



# Estudio del cambio climático y sus implicaciones en el cultivo del manzano en Asturias

ENRIQUE DAPENA DE LA FUENTE. Responsable del Programa de Investigación en Fruticultura. SERIDA. enriquedf@serida.org

ALFONSO FERNÁNDEZ-CEBALLOS. Becario. Caja Rural de Gijón. fonsofc@serida.org



El cambio climático está produciendo un adelanto de la época de floración y segundas floraciones anómalas en otoño.

## Resumen

Uno de los campos en los que el cambio climático afecta de manera directa a la actividad humana es la agricultura, por lo que son necesarios estudios que determinen las consecuencias de este cambio y las posibles acciones para

paliar o contrarrestar su efecto. Los objetivos de este estudio consistieron en determinar la evolución del clima en las tres últimas décadas en Asturias y analizar las consecuencias para el cultivo del manzano de los cambios registrados, así como de aquéllos previstos para el futuro. Se observó un aumento de la temperatura media anual y de la temperatura media mensual en los meses de primavera y verano, así como un descenso de las precipitaciones en los mismos meses. Esta evolución implica una “mediterrización” del clima, lo que tiene importantes consecuencias para el cultivo del manzano y de otras especies vegetales. En el estudio también se detectó un adelanto de la fecha de floración de los manzanos. Los cambios registrados provocan un aumento del riesgo de ocurrencia de periodos de déficit hídrico en el manzano y otros frutales.

## Introducción

La rápida evolución del clima terrestre en las últimas décadas afecta sin duda a los sistemas biológicos y físicos, pero también a los sistemas sociales y económicos (IPCC, 2001). La agricultura es uno de los sectores en donde su efecto es más inmediato, tanto por las tendencias generales de aumento de la temperatura y de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, como por las perturbaciones en el régimen pluviométrico.





Los registros meteorológicos de los últimos decenios empiezan a mostrar señales claras del cambio climático en España, aunque todavía difíciles de resolver con la necesaria nitidez espacial y temporal (Moreno, 2005). Por ello, son recomendables los estudios de la evolución climática a una escala regional o local que permitan disponer de análisis detallados de su impacto en la agricultura.

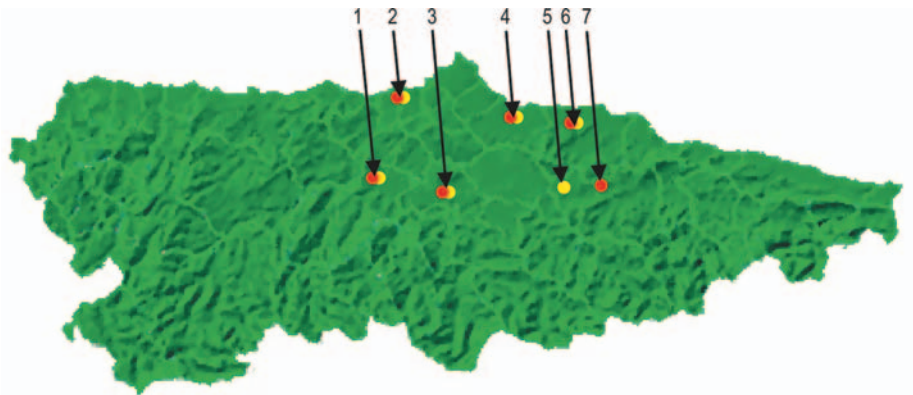
En este sentido, uno de los principales cultivos agrícolas en Asturias es el manzano, que a finales de los años 80 inició un proceso de renovación de las pomaradas tradicionales. Este tipo de pomaradas, con un sistema extensivo de aprovechamiento mixto de manzana y hierba mediante siega o pasto, fueron paulatinamente sustituidas por plantaciones semi-intensivas en eje, con variedades autóctonas y portainjertos seleccionados y portainjertos de vigor medio, aunque todavía se siguen realizando plantaciones de carácter más extensivo.

Uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los productores de la región en los últimos años son los periodos de sequía en primavera y verano. En esta época del año, y teniendo en cuenta las características fisiológicas del manzano, la falta de agua puede comprometer no sólo la producción anual de manzana, sino también el correcto desarrollo del árbol.

Los objetivos de este estudio fueron: en primer lugar, analizar las tendencias de la temperatura y la precipitación en Asturias en los últimos 30 años, así como sus implicaciones generales en el cultivo del manzano. En segundo lugar, estudiar en qué modo la tendencia de la temperatura modifica la época de floración de las variedades asturianas de manzana. En tercer lugar, analizar el balance hídrico de los manzanos para poder extraer recomendaciones para su cultivo en Asturias.

### Datos meteorológicos

El Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) dispone de dos estaciones meteorológicas



**Figura 1.**-Localización de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio:

- 1) Grado;
- 2) Ranón (Soto del Barco);
- 3) Oviedo;
- 4) Gijón;
- 5) Viobes (Nava);
- 6) Villaviciosa;
- 7) Bargaedo (Piloña).

Los puntos rojos representan registros de temperatura y los amarillos de precipitación.

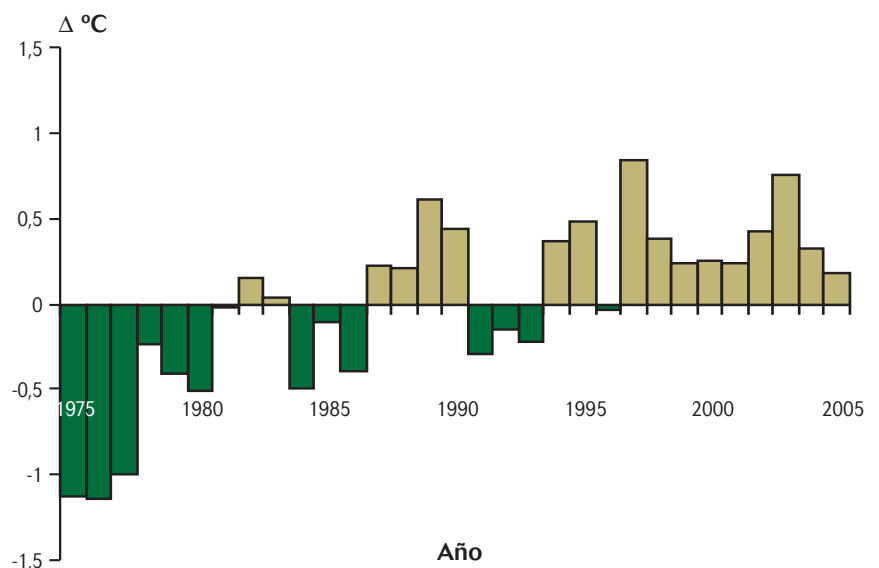
automatizadas ubicadas en Grado y Villaviciosa. Sus registros, junto con otros aportados por el Instituto Meteorológico Nacional, sirvieron de base para realizar este trabajo (ver figura 1). Para el estudio se dispuso de un registro continuo de 1976 a 2005.

Las conclusiones del análisis se compararon con las previsiones del clima para el futuro de la Península Ibérica en relación con el cambio climático, obtenidas del 'Informe de Evaluación del Impacto del Cambio Climático en España' elaborado en 2005 por el Ministerio de Medio Ambiente (Moreno, 2005).

### Temperatura

La temperatura media mensual es siempre muy similar entre las distintas estaciones meteorológicas estudiadas de Asturias, dado que la temperatura del aire es constante para áreas relativamente grandes (Chmielewsky *et al.*, 2003).

**Gráfico 1.**-Variación de la temperatura media anual respecto a la temperatura media de todo el periodo.



**En los últimos 30 años la temperatura media anual aumentó en 1,3°C, a razón de 0,43°C por década.**

↓  
Estación metereológica automatizada de Villaviciosa.



En todas las estaciones hubo una tendencia al aumento de la temperatura media anual. En las tres últimas décadas la variación promedio de la temperatura media en Asturias fue de +0,43°C por década (gráfico 1). Al analizar las temperaturas medias mensuales, se vio que el aumento de la temperatura se produjo principalmente en los meses de marzo a agosto.

