

El Níspero Japonés

Técnicas para mejorar la calidad del fruto

Norberto Gariglio

Ángela Castillo

Mariano Juan

Vicente Almela

Manuel Agustí

Instituto Agroforestal

Mediterráneo

Universidad Politécnica

de Valencia



S è r i e D i v u l g a c i ó T è c n i c a

El Níspero Japonés

Técnicas para mejorar la calidad del fruto

Norberto Gariglio

Ángela Castillo

Mariano Juan

Vicente Almela

Manuel Agustí

Instituto Agroforestal Mediterráneo

Universidad Politécnica de Valencia

Edita: GENERALITAT VALENCIANA
Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación

Fotomecánica,
Diseño e Impresión: Textos i Imatges, S.A.
Tel.: 96 313 40 95 Valencia

I.S.B.N.: 84-482-3120-1
Depósito Legal: V-1433-2002

El Níspero Japonés

ÍNDICE DE MATERIAS

7	AGRADECIMIENTOS
9	1 • INTRODUCCIÓN
9	1•1 ORIGEN
9	1•2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO
9	1•3 CARACTERÍSTICAS AGRO-CLIMÁTICAS
9	1•3•1 CLIMA
10	1•3•2 SUELO
10	1•3•3 AGUA
10	2 • CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS
15	3 • VARIEDADES CULTIVADAS EN ESPAÑA
15	3•1 ALGERIE
15	3•2 CARDONA
15	3•3 GOLDEN NUGGET
15	3•4 PELUCHE
16	3•5 MOGGI
16	4 • CRECIMIENTO DEL FRUTO
16	4•1 EVOLUCIÓN DEL PESO DEL FRUTO Y SUS COMPONENTES
19	4•2 EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE AZÚCARES
22	4•3 EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO HÍDRICO DE LOS FRUTOS
24	5 • CALIDAD DEL FRUTO DEL NÍSPERO
24	5•1 TAMAÑO DEL FRUTO
25	5•1•1 ESTÍMULO DEL DESARROLLO
25	5•1•1•1 ACLAREO QUÍMICO DE FRUTOS
26	5•1•1•2 RAYADO DE RAMAS
33	5•1•1•3 EFECTO DE LAS AUXINAS DE SÍNTESIS
36	5•2 LA MANCHA PÚRPURA
37	5•2•1 CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS DE LA ALTERACIÓN
38	5•2•2 EVOLUCIÓN DE LA ALTERACIÓN
41	5•2•3 INFLUENCIA DE LOS FACTORES ENDÓGENOS SOBRE LA INTENSIDAD DE LA ALTERACIÓN

41	5•2•3•1	TRANSPIRACIÓN CUTICULAR
41	5•2•3•2	COMPOSICIÓN MINERAL
42	5•2•3•3	CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES
43	5•2•3•4	RELACIONES HÍDRICAS
45	5•2•3•5	PRODUCCIÓN DE ETILENO
46	5•2•4	SENSIBILIDAD VARIETAL
47	5•2•5	MODIFICACIÓN DE LA COMPETENCIA ENTRE FRUTOS. INFLUENCIA SOBRE LA INCIDENCIA DE LA MANCHA PÚRPURA
49	5•2•6	INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA INTENSIDAD DE LA ALTERACIÓN
49	5•2•6•1	TEMPERATURA
52	5•2•6•2	LUZ
54	5•2•7	FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DE LA APARICIÓN DE LA MANCHA PÚRPURA
55	5•2•8	CONTROL DE LA ALTERACIÓN
55	5•2•8•1	APLICACIÓN DE SALES MINERALES
57	5•2•8•2	TRATAMIENTOS CON ÁCIDO GIBERÉLICO
58	6 • REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Cooperativa Agrícola de Callosa d'Ensarrià las facilidades prestadas y la financiación para llevar a cabo este estudio, y a la Cooperativa Agrícola de Altea la cesión de su parcela experimental. Asimismo, desean agradecer a José Vicente Orts, M^a Carmen Canet y a Miguel Ángel Capilla su colaboración en las tareas de campo.

A Esteban Soler le agradecen su disposición, orientación y enseñanzas.

Y a los agricultores de Callosa d'Ensarrià la cesión de sus parcelas, sus ánimos continuos y su confianza en nuestro trabajo.

1 • INTRODUCCIÓN

1•1 ORIGEN

El níspero japonés es originario del sudeste de China, donde se conoce desde hace 2.000 años (Lin *et al.*, 1999). De allí pasó a Japón, país en el que se cultiva desde 1180 (Ichinose, 1995).

En Europa se cultiva desde el S. XVIII (Morton, 1987). Se cree que fue introducido por los jesuitas, que lo llevaron de Japón a la isla Mauricio y de allí a Francia, al Jardín de las Plantas de París. Después se extendió por toda la cuenca del Mediterráneo, donde ha encontrado un hábitat muy favorable para su cultivo en países como Argelia, Turquía, Israel, Italia y España.

En nuestro país fue introducido por los marinos mercantes en la zona de Sagunto, desde donde se expandió por toda la región Este y Sudeste de la Península Ibérica (Rodríguez, 1983).

1•2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO

China es el primer productor a escala mundial, seguido de España, Japón, Italia y Brasil (FAO, 1999).

En el área del Mediterráneo, España es el primer país productor de níspero, con 3.275 ha cultivadas, de las cuales 3.160 ha dan una producción aproximada de 36.500 tm (MAPA, 1997).

Por Comunidades Autónomas, la Comunidad Valenciana, con más de 2.000 ha, es la principal productora, suponiendo la superficie cultivada en Alicante más del 45 % del total español. Le sigue en importancia Andalucía, con 1.160 ha cultivadas, y, a mucha distancia, Murcia, Cataluña y Baleares (MAPA, 1997).

Más del 70 % de la producción regular se exporta a otros países, siendo los principales importadores, asumiendo el 95 % de las exportaciones totales, Italia, Portugal y Francia.

1•3 CARACTERÍSTICAS AGRO-CLIMÁTICAS

1•3•1 Clima

El níspero es un frutal de clima subtropical o templado-cálido con inviernos suaves, ya que es en ésta época del año cuando florece y se desarrolla el fruto. En zonas de clima muy frío o excesivamente cálido y húmedo crece como planta ornamental, pero no es factible alcanzar una producción comercial aceptable.

La planta tolera temperaturas de -10° C, pero los frutos se dañan a -3° C (Lin *et al.*, 1999); la temperatura letal para las yemas florales es de -7,2° C y para las flores abiertas de -3,3° C. En panículas sometidas a distintas temperaturas se encontró que el daño por frío fue del 10% a -2° C, del 40-49% a -3° C y del 100% a -4° C, siendo el estado más sensible el momento en el que los frutos tienen alrededor de 5 mm (Park *et al.*, 1995).

Las temperaturas extremas estivales también son perjudiciales para el cultivo. La tasa fotosintética aumenta entre los 15 y los 30° C, disminuyendo marcadamente por encima de los 35° C (Lu et al, 1994). A 55° C, en estudios de laboratorio, se produce el colapso de las membranas celulares en todo el germoplasma analizado (Lin, 1990).

Los vientos secos y cálidos producen el acorchamiento de las hojas y el rameado del fruto, dañándolo. Las altas temperaturas y radiaciones solares intensas pueden, también, dañar el fruto.

1•3•2 Suelo

El níspero se adapta bien a una amplia variedad de suelos de moderada fertilidad, desde arenosos a arcillosos, siempre que presenten un buen drenaje (CRFG, 1997). EL pH óptimo se sitúa entre 6 y 8, y no tolera bien los suelos ácidos. Se le encuentra casi siempre en suelos francos, con frecuencia ligeramente calizos y pedregosos (Rodríguez, 1983). En suelos arenosos, con poca capacidad de retención de agua y de bajo calor específico, el fruto es de pequeño tamaño, rico en azúcares y de maduración precoz. En suelos arcillosos el fruto es de mayor tamaño pero menos sabroso y de maduración más tardía.

Su resistencia a la salinidad es baja, pero existen patrones que mejoran este comportamiento (Burlo *et al.*, 1997).

1•3•3 Agua

Aunque las necesidades de agua de este cultivo no se conocen con precisión, con pluviometrías anuales inferiores a 1200-2000 mm es necesario recurrir al riego para obtener cosechas abundantes y de calidad.

La falta de agua durante el periodo de desarrollo vegetativo (junio-agosto) reduce la brotación. En estas condiciones, las lluvias otoñales pueden originar floraciones prematuras, expuestas, en muchas zonas de cultivo, a heladas. Y en la época del desarrollo del fruto la falta de agua reduce su tamaño final.

Por el contrario, lluvias abundantes en etapas próximas a la maduración del fruto reducen la calidad organoléptica de los mismos y provocan, en muchos casos, el *cracking* o rajado.

2 • CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

El níspero japonés, *Eriobotrya japonica* Lindl., pertenece al orden *Rosales*, familia *Rosaceae*, subfamilia *Pomoideae*.

El níspero es un árbol de hoja perenne, de buen porte, pudiendo alcanzar, en condiciones de cultivo, hasta 8 m, aunque normalmente no supera la media de 5 a 6 m.

La raíz principal es pivotante hasta los 4-5 años de edad, y puede llegar a alcanzar los 2,5 m de profundidad. Las raíces secundarias se extienden a poca profundidad (unos 25 cm), formando un amplio sistema radicular superficial.

El tronco es erecto, de 0,75-1,25 m de altura, ramificándose a partir de ese punto en varios brazos, normalmente de 2 a 5. Presenta una corteza rugosa de color gris pardo de renovación anual.

Las hojas son coriáceas, elíptico-lanceoladas, de 18 a 45 cm, según la variedad, cuneiformes, de haz verde oscuro y brillante y de envés gris ceniza muy veloso. Durante la brotación presentan pubescencia blanquecina en ambas caras. Los bordes son aserrados, siendo la profundidad del diente y la longitud del espacio aserrado dependientes de la variedad. Sólo duran un ciclo de crecimiento, por lo que las ramas de 2 y 3 años están desnudas de hojas (Rodríguez, 1983).

El níspero del Japón produce dos tipos de brotes: vegetativos y reproductivos (Foto 2.1). Las yemas vegetativas (Foto 2.2) desarrollan un eje, de longitud variable, con un número medio de siete hojas en más de un 70% de los brotes (Foto 2.3).

A lo largo del periodo vegetativo tienen lugar tres brotaciones: La brotación de primavera, que se inicia a finales de febrero y se prolonga hasta el mes de mayo; esta brotación origina el 73% de los tallos nuevos y las yemas terminales se diferencian en flores durante el verano. La segunda brotación se da tras la recolección (abril-mayo) y presenta un rápido crecimiento durante un corto periodo de tiempo; en esta brotación se origina el 17% de tallos nuevos y las yemas terminales se diferencian en flores en el otoño (Ateyyeh y Qrunfleh, 1998). La tercera brotación tiene lugar a finales del verano o principios del otoño y sus brotes son de crecimiento lento y de menor vigor. Los ramos de la primera y segunda brotaciones son los primeros en florecer.

La inflorescencia del níspero es en panícula, de 10 a 19 cm. de longitud y forma piramidal (Foto 2.4A). Ésta consta de un eje principal en el que se insertan de 5 a 10 ejes que contienen un número variable de flores en racimo (Foto 2.4B). El número de flores por panícula es de 110 a 150, dependiendo de la parcela, las condiciones climáticas del año, etc. (Lin *et al.*, 1999). Dentro de la panícula, las primeras flores en entrar en anthesis son las más apicales de cada brazo de la inflorescencia, dando los frutos de mejor tamaño y color. El periodo de tiempo necesario para que florezca toda la panícula varía entre 2 y 4 semanas, y la flor permanece receptiva de 5 a 7 días (Rodríguez, 1983).

La flor es pequeña y con una agradable fragancia. Posee un cáliz con cinco sépalos verdes y soldados, una corola con cinco pétalos blancos o rosados, veinte estambres y cinco pistilos con un ovario de cinco carpelos adherido al cáliz.

El fruto, en pomo, es normalmente oval o piriforme, alcanzando en los mejores cultivares una longitud de 7 cm, y cuyo tejido carnosos procede del eje floral. El color de la piel varía del amarillo pálido al anaranjado, según la variedad, y la pulpa del blanco al naranja (Tous y Ferguson, 1996); esta última es, además, muy succulenta. Contiene entre 1 y 5 semillas, grandes, marrones, que representan entre un 20 y un 30% del peso del fruto (Insero *et al.*, 1990) y están agrupadas fuertemente, formando un núcleo voluminoso. La piel es dura y fina, y está cubierta por un vello gris que, al madurar, forma una pubescencia blanca. En el extremo estilar el fruto presenta una depresión pronunciada con restos de cáliz. El cambio de coloración avanza desde la zona estilar a la peduncular. El periodo de cosecha se extiende, aproximadamente, durante un mes y medio, aunque en algunas situaciones climáticas puede abarcar más tiempo.

La floración del níspero japonés, en nuestras condiciones climáticas, se presenta entre noviembre y enero, dependiendo de la temperatura y de la variedad. Martínez-Calvo *et al.* (1999) han descrito sus estados fenológicos de acuerdo con la escala BBCH.



Foto 2.1 Tipos de brotes presentes en el níspero japonés.



Foto 2.2 Yema vegetativa.



A

Foto 2.3 Evolución del desarrollo de un brote vegetativo.
A) Estado inicial mostrando dos hojas y varios primordios foliares.
B) Brote vegetativo con sus hojas adultas.



B



A

Foto 2.4. Inflorescencia en panícula del níspero japonés.



B

3 • VARIEDADES CULTIVADAS EN ESPAÑA

Las variedades más cultivadas en España han sido descritas por Martínez-Calvo *et al.* (2000) y se resumen a continuación.

