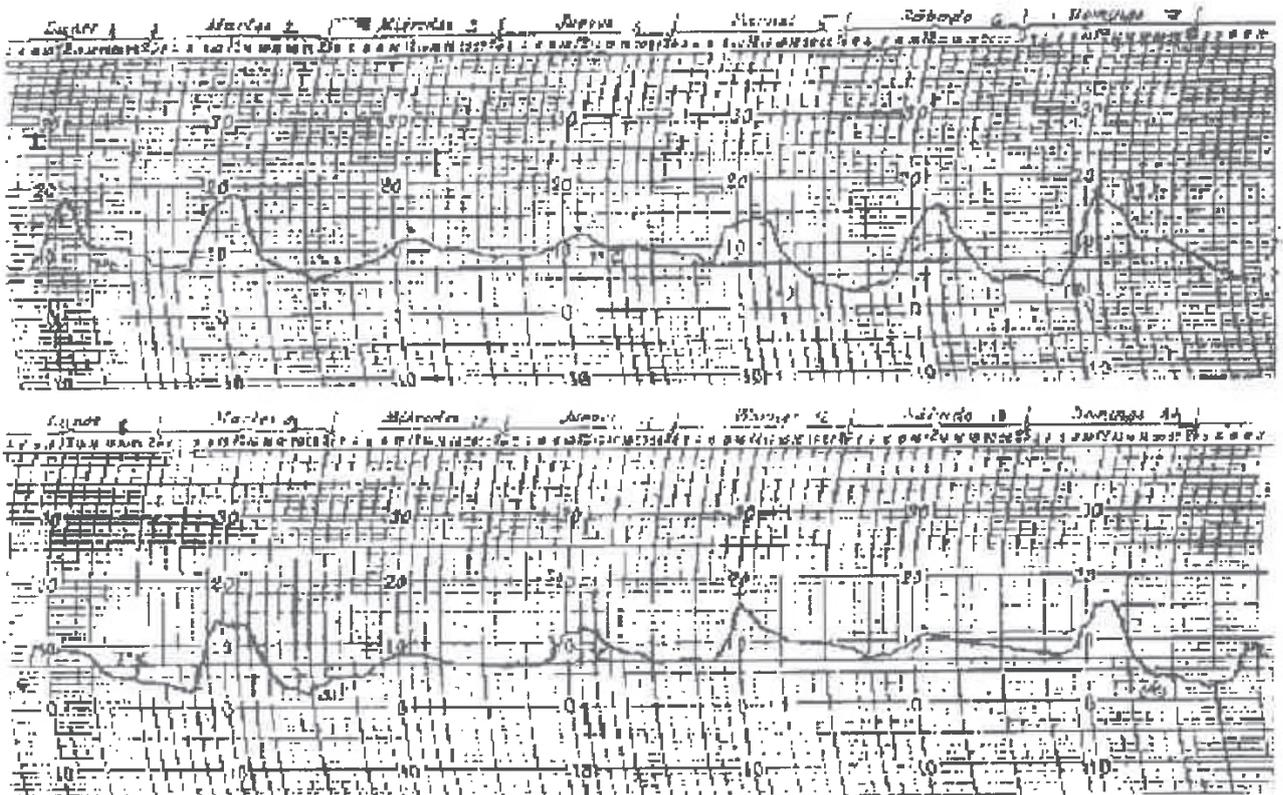
H.	T. ^a (10)	T. ^a (20)	T. ^a (30)	T. ^a (40)	T. ^a (50)	T. ^a (60)	Tmh
00	3,10	3,30	2,70	3,60	5,10	7,30	3,56
01	7,70	6,30	5,30	4,80	4,70	4,70	5,76
02	5,10	5,40	5,00	4,70	5,10	4,80	5,06
03	5,20	5,40	6,20	6,40	5,90	5,20	5,82
04	4,40	4,40	3,50	2,80	2,50	2,80	3,52
05	2,70	2,10	2,40	2,60	2,90	2,70	2,54
06	3,10	3,50	2,90	2,20	1,70	1,70	2,68
07	1,70	2,60	2,30	1,90	3,00	3,80	2,28
08	5,30	5,70	5,60	7,40	8,60	9,00	6,52
09	9,60	10,30	10,60	11,30	11,90	12,40	10,72
10	12,90	12,60	12,90	14,00	14,30	14,30	13,34
11	15,00	15,20	15,10	15,70	15,60	15,90	15,32
12	15,80	15,70	16,10	16,30	16,50	16,40	16,08
13	16,40	16,80	17,00	17,20	17,10	17,20	16,90
14	17,50	17,80	17,60	17,80	17,40	18,10	17,70
15	17,80	17,40	17,20	17,30	17,10	17,40	17,36
16	17,20	17,10	17,00	17,10	16,70	16,60	17,02
17	16,10	15,00	14,60	14,20	11,40	10,60	14,26
18	9,70	8,60	7,80	8,40	8,70	9,50	8,62
19	10,10	10,00	9,20	7,70	7,40	6,90	8,88
20	7,30	6,30	6,20	6,70	5,60	6,10	6,42
21	6,20	5,80	5,30	5,40	5,40	4,60	5,62
22	4,30	4,20	4,40	3,60	3,60	4,00	4,02
23	4,20	3,70	4,70	4,80	4,70	5,00	4,42

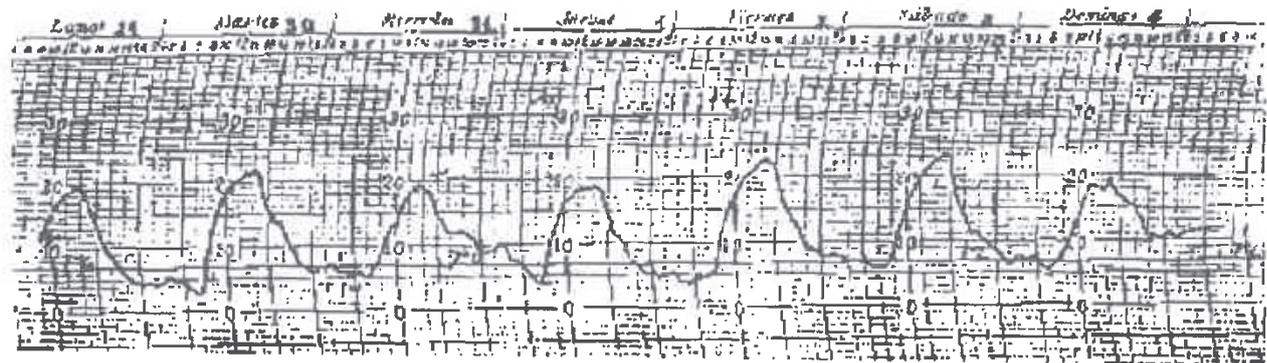
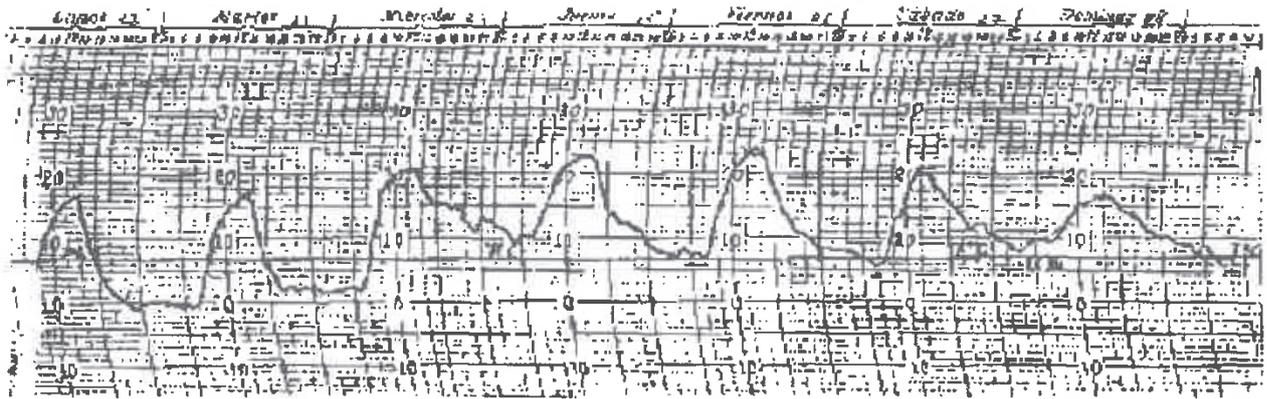
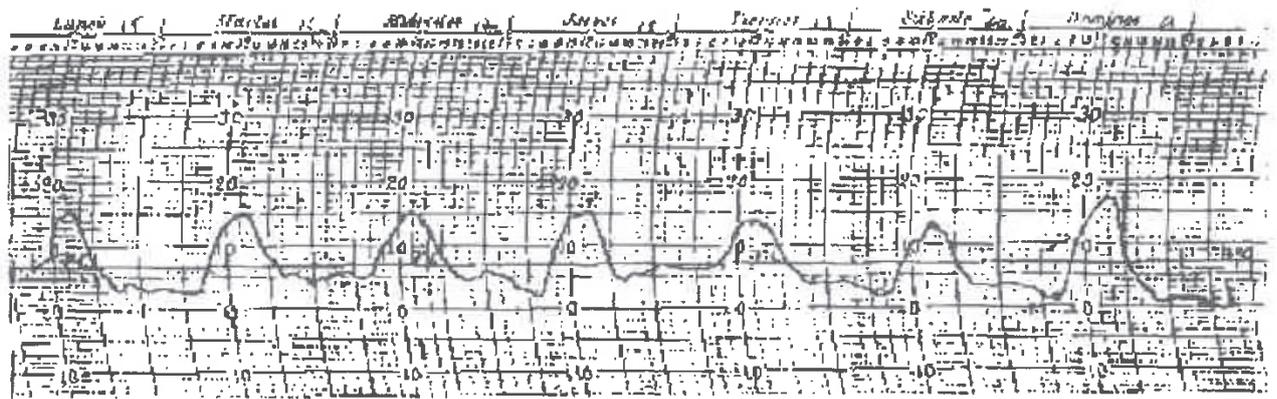
TEMPERATURAS TOMADAS CADA 10 MINUTOS
Y TEMPERATURA MEDIA (Tmh). FECHA: 31/1/90