Esta evolución de las temperaturas medias anuales coincide, en rasgos generales, con los cambios registrados en el conjunto de la Península Ibérica (Moreno, 2005). Esta tendencia se mantiene en las previsiones para el conjunto del S. XXI y su magnitud varía fundamentalmente en función del escenario de emisiones de gases de efecto invernadero empleado en los modelos climáticos.

Los cambios registrados en las temperaturas medias tienen importantes conse-

cuencias para el cultivo del manzano, ya que la temperatura influye en todas las tasas de desarrollo de los procesos fisiológicos.

El momento en el que la evolución de la temperatura en Asturias puede tener un efecto más favorable en el cultivo del manzano se produce a principios de primavera, durante la floración, ya que se relaciona positivamente con una mayor fertilidad. Por otra parte, el mayor peligro para el cultivo del manzano es el derivado del aumento de las temperaturas en primavera-verano que supone un aumento de la evapotranspiración y de las necesidades hídricas de los árboles, mientras que el régimen de precipitaciones disminuye (ver apartado de precipitaciones).

Además de las temperaturas medias anuales y mensuales hay dos tipos de registros de temperatura importantes para el cultivo del manzano: el primero, está en relación al riesgo de una helada tardía que pueda afectar a la floración. Sin embargo, al analizar el número de días con una temperatura mínima inferior a 0°C en los meses de marzo, abril y mayo, la tendencia detectada fue una disminución del número de estos días. El segundo, está relacionado con las altas temperaturas veraniegas que pudieran afectar a la epidermis de los frutos. No se observaron cambios importantes en el número de días con una temperatura máxima superior a 30°C, aunque si aumentó el número de días en los que se alcanzaron los 25°C.

Otro efecto de la temperatura en el cultivo del manzano a tener en cuenta se produce de modo indirecto a través de las plagas y enfermedades, ya que las variaciones en la temperatura pueden provocar desajustes entre la fenología de las plagas y el manzano cuyas consecuencias no son fáciles de prever.

### **Acumulación de unidades de frío y de calor**

Diversos estudios han relacionado el aumento de la temperatura en las zonas templadas con el adelanto fenológico





(fundamentalmente de la floración) de un gran número de plantas silvestres y cultivadas (véase por ejemplo la revisión de Parmesan, 2003) incluyendo el manzano (Chmielewski *et al.*, 2004; Wolfe *et al.*, 2005). Nuestro estudio analizó la tendencia de la época de floración de las variedades asturianas de manzano, a partir del cálculo de la acumulación de unidades de frío (UF) durante el otoño-invierno y de calor durante el invierno-primavera (GDH, siglas en inglés de grados hora de crecimiento), que determinan la finalización del periodo de latencia invernal de los manzanos y el inicio de la floración, respectivamente. Para calcularlo se aplicaron modelos matemáticos cuyos parámetros están fijados en función de las conclusiones de trabajos previos con variedades de manzano en Asturias (Dapena, 1996).

Al disponer en el periodo 1987-2006 de las fechas de floración de las variedades de manzano asturianas de catorce años se pudo comparar la fecha teórica de floración, calculada mediante los modelos matemáticos, con las fechas reales de floración. Su alto nivel de concordancia confirmó el uso de la fecha calculada de manera teórica.

Los resultados muestran que existe, por un lado, una ligera tendencia al aumento del número de unidades de frío acumuladas en el otoño-invierno y, por otro, una clara tendencia al aumento de las unidades de calor en invierno-primavera. Estos resultados se relacionan con la tendencia al adelanto de la fecha de floración de los manzanos en Asturias desde en torno al 8 de mayo hace tres décadas, hasta en torno al 23 de abril, en los últimos años (gráfico 2). Además, se confirma que la fecha de floración de los manzanos en Asturias se está adelantando en paralelo a los cambios registrados en el clima de la región. En las tres últimas décadas esta fecha de floración se ha adelantado en unos 15 días de promedio debido, en parte, al aumento de las unidades de frío durante los meses invernales, pero principalmente, al aumento de las unidades de calor durante la primavera. Este adelanto en la floración determina también un adelanto en la maduración.