3•1 ALGERIE

Procedente de Argelia, pero multiplicada comercialmente en la zona de Callosa d'Ensarrià. Variedad vigorosa y productiva, con el 60%-85 % de los brotes laterales y centrales fructíferos, respectivamente. Las hojas son grandes, aserradas con dientes espaciados.

El fruto, de buen sabor, es redondeado-alargado, con un peso medio de 65 g y un calibre medio de 50 mm. Tanto la piel como la pulpa son de color amarillo-anaranjado.

En las condiciones climáticas del mediterráneo español, la plena floración se presenta, por término medio, la primera decena de noviembre y la maduración en la primera semana de mayo.

3•2 CARDONA

Variedad autóctona, cultivada en pequeña proporción en las localidades de Callosa d'Ensarrià y Altea. De vigor medio y productiva, con el 100% de los brotes centrales y el 85% de los laterales fructíferos. Las hojas son de tamaño medio, con los dientes medianamente espaciados.

El fruto, de sabor aceptable, es redondeado-alargado, con un peso medio de 45 g y un calibre medio de 41 mm. Piel y pulpa de color amarillo-anaranjado.

Algo más precoz que el cv. 'Algerie', se encuentra en plena floración unos 20 días antes que esta variedad y madura 15 días antes.

3•3 GOLDEN NUGGET

Variedad procedente de California, muy vigorosa y poco productiva, con aproximadamente el 85% de los brotes centrales y el 25% de los laterales fructíferos. Tiene las hojas grandes, de dientes espaciados.

El fruto, de sabor mediocre, es ovalado, de sección transversal redondeada. Su peso medio es de 55 g y su calibre medio de 45 mm. La piel y la pulpa son de color amarillo-anaranjado.

Se encuentra en plena floración unos 15 días después que el cv. 'Algerie', madurando, aproximadamente, a la vez que éste.

3•4 PELUCHE

Variedad autóctona, muy vigorosa y muy productiva. El 100% de los brotes centrales y, aproximadamente, el 90% de los laterales son fructíferos. Las hojas son grandes y de dientes espaciados.

El fruto es ovalado-alargado, con un peso medio de 95 g y un calibre medio de 50 mm. Piel y pulpa de color amarillo-anaranjado y sabor aceptable.

Alcanza la plena floración unos 10 días antes que el cv. 'Algerie', pero madura una semana, aproximadamente, más tarde.

3•5 Moggi

De origen japonés, es una variedad medianamente vigorosa y productiva. El 100 % de los brotes centrales y el 70 % de los laterales son fructíferos.

El fruto es ovalado, con un peso medio de 30 g y un calibre medio de 35 mm. La piel y la pulpa son de color amarillo anaranjado y su sabor es aceptable.

Unos 20 días más precoz que el cv. 'Algerie', entra en plena floración 15 días antes.

4 • CRECIMIENTO DEL FRUTO

El crecimiento del fruto se divide en tres etapas. En el estado I el ovario inicia la división celular, aunque la tasa de crecimiento del fruto es baja; tiene lugar desde diciembre hasta mediados de febrero. En el estado II tiene lugar una intensa división celular que se prolonga desde finales de febrero a finales de marzo. En la etapa III se produce un rápido alargamiento celular que dura desde mediados de abril hasta la maduración. La duración del proceso depende, sin embargo, de las condiciones climáticas y de la variedad.

4•1 EVOLUCIÓN DEL PESO DEL FRUTO Y SUS COMPONENTES

En condiciones ambientales mediterráneas, el crecimiento del fruto comienza en esta especie a principios de diciembre y la cosecha se inicia a finales de abril.

Durante las seis semanas siguientes al cuajado la tasa de crecimiento del fruto del níspero es muy lenta (Ateyyeh y Qrunfleh, 1998) y aumenta considerablemente en la primavera, en la etapa final de desarrollo del fruto.

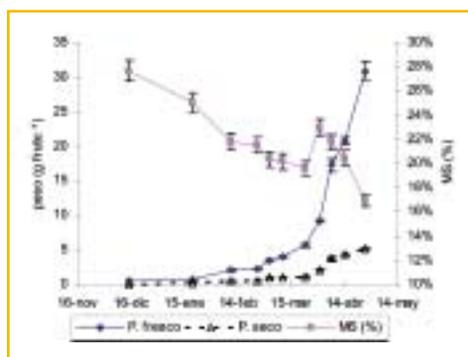


Figura 4.1: Evolución del peso y del porcentaje de materia seca en frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie'. Las barras verticales indican el error standard. MS = materia seca.

En efecto, a partir de mediados de enero la pendiente de evolución del peso fresco es superior a la del peso seco, acentuándose esa diferencia desde principios de marzo. Como consecuencia, el porcentaje de materia seca del fruto desciende del 30%, en las etapas iniciales de crecimiento, hasta el 17%, en la madurez (Fig. 4.1).

En menos de 60 días, desde principios de marzo a finales de abril, el fruto aumenta más de doce veces su peso (Fig. 4.1). De este modo, la curva de crecimiento del níspero no se parece a la sigmoideal de las *Pomoideae* ni a la doble sigmoideal de las *Prunoideae*, sino que es exponencial, con una rápida tasa de crecimiento hacia el final del desarrollo del fruto, en primavera (Blumenfeld, 1980). Es evidente que la época del año en que crece el fruto del níspero condiciona el tipo de curva de crecimiento y que la tasa de crecimiento responde positivamente a los cambios térmicos propios de la salida del invierno y comienzos de primavera.

Las variedades con distinto tamaño del fruto difieren, fundamentalmente, en la tasa de crecimiento y no en el periodo de crecimiento del fruto durante la primavera.

La evolución del peso seco del fruto, pulpa y semilla, muestra características diferentes (Fig. 4.2a). El peso seco de la pulpa es superior al de la semilla durante las etapas iniciales de crecimiento del fruto. Pero a partir de la última semana de marzo, la pendiente de aumento de peso seco de la semilla es mayor que la de la pulpa y, como consecuencia, su peso seco en el momento de la madurez también. Y ello a pesar de que durante las dos últimas semanas de crecimiento, la semilla estabiliza su peso mientras que la pulpa continúa creciendo. La partición de materia seca en la madurez entre estos dos tejidos es del 45 % para la pulpa y del 55 % para la semilla.

En lo referente a la evolución del peso fresco (Fig. 4.2b), la pulpa muestra un peso mayor respecto a la semilla durante todo el periodo de crecimiento del fruto, pero las diferencias se acentúan a partir de comienzos de marzo y se hacen más notorias a partir de comienzos de abril. En la madurez, la incidencia del peso fresco de la pulpa, respecto del peso fresco total del fruto, es superior al 80 %.

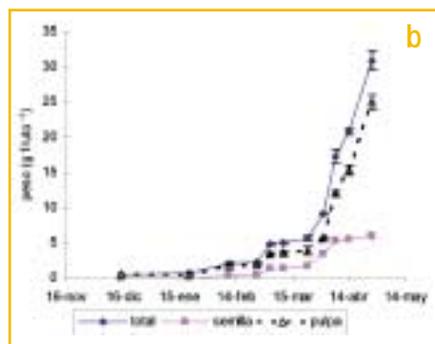
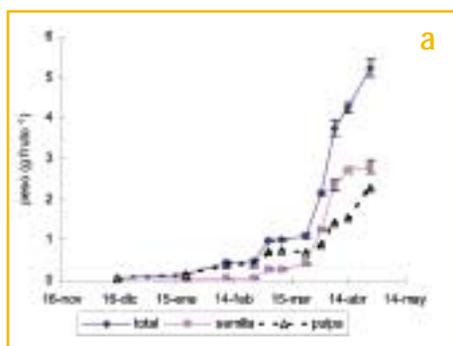


Figura 4.2: Evolución del peso seco (a) y fresco (b) del fruto y sus componentes en el níspero japonés, cv. 'Algerie'. Las barras verticales indican el error standard.

En resumen, durante los últimos 45 días de crecimiento del fruto ocurren los principales cambios cuantitativos. El fruto acumula un 80 % de su peso seco y un 85 % del peso fresco. La partición de la materia seca producida durante este período es de un 63 % para la semilla y de un 37 % para la pulpa, mientras que el agua se acumula casi exclusivamente en la pulpa (90 %). Como consecuencia de este comportamiento, la semilla duplica su porcentaje de materia seca en este período, mientras que en la pulpa desciende a la mitad.

Esta característica de crecimiento de la pulpa y de la semilla explica el aumento en el porcentaje de materia seca observado en el fruto a fines de marzo (Fig. 4.1). En ese período, la semilla acumula materia seca, pero no agua, elevando la proporción de materia seca total del fruto que, posteriormente, vuelve a disminuir como consecuencia de la absorción de agua por parte de la pulpa.

Lo mencionado previamente respecto a las características de evolución de peso del fruto, se puede observar más claramente expresando el crecimiento por unidad de tiempo. La tasa de crecimiento resultante, calculada sobre la evolución del peso seco (Fig. 4.3a), presenta, en general, valores bajos, pero con dos picos de incremento bien marcados. El primero de ellos a principios de marzo y el segundo desde fines de marzo hasta la cosecha. Durante la semana del 7 al 14 de abril se registra la máxima tasa de crecimiento, en coincidencia con el estado fisiológico de cambio de color del fruto. Los valores alcanzados durante esa semana son 3 veces superiores a los observados durante el primer pico de aumento de la tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento de los componentes del fruto muestra que la pulpa posee una tasa de acumulación de materia seca levemente superior a la de la semilla, hasta el periodo de mayor tasa de crecimiento del fruto, en el que la situación es la inversa (Fig. 4.3a). En este período, la tasa de crecimiento de la semilla duplica a la de la pulpa.

Sin embargo, si la tasa de crecimiento se expresa respecto del peso fresco, la pulpa supera en más de tres veces a la semilla en ese mismo período (Fig. 4.3b).

El incremento de la tasa de crecimiento del fruto al cambio de color no se correlaciona con cambios en la temperatura ambiente.

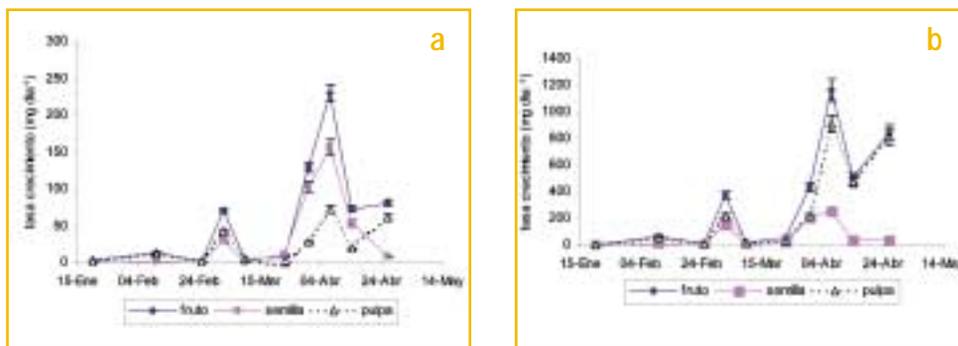


Figura 4.3: Evolución de la tasa diaria de crecimiento del fruto y de sus componentes en peso seco (a) y fresco (b). Las barras verticales indican el error standard.

4.2 EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE AZÚCARES

El azúcar más importante en las hojas de níspero durante el período de crecimiento del fruto es el sorbitol (Fig. 4.4). Este azúcar-alcohol representa entre el 60 y el 75 % del total de azúcares. Estos extremos se presentan a mediados de febrero y a mediados de abril (máximos) y a mediados de marzo (mínimo). El contenido total de azúcares sigue la misma tendencia que el sorbitol.

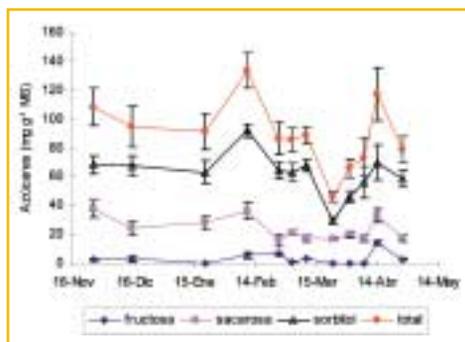


Figura 4.4: Evolución del contenido de azúcares en las hojas de níspero japonés, cv. 'Algerie', durante el período de crecimiento del fruto. Las barras verticales indican el error standard.

La sacarosa es el segundo azúcar en importancia y representa entre el 18 y el 36% del total de los azúcares. Los momentos en que se dan los valores extremos de este azúcar coinciden con los del sorbitol, aunque la disminución es menos pronunciada y más prolongada en el tiempo (Fig. 4.4).

La fructosa presenta valores relativamente bajos durante todo el período de crecimiento del fruto, e incluso no se detecta fructosa durante tres semanas (desde el 23 de marzo al 7 de abril). La semana siguiente a este período, se presentan los niveles máximos (12,1 %) (Fig. 4.4).

Las modificaciones en el contenido de azúcares no coinciden con las variaciones en la tasa de crecimiento del fruto (Fig. 4.3). Por el contrario, en el momento en que se registra la máxima tasa de crecimiento del fruto (cambio de color), los niveles foliares de azúcares muestran una tendencia alcista (Fig. 4.4).

La respuesta, sin embargo, está desfasada. Así, la disminución del contenido de azúcares observada en las hojas a partir del 12 de febrero (Fig. 4.4) ocurre dos semanas antes de que se presente el primer pico de aumento en la tasa de crecimiento del fruto, y el mínimo contenido registrado el 22 de marzo antecede a las altas tasas de crecimiento registradas a principios de abril (Fig. 4.3). Igualmente, se observa una disminución de la concentración de azúcares en las hojas 15 días después del cambio de color del fruto. Por lo tanto, el contenido de azúcares en las hojas parece disminuir en respuesta a un aumento de la demanda de asimilados por parte del fruto, con un retraso en la respuesta de unos 15 días.