H.	T. ^a (10)	T. ^a (20)	T. ^a (30)	T. ^a (40)	T. ^a (50)	T. ^a (60)	Tmh
00	5,00	5,30	5,20	5,20	4,90	5,70	5,22
01	6,40	6,10	6,50	6,60	5,90	6,00	6,25
02	5,40	5,00	4,30	3,70	4,00	3,90	4,38
03	4,00	4,30	4,50	4,30	3,80	4,20	4,18
04	4,80	4,20	4,00	3,30	3,80	3,70	3,97
05	3,30	3,40	3,00	2,50	2,70	2,60	2,92
06	2,30	2,70	3,10	3,60	3,70	3,90	3,22
07	3,80	3,60	3,90	4,10	3,70	3,50	3,77
08	3,40	3,90	5,00	5,40	5,80	6,10	4,93
09	6,30	6,70	7,00	7,90	7,90	8,10	7,25
10	8,60	8,70	8,50	8,40	8,80	9,70	8,78
11	11,20	11,90	11,50	11,80	11,70	12,00	11,65
12	12,80	13,00	13,40	13,90	14,00	13,90	13,60
13	14,00	14,70	14,80	15,10	14,80	15,30	14,78
14	15,10	15,30	15,70	15,20	16,00	15,80	15,82
15	15,00	15,20	14,90	15,20	15,60	15,00	15,13
16	15,00	14,90	14,50	14,20	13,90	13,80	14,38
17	13,90	13,40	12,90	11,90	12,10	11,10	12,55
18	9,80	8,50	9,50	9,00	8,40	8,90	9,02
19	10,00	9,80	10,60	10,70	10,50	10,50	10,36
20	11,50	11,50	10,80	10,10	10,10	10,40	10,73
21	10,50	10,60	10,60	10,40	10,50	10,70	10,55
22	10,50	10,80	10,50	10,00	10,10	9,20	10,18
23	8,40	7,50	6,60	6,50	8,00	8,50	7,57

Anejo N° 3

BANDAS TERMOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA SIMPLE DE LLANO DE BRUJAS-MURCIA DURANTE EL MES DE ENERO DE 1990 Y SIMULACIÓN DE LA CURVA DIARIA DE TEMPERATURA, OBTENIDA A PARTIR DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMA Y MÍNIMA DIARIAS TOMADAS EN LA MISMA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA EL MISMO PERIODO