## Precipitaciones

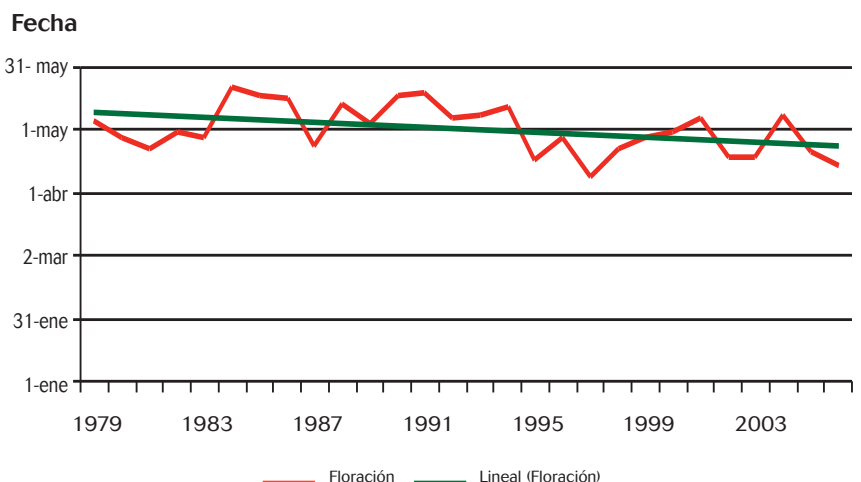
De manera similar al análisis realizado sobre la evolución de la temperatura en las tres últimas décadas en Asturias se analizó la evolución de las precipitaciones.

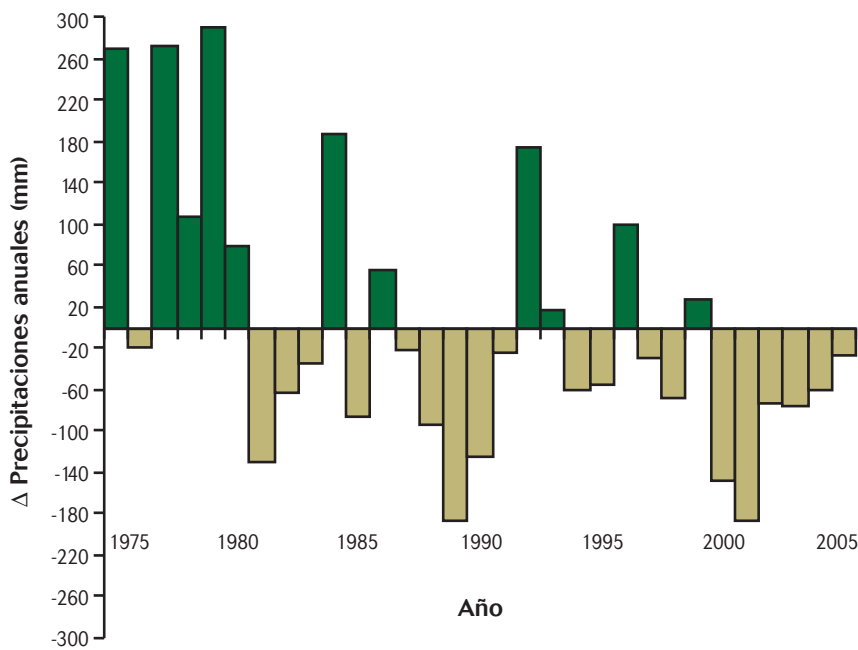
El grado de concordancia entre los valores de las precipitaciones entre las distintas estaciones meteorológicas fue alto, aunque no tanto como en el caso de las temperaturas. Esto probablemente se debe a la presencia en Asturias de cadenas montañosas cerca de la costa que modulan localmente los efectos de los frentes borrascosos provenientes del noroeste, responsables de la mayor parte de las precipitaciones de la región.