Durante el período de crecimiento del fruto la pulpa muestra una composición de azúcares diferente a la de la madurez, con marcados cambios cualitativos y cuantitativos antes y después del cambio de color (Fig. 4.5).

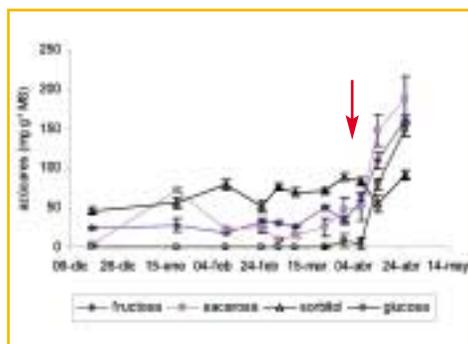


Figura 4.5: Evolución de la concentración de azúcares en la pulpa de frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie'. La flecha indica el momento de cambio de color. Las barras verticales representan el error standard.

También en este caso, el sorbitol es el azúcar predominante durante la etapa de crecimiento del fruto, representando el 60 % del total de azúcares. Durante la madurez del fruto este azúcar-alcohol mantiene constante su concentración, pero su incidencia relativa cae a valores del 15 % del total de azúcares, como consecuencia del aumento de la concentración de otros monosacáridos y de la sacarosa (Fig. 4.5).

La fructosa es el azúcar que sigue en importancia al sorbitol, representando entre el 15 y 33 % del total de azúcares en las etapas iniciales del crecimiento del fruto. Al cambio de color y en la madurez, la concentración de fructosa prácticamente se triplica, pero su incidencia relativa se mantiene en valores cercanos al 30 % (Fig. 4.5).

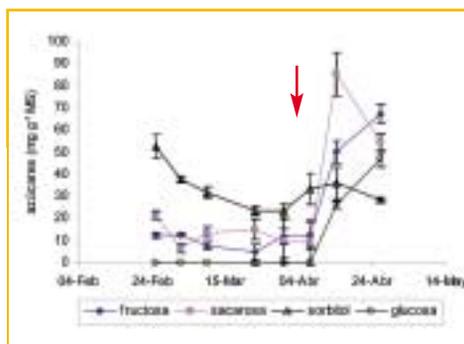
La sacarosa es el azúcar cuyo contenido muestra mayores fluctuaciones durante el crecimiento del fruto, ya que oscila entre el 5 y el 45 % del total de azúcares. Desde principios de marzo su concentración comienza a aumentar, aunque lo hace más bruscamente durante la maduración del fruto, pasando a ser el principal azúcar, con un 37 % de incidencia relativa, en el momento de plena maduración (Fig. 4.5).

No se detecta glucosa durante las etapas iniciales de crecimiento del fruto. Pero 15 días antes del cambio de color su concentración asciende rápidamente hasta alcanzar valores semejantes a los de fructosa en el momento de la maduración.

En síntesis, la concentración de azúcares, a excepción del sorbitol, presenta un aumento brusco en el momento del cambio de color y maduración del fruto. En 15 días, la concentración de azúcares totales pasa, en nuestro estudio, de 198 a 590 mg g⁻¹ MS. Si además se tiene en cuenta el cambio de peso del fruto, en sólo 15 días se acumula más del 80 % del total de azúcares.

La concentración de los azúcares en la piel del fruto (Fig. 4.6), muestra un comportamiento muy similar al descrito para la pulpa. Las diferencias más importantes con respecto a este tejido son: a) la concentración de azúcares es inferior al cuantificado en la pulpa; b) la sacarosa presenta un incremento más brusco de su concentración antes del cambio de color del fruto, ya que en una semana se multiplica por 10, pasando de 9 a 85 mg g⁻¹ MS; c) la concentración de sacarosa disminuye la semana siguiente al cambio de color del fruto, pasando de 85 a 54 mg g⁻¹ MS; d) por tanto, en la madurez, el azúcar más importante de la piel del fruto es la fructosa; y e) la glucosa se detecta a partir del cambio de color del fruto, 15 días más tarde que en la pulpa.

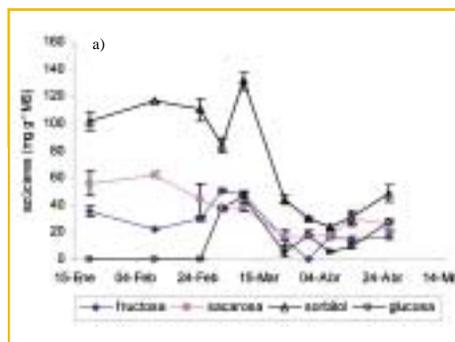
Figura 4.6: Evolución de la concentración de azúcares en la piel de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. La flecha indica el momento de cambio de color. Las barras verticales representan el error standard.



En la semilla, la concentración de azúcares se mantiene prácticamente constante hasta principios de marzo. A partir de esa fecha experimenta un incremento notable seguido de una tendencia decreciente hasta el momento de cambio de color del fruto, recuperándose finalmente de un modo leve (Fig. 4.7). En cambio, en valor absoluto, el 70 % de los azúcares de la semilla son acumulados desde poco antes del cambio de color del fruto.

También en la semilla el sorbitol es el azúcar predominante durante todo el período de crecimiento del fruto (Fig. 4.7). La incidencia relativa fluctúa entre el 45 y el 60 % hasta la maduración, disminuyendo entonces hasta el 40 %. En nuestros estudios, la concentración de este azúcar disminuye desde 110 a 23 mg g⁻¹ en el momento de cambio de color del fruto, momento en el que la concentración alcanza su mínimo valor (Fig. 4.7).

Figura 4.7: Evolución de la concentración de azúcares en las semillas de frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie'. Las barras verticales indican el error standard.



La fructosa y la sacarosa presentan curvas de evolución de sus concentraciones muy similares. El contenido de sacarosa es superior al de glucosa a excepción de un período de 15 días desde comienzos de marzo. Una semana antes del cambio de color se registran las menores concentraciones de estos azúcares que llegan a ser despreciables para el caso de la fructosa. Al igual que lo observado en la piel del fruto, los niveles de sacarosa tienden a disminuir durante la última semana de crecimiento del fruto.

El estudio comparativo de la concentración de azúcares en la pulpa y la piel revela que, durante el crecimiento del fruto, la concentración de azúcares totales de la piel es del orden del 50 % inferior a la de la pulpa (Fig. 4.5 y 4.6). Previamente al momento del cambio de color del fruto, el contenido en

la pulpa se incrementa hasta triplicarse, mientras que en la piel se inicia una fuerte acumulación que no progresa, manteniéndose estable alrededor de los 200 mg g⁻¹ de peso seco (Fig. 4.8).

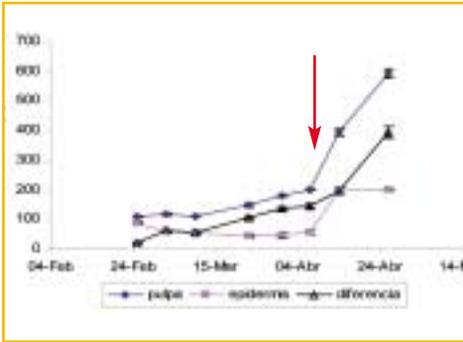


Figura 4.8: Evolución de la concentración de azúcares totales en la pulpa y la piel, y evolución del gradiente de concentración entre la pulpa y la piel de frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie'. La flecha indica el momento de cambio de color. Las barras verticales representan el error standard.

La diferencia en la concentración de azúcares entre la pulpa y la piel aumenta, por tanto, desde valores de 60 mg g⁻¹ MS previo al cambio de color, a 140 y 390 mg g⁻¹ MS al cambio de color y a la madurez, respectivamente (Fig. 4.8).

La acumulación de carbohidratos de reserva, como el almidón, solamente tiene lugar en la semilla. La evolución de su concentración muestra un comportamiento inverso al de los azúcares totales, ya que cuando la concentración de azúcares tiende a aumentar la de almidón disminuye y viceversa (Fig. 4.9). Teniendo en cuenta la evolución de la concentración de almidón y del peso de la semilla, la mayor parte de aquel se acumula en ésta a partir del momento del cambio de color del fruto.

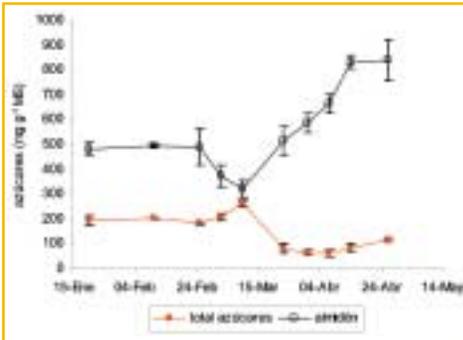


Figura 4.9: Evolución de la concentración total de azúcares y almidón en las semillas de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. El almidón se expresa como glucosa liberada después de una reacción enzimática con amiloglucosidasa. Las barras verticales indican el error standard.

4.3 EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO HÍDRICO DE LOS FRUTOS

La capacidad de pérdida de agua a la atmósfera por parte del fruto desciende progresivamente durante todo el periodo de crecimiento hasta el cambio de color, aumentando posteriormente en la maduración. La transpiración del fruto por unidad de superficie expuesta (Tabla 4.1), alcanza el mínimo valor al cambio de color, representando un 50-55% de la transpiración de los frutos verdes.

Tabla 4.1: Evolución de la transpiración de los frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie', en distintos estados de su desarrollo. Valores obtenidos después de 200 horas de almacenamiento a 25 °C.

Estado de Madurez	Transpiración $\text{mg cm}^{-2} \text{h}^{-1}$
Fruto verde	0,78 a
Inicio cambio de color	0,42 c
Cambio de color	0,39 c
Maduro	0,56 b

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas al nivel de probabilidad $\leq 0,05$. Los resultados son media de 15 repeticiones.

La evolución del potencial hídrico en la pulpa tiene un comportamiento relativamente estable, con oscilaciones entre -0,7 y -1 MPa durante el periodo de crecimiento del fruto (Fig. 4.10). El potencial osmótico, en cambio, presenta una tendencia creciente hasta el momento del cambio de color del fruto, a partir del cual desciende levemente (Fig. 4.10), a pesar de la gran acumulación de azúcares que tiene lugar durante la maduración (Fig. 4.5).

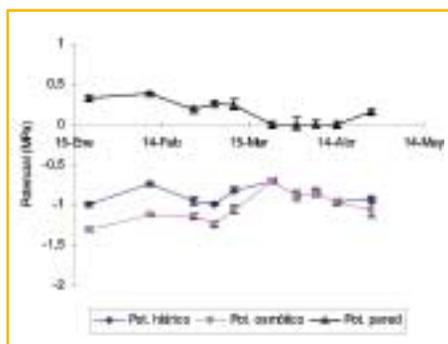


Figura 4.10: Evolución del potencial hídrico, potencial osmótico y potencial de presión en la pulpa de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Las barras verticales indican el error standard.

Como consecuencia de lo anterior, el potencial de presión muestra una tendencia decreciente e incluso no hay turgencia desde 15 días antes del cambio de color hasta una semana antes de la maduración (Fig. 4.10).

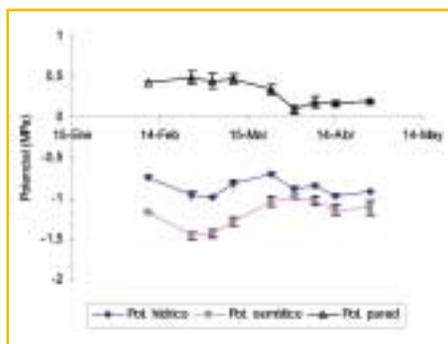


Figura 4.11: Evolución del potencial hídrico, potencial osmótico y potencial de presión en la piel de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Las barras verticales indican el error standard.

El potencial hídrico de la epidermis se considera igual al de la pulpa. Sin embargo, el potencial osmótico y la presión resultante (Fig. 4.11) son diferentes, aunque con una misma tendencia a lo observado en la pulpa. El potencial osmótico de la epidermis es más bajo que el de la pulpa, siendo las diferencias mayores al inicio del crecimiento del fruto y menores hacia la madurez.

Como consecuencia de lo anterior, el potencial de turgencia de la piel es mayor que el de la pulpa y muestra la misma tendencia decreciente observada en este tejido.

Es interesante destacar el comportamiento del potencial osmótico en la pulpa y en la piel. En el primer tejido, la concentración de azúcares sobre peso seco es, al menos, el doble que el de la piel y, sin embargo, el potencial osmótico es más alto. La explicación a este hecho es que el contenido de agua de la piel es inferior al de la pulpa durante todo el periodo de crecimiento del fruto (Fig. 4.12) y, por lo tanto, la concentración de los solutos es mayor.

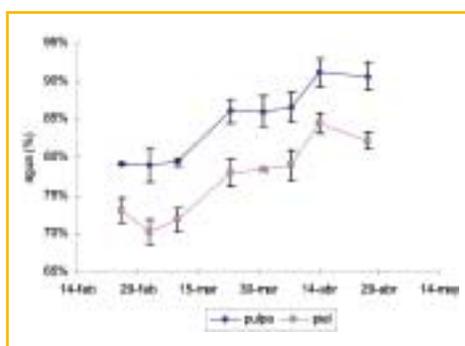


Figura 4.12: Evolución del porcentaje de agua en la pulpa y en la piel de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Las barras verticales indican el error standard.

5 • CALIDAD DEL FRUTO DEL NÍSPERO

Como para la mayor parte de las especies frutales cuyo destino de sus frutos es el consumo en fresco, la calidad del fruto del níspero japonés se basa en sus características intrínsecas, organolépticas y aspecto externo, sobre todo forma, tamaño del fruto, color y ausencia de lesiones.

El tamaño final que adquiere el fruto y la mancha púrpura, como desorden fisiológico frecuente, son los dos aspectos que mayores problemas presentan en su cultivo en España.