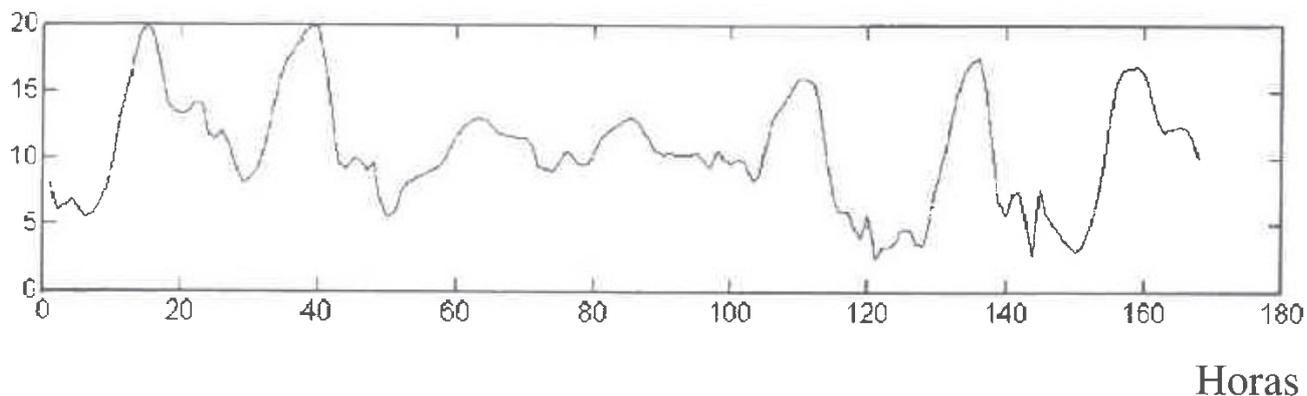




CURVAS DE TEMPERATURA DIARIA CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN SIMPLE DE LLANO DE BRUJAS

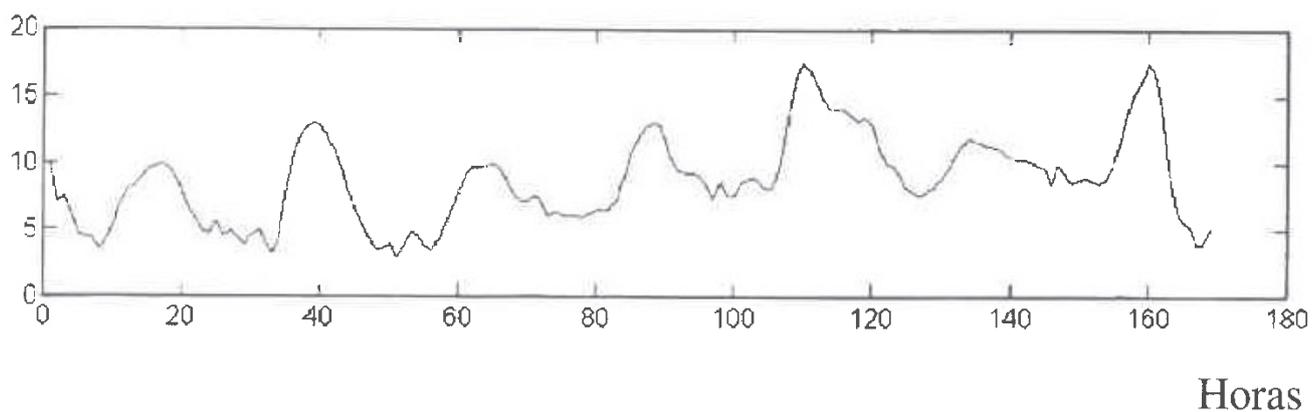
Termograma del 1-1-1990 al 7-1-1990

Temperatura



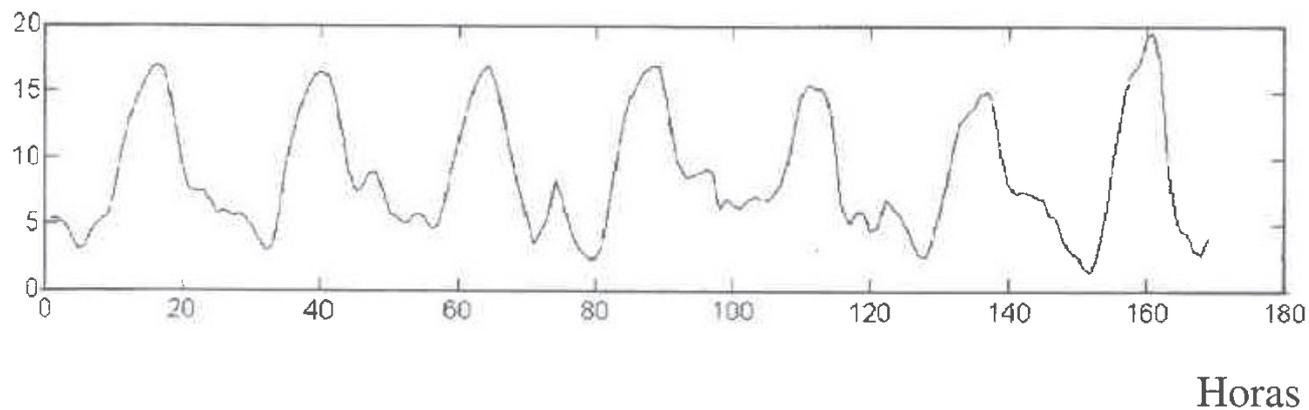
Termograma del 8-1-1990 al 14-1-1990

Temperatura



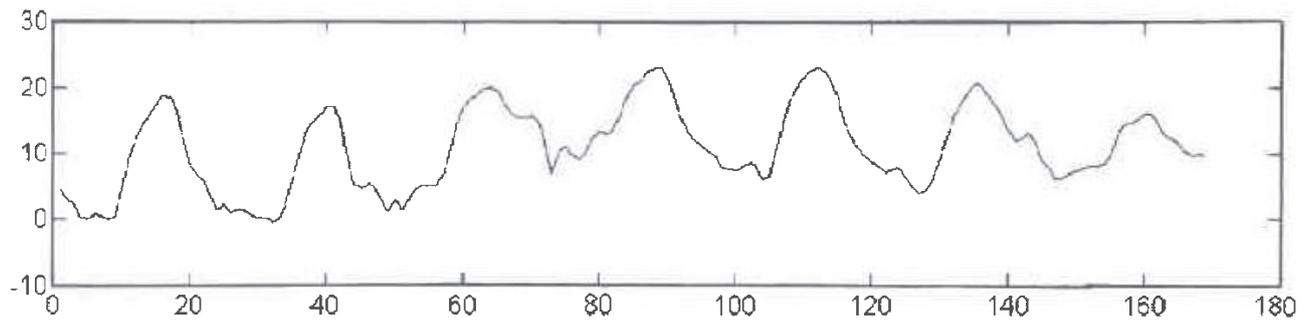
Termograma del 15-1-1990 al 21-1-1990

Temperatura



Termograma del 22-1-1990 al 28-1-1990

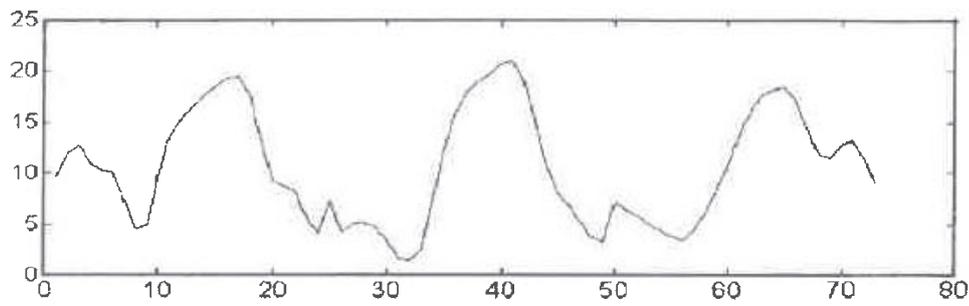
Temperatura



Horas

Termograma del 29-1-1990 al 31-1-1990

Temperatura



Horas

Anejo N° 4

DAÑOS EN DISTINTAS VARIEDADES FRUTALES EN UNA CAMPAÑA CON DÉFICIT DE FRÍO INVERNAL (1965-66)

INTRODUCCIÓN

Se exponen en este anejo las observaciones y resultados obtenidos por Sánchez-Capuchino (1966) en las Comunidades Autónomas de Valencia, Murcia y Baleares durante la campaña de 1965-66. Aunque la unidad de medida del frío invernal fue las **horas-frío**, los resultados obtenidos siguen siendo de gran interés, ya que la información disponible acerca de los daños producidos por la falta de frío invernal de acuerdo con los nuevos modelos que miden éste en **unidades de frío** es escasa, por lo que las primeras constituyen todavía el referente más importante en nuestra fruticultura. Asimismo, la forma de medir los efectos negativos de la falta de frío invernal (mediante la reducción de cosecha), el haber realizado el estudio en una campaña especialmente deficitaria en este factor y su realización sobre las variedades cultivadas en nuestra área, hacen que este trabajo sea una referencia importantísima para los estudiosos e investigadores de la problemática frutícola.

La mayoría de las variedades cultivadas en la CC.AA. de Valencia,

Murcia y Baleares (isla de Palma de Mallorca) necesitan acumular más de 450 horas-frío para obtener una brotación normal; cuando los frutales de hoja caduca no acumulan el frío necesario durante el periodo de reposo sufren daños más o menos graves, pudiéndose llegar a la pérdida total de la cosecha. Así ocurrió en la campaña 1965-66, en la que el profesor Sánchez-Capuchino evaluó las pérdidas de cosecha en las citadas CC. AA., en las que en algunas variedades de melocotoneros y ciruelos las pérdidas fueron del 100% de la cosecha.

2.- OBSERVACIONES Y RESULTADOS

2.1.- Clasificación número 1

(Referida a una falta, muy grave, de frío invernal; con exposición de comportamientos varietales durante 1966).

GRUPO 1.- Almendro Marcona, y en general, todas las variedades de almendro cultivadas en Valencia, Murcia y Baleares.

Incluye aquellas variedades que han dado porcentajes de cosecha comercial del 100 por 100; quedando definidas dichas variedades como poseedoras de «exigencias mínimas en frío invernal, al menos durante una latencia».

GRUPO 2.- Albaricoquero Currot o Azaña. Albaricoquero Palau o Galtarrocha. Albaricoquero Ull Blanch. Albaricoquero Marraneros. Ciruelo Beauty Plum.

Engloba aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 90% al 100%; quedando definidas dichas variedades como «extremadamente resistentes a un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la latencia correspondiente».

GRUPO 3.- Albaricoquero Corbato. Albaricoquero Canino. Melocotonero Springtime. Melocotonero Colillas. Melocotonero Vivian. Peral Peras de la Reina.

Engloba aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 75% al 90%; quedando definidas dichas variedades como poseedoras de «mucha resistencia a un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente».

GRUPO 4.- Albaricoquero Búlida. Albaricoquero Pachorro. Albaricoquero Arrogante. Albaricoquero Blanco de Murcia o Mauricio. Albaricoquero Real Fino. Melocotoneros Corrientes o Carracas. Albaricoquero Gala Bermeja. Ciruelo Methley. Ciruelo Santa Rosa. Peral de Agua o Blanquilla de Aranjuez.

Engloba aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 55% al 75%; quedando definidas dichas variedades como «bastante resistentes a un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente».

GRUPO 5.- Melocotonero Maruja. Albaricoquero Rojo de Carlet. Albaricoquero Chileno. Melocotonero Maygold. Melocotonero Sudanell. Melocotonero Southland. Melocotonero Cotigua o Bienvenido. Melocotonero Fairhaven. Melocotonero Redcap. Melocotonero San Lorenzo. Melocotonero Gold Dust. Peral Ercolini. Peral Monsallard o mantecosa de Valencia. Peral Abate Fetel. Peral del Cura. Peral Roma. Manzano Wilson Red June (afecciones vegetativas considerables). Manzano Serena (afecciones vegetativas considerables). Manzano Esperiega (afecciones vegetativas muy graves). Manzano Rosa de Boheme (afecciones vegetativas muy graves). Membrilleros varios.

Engloba aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 35% al 55%; quedando definidas dichas variedades, a excepción de manzanos, como

«resistentes a un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente».

GRUPO 6.- Manzano Roja de Benejama (afecciones vegetativas muy importantes). Manzano Jonathan (afecciones vegetativas muy importantes). Melocotonero Cardinal. Ciruelo Golden Japan. Ciruelo Florentia. Ciruelo Dorata Precoce. Peral Castell. Peral Mantecosa Precoz Morettini. Melocotonero Dixired. Manzano Golden Delicious (afecciones vegetativas considerables). Manzanos del grupo Delicious: Red Delicious, Starking Delicious, Rechared, Starkrimson (todas ellas con afecciones vegetativas considerables). Manzano Verde Doncella (afecciones vegetativas considerables). Manzanos de San Juan, dulces y agridulces (afecciones vegetativas muy importantes). Manzano Astracán Rojo (afecciones vegetativas muy graves).