Al promediar las precipitaciones anuales de las estaciones meteorológicas, la tendencia fue claramente descendente, con una variación media de las precipitaciones de -77 mm por década (gráfico 3). Si observamos las precipitaciones mensuales en general, la tendencia de los meses de primavera y verano fue una disminución de las precipitaciones mientras que la de los meses de otoño fue un aumento de las mismas. Además, se observó que el mes del año con menos precipitaciones en Asturias se adelantó en las últimas décadas. Mientras que en la década 1975-84 el mes con menor precipitación fue septiembre (55 mm, casi la misma que la del mes de agosto, 56 mm), en la década 1985-94 fue julio (38 mm) y en la década de 1995-04 fue junio (44 mm).

**En las tres últimas décadas la floración se ha adelantado en unos 15 días, debido, sobre todo, al aumento de las unidades de calor.**

**Gráfico 2.-Evolución de las fechas de la época de floración durante el periodo 1978 y 2006. Se incluye línea de tendencia de la época de floración.**





**Gráfico 3.-**Variación de la precipitación anual respecto a la precipitación media de todo el periodo (1976-2005).

**En las tres últimas décadas se ha producido un descenso de las precipitaciones, a razón de 77 milímetros por década. (50 milímetros en los meses de marzo a junio).**

También se analizó la precipitación acumulada de los meses de marzo, abril, mayo y junio, correspondiente al periodo de floración e inmediatamente posterior, momentos en los que los manzanos son más sensibles al estrés hídrico (Lakso, 2003). Durante estos cuatro meses se detectó una reducción de las precipitaciones con una variación promedio de las precipitaciones de - 50 mm/década. Esto implica que dos tercios de la disminución de las precipitaciones anuales en Asturias en las últimas décadas se produjeron en estos cuatro meses.

### Balance hídrico

Tal como se comentó anteriormente, el aumento de la temperatura, junto con el descenso de las precipitaciones puede inducir un riesgo importante de déficit hídrico en los manzanos.

Para estimar si las condiciones climáticas actuales en Asturias presentan o pueden presentar en un futuro cercano problemas de déficit hídrico para el cultivo del manzano, se siguieron las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Allen *et al.*, 1998). Teniendo en cuenta las características propias del cultivo de manzano en Asturias (según Dapena y Blázquez, 2003) se

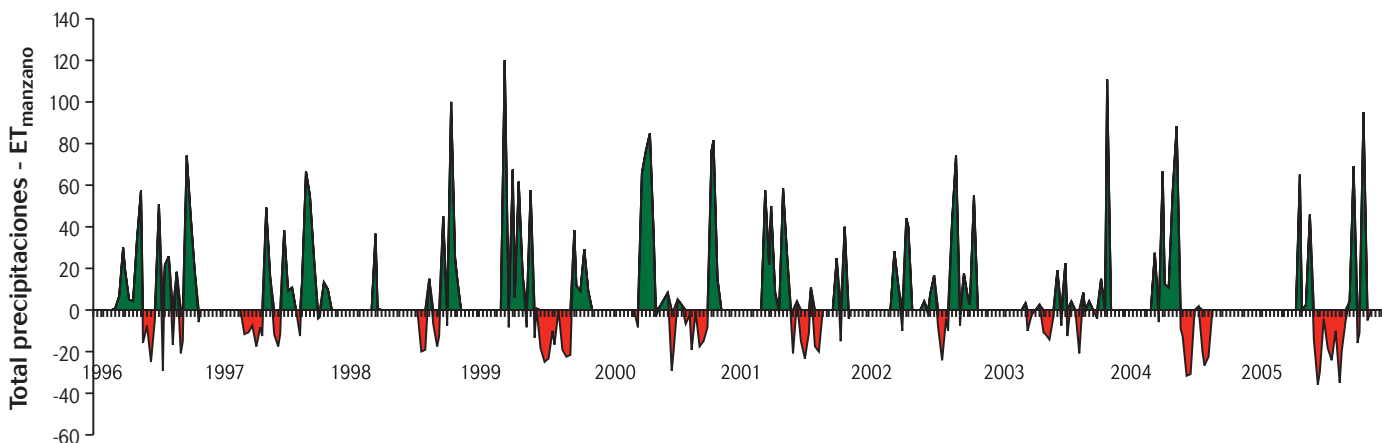
calculó la evapotranspiración potencial del manzano ( $ET_{\text{manzano}}$ ) a partir de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y el cálculo del coeficiente de cultivo ( $K_{\text{manzano}}$ ), según la ecuación de referencia Penman-Monteith. De este modo se calculó el balance hídrico teórico ( $\text{Precipitaciones} - ET_{\text{manzano}}$ ) de los manzanos en Asturias de marzo a octubre en la década 1996-05 (Gráfico 4).