5.1 TAMAÑO DEL FRUTO

Aunque el cuajado de frutos del níspero japonés es relativamente bajo, cercano al 10% (Goubran y El Zeftawi, 1986; Ateyyeh y Orunfleh, 1998), el tamaño que alcanzan en la madurez no es generalmente aceptable, de acuerdo con la demanda del mercado.

La razón de esta falta de tamaño comercial es la competencia por carbohidratos que se establece entre los frutos que inician el desarrollo hasta la maduración. La reducción del número de frutos, por tanto, se presenta como una técnica para mejorar, indirectamente, su tamaño.

Así pues, al igual que ocurre con los demás frutales, en el níspero, el aclareo de frutos es una práctica habitual para incrementar su tamaño (Tous y Ferguson, 1996; Lin *et al.*, 1999). Ésta técnica se suele iniciar con un aclareo previo de flores, aunque en zonas con riesgos climáticos no se realiza o se retrasa; en este último caso se amplía así el periodo de floración y si ocurre algún accidente climático siempre queda una parte de la inflorescencia sin dañar. El aclareo de flores se realiza normalmente cortando la parte media superior de la panícula.

Sea de un modo u otro, en la Marina Baixa suelen dejarse entre 2 y 4 frutos por panícula, en función de la variedad, la cantidad de hojas por racimo y el tamaño de las mismas (Rodríguez, 1983).

Actualmente, éstas técnicas se realizan de forma manual, lo que supone entre un 25 y un 30% de los costes del cultivo, ya que requieren de una gran cantidad de mano de obra eventual. Además, como los aclareos deben ser realizados en el momento óptimo, la cantidad de mano de obra instantánea que se necesita es muy alta, y, por tanto, escasa y cara. Es por ello que resulta de gran interés investigar la posibilidad de llevar a cabo un aclareo químico más rápido y barato.

La mejora del tamaño de los frutos también puede lograrse mejorando su disponibilidad de carbohidratos mediante el rayado de ramas. Éste consiste en realizar un corte en el tronco o las ramas principales del árbol que interrumpa, de forma temporal hasta la cicatrización, el transporte del fluido floemático (Agustí *et al.*, 1997). El mecanismo fisiológico de acción del rayado no es bien conocido, pero ha sido relacionado con la acumulación de carbohidratos (Wallerstein *et al.*, 1974; 1978), con un incremento temporal de la concentración de giberelinas y de auxinas (Dann *et al.*, 1985) en la parte superior de la zona del rayado y, por consiguiente, con alteraciones del balance hormonal endógeno.

El momento de realización del rayado es de gran importancia, ya que si se lleva a cabo de forma anticipada aumenta el cuajado de frutos, repercutiendo negativamente sobre el tamaño de éstos o aumentando las necesidades de aclareo, mientras que si se retrasa a etapas avanzadas de la fase de engrosamiento celular pierde, progresivamente, eficacia (Agustí *et al.*, 1998).

El aumento de la capacidad sumidero de los frutos también puede repercutir en un incremento de su tamaño, y ello puede lograrse con la aplicación de auxinas de síntesis

La respuesta de los frutos con semilla a la aplicación de reguladores del crecimiento se puede explicar teniendo en cuenta que el tamaño final de los frutos no sólo depende de la competencia entre frutos u otros órganos en crecimiento, sino de la capacidad por atraer los asimilados (De Jong y Walton, 1989). En frutales de hueso la aplicación de auxinas de síntesis refuerzan esta actividad y mejora el tamaño del fruto por un efecto directo sobre su desarrollo (Agustí *et al.*, 1999).

A continuación se presentan los aspectos más relevantes del aclareo químico de flores, el rayado de ramas y la aplicación de auxinas de síntesis como técnicas capaces de mejorar el tamaño final del fruto del níspero japonés.

5.1.1 Estímulo del Desarrollo

5.1.1.1 Aclareo químico de frutos

La aplicación de ácido naftalenacético (ANA) se ha mostrado eficaz para reducir el porcentaje de flores cuajadas del níspero japonés (Agustí *et al.*, 2000). Este efecto supone una reducción en el número de frutos que inician el desarrollo y, por tanto, un aclareo indirecto de frutos.

Para concentraciones entre 10 y 50 mg l⁻¹ de ácido naftalenacético el número de frutos por panícula se reduce entre un 20% y un 45% y el diámetro medio de los frutos recolectados se incrementa entre 2,5 y 5 mm por fruto, dependiendo de la concentración utilizada. La concentración óptima se establece en 20 mg l⁻¹, para la que el número de frutos por panícula se reduce un 30% y su diámetro en el momento de la recolección se incrementa un 10%. Aunque concentraciones superiores reducen progresivamente el número de frutos por panícula recolectados, el tamaño medio del fruto no se ve significativamente incrementado (Fig. 5.1).

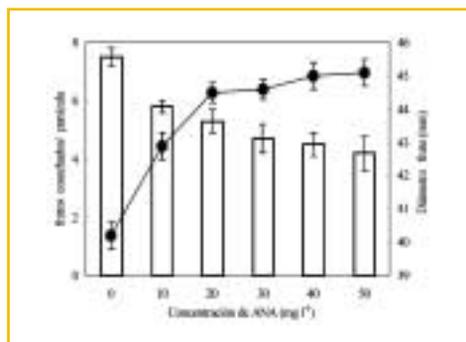


Figura 5.1: Efecto de la concentración de ANA sobre el número de frutos por panícula recolectados (barras) y su diámetro medio en el níspero 'Algerie'. El tratamiento fue realizado cuando eran visibles 2-3 frutos por panícula (estado 608-609 de la escala BBCH). Las barras verticales indican el error estándar.

La efectividad de los tratamientos con ANA depende de la época en que se realicen. Los mejores resultados se obtienen cuando se llevan a cabo entre 10 y 15 días después de plena floración, esto es, cuando son visibles 2-3 frutos por panícula (estado 608-609 de la escala BBCH) (Fig. 5.2; Foto 5.1). Su eficacia decrece con el aumento del número de frutos visibles por panícula.

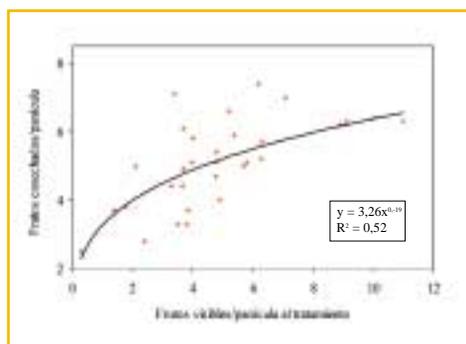


Figura 5.2: Relación entre el número de frutos visibles por panícula en el momento del tratamiento y el número de frutos recolectados por panícula. Valores correspondientes al níspero japonés, cv. 'Algerie'. Resultados correspondientes a un tratamiento con 20 mg l⁻¹ de ANA. ($y = 3,26 x^{0,79}$; $R^2 = 0,52$)

El incremento en el diámetro de los frutos compensa la reducción del número de frutos, por lo que el rendimiento es levemente superior en los árboles tratados con 20 mg l⁻¹ de ANA (37 kg/árbol) respecto a los controles (35,5 kg/árbol). En general, mediante el aclareo manual se obtienen frutos con un diámetro un 8,5% mayor (43,6 mm) y un rendimiento por árbol levemente inferior (31,5 kg/árbol) a los aclarados químicamente con ANA.

Las características del fruto son significativamente alteradas por el tratamiento (Tabla 5.1). La resistencia de la pulpa desciende, mientras que tanto la concentración de sólidos solubles como el



Foto 5.1 Época más adecuada para los tratamientos de aclareo químico con ANA. Son visibles 2-3 frutos por panícula.

color de los frutos aumentan de forma significativa; la forma de los frutos, así como su acidez, no son modificadas por los tratamientos. Dado que los parámetros de tamaño, color, acidez libre y concentración de sólidos solubles de los frutos son los factores que determinan el momento de la recolección, el tratamiento con ANA anticipa la misma (Tabla 5.1).

Tabla 5.1: Efecto del aclareo manual y químico sobre las características del fruto en el momento de la recolección. Valores para níspero japonés, cv. 'Algerie'. El tratamiento químico con ANA (20 mg l^{-1}) se realizó cuando eran visibles 2-3 frutos por panícula (estado 608-609 escala BBCH). Cada valor es la media de, al menos, 360 frutos .

	\emptyset/h^z	Resistencia	Acidez	Color ^y		1 ^{ra} cosecha	
		(Kg)		^o Brix	a	a/b	Frutos (%)
Control	0.83	2,2 b	11.2 a	1.3	8.7 a	0.31 a	47.1a
Aclareo manual	0.84	1,5 a	11.7 a	1.2	10.8 c	0.38 b	60.8 b
ANA	0.84	1,4 a	12.6 b	1.2	9.8 b	0.35 ab	59.5 b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

^zRelación diámetro/altura.

^yCoordenadas Hunter.

El aclareo de frutos modifica significativamente la distribución de frecuencias de los diámetros de los frutos (Fig. 5.3), aumentando la proporción de frutos grandes y disminuyendo la de frutos pequeños. Los frutos de calidad GG y GGG (MAPA, 1995) representan un 60% del total de los cosechados en los árboles tratados con ANA (20 mg l^{-1}), un 75% en los árboles aclarados manualmente y un 5% en los árboles no aclarados.

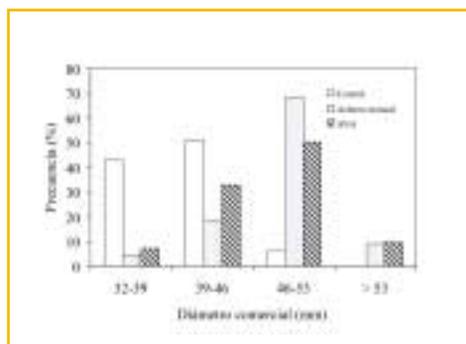


Figura 5.3: Efecto del aclareo manual y químico con ANA (20 mg l⁻¹) sobre la distribución de los diámetros del níspero japonés, cv. 'Algerie'. El tratamiento se realizó cuando eran visibles 2-3 frutos por panícula (estado 608-609 de la escala BBCH). Valores correspondientes a la totalidad de los frutos por árbol del experimento.

La respuesta a los tratamientos con ANA también depende de la formulación química utilizada. La aplicación de ANA en forma de sal potásica da resultados muy próximos a los obtenidos con el aclareo manual, tanto en el tamaño del fruto como en su coloración (Tabla 5.2). Por el contrario, la amida del ANA provoca un excesivo aclareo de flores que causa una reducción del rendimiento del 37% con respecto al aclareo manual, de un 42% en comparación con los árboles tratados con el ácido libre del ANA y de más de un 50% en comparación con los árboles tratados con la sal potásica del ANA.

Tabla 5.2: Influencia de la formulación química sobre la efectividad del ANA (50 mg l⁻¹) como aclarante del níspero japonés, cv. 'Golden Nugget' en relación con árboles no aclarados y aclarados a mano. El ANA fue aplicado cuando eran visibles 2-3 frutos por panícula (estado 608-609 de la escala BBCH).

	Frutos/ panícula	Kg/ árbol	Ø (mm)	Color ^y		1 ^{ra} cosecha Frutos (%)	Semillas por fruto
				a	a/b		
No aclarados	6.7 c	20.3 b	43.7 a	9.7 a	0.37 a	17.5 a	3.7 c
Aclareo manual	2.5 b	25.9 c	48.6 b	12.2 b	0.46 b	37.8 b	3.8 c
ANA ácido libre	2.9 b	28.2 c	47.7 b	12.3 b	0.45 b	34.1 b	2.8 b
ANA sal potásica	2.8 b	33.1 c	49.2 b	14.4 c	0.56 c	46.3 c	2.0 a
ANA amida	1.6 a	16.3 a	51.4 b	15.1 c	0.58 c	57.7 d	2.6 b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (P ≤ 0,05).

^z Relación diámetro/altura.

^y Coordenadas Hunter.

Esta fuerte reducción en el número de frutos incrementa el tamaño de éstos, su coloración y su desarrollo, permitiendo cosechar más de un 50% de los frutos en la primera fecha de recolección (Tabla 5.2), poniendo de manifiesto la estrecha relación existente entre el número de frutos por árbol y el desarrollo de los mismos.

Es de destacar que la reducción del número de semillas provocada por las distintas formulaciones de ANA no tuvo efecto negativo aparente sobre el tamaño final del fruto. Este efecto fue compensado por el peso individual de las que persistieron, de modo que el peso total de las semillas fue el mismo en los frutos de árboles aclarados manualmente y con ANA.

5.1.1.2 Rayado de ramas

El rayado de ramas aumenta el tamaño final del fruto del níspero japonés. La respuesta es inmediata, y a los 25 días de efectuado el tratamiento los frutos de los árboles rayados ya presentan un diámetro significativamente mayor que el de los árboles no rayados (Fig. 5.4). Las máximas diferencias se alcanzan a los 35 días del rayado, manteniéndose constantes hasta la recolección. En ese momento, la diferencia entre el diámetro de los frutos de los árboles rayados (40,4 mm) y de los control (37,0 mm) es del orden del 10%.

Los mejores resultados se obtienen cuando se practica en los estados fenológicos 702-704 de la escala BBCH (Fig. 5.5; Foto 5.2), esto es, inmediatamente antes de que el fruto inicie su fase final de crecimiento lineal (Fig. 4.2). Un adelanto o retraso del momento de ejecución disminuye significativamente su efecto.

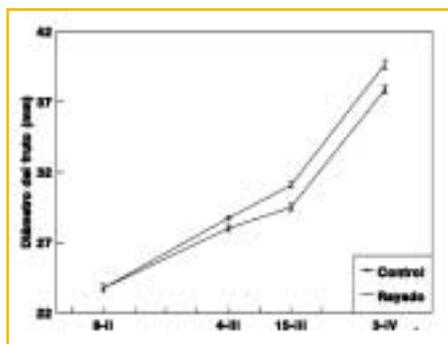


Figura 5.4: Influencia del rayado de ramas sobre la evolución del diámetro del fruto del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Estado fenológico en el momento del rayado: 703 de la escala BBCH. Resultados correspondientes a un experimento de rayado fino.