Manzano Parda (afecciones vegetativas muy importantes). Manzano Stayman Winesap (afecciones vegetativas muy importantes). Manzano Niella (afecciones vegetativas muy graves). Manzano Marinera (afecciones vegetativas muy importantes).

Engloba aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 15% al 35%; quedando definidas dichas variedades, a excepción de manzanos, como poseedoras de «una relativa resistencia a un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente».

GRUPO 7.- Melocotonero Paraguay. Albaricoquero Moniquí. Peral Santa María Morettini. Peral Max Red Bartlett. Melocotonero Brasileña. Melocotonero Starking Delicious. Ciruelo Burbank. Melocotonero Hiland. Melocotonero J. H. Hale. Melocotonero July Elberta. Melocotonero Redglobe. Peral Leonardeta. Peral Kaiser. Peral Williams. Peral Limonera o Doctor Jules Guyot. Melocotoneros Calabaceros. Melocotoneros Enriques. Melocotonero Muñoz, Ribarroja o Falsa Brasileña. Melocotoneros Campillos. Melocotonero Redhaven. Melocotonero Coronet. Melocotonero Selma.

Engloba aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 5% al 15%; quedando definidas dichas variedades como «fuertemente afectadas por un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente».

GRUPO 8.- Melocotonero Infanta Isabel. Ciruelo Formosa o Prat de Llobregat. Albaricoquero Paviot. Cerezo Temprana de Sot. Cerezo Windsor. Cerezo Napoleón. Cerezo Garrafal de Lérida. Cerezo Garrafal Monzón. Cerezos Mollares. Cerezo Picota. Cerezos Guindos. Ciruelo de Ente (Agen). Ciruelo Stanley. Ciruelo Imperial California. Ciruelo Ruthgerstetter. Peral Conference. Peral Tendral. Peral Williams Precoz Morettini, Peral Mantecosa Diel. Peral Mantecosa Giffard o Cañella.

Incluye aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, desde nulos hasta un máximo del 5%, tratándose de variedades más afectadas aún que las del grupo 7 por el déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente; aunque no presentan repercusiones vegetativas medias tan graves como las de los grupos 9 ó 10.

GRUPO 9.- Ciruelo Reina Claudia de Tolosa. Melocotonero Amsden.

Incluye aquellas variedades que han dado porcentajes medios, de cosecha comercial, desde nulos hasta un máximo del 5%, con repercusiones vegetativas medias de mucha importancia; quedando definidas dichas variedades como poseedoras de «enorme sensibilidad a un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente».

GRUPO 10.- Melocotonero Mayflower. Melocotonero Pavía Valencia. Melocotonero Madeleine Pouyet. Ciruelo Reina Claudia Verde. Ciruelo Reina Claudia Ouillins.

Incluye variedades que, prácticamente, no han dado cosecha comercial, con repercusiones vegetativas medias muy graves; quedando definidas dichas variedades como «extremadamente dañadas por un déficit, muy grave, en frío invernal, sufrido durante la letanía correspondiente».

2.2.- Anejo con exposición de comportamientos varietales en la zona de Edeta, ocurridos durante 1966 y en correlación con los datos expuestos en el cuadro núm. XI.

GRUPO 1.- Almendros Marcona y otros.

Porcentajes, de cosecha comercial, del 100%.

GRUPO 2.- Albaricoquero Canino. Ciruelo Golden Japan.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 90% al 100%.

GRUPO 3.- Melocotonero Cardinal. Melocotonero Brasileña. Melocotonero Cotigua. Melocotonero J. H. Hale. Ciruelo Formosa. Peral Ercolini. Cerezo Cristobalina.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 76% al 90%.

GRUPO 4.- Manzano Starkrimson. Manzano Golden Delicious. Manzano Richared. Peral Mantecosa Precoz Morettini. Cerezo Temprana de Sot.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 55% al 75%.

GRUPO 5.- Manzano Starking Delicious.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 35% al 55%.

GRUPO 6.- Albaricoquero Moniquí.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 15% al 35%.

GRUPO 7.- Albaricoquero Paviot.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 5% al 15%.

GRUPO 8.- Melocotonero Mayflower.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, desde nulos hasta un máximo del 5%.

GRUPO 9.- Ciruelo Reina Claudia Verde.

Porcentaje medio, de cosecha comercial, desde nulo hasta un máximo del 5%, con repercusiones vegetativas medias de mucha importancia.

2.3.- Anejo con exposición de comportamientos varietales en Calabarra, ocurridos durante 1966.

GRUPO 1.- Almendros Marcona y otros.

Porcentajes, de cosecha comercial, del 100%.

GRUPO 2.- Albaricoquero Canino.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 90% al 100%.

GRUPO 3.- Melocotonero Dixired. Ciruelo Burbank. Peral Ercolini.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 75% al 90%.

GRUPO 4.- Manzano Golden Delicious. Peral Castell.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 55% al 75%.

GRUPO.- Manzano Red Delicious. Peral Mantecosa Precoz Morettini.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 35% al 55%.

GRUPO 6.- Peral Max Red Bartlett.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 15% al 35%.

2.4.- Anejo con exposición de comportamientos varietales en la Carrichosa (Cieza), ocurridos durante 1966.

GRUPO 1.- Almendros.

Porcentaje, de cosecha comercial, del 100%

GRUPO 2.- Albaricoquero Carrascal. Peral Ercolini. Peral Montsallard. Albaricoquero Candelo. Albaricoquero Gitano. Albaricoquero Velázquez. Albaricoquero Búlida. Albaricoquero Ojaitos. Albaricoquero Pepito. Peral Blanquilla de Aranjuez. Ciruelo Santa Rosa. Ciruelo Golden Japan. Albaricoquero Antones o Colorao de Cieza. Peral Castell.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 90% al 100%.

GRUPO 3.- Melocotonero Cotigua. Melocotonero Paraguayo Tardío. Melocotonero Paraguayo Temprano.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 75% al 90%.

GRUPO 4.- Melocotonero Maruja. Peral Mantecosa Precoz Morettini.

Albaricoquero Paches. Albaricoquero Liberatos. Albaricoquero Cañahueca. Melocotoneros Calabaceros. Melocotoneros Campillos.

Porcentajes medios, de cosecha comercial, incluidos dentro del intervalo que va del 55% al 75%.

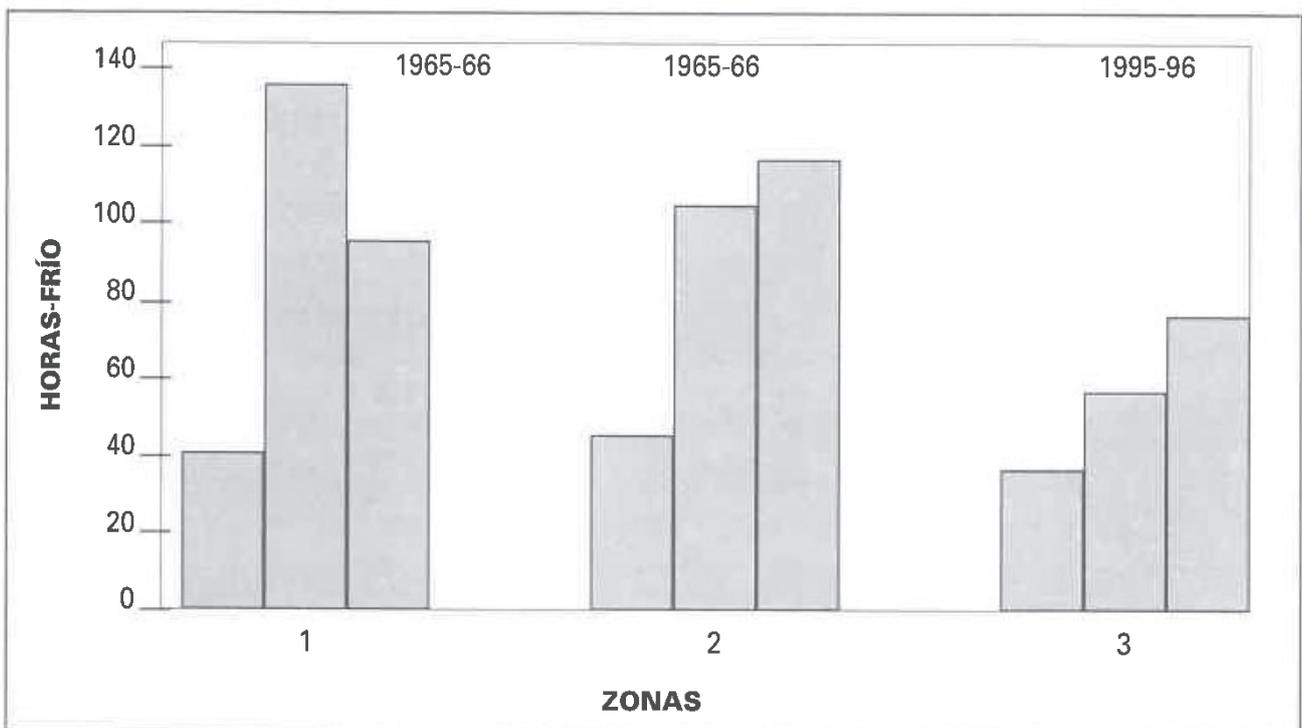
GRUPO 5.- Melocotonero Jerónimo.