En ese periodo la situación fue de déficit hídrico durante la mitad del tiempo (el promedio anual fue del  $50,3 \pm 10,2\%$ ). Estos periodos de déficit hídrico fueron menos abundantes durante la floración y en el periodo inmediatamente posterior (meses de marzo a mayo) que durante el verano.

La reducción anual de precipitaciones, junto a la reducción de la precipitación en los meses de marzo a junio, disminuye la disponibilidad hídrica, que en la última década se ha situado por debajo de la  $ET_{\text{manzano}}$  teórica calculada para los manzanos de Asturias en más de la mitad del periodo de primavera-verano. Estos resultados vienen a confirmar las preocupaciones de los productores de la región.

Los momentos en los que los manzanos son más sensibles al déficit hídrico son la primavera y el inicio del verano, ya que en ellos se producen el desarrollo vegetativo, la floración y el inicio del desarrollo de la fructificación; procesos caracterizados por el alto número de divisiones celulares y, por tanto, muy sensibles a la falta de agua (Lakso, 2003). Esta época de mayor sensibilidad de los manzanos coincide con los meses en los que el descenso de las precipitaciones en Asturias es más acusado, con una pérdida neta de un 15% de las precipitaciones por década. La tendencia al adelantamiento de los meses más secos del año en Asturias no hace más que empeorar la situación.

Ante estos resultados y unas previsiones futuras que, sin ser tan precisas como en el caso de la temperatura, apuntan en general a una disminución de las precipitaciones sobre todo en primavera verano, puede resultar de interés replantearse la utilización de portainjertos de mayor



vigor con un sistema radicular más profundo y por tanto con mayor capacidad de captar agua, en especial en terrenos de ladera.

Por otra parte, la irrigación de apoyo puede convertirse en una necesidad para el cultivo del manzano en Asturias, en especial en los primeros años. Un manejo eficiente de la irrigación requiere un seguimiento tanto de la evapotranspiración de los manzanos como de las precipitaciones. El cálculo de la evapotranspiración del manzano, teniendo en cuenta las características regionales del cultivo, a partir de la evapotranspiración de referencia Penman-Monteith, supone el método recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Allen *et al.*, 1998). Su cálculo cada diez días, durante los meses de marzo a julio, permite una rápida toma de decisiones respecto a la idoneidad del riego en las plantaciones, e incluso respecto a la cantidad de agua necesaria para que los árboles no sufran un estrés por déficit hídrico.

### Conclusiones

- La temperatura media anual en Asturias muestra una tendencia al aumento en las tres últimas décadas de +0,43°C por década. Este aumento se ha producido principalmente durante los meses de marzo a agosto.
- El aumento de la temperatura ha provocado un adelanto de la época de floración de las variedades de manzano asturianas, principalmente debido a un

aumento de las unidades de calor acumuladas en primavera. En las tres últimas décadas la fecha de floración teórica se ha adelantado 15 días de promedio.

- Se ha detectado un descenso de las precipitaciones anuales en Asturias en las tres últimas décadas de -77 mm por década. Este descenso se produce principalmente durante los meses de primavera y principios de verano (-50 mm por década). Además, se ha constatado un adelanto del mes más seco del año de septiembre a junio.
- El efecto combinado del aumento de la temperatura y del descenso de las precipitaciones provoca un riesgo alto de déficit hídrico en los manzanos y otros frutales cultivados en Asturias. Este déficit se produjo en los últimos cinco años en más del 50% de la primavera y el verano y es más peligroso en los periodos de la floración y en los inmediatamente posteriores, que son precisamente en los que, en las últimas décadas, se han detectado un mayor aumento de la temperatura y un mayor descenso de las precipitaciones en Asturias.