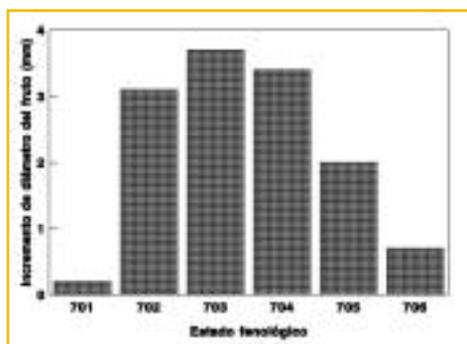


Figura 5.5: Influencia de la época de rayado sobre el incremento del diámetro final del fruto del níspero japonés, cv. 'Algerie'. La época de rayado se expresa por el estado fenológico según la escala BBCH. Resultados correspondientes a un experimento de rayado fino.



Foto 5.2 Estado idóneo del desarrollo del fruto (702-704 de la escala BBCH) para efectuar el rayado de ramas.

El efecto del rayado se muestra independiente de la anchura de la herida (Foto 5.3). La comparación de los dos tipos de rayado indica el mismo efecto sobre el tamaño final del fruto y sobre la distribución comercial de sus calibres que, en ambos casos, son significativamente mejores que en los árboles control sin rayar (Tabla 5.3).

La cosecha de árboles rayados aumenta significativamente con independencia del tipo de rayado. Este efecto no es debido, en ningún caso, a diferencias en el número de frutos; éste es fijado en el momento del aclareo sin que los rayados practicados lo alteren.

Tabla 5.3: Influencia del tipo de rayado de ramas sobre las características de la cosecha del níspero japonés 'Algerie'. El rayado fino supone un simple corte de la corteza, en el rayado ancho se separa un anillo de ésta de 5 mm de anchura. (Ver Foto 5.3).

	Ø (mm)	Calibres comerciales (%)			Cosecha Kg/árbol
		GGG	GG	G	
Control	42.0a	20a	53b	27b	35.9a
Rayado fino	45.4b	35b	56b	9a	42.7b
Rayado ancho	44.8b	38b	56b	6a	43.0b

Subíndices distintos en la misma columna indican significación estadística ($P \leq 0,05$).

Aunque la cicatrización del rayado fino es más rápida y menos traumática que la del rayado ancho, tampoco en este último se advierten efectos negativos aplazados en el tiempo. En todo caso, sin embargo, debe evitarse dañar la madera alcanzando el xilema (Foto 5.4); en caso contrario éste no será restituido hasta la nueva actividad cambial, y si el daño es muy profundo la vida de la rama rayada puede peligrar.



A

Foto 5.3 Rayado de ramas.

A) Rayado fino.

B) Rayado ancho.



B



Foto 5.4 La ejecución correcta del rayado de ramas sólo afecta a la corteza, quedando intacto el leño. Las flechas indican la cicatriz del rayado, fino en este caso.

En el momento de la primera recolección, la coloración del fruto mejora como consecuencia del rayado de ramas, pero su resistencia es menor (Tabla 5.4). Esta mejora en el color y el mayor tamaño del fruto permiten adelantar la cosecha. Así, el porcentaje de frutos cosechados en la primera recolección es mayor en los árboles rayados que en los árboles control (Fig. 5.6). La acidez y el contenido en sólidos solubles totales del zumo, así como la forma del fruto, no son alterados por el rayado de ramas (Tabla 5.4)

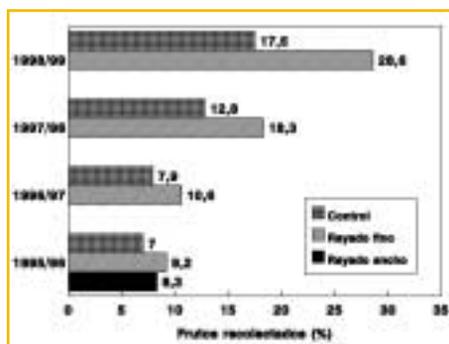
Tabla 5.4: Efecto del rayado fino de ramas sobre las características del fruto del níspero japonés, cv. 'Algerie' en el momento de la primera recolección. Rayado efectuado entre los estados 702 y 704 de la escala BBCH.

	\emptyset/h^z	Pulpa	Resistencia	°Brix	Acidez (%)	Color ^y	
		H ₂ O (%)	(kg)			a	a/b
Control	0,79	87,1	2,1	11,8	1,41	-0,9	-0,04
Rayado	0,82	87,3	1,8	11,5	1,48	5,4	+0,18
Signif.	n.s.	n.s.	5 %	n.s.	n.s.	5 %	5 %

^z Relación diámetro/altura.

^y Coordenadas Hunter.

Figura 5.6: Influencia del rayado fino de ramas sobre el porcentaje de frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie' cosechados en la primera recolección. Resultados correspondientes a cuatro años de experimentación. Rayados efectuados entre los estados 702 y 704 de la escala BBCH.



5.1.1.3 Efecto de las auxinas de síntesis

La aplicación de 2,4 DP (25 mg l⁻¹) durante los estados fenológicos 702 a 704 de la escala BBCH incrementa el tamaño final del fruto del nispero japonés. Veinticinco días después del tratamiento las diferencias con el control son perceptibles, alcanzando la significación estadística a los 45 días de la aplicación y manteniéndose hasta la recolección (Fig. 5.7).

La época de aplicación se presenta crítica en la determinación de la respuesta, de un modo similar a lo descrito para el rayado de ramas (ver apartado 5.1.1.2.). Mientras los tratamientos realizados durante los estados fenológicos indicados provocan un incremento en el diámetro medio de los frutos maduros de 1,5 mm, un retraso en la aplicación de 15 días o más reduce la respuesta hasta un incremento inferior a 0,5 mm (Fig. 5.8).

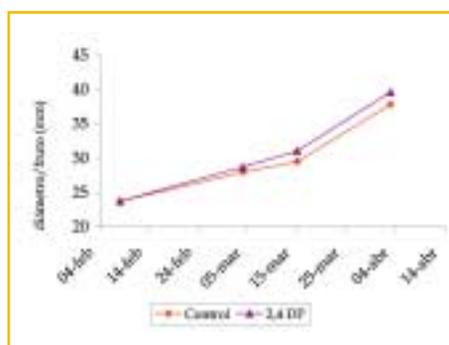


Figura 5.7: Influencia de la aplicación de 2,4 DP (25 mg l⁻¹) sobre la evolución del diámetro del fruto de nispero japonés, cv. 'Algerie'. Tratamientos efectuados entre los estados 702 y 704 de la escala BBCH.

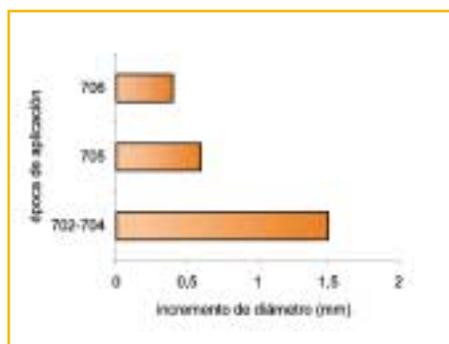


Figura 5.8: Influencia de la época de aplicación de 2,4 DP (25 mg l⁻¹) sobre el diámetro del nispero japonés, cv. 'Algerie', en la maduración. Época expresada según la escala BBCH.

Más importante que el incremento que se logra sobre el diámetro medio de los frutos maduros es el efecto sobre su distribución comercial. Mientras el porcentaje de los frutos de menor tamaño disminuye por efecto de las auxinas, el porcentaje de los frutos más grandes aumenta (Fig. 5.9).

La presencia de calibres comerciales tan bajos como los representados en la Figura 5.9 es consecuencia de haber realizado el experimento con árboles sin aclarar, con el fin de determinar la potencialidad económica de los tratamientos.

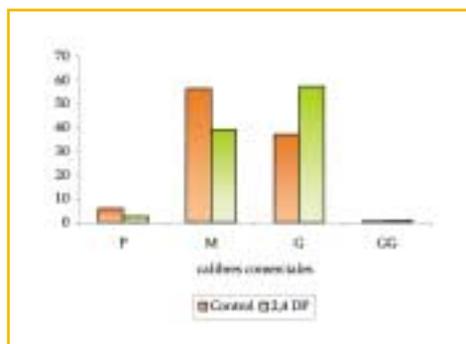


Figura 5.9: Influencia de la aplicación de 2,4 DP (25 mg l⁻¹) sobre la frecuencia de distribución de los calibres comerciales del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Tratamientos efectuados entre los estados 702 y 704 de la escala BBCH.

Los tratamientos efectuados no modifican la forma de los frutos, pero sí su resistencia al punzamiento, que disminuye un 15% respecto de los controles, alcanzando la significación estadística. El contenido en sólidos solubles aumenta cerca de un 5% respecto de los controles por efecto del tratamiento. Pero el efecto más notable se relaciona con la coloración del fruto, que mejora notablemente con los tratamientos (Tabla 5.5).

Tabla 5.5: Efecto de la aplicación de 2,4 DP (25 mg l⁻¹) sobre las características del fruto maduro de níspero japonés, cv. 'Algerie'. Tratamientos efectuados entre los estados 702 y 704 de la escala BBCH.

	Ø/h ^z	Resistencia (kg.)	Color ^y			
			°Brix	Acidez (%)	a	a/b
Control	0.8	2.1	10.7	1.4	-0.9	-0.04
2,4 DP	0.83	1.8	11.1	1.4	+3.7	+0.13
Sign.	n.s.	5%	n.s.	n.s.	5%	5%

^zRelación diámetro/altura.

^yCoordenadas Hunter.

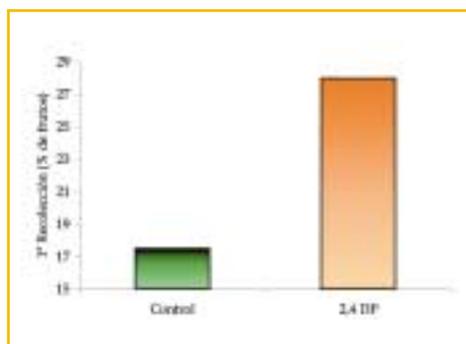


Figura 5.10: Influencia de la aplicación de 2,4 DP (25 mg l⁻¹) sobre el porcentaje de frutos cosechados en la 1ª recolección. Valores para el níspero japonés, cv. 'Algerie'. Tratamientos efectuados entre los estados fenológicos 702 y 704 de la escala BBCH.

Como consecuencia del incremento del diámetro medio de los frutos y de su mejora en la colocación, el porcentaje de frutos cosechados en la 1ª recolección aumenta significativamente. Mientras en los árboles control se recolecta el 17% de los frutos, en los árboles tratados con 2,4 DP se supera el 27% (Fig. 5.10).

También en este caso es decisiva la época de aplicación. En efecto, si ésta determina la eficacia de la auxina sobre el desarrollo del fruto, su repercusión sobre la cosecha debe ser también determinante. Mientras de los árboles tratados en el estado fenológico 702-704 se cosecha un 28% de frutos en la 1ª recolección, de los tratados en el estado fenológico 705 se cosecha el 25%, y de los tratados en el estado 706, el 20%; en la fecha de esta primera recolección, de los árboles control sólo se recolecta un 17% (Fig. 5.11).

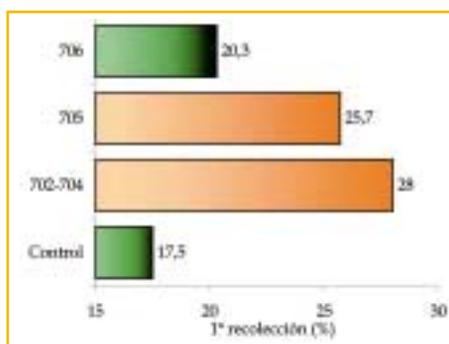


Figura 5.11: Influencia de la época de aplicación del 2,4 DP (25 mg l⁻¹) sobre la primera recolección del nispero japonés, cv. 'Algerie'. Valores expresados en porcentaje de frutos recolectados. Colores diferentes indican diferencias significativas.

El efecto logrado con el 2,4 DP no supera, sin embargo, al obtenido con el rayado de ramas. En la Figura 5.12 se muestran los resultados de un experimento comparativo entre ambas técnicas, siendo la diferencia con los controles superior a 2 mm en el caso del rayado y próximos a 3 mm en el caso del 2,4 DP. Del mismo modo, tampoco se encuentran diferencias en las características del fruto maduro, la cosecha y el porcentaje de frutos cosechados en la primera recolección.

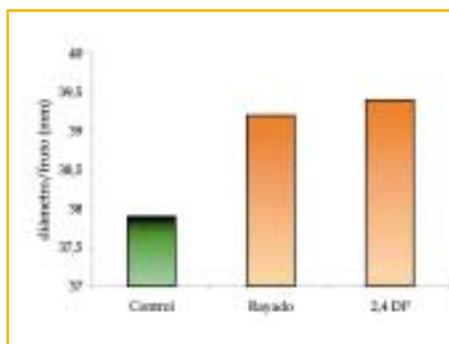


Figura 5.12: Influencia del rayado de ramas y de la aplicación de 2,4 DP (25 mg l⁻¹) sobre el diámetro de los frutos de nispero japonés, cv. 'Algerie'. Tratamientos efectuados entre los estados 702 y 704 de la escala BBCH. Colores diferentes en las columnas indican diferencias significativas.