Porcentaje medio, de cosecha comercial, incluido dentro del intervalo que va del 35% al 55%.

3.- DATOS COMPARATIVOS DE TEMPERATURAS Y DE LAS HORAS FRÍO EN LAS CAMPAÑAS 1965-66 Y 1995-96

Gráfica 6

HORAS-FRÍO ACUMULADAS EN LAS CAMPAÑAS 1956-66 Y 1995-96



1: Provincia de Valencia; 2: San Pedro del Pinatar (Murcia); 3: E.P.S.O. (Alicante).

Los resultados obtenidos en las CC.AA. de Valencia y Murcia durante la campaña 1965-66, en las que, como se indicó anteriormente, las pérdidas de cosechas por falta de frío durante el periodo de reposo invernal llegaron a ser de hasta el 100%:

a) Vega Alta del Segura:

Las temperaturas medias y las horas de frío en la Explotación agrícola «La Carrichosa» en Cieza (Murcia) fueron:

AÑO		1965		1966
MESES		NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
Temperatura (valores medios)	Máxima	17'40	15'87	15'45
	Mínima	7'00	7'64	5'75
	Media	12'20	11'75	10'660

Fuente: Sánchez-Capuchino (1967).

La acumulación total de horas-frío desde el mes de octubre hasta el 31-1-1966 fue de **351 horas-frío**, obtenidas por medición en bandas termográficas.

b) Campo de Cartagena:

Las temperaturas medias y las horas de frío en la finca «Lo Romero» en San Pedro del Pinatar (Murcia) fueron:

AÑO		1965		1966
MESES		NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
Temperatura (valores medios)	Máxima	19'50	17'00	19'00
	Mínima	8'50	6'50	7'00
	Media	14'00	11'75	13'00
Horas-frío ($\leq 7^\circ\text{C}$)		46'00	108	118

Fuente: Sánchez-Capuchino (1967).

En octubre no se acumularon horas-frío y el total acumulado hasta el 31-1-66 fue de **272 horas-frío**.

c) *Provincia de Valencia:*

Las temperaturas medias y las horas de frío medias obtenidas en la provincia de Valencia fueron:

AÑO		1965		1966
MESES		NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
Temperatura (valores medios)	Máxima	18'65	16'78	17'00
	Mínima	9'39	6'83	8'10
	Media	14'02	11'80	12'55
Horas-frío (≤ 7 °C)		42'12	130'27	97'19

Fuente: Sánchez-Capuchino (1967).

No se acumularon horas-frío durante el mes de octubre de 1965 y en febrero de 1966 se acumularon un total de 51'77 horas-frío.

Las horas-frío acumuladas hasta el 31-1-1966 totalizaron **269'58**.

Los estudios realizados por Sánchez-Capuchino en 1965-66, para las zonas indicadas y para las variedades implantadas en ellas, pueden ser hoy utilizados como referencia para vislumbrar los efectos que la falta de frío invernal puede producir en los frutales de estas zonas.

Las temperaturas medias de la campaña 1995-96 en la zona de estudio, han sido de 16'3 °C en noviembre, de 13'14 °C en diciembre de 1995 y de 12'69 °C en enero de 1966, mientras que en el año 1965-66 fueron de:

- Vega Alta del Segura: 12'20 °C en noviembre y 11'75 °C en diciembre de 1965, y de 10'66 °C en enero de 1966.
- Campo de Cartagena: 14 °C en noviembre y 11'75 en diciembre de 1965, y de 13 °C en enero de 1966.
- Provincia de Valencia: 14'02 °C en noviembre y 11'80 en diciembre de 1965, y de 12'55 °C en enero de 1966.

A la vista de estos resultados puede decirse que el presente periodo de reposo invernal es claramente más cálido que el de 1965-66.

Por otro lado, las horas-frío obtenidas en la campaña de 1995-96 han sido:

- Estación climática de la E.P.S. de Orihuela (Alicante): 38'63 en noviembre y 55'12 en diciembre de 1995 y de 75'79 en enero de 1996, lo que da un total de 169á54 horas-frío; mientras que en la campaña 1965-66 se obtuvo:
- Vega Alta del Segura: 351 horas-frío desde noviembre a enero inclusive.
- Campo de Cartagena: 272 horas-frío de noviembre a enero inclusive.
- Provincia de Valencia: 269á58 horas-frío de noviembre a enero inclusive.

Finalmente, de lo anteriormente expuesto, y teniendo en cuenta que la mayoría de las variedades frutales caducifolias cultivadas en las CC. AA. de Valencia y Murcia tienen necesidades de frío superiores a las 450 horas-frío, se deduce la manifiesta falta de frío invernal en la presente campaña agrícola, aspecto que también puede verse en los gráficos indicados con anterioridad para la misma estación climática.

ANEJO N.º 5

INTERVALOS Y FUNCIONES UTILIZADOS PARA FACILITAR EL USO DE LOS DISTINTOS MODELOS EMPLEADOS EN EL CÁLCULO DEL FRÍO Y DEL CALOR ACUMULADOS

1.- MÉTODOS DE MEDIDA DE HORAS-FRÍO

A) CORRELACIÓN DE WEIMBERGER.

t	13'2	12'3	11'4	10'6	9'8	9'0	8'3	7'6	6'9	6'3
horas < 7 °C	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350

t = Media de las temperaturas de los meses de diciembre y enero.

Fuente: Weimberger (1956).

Aunque el cálculo resulta simple, los resultados son solamente una primera aproximación y marcadamente erróneos en las zonas mediterráneas o templado-cálidas de alta insolación (Gil-Albert, 1986).

B) MÉTODO DE MOTA.

Estudia la correlación entre las horas-frío y la temperatura media de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

$$Y = 485'1 - 28'52 X \quad \text{donde:}$$

Y = Número mensual de horas bajo 7 °C.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

El método de Mota (1957) resulta todavía inexacto en zonas templado-cálidas (Gil-Albert, 1986). Cuando en el cálculo un valor de Y resulta negativo, la acumulación de horas-frío se considera interrumpida.

Tabuenca (1964) adaptó esta fórmula a las condiciones del Valle del Ebro, obteniendo:

$$Y = 700'4 - 48'6 X \quad \text{donde:}$$

Y = Número mensual de horas bajo 7 °C.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

C) MÉTODOS CROSSA-RAYNAUD Y SÁNCHEZ-CAPUCHINO.

$$hf = 24 \frac{7 - m}{M - m} K \quad \text{siendo:}$$

hf = horas-frío (horas por debajo de 7 °C).

M = Temperatura máxima de un periodo de un día (°C).

m = Temperatura mínima de un periodo de un día (°C).