### Agradecimientos

Los resultados de este estudio se obtuvieron parcialmente a partir de datos meteorológicos cedidos por el Instituto Nacional de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente). Los autores también quieren agradecer a Marcos Miñarro Prado sus aportaciones al texto y a

**Gráfico 4.**-Balance hídrico teórico de los manzanos (Precipitaciones -  $E_{t_{manzano}}$ ) en los meses de marzo a octubre durante la década 1996-05. Las zonas en verde indican épocas en el que el balance es positivo, por lo que el cultivo dispone de agua suficiente para su correcto desarrollo fenológico, mientras que las zonas en rojo indican épocas en las que el balance es negativo y se produce una situación de estrés hídrico.

**En primavera y verano en los últimos años se ha producido un déficit hídrico en el 50% de los días de este periodo.**





Antonio Martínez Martínez por los datos facilitados de la Estación Meteorológica del SERIDA en Grado. Uno de los autores, Alfonso Fernández-Ceballos, disfrutó de una beca de investigación de la Caja Rural de Gijón durante el periodo de realización del estudio. Este estudio fue financiado parcialmente con un proyecto de investigación concedido por el Principado de Asturias (FICYT PC-C04-56).

### Nota de los autores

Este artículo es una síntesis de la comunicación presentada por los autores en el VII Congreso de la SEAE, celebrado en Zaragoza del 18 al 23 de septiembre de 2006, donde se detalla la metodología empleada y los resultados de las pruebas estadísticas efectuadas.

**El cambio climático determina el interés de utilizar árboles con sistema radicular más profundo para captar mejor el agua y prever la necesidad de irrigación de apoyo.**



Detalle de un gotero en un sistema de riego.



### Bibliografía

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Pp: 290.
- Anderson, J. L.; Richardson, E. A.; Kesner, C. D. 1986. Validation of chill unit and flower bud phenology models for 'Montmorency' sour cherry. *Acta Horticulturae*, 184: 1-8.
- Chmielewski, F. M.; Müller, A.; Bruns, E. 2004. Climate change and trends in phenology of fruits trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1-2): 69-78.
- Dapena, E. 1996. Comportamiento agronómico y tecnológico de variedades de manzano asturianas. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
- Gilrealh, P. R.; Buchaman, D. W. 1981. Rest prediction model for low-chilling 'Sungold' nectarine. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 106 (4): 426-429.
- IPCC, 2001. Cambio climático 2001: Informe de síntesis. Eds: Watson, R.T. & The Core Writing Team. IPCC, Geneva, Switzerland. Pp. 184.
- Moreno, J. M. 2005. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente, Madrid. Pp. 822.
- Lakso, A. N. 2003. Chapter 8, Water Relations of Apples. In *Apples: Botany, Production and Uses*. Eds: Ferree, D. C., I. J. Warrington. CAB Internacional. Pp. 167-194.
- Palmer, J. W.; J. P. Privé; D. S. Tustin. 2003. Chapter 10, Temperature. In *Apples: Botany, Production and Uses*. Eds: Ferree, D.C. I.J. Warrington. CAB Internacional. Pp. 217-236.
- Parmesan, C.; G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Richardson, E. A.; Seeley, S. D.; Walke, D. R. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *Hortscience*, 9 (4): 331-332.
- Shaltout, A. D.; Unrath, C. R. 1983. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 108 (6): 957-961.
- Wolfe, D. W.; Schwartz, M. D.; Lakso, A. N.; Otsuki, Y.; Pool, R. M.; Shaulis, N. J. 2005. Climate change and shifts in spring phenology of three horticultural woody perennials in northeastern USA. *Int J Biometeorol*, 49: 303-309. [n](#)