5•2 LA MANCHA PÚRPURA

La mancha púrpura del níspero es una alteración fisiológica frecuente que afecta la epidermis del fruto, produciendo manchas pardo-violetas que desmerecen su calidad comercial. En España se considera que daña el 15 % de la producción afectando al precio del fruto en un 40-50 % (Foto 5.5). Aparece principalmente cuando los frutos empiezan a virar del color verde al verde-amarillento.

Junto con el tamaño del fruto, la presencia de mancha púrpura es el aspecto más importante en la determinación del precio final del producto. El tamaño ya se ha visto que puede ser modificado mediante la aplicación de técnicas de cultivo, pero la mancha púrpura constituye un problema poco conocido y de difícil solución.



Foto 5.5: Frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie', afectados de mancha púrpura (flechas).

Si bien la alteración aparece durante todo el período de cosecha, es proporcionalmente más importante al inicio de la misma. Los frutos provenientes de variedades tempranas, partes del árbol más expuestas al sol o fincas más precoces, presentan una incidencia mayor de mancha púrpura. Esto significa que los sistemas de cultivo tendentes a exaltar la precocidad, de gran interés desde el punto de vista económico, son los que promueven una afección mayor.

Se ha comprobado la influencia del sol sobre la aparición de la lesión, así como el exceso de abono nitrogenado y el uso de prácticas tendentes a aumentar el tamaño del fruto. Además, se han establecido diferencias varietales, siendo 'Moggi', 'Moggi Wase', 'Precoce de Itaquera', 'Algerie', 'Polop' y 'Tanaka', las variedades más sensibles.

El nivel de calcio en el fruto es la principal causa a la que se ha atribuido el problema de la mancha púrpura en el níspero, pero el hecho de que su incidencia sea variable entre años, variedades, fechas de maduración, ubicación geográfica de las fincas y factores climáticos y culturales, hacen pensar en un origen más complejo.

Asimismo, que la sintomatología de la mancha púrpura del níspero aparezca en un momento muy puntual del desarrollo del fruto como es el cambio de color, hace pensar en una fuerte influencia de los factores endógenos del fruto.

Gariglio et al. (2002) han estudiado las características histológicas y fisiológicas de esta alteración.

5•2•1 Características histológicas de la alteración

El corte transversal de un fruto de níspero afectado levemente de mancha púrpura, permite observar el lugar en que se inicia la alteración. Ésta comienza en las células hipodérmicas más profundas próximas a las células más externas de la pulpa, formando una franja de tejido de aspecto compacto (Foto 5.6a).

A medida que la lesión avanza en intensidad, se incrementa el número de filas de células epidérmicas implicadas (Foto 5.6b); en los estados más severos de la alteración todo el tejido epidérmico resulta afectado (Foto 5.6c). En ningún caso se han observado daños en las células de la pulpa ni en la estructura de la cutícula (Foto 5.6a,b,c).

La microscopía óptica permite observar la lesión con mayor precisión. Así, las células de la zona lesionada, fijadas en FPA, se mostraron comprimidas y con una fuerte deshidratación, de modo que el citoplasma queda ubicado en la zona central de la célula, tomando una coloración muy intensa con azul de metileno (Foto 5.7a). En la zona sana, en cambio, las células son más elípticas, el citoplasma presenta un estado de hidratación normal, ocupa todo el espacio celular y se tiñe menos intensamente (Foto 5.7a).

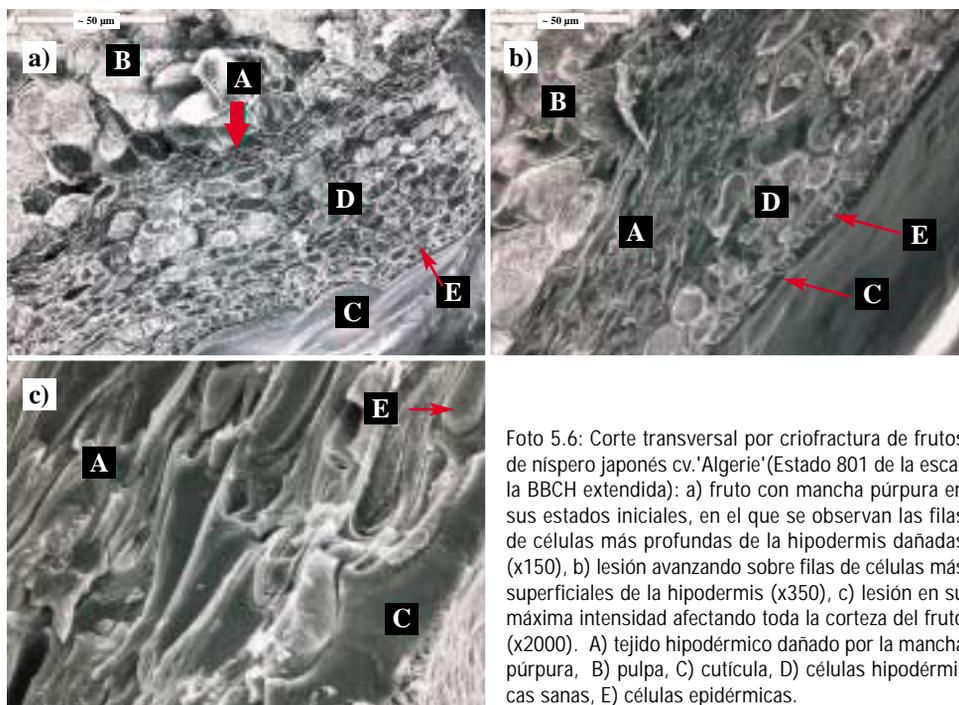


Foto 5.6: Corte transversal por criofractura de frutos de níspero japonés cv.'Algerie' (Estado 801 de la escala BBCH extendida): a) fruto con mancha púrpura en sus estados iniciales, en el que se observan las filas de células más profundas de la hipodermis dañadas (x150), b) lesión avanzando sobre filas de células más superficiales de la hipodermis (x350), c) lesión en su máxima intensidad afectando toda la corteza del fruto (x2000). A) tejido hipodérmico dañado por la mancha púrpura, B) pulpa, C) cutícula, D) células hipodérmicas sanas, E) células epidérmicas.

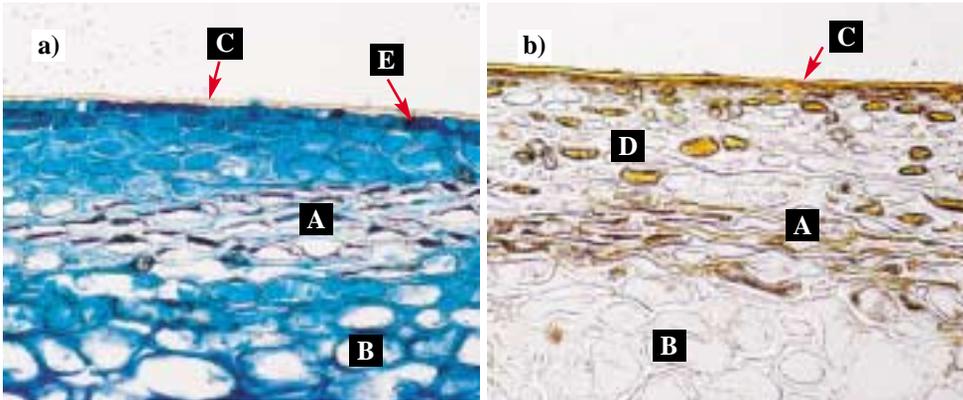


Foto 5.7: Cortes transversales de frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie', afectados de mancha púrpura observados en microscopía óptica utilizando diferentes procedimientos: a) material fijado en FPA, cortado por congelación y teñido con azul de metileno (x500), b) material fijado en ácido crómico y formaldehído, cortado por congelación y teñido con Sudan IV (x500). A) tejido hipodérmico dañado por la mancha púrpura, B) pulpa, C) cutícula, D) células hipodérmicas sanas, E) células epidérmicas.

No se detectaron daños en la cutícula sobre la zona afectada con mancha púrpura, tanto en las observaciones de microscopía electrónica (Foto 5.6) como de microscopía óptica con tinciones específicas para la cutícula (Foto 5.7b), incluso cuando la intensidad de la alteración afecta a todo el tejido epidérmico.

De un modo similar, las observaciones al microscopio electrónico de barrido no revelan diferencias en la superficie de los frutos sanos y dañados (Foto 5.8). En ambos casos se observan pequeñas placas de ceras epicuticulares, características de este tipo de estructuras.

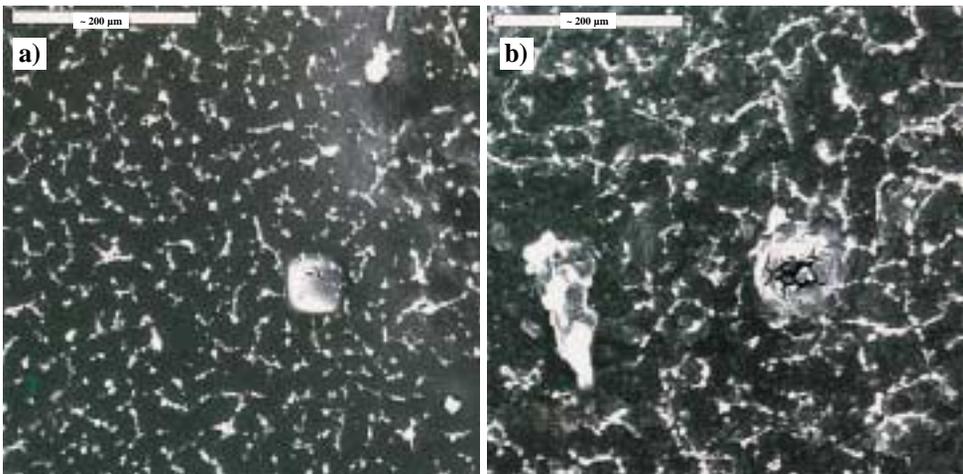


Foto 5.8: Vista superficial de las ceras epicuticulares de los frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos (a) y afectados (b) de mancha púrpura (x3500).

5.2.2 Evolución de la alteración

En un estudio global de la cosecha de más de 150 explotaciones con diferentes variedades, condiciones climáticas y prácticas de cultivo, llevado a cabo durante 6 años, se determinó que la incidencia relativa de la mancha púrpura es máxima hacia mediados de abril, afectando al 30 % de la cosecha diaria (Fig. 5.13), descendiendo bruscamente a continuación, hasta alcanzar valores cercanos al 5 % de los frutos cosechados a finales de mayo. Posteriormente, durante los últimos días de cosecha, presenta un leve aumento. Y este comportamiento fue muy semejante a lo largo de todos los años estudiados.

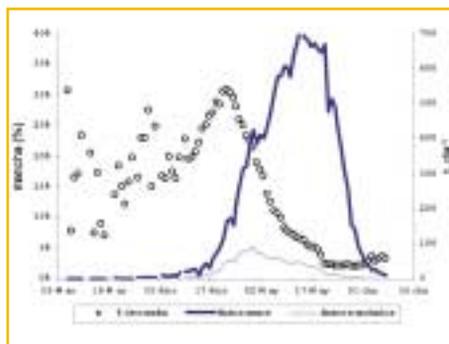


Figura 5.13: Evolución diaria de la producción y de la incidencia de mancha púrpura, en términos absolutos y relativos, en la comarca de la Marina Baixa. Valores correspondientes a la Cooperativa de Callosa D'En Sarrià. Valores del año 2000.

El estudio también revela otros aspectos de importancia. En primer lugar, la incidencia relativa anual de frutos afectados presenta variaciones próximas al 100 % entre años extremos (Tabla 5.6); y en segundo lugar, no se presenta ninguna correspondencia entre la proporción de frutos afectados en el momento de máxima intensidad relativa de la alteración y la incidencia relativa anual.

Tabla 5.6: Parámetros que describen el comportamiento de la mancha púrpura en la comarca de La Marina Baixa en un periodo de 7 años consecutivos. Valores expresados en tanto por ciento de cosecha afectada sobre el total recolectado. Periodo estudiado: 1994-2000.

Intensidad de la alteración	Años						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Media	14,2	17,2	11,7	12,6	14,4	9,3	9,8
Máxima	24,8	24,1	20,0	22,9	31,2	29,7	27,2
Mínima	9,8	12,3	9,0	8,2	6,1	5,5	2,1
Precocidad (%) ⁽¹⁾	7	21	8	17	4	1	1
Semanas de cosecha ⁽²⁾	8	10	9	10	8	7	7

⁽¹⁾ Indica el % de la cosecha total hasta el 15 de abril.

⁽²⁾ Contempla semanas con entradas diarias superiores a 100.000 kg.

Finalmente, los años más precoces se caracterizaron por una mayor incidencia anual de mancha púrpura. La correlación no fue alta, pero sí estadísticamente significativa. Además, los años precoces presentaron un periodo de cosecha más prolongado (Tabla 5.6).

Otro aspecto importante derivado de este estudio es la escasa variación que presenta el momento en que ocurre el máximo de incidencia relativa de la mancha (Fig. 5.13), a pesar de la variación de la maduración encontrada entre años, que en los casos extremos alcanzó hasta un mes. Como consecuencia de ello, en los años más precoces se produce un mayor solapamiento de las curvas de producción e incidencia relativa de mancha (Fig. 5.13) y ésta es muy abundante, pero en los más tardíos las curvas de producción e incidencia de mancha se desfasan y ésta es más baja.

Este aspecto queda ratificado con el estudio realizado en 5 parcelas seleccionadas por su diferente situación geográfica, diferente microclima y diferente época de recolección. También en estos casos, los valores más altos de incidencia relativa de la mancha se registraron al inicio de la cosecha y decrecieron con el transcurso de la misma (Fig. 5.14) y queda claro que las fincas más precoces fueron las que presentaron la mayor intensidad inicial de mancha, alcanzando valores entre el 50% y el 60 % de los frutos cosechados. Sin embargo, la proporción anual de frutos manchados, al igual que lo ocurrido a nivel regional, no guardó relación con este valor de máxima intensidad (Tabla 5.7). En efecto, la finca n° 1, que presentó los valores más altos de mancha al inicio de la cosecha del año VI (Figura 5.14), tuvo una de las incidencias anuales más bajas (Tabla 5.7).