En el Levante y Sureste español la expresión anterior debe ser corregida con un factor corrector que compense el error cometido. Fue Sánchez-Capuchino (1965) quien determinó dicho factor para el Levante español, $K=1'5$, quedando la fórmula para nuestra zona como sigue:

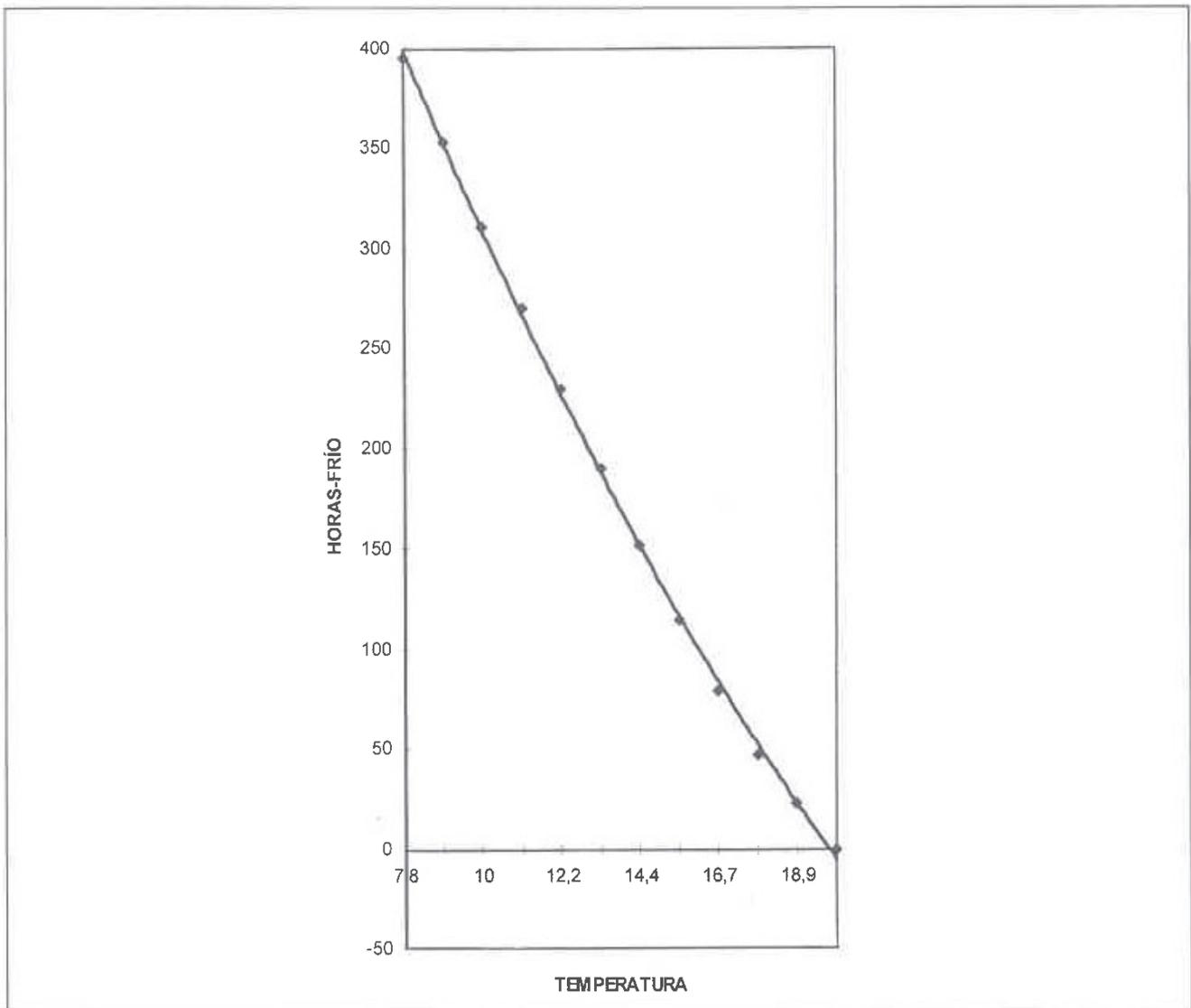
$$hf = K \left[24 \frac{7 - m}{M - m} \right] = 36 \frac{7 - m}{M - m}$$

D) MÉTODO BIDABÉ.

$$aF = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10})$$

Bidabé indica que Q_{10} varía entre 2'5 y 3'5 para distintas variedades de manzano estudiadas en d'Angers (Francia). Los valores de Q_{10} , se deben obtener para cada variedad y zona.

E) MÉTODO SHARPE.

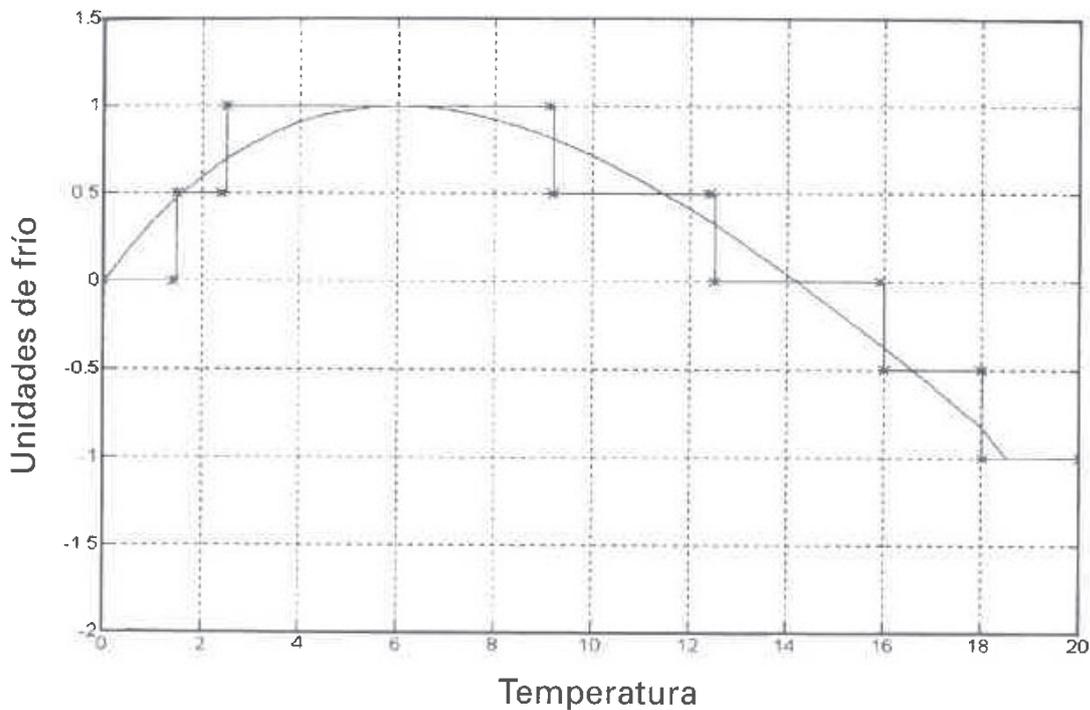


Temperatura media mensual (T _{mm})	Cálculo de Horas de frío (hf)
T _{mm} < 7'8	hf = 395
7'8 > T _{mm} < 20	hf = 0'8929 T _{mm} ² - 48'324 T _{mm} + 446'16; R ² = 0,9994
T _{mm} > 20	hf = 0

2.- MÉTODOS DE MEDIDA DE UNIDADES DE FRÍO

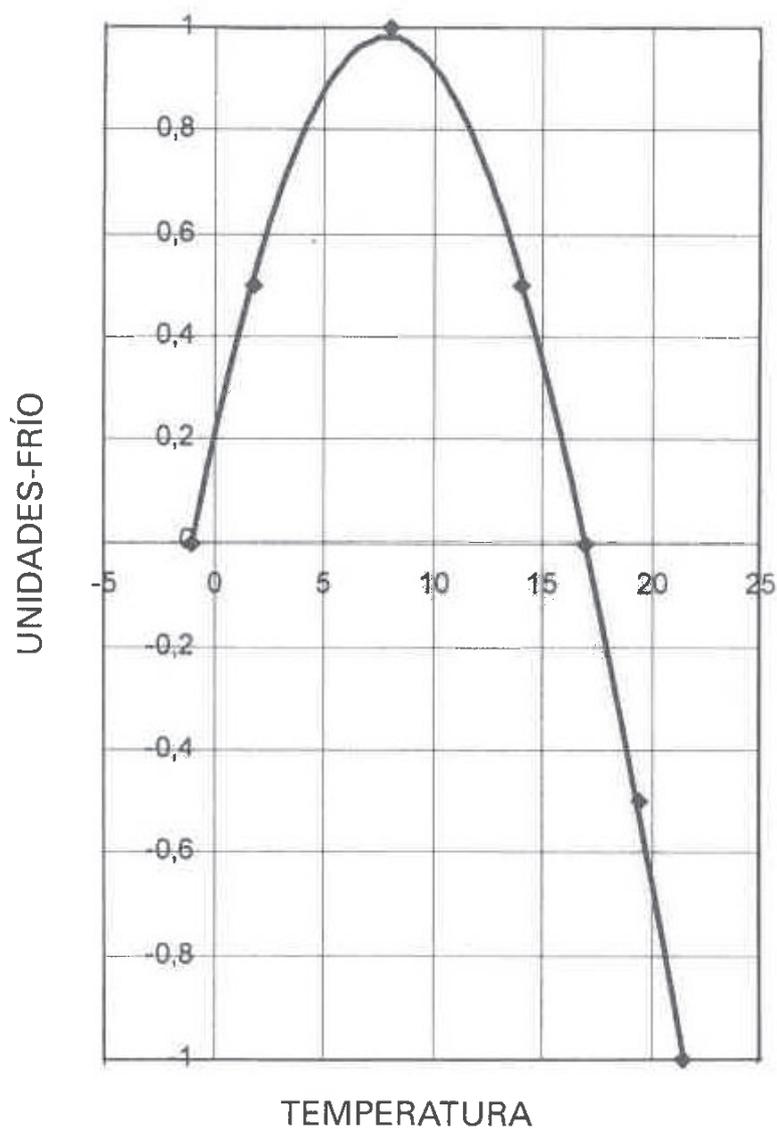
A) MODELO UTAH.