De acuerdo con todo ello, se puede concluir que no existe una relación entre precocidad de la finca e intensidad anual de mancha púrpura y, de hecho, no se detectó una correlación estadísticamente significativa entre estos parámetros para ninguno de los años analizados. Esta relación, en cambio, fue estadísticamente significativa cuando se analizaron los datos a nivel regional.

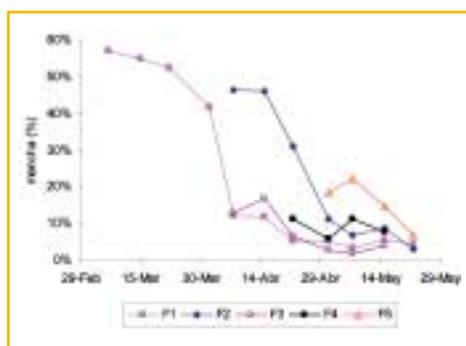


Figura 5.14: Evolución de la incidencia relativa de mancha púrpura en cinco fincas comerciales de níspero japonés, en la Comarca de la Marina Baixa, durante el año VI. Los valores están expresados como promedios semanales. F1, F2,...,F5, hacen referencia a la finca n° 1, finca n° 2, ..., finca n° 5.

Tabla 5.7: Parámetros que describen el comportamiento de la mancha púrpura en cinco plantaciones comerciales de níspero japonés, cv. 'Algerie', en la comarca de la Marina Baixa. Valores expresados en tanto por ciento de frutos afectados sobre el total de los recolectados. Fincas ordenadas de mayor a menor precocidad.⁽¹⁾ Indica el % de la cosecha total hasta el 15 de abril.

Intensidad de la alteración	Año	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
Media	VI	5,6	4,0	11,1	7,6	10,3
	VII	9,48	3,5	16,5	7,4	6,8
Máxima	VI	57,0	17,0	46,0	11,2	22,2
	VII	31,6	48,8	24,1	29,9	13,7
Mínima	VI	3,6	1,7	2,2	6,1	7,0
	VII	1,4	1,5	0,0	1,57	3,7
Precocidad (%) ⁽¹⁾	VI	30,1	13,0	11,1	3,7	0,0
	VII	40,4	12,2	11,3	6,3	0,0
Semanas de cosecha	VI	11	6	8	4	4
	VII	10	8	8	4	3

5.2.3 Influencia de los factores endógenos sobre la intensidad de la alteración

5.2.3.1 Transpiración cuticular.

En la descripción histológica de la alteración ya se ha indicado que los frutos afectados no muestran daños en la cutícula (Foto 5.6, 5.7 y 5.8). Esta característica queda ratificada al observar la inexistencia de diferencias significativas en la permeabilidad al agua de cutículas aisladas de frutos sanos y afectados. Del mismo modo, la comparación del fruto entre variedades y fincas con diferencias significativas en la intensidad de la mancha tampoco muestran diferencias significativas en su permeabilidad cuticular. No es de extrañar, por tanto, que el uso de antitranspirantes, capaces de disminuir la pérdida de agua en los frutos, no se haya mostrado eficaz para reducir la incidencia de la alteración.

Por otro lado, el daño que caracteriza a la mancha púrpura se inicia en las filas celulares más profundas de la piel, en contacto con la pulpa, sin que haya daños en los estratos celulares más superficiales de la piel. Cuando hay un aumento de la permeabilidad cuticular, la pérdida de agua del fruto aumenta considerablemente y los daños se inician con una deshidratación celular en la parte superficial de la corteza que, más tarde, progresa en profundidad (Vercher *et al.*, 1994).

5.2.3.2 Composición mineral

En la variedad 'Algerie', no se observan diferencias significativas en la composición mineral de la pulpa de frutos sanos y manchados. (Tabla 5.8). En cambio, en la epidermis la concentración de potasio, hierro y cobre es mayor en los frutos afectados. Particularmente importante es el caso del hierro, para el que la concentración en los frutos afectados es un 85 % superior al la de los frutos sanos. Para el potasio y el cobre las diferencias son menores, un 37 % y 51 %, respectivamente.

Tabla 5.8: Composición mineral de la pulpa y de los tejidos epidérmicos de frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos y afectados de mancha púrpura en el momento de su cambio de color. Los resultados son promedios de cuatro repeticiones. Valores de macronutrientes expresados en % de materia seca y de micronutrientes en ppm.

	Pulpa			Tejidos epidérmicos		
	Frutos sanos	Frutos afectados	Signif.	Frutos sanos	Frutos afectados ²	Signif.
N	0.74	0.75	ns	0.53	0.54	ns
P	0.09	0.09	ns	0.04	0.05	ns
K	1.15	1.00	ns	1.07	1.47	*
Mg	0.12	0.13	ns	0.07	0.08	ns
Ca	0.35	0.49	ns	1.28	1.39	ns
Fe	9.95	10.72	ns	18.00	33.30	*
Zn	9.78	12.60	ns	12.30	14.90	ns
Mn	7.41	7.52	ns	11.10	11.30	ns
Cu	4.71	4.22	ns	2.25	3.40	*

*: Significativo para $P < 0.05$; ns: no significativo

²:Corresponde al sector afectado de mancha púrpura.

Estas diferencias, sin embargo, no son razones sólidas para explicar la alteración. Es más, el seguimiento de la concentración de los elementos minerales en las hojas y en los frutos, en fincas y variedades con diferente sensibilidad a la mancha púrpura, no muestra una tendencia clara. Así, para varios elementos minerales se observa que si su concentración es significativamente menor en la finca más sensible, no ocurre lo mismo en la variedad más sensible, y viceversa.

Hasta el presente, el origen más aceptado de la mancha púrpura es una deficiencia localizada de calcio en el fruto (Caballero, 1993; Tuset *et al.*, 1989). Este elemento se caracteriza por su baja movilidad en el floema (Marschner, 1989), por lo que en órganos, como los frutos, que tienen una baja tasa de transpiración y alta tasa de crecimiento, se produce una dilución de su concentración y, como consecuencia, la aparición de alteraciones fisiológicas como el "blossom end rot" en el tomate (Ho *et al.*, 1987; 1993), el "bitter pit" en la manzana (Fallahi *et al.*, 1997), etc.. Sin embargo, la disminución de la concentración de los elementos minerales en la pulpa del fruto del níspero es un efecto generalizado y no específico para el calcio, a pesar de la diferente movilidad dentro de la planta que caracteriza a cada elemento. Es más, no se observa una menor concentración de calcio en los frutos afectados respecto de los sanos, tanto en la pulpa como en la piel. Además, la alteración presenta su máxima intensidad al inicio del período de cosecha y disminuye al avanzar la misma, es decir, la incidencia de la alteración disminuye con el aumento de la temperatura y de la radiación solar, justo lo contrario a lo atribuido a las deficiencias localizadas de calcio en el fruto, que muestran un comportamiento directo con la temperatura y con el producto de la radiación por la temperatura (Ho *et al.*, 1993). Estos resultados son evidencias sólidas que impiden atribuir a una deficiencia localizada de calcio en el fruto la causa desencadenante de la mancha púrpura en el níspero japonés.

5•2•3•3 Concentración de azúcares.

En el momento del cambio de color, los frutos afectados de mancha púrpura presentan una mayor concentración de azúcares totales en la pulpa (Tabla 5.9). El azúcar causante de este incremento es la sacarosa, que incrementa su concentración en más de un 25 % en los frutos manchados. En la piel, sin embargo, no se observan diferencias significativas en la concentración de ninguno de los azúcares analizados (Tabla 5.9).

Pero la característica más relevante del contenido de azúcares en el níspero es su acumulación en un corto período de tiempo del desarrollo del fruto, aunque éste se extienda durante más de tres meses. Así, en la variedad 'Algerie' cultivada en España, el fruto acumula en los últimos quince días de su crecimiento más del 80 % de los azúcares (Figs. 4.5 y 4.6) y valores similares, e incluso superiores, se han registrado con la variedad 'Tanaka' cultivada en Japón (Hirai, 1980).

La importancia de estos aspectos en las relaciones hídricas del fruto resulta evidente, pero existen otras razones no menos importantes. En primer lugar, en los frutos climatéricos, durante el período de mayor tasa de crecimiento se acumula almidón y éste es, posteriormente, hidrolizado cuando el fruto ya ha completado su desarrollo: de este modo, los períodos de alta tasa de crecimiento y alta tasa de acumulación de azúcares solubles están desfasados en el tiempo. Así, en la banana, cuando el fruto alcanza su tamaño final, previo al climaterio, la cantidad de almidón es cercana al 13 % y los azúcares solubles representan entre el 1-2 % del peso seco de la pulpa; tras la maduración, las proporciones se invierten, con una pérdida total del 2-5 % de los carbohidratos por respiración (Kotecha y Desai, 1995). Algo similar ocurre en la manzana y el mango (Kalra *et al.*, 1995). En el níspero, esta acumulación de azúcares ocurre en el momento en que el fruto presenta su máxima tasa de crecimiento, al igual que ocurre en otros frutos no climatéricos, como la uva (Lavee y Nir, 1986). En segundo lugar, la concentración de azúcares en la pulpa y la piel del fruto son diferentes, de modo que existe un gradiente de concentración de azúcares entre sus tejidos, favorable a la pulpa, que aumenta durante el crecimiento del fruto. Ello favorece la absorción de agua por parte de la pulpa respecto de la piel. Este fenómeno es agravado en situaciones de alta tasa de crecimiento del fruto (como, por ejemplo, una elevada intensidad de aclareo) o bajo condiciones ambientales predisponentes (como las ba-

las temperaturas al cambio de color del fruto), y ocurre simultáneamente con una disminución de la concentración de elementos minerales en la piel. Todo ello, conjuntamente, favorece la aparición de un desequilibrio hídrico entre la pulpa y la piel del fruto.

Tabla 5.9 : Concentración de azúcares en la pulpa y en los tejidos epidérmicos de los frutos sanos y afectados de mancha púrpura del níspero japonés, cv. 'Algerie', en el momento de su cambio de color. Los resultados son promedios de ocho repeticiones. Valores expresados en mg g⁻¹ de materia seca.

	Frutos sanos	Frutos afectados	Signif.
Pulpa			
Fructosa	103,4	116,9	ns
Glucosa	92,5	96,0	ns
Sorbitol	66,9	72,8	ns
Sacarosa	268,1	337,5	*
Total	531,0	625,4	*
Tejidos epidérmicos			
Fructosa	42,1	45,5	ns
Glucosa	32,5	35,2	ns
Sorbitol	32,7	29,4	ns
Sacarosa	110,0	96,1	ns
Total	218,4	207,7	ns
Diferencia entre pulpa y los tejidos epidérmicos			
Fructosa	65,9	70,9	ns
Glucosa	67,4	63,8	ns
Sorbitol	33,3	43,5	ns
Sacarosa	161,0	250,0	*

*: Significativo para P<0.05; ns: no significativo.

5•2•3•4 Relaciones hídricas.

El potencial hídrico no presenta diferencias significativas entre los frutos sanos y dañados, pero sí sus componentes. Así, en los tejidos epidérmicos disminuye el potencial de turgencia y aumenta el potencial osmótico de los frutos manchados. Este efecto, sin embargo, no se presenta en la pulpa (Tabla 5.10).

Los cambios rápidos en la acumulación de azúcares y en la absorción de agua que se producen en el fruto durante el cambio de color, no se traducen, por tanto, en cambios en el potencial hídrico, o sus componentes, de la pulpa, sino que se reflejan en una disminución del potencial osmótico y un aumento de la turgencia de las células de la piel. A este respecto, la hipótesis sobre la influencia de la epidermis en el control del crecimiento ("epidermal-growth-control hypothesis") (Kutschera 1989, 1992) establece que las paredes celulares de los tejidos externos, principalmente la epidermis, están sometidas a *tensión* debido a la turgencia celular de los tejidos internos. Por otro lado, los tejidos internos sufren un proceso de *compresión* por la resistencia al estiramiento que ofrecen los tejidos externos. Así, los tejidos internos proveen la fuerza para el crecimiento, mientras que las paredes celulares de los tejidos periféricos limitan y determinan la tasa de elongación.

Tabla 5.10: Potencial hídrico y sus componentes en la pulpa y en los tejidos epidérmicos de frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos y afectados de mancha púrpura, en el momento de su cambio de color. Los resultados son promedios de 48 repeticiones. Valores expresados en MPa.

	Frutos sanos	Frutos afectados	Signif.
Pulpa			
Potencial hídrico	-0,939	-0,983	ns
Potencial osmótico	-0,989	-1,025	ns
Potencial de presión	0,049	0,089	ns
Tejidos epidérmicos			
Potencial hídrico	-0,939	-0,983	ns
Potencial osmótico	-1,548	-1,308	*
Potencial de presión	0,609	0,376	*
Tejidos epidérmicos de la zona afectada			
Potencial hídrico		-1,01 ± 0,02	
Potencial osmótico		-2,19 ± 0,22	
Potencial de presión		1,18 ± 0,12	

*: Significativo para $P < 0.05$; ns: no significativo

Esta hipótesis ha sido avalada por otros trabajos que estudian los cambios en la elasticidad y plasticidad de las paredes celulares en relación con la actividad de enzimas específicas capaces de controlar directa o inversamente la tasa de crecimiento de un órgano (Shackel *et al.*, 1991; Tomos y Pritchard, 1994; Bacon *et al.*, 1997; Thompson, *et al.*, 1998), así como en relación con la manifestación del fenómeno de tensión en numerosos tejidos, como por ejemplo en la epidermis del fruto de tomate (Thompson, *et al.*, 1998), de la calabaza (Lin y Varner, 1991) o en la epidermis de tallos y hojas de otras especies (Niklas y Paolillo Jr., 1997).