El conteo de las U_f debe iniciarse en otoño, a partir del día en que exista la más elevada contribución negativa, debiendo ser suspendido el registro a finales del invierno, cuando de manera normal las unidades frío que cada día son negativas (Richardson *et al.*, 1974).



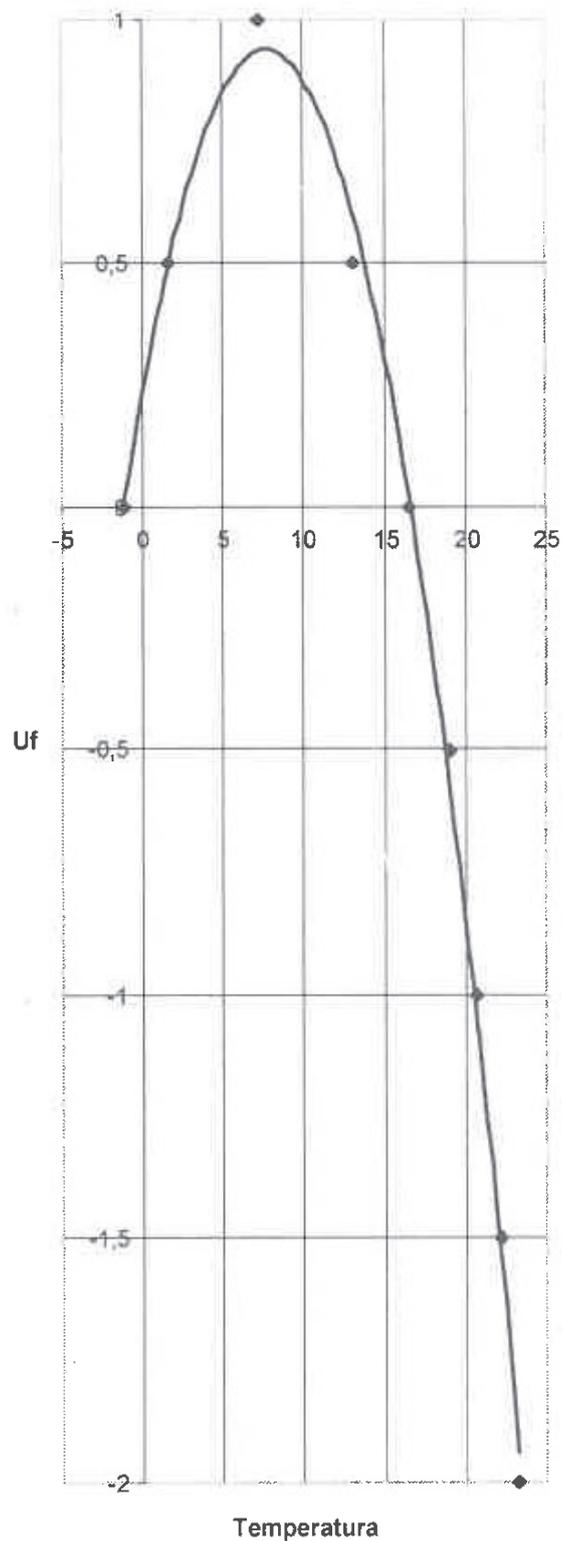
Temperatura media horaria (T_{mh})	Cálculo de Unidades frío (U_f)
$T_{mh} < 1.4$	$U_f = 0$
$1.4 > T_{mh} < 18$	$U_f = 0.951 (T_{mh} + 9.054)^{(-0.0664 T_{mh})} - 8.611; R^2 = 0.997$
$T_{mh} > 18$	$U_f = -1$

B) MODELO BAJAS NECESIDADES.



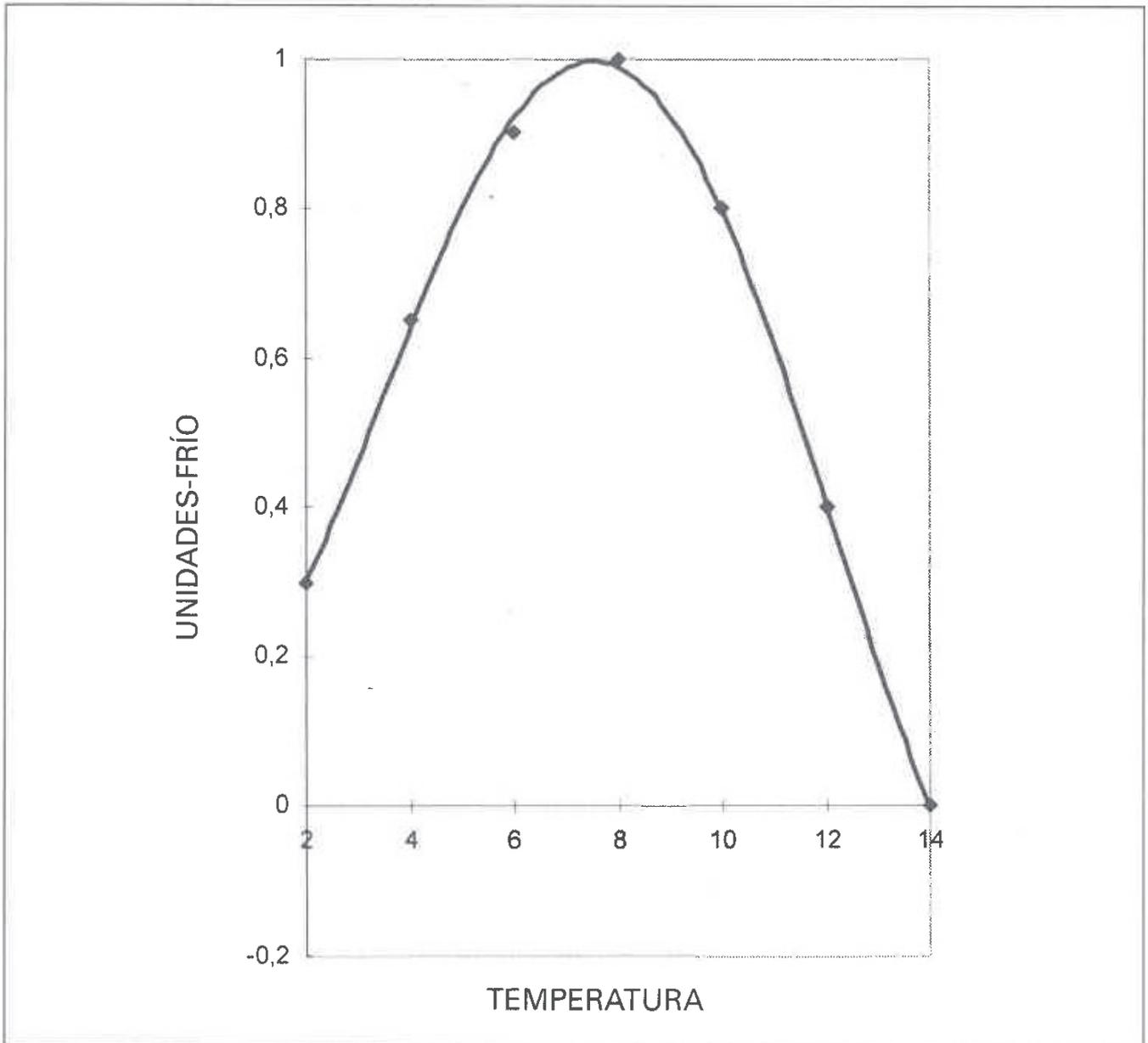
Temperatura média horaria (T_{mh})	Cálculo de Unidades frío (Uf)
$T_{mh} < -1$	$Uf = 0$
$-1 > T_{mh} < 21,5$	$Uf = 8E-06 T_{mh}^4 - 0,0002 T_{mh}^3 - 0,0109 T_{mh}^2 + 0,1946 T_{mh} + 0,1997; R^2 = 0,9994$
$T_{mh} > 21,5$	$Uf = -1$

C) MODELO CAROLINA DEL NORTE.