En estos trabajos se hace hincapié en que los cambios en las propiedades de las paredes celulares tienen una gran influencia sobre el crecimiento de un órgano, pero no se atiende a los cambios en los componentes de los potenciales hídricos que existen entre los tejidos internos y externos en crecimiento a pesar de la importancia decisiva que tienen. En efecto, en el níspero, la expansión del tejido interno (pulpa), produce una disminución del potencial osmótico y un aumento del potencial de presión del tejido externo (piel); estos efectos son mayores en situaciones de alta disponibilidad de asimilados y reflejan una pérdida relativa de agua de la piel.

De este modo, la situación de estrés que genera el crecimiento, tanto en la pulpa (tejido interno) como en la piel (tejido externo) del fruto, resultan en la presencia de turgencia en ambos tejidos. Así, en el tejido en expansión activa (la pulpa del fruto), tiene lugar una rápida acumulación de azúcares y agua. Esta última genera un aumento del volumen celular, con la consiguiente presión de la membrana plasmática sobre la pared celular. En el tejido en expansión pasiva (la piel del fruto), las células deben soportar la fuerza que ejercen las células del tejido interno en expansión. De este modo, las paredes celulares de la piel son empujadas contra la membrana plasmática, disminuyendo el volumen de la célula y aumentando, por tanto, su presión de turgencia. De acuerdo con Kutschera (1992) el potencial de presión en ambos tejidos será consecuencia de la resistencia que ofrezca la piel del fruto al estiramiento y de la tasa de expansión de los tejidos internos.

El significado fisiológico de la turgencia que se genera en cada tejido es diferente. En el tejido interno en expansión (pulpa), la turgencia es debida a un proceso de hidratación celular, consecuencia de la rápida acumulación de azúcares que aumenta la capacidad de absorber agua del tejido. Como las paredes celulares del tejido externo limitan su expansión, la turgencia aumenta (fenómeno de *compresión*). En el tejido externo, la presión que ejerce la pulpa sobre las paredes celulares de la piel (fenómeno de *tensión*), aumenta su turgencia al disminuir el volumen de la celular. Por lo tanto, se produce un aumento temporal del potencial hídrico de la piel por el incremento de la presión parietal. El resultado es el establecimiento de un gradiente hídrico que favorece el movimiento de agua desde el tejido externo al interno. El equilibrio hídrico se restablecerá cuando el potencial hídrico de la piel vuelva a disminuir por un aumento de la concentración de solutos, consecuencia de la pérdida de agua. Por lo tanto, un aumento del potencial de presión en los tejidos externos (piel del fruto) en situaciones de alta tasa de crecimiento, está indicando un proceso de deshidratación de este tejido.

Estos cambios en los potenciales osmóticos de la piel, coinciden con el momento en que aparecen los síntomas de la alteración y son más bruscos en la medida que aumenta la probabilidad de ocurrencia de la mancha. Así, este efecto es más marcado en los tratamientos de mayor intensidad de aclareo, en la finca más sensible, en la cara expuesta del fruto, en los frutos no cubiertos de la luz, etc.. Por otro lado, esta disminución del potencial osmótico, prácticamente no se detecta en las situaciones en las que el riesgo de que los frutos se manchen es mínimo, como es el caso de los frutos provenientes de árboles no aclarados. Por lo tanto, son los cambios en las relaciones hídricas del fruto la causa de que, en determinadas circunstancias, se deshidrate la piel, daño característico de la mancha púrpura.

5•2•3•5 Producción de etileno.

En el níspero japonés, cv. 'Algerie', la producción de etileno tiene lugar a lo largo de todo el período de crecimiento del fruto, alcanzando los valores más elevados en el momento de la maduración (Tabla 5.11), pero sin presentar el pico de producción característico de los frutos climatéricos.

Tabla 5.11: Producción de etileno de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Influencia del estado fisiológico. Los valores son promedios de seis repeticiones.

	Producción de etileno nl g ⁻¹ h ⁻¹
Frutos verdes	0,27 a
Frutos en el cambio de color	0,48 ab
Frutos maduros	0,59 b

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticas significativas al nivel de probabilidad $\leq 0,05$.

Los frutos sanos tuvieron una producción de etileno significativamente menor que los frutos manchados. En concordancia con ello, la actividad del enzima ACC oxidasa en la piel de los frutos sanos fue de 17,5 nl g⁻¹ h⁻¹, mientras que en la de los frutos manchados alcanzó valores de 26,9 nl g⁻¹ h⁻¹. En estos últimos, a medida que aumentó la intensidad de la lesión se incrementó la producción de etileno (Tabla 5.12).

Tabla 5.12: Producción de etileno en frutos maduros del níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos y afectados de mancha púrpura. Influencia de la intensidad de la alteración.

	Producción de etileno nl g ⁻¹ h ⁻¹
Frutos sanos	0,59 a
Frutos con manchas ligeras	0,94 b
Frutos con manchas de intensidad media	0,89 b
Frutos con manchas severas	1,15 c

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticas significativas al nivel de probabilidad $\leq 0,05$.

5.2.4 Sensibilidad varietal

La incidencia de la mancha púrpura se halla estrechamente ligada a la variedad. Así, en nuestros estudios, mientras el cv. 'Algerie', tomado como referente, presenta valores ligeramente superiores al 15% del total de los frutos recolectados al inicio de la cosecha, el cv. 'Cardona' alcanza el 30% y el cv. 'Moggi' supera el 80%. Los frutos de los cv. 'Golden Nugget' y 'Peluche', por el contrario, apenas presentan la alteración (Fig. 5.15).

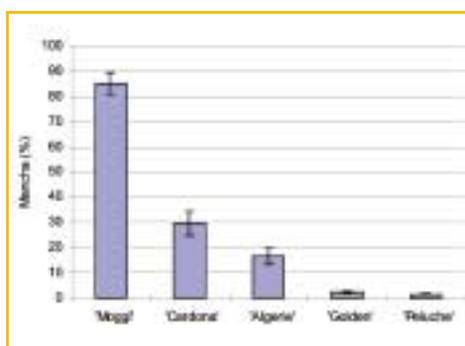


Figura 5.15: Influencia de la variedad sobre la incidencia de la mancha púrpura del níspero japonés. Valores correspondientes al año VI. Evaluación realizada al inicio de la cosecha. Las barras verticales indican el error standard.

Pero para analizar correctamente estos resultados es necesario tener en cuenta la alta variabilidad observada y la época de maduración de las variedades. Con ello se demuestra que el orden de incidencia es similar al de la precocidad. En efecto, la variedad 'Moggi' es la más precoz y la variedad 'Peluche' la más tardía.

Sin embargo, en las fincas en las que el estado fisiológico crítico para la alteración ocurrió al mismo tiempo en la variedad 'Cardona' y en la variedad 'Algerie', la proporción de frutos manchados de esta última duplicó a la de la primera, lo que contrasta con los datos globales de ambas variedades (Fig. 5.15). Dada la relación existente, como se verá más adelante, entre la temperatura mínima en el momento del cambio de color del fruto y la intensidad de mancha púrpura, es difícil establecer si las diferencias observadas entre variedades se deben a una diferente sensibilidad

a la alteración, a las distintas condiciones climáticas o a ambas cosas. Por otro lado, si se analiza la intensidad de la mancha en función de la fecha de maduración, sin hacer distinción entre variedades ni fincas, se pasa de un valor medio de 80% de incidencia de mancha en los casos en que la cosecha comenzó a fines de marzo, a un 45% cuando ocurrió a mediados de abril y a un 4 % a fines de este mismo mes.

Los estudios nutricionales realizados no muestran diferencias significativas entre las variedades 'Algerie' y 'Golden Nugget' respecto de la concentración de azúcares en la piel y en la pulpa en el momento del cambio de color de los frutos; en cambio, la variedad 'Peluche' presenta, hasta la madurez, una mayor concentración de azúcares, tanto en la piel como en la pulpa de los frutos, respecto de las otras dos variedades.

Del mismo modo, el potencial hídrico y sus componentes presentan un comportamiento similar en las variedades 'Algerie' y 'Golden Nugget', mientras que, al cambio de color, el potencial osmótico y el de presión de la pulpa en la variedad 'Peluche' son menor y mayor, respectivamente, a los de las otras dos variedades. La turgencia medida en la pulpa de la variedad 'Peluche' es 10 veces superior a la de la variedad 'Algerie'.

Y en la piel, mientras en la variedad 'Algerie' el potencial osmótico disminuye en el momento de cambio de color del fruto, en la variedad 'Peluche' no sufre ningún cambio.

5•2•5 Modificación de la competencia entre frutos. Influencia sobre la incidencia de la mancha púrpura.

La disminución de la competencia entre frutos es el factor cultural de mayor influencia en la aparición, desarrollo e intensidad de la alteración (Fig. 5.16). Los frutos procedentes de árboles no aclarados no se manchan, mientras que en los árboles aclarados a un fruto por panícula la intensidad de la alteración, evaluada al inicio de la cosecha, alcanza el 34 % del total de los frutos.

Pero esta relación entre la incidencia de la mancha púrpura y la intensidad de aclareo no es lineal. Así, al pasar de uno a dos frutos por panícula sólo en algún caso se observa un descenso significativo en el porcentaje de frutos manchados, pero al pasar de dos a tres frutos por panícula este porcentaje se reduce en más de un 60% y para aclareos menos intensos las diferencias apenas son perceptibles (Fig. 5.16).

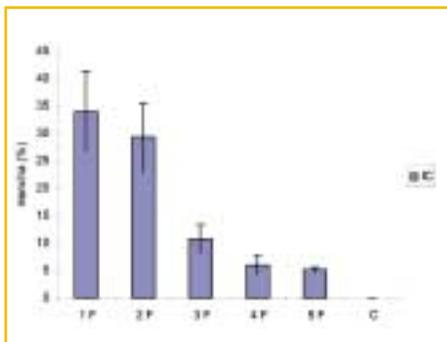


Figura 5.16: Influencia de la intensidad de aclareo sobre la incidencia de la mancha púrpura en níspero japonés, cv. 'Algerie'. IC= Evaluación realizada previa a la cosecha. Las barras verticales indican el error standard.

Como consecuencia del aclareo, el fruto crece más deprisa (Fig. 5.17). Este efecto adquiere importancia relevante a partir del cambio de color, momento en el que la diferencia de la tasa de

crecimiento entre tratamientos extremos de aclareo alcanza el 100%. La misma tendencia se observa en el diámetro y el volumen del fruto. Es interesante destacar que el período de alta tasa de crecimiento se extiende a más de una semana en los frutos aclarados a mayor intensidad respecto del resto de los tratamientos.

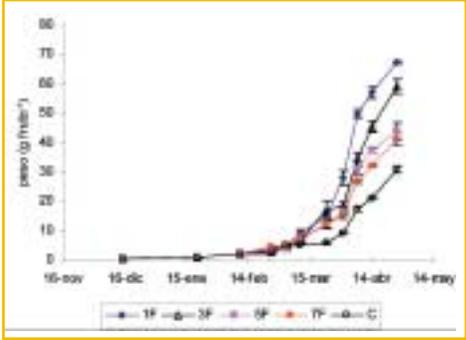


Figura 5.17: Evolución del peso fresco de frutos de níspero japonés, cv. 'Algerie'. Influencia de la intensidad de aclareo. 1F, 3F,..., 7F significa árboles aclarados a 1,3,..., 7 frutos por panículas; C = no aclarados. Las barras verticales indican el error standard.

La disminución de la competencia entre frutos aumenta el peso de la semilla y de la pulpa (Tabla 5.13), aunque con una mayor partición de asimilados hacia la pulpa. Así, mientras el peso seco de la semilla aumentó, en nuestros experimentos, hasta un 85 % al pasar de árboles no aclarados a árboles aclarados a un fruto por panícula, el peso seco de la pulpa lo hizo en un 162 %. De este modo, la proporción comestible del fruto (pulpa) aumentó con la intensidad de aclareo, pasando del 45 % del peso total en el control al 55 % en los árboles aclarados a un fruto.

Tabla 5.13: Influencia de la intensidad de aclareo sobre el peso seco de los componentes del fruto del níspero japonés, cv. 'Algerie', en el momento de la recolección. Los resultados son promedio de 15 repeticiones.

Frutos / panícula	Peso seco (g fruto ⁻¹)	
	Pulpa	Semilla
1	5,94 a	5,20 a
3	5,16 a	3,80 b
5	3,74 b	3,40 b
7	3,37 b	3,05 bc
Control	2,27 c	2,80 c

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, p ≤ 0,05.

El análisis de la tasa de crecimiento de las partes componentes del fruto muestra las mismas tendencias, aunque se advierte una diferencia de comportamiento entre la pulpa y la semilla. En la primera, la respuesta a una mayor disponibilidad de asimilados se traduce, fundamentalmente, en un aumento puntual de la tasa de crecimiento en el momento de cambio de color del fruto, que se incrementó 3,5 veces entre los frutos de los árboles no aclarados y aclarados a un fruto. En cambio, en la semilla el período de mayor tasa de crecimiento se amplió hasta un mes, aproximadamente.

Sin embargo, los potenciales hídricos de la pulpa del fruto del níspero no presentan grandes variaciones al comparar tratamientos de árboles sometidos a distinta intensidad de aclareo de frutos. Por otro lado, la presión de turgencia al cambio de color fue menor respecto a otros estados de desarrollo del fruto y no aumentó, proporcionalmente, al disminuir la competencia entre frutos. Si tenemos en cuenta que la tasa de crecimiento es máxima al cambio de color y que aumenta con la intensidad de aclareo, la turgencia no debe estar relacionada con este parámetro en el fruto del níspero. En la uva