Temperatura media horaria (T _{mh})	Cálculo de Unidades frío (Uf)
T _{mh} < -1'1	Uf = 0
-1'1 > T _{mh} < 23'3	Uf = 8E-06 T _{mh} ⁴ - 0,0002 T _{mh} ³ - 0,0109 T _{mh} ² + 0,1946 T _{mh} + 0,1997; R ² = 0,9994
T _{mh} > 23'3	Uf = -2

D) EQUIVALENCIA TEMPERATURAS/UNIDADES-FRÍO
(EREZ-COUVILLON).



Temperatura media horaria (T_{mh})	Cálculo de Unidades frío (Uf)
$T_{mh} < 0$	$Uf = 0'2$
$0 < T_{mh} < 2$	$Uf = 0'05 T_{mh} + 0'2; R^2 = 1$
$2 < T_{mh} < 14$	$Uf = 0,0047 T_{mh}^4 - 0,0744 T_{mh}^3 + 0,3021 T_{mh}^2 - 0,1224 T_{mh} + 0,1929; R^2 = 0,999$
$14 < T_{mh} < 16$	$Uf = 0$
$16 < T_{mh} < 20$	$Uf = - 0'175 (T_{mh} - 16) + 2'8; R^2 = 1$
$T_{mh} > 20$	$Uf = - 0'7$

3.- MÉTODOS DE MEDIDA DEL CALOR ACUMULADO

A) UNIDADES DE CALOR.

$$U_c = \sum (T_m - t), \quad \text{donde:}$$

U_c = Unidades de calor ($^{\circ}\text{C}$), acumuladas en el periodo considerado.

\sum = Sumatorio extendido al número de días considerado.

T_m = Temperatura media diaria ($^{\circ}\text{C}$).

t = Temperatura umbral considerada ($^{\circ}\text{C}$). Esta temperatura suele tomarse entre 4'5 y 6 $^{\circ}\text{C}$.

Este método considera que, con independencia de la temperatura alcanzada o del momento en que ocurra, el aumento de 1 $^{\circ}\text{C}$ produce el mismo efecto.

B) MÉTODO BIDABÉ.

Bidabé (1963), trabajando con manzano, indica que, al aumentar 10 $^{\circ}\text{C}$ la temperatura, la velocidad de crecimiento de los botones florales se multiplica por un valor que va de 2'5 a 3'5, según variedades, introduciendo la notación de Q^{10} para cuantificar la acción de la temperatura sobre el desarrollo de las yemas de flor.

La acción diaria de la temperatura (ADT), se calcula de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\text{ADT} = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10}), \text{ donde:}$$

M y m son las temperaturas máxima y mínima diarias, respectivamente.

C) CORRELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA FLORACIÓN.

Tabuenca y Herrero (1966) calcularon los coeficientes de correlación entre la fecha de floración y la temperatura máxima media de algunos periodos de tiempo. En la tabla siguiente se exponen las ecuaciones

y los periodos de tiempo considerados para cada una de las especies estudiadas.

RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA ÉPOCA DE FLORACIÓN

ESPECIE	ECUACIÓN	PERIODO
Albaricoquero	$y = 62'9 - 3'2 t$	15 de febrero a 15 de marzo
Cerezo	$y = 93'4 - 3'7 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Ciruelo japonés	$y = 57'4 - 3'1 t$	16 de enero a 15 de marzo
Ciruelo europeo	$y = 87'5 - 3'6 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Manzano	$y = 112 - 4 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Melocotonero	$y = 52'1 - 2'1 t$	15 de febrero a 28 de febrero
Peral	$y = 81'9 - 3'3 t$	1 de febrero a 31 de marzo

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

D) HORAS GRADO DE CRECIMIENTO (GDH).

Estas unidades se calculan restando 4'5 °C a cada temperatura media horaria (T_{mh}) en el intervalo comprendido entre 4'5 y 25 °C. Todas las temperaturas por encima de 25 °C se asume que son iguales a 25 °C. Para todas las temperaturas medias horarias inferiores a 4'5 °C se tomará $T_{mh} = 4'5$ °C. Este modelo se conoce también con el nombre de *modelo Utah*:

$$GDH = \sum_{1}^{24} (T_{mh} - 4'4) \quad \text{donde:}$$

\sum_{1}^{24} = Sumatorio desde la primera hora del día, $h = 1$, hasta la número 24, $h = 24$, de las diferencias entre las temperaturas medias horarias y la temperatura base de 4'5 °C, durante cada día del periodo considerado.

T_{mh} = Temperatura media horaria (°C).

En otras zonas y para otras variedades puede tomarse otra temperatura base, por ejemplo 10 °C en vez de 4'5 °C (Buchanan, 1977) resultando:

$$\text{GDH} = \sum_1^{24} ({}_{10}^{25} T_{\text{mh}} - 10)$$

También, el límite superior de temperatura, podrá ser distinto de 25 °C.

ANEJO N.º 6
FOTOGRAFÍAS



Fotografía Nº 1. Almendro. Desfase entre floración y foliación. Se observa floración en ramas bajas, sólo foliación en ramas altas y hojas viejas del período vegetativo anterior. Fecha: 25-01-96. Sucina (Murcia).



Fotografía Nº 2. Almendro. Detalle de una rama del árbol anterior donde se observan flores, un fruto, un brote, varias yemas en latencia y caída de yemas. Fecha: 25-01-96. Sucina (Murcia).



Fotografía N° 3. Almendro en flor con hojas viejas y nuevas simultáneamente.
Fecha: 25-01-96. Sucina (Murcia).



Fotografía N° 4. Almendro con flores, hojas viejas, hojas nuevas y frutos recién cuajados.
Fecha: 23-02-96. Avileseles (Murcia).



Fotografía N° 5.
Almendra. Detalle de rama
con escasa foliación, algunos
frutos de reducido tamaño
y fuerte caída de yemas.
Fecha: 26-05-96.
Avilese (Murcia).



Fotografía N° 6.
Ciruelo. Desfase entre
floración y foliación:
botones florales, flores
abiertas y yemas vegetativas
abriendo. Caída de yemas
en otras ramas del árbol.
Fecha: 15-03-96.
Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 7.
Ciruelo. Ramas con fuerte
caída de yemas y brotación
muy irregular. La cosecha
fue prácticamente inexistente.
Fecha: 15-03-96.
Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 8. Albaricoquero. Detalle de rama con desfase entre floración y foliación.
Fecha: 28-02-96. Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 9. Albaricoquero. Rama donde se observa la caída de pétalos en algunas flores y brotes vegetativos dispuestos irregularmente. Brotación irregular y caída de yemas. Fecha: 26-03-96. Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 10.
Melocotonero. Detalle
de ramas con vegetación
deficiente y caída de yemas.
Fecha: 26-03-96.
Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 11. Cerezo. Árbol adulto con desfase entre floración y foliación.
Cosecha final deficiente. Fecha: 26-04-96. Valle del Jerte (Cáceres).



Fotografía N° 12.
Cerezo. Árbol joven.
Se aprecia el desfase entre
floración y la foliación.
Fecha: 26-04-96.
Valle del Jerte (Cáceres).



Fotografía N° 13.
Membrillero. Se observa
el árbol en floración,
la caída de yemas
y la brotación irregular.
Fecha: 20-04-96.
Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 14.
Membrillero. Se observan
frutos cuajados
y caída de yemas.
Fecha: 27-04-96.
Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 15.
Peral. Foliación y floración
en ramas inferiores. Yemas
con síntomas de actividad en
zonas superiores. Brotación
irregular y caída de yemas.
Fecha: 26-03-96.
Torres de Cotillas (Murcia).



Fotografía N° 16.
Peral. Distribución
irregular de la floración,
con yemas sin
actividad aparente
en ramas superiores.
Fecha 07-05-96. Torres
de Cotillas (Murcia).



Fotograf
a



Fotografía N° 17.
Peral. Ramas
con brotación irregular
y caída de yemas.
Fecha: 21-05-96. EPS de
Orihuela (Alicante).



Fotografía N° 18. Manzano. Ramas de manzano en las que persisten las hojas viejas.
Fecha: 21-01-96. EPS de Orihuela (Alicante).



Fotografía N° 19. Manzano. Árbol de la fotografía anterior donde se observa floración y foliación irregular con caída de yemas. Fecha: 08-05-96. EPS de Orihuela (Alicante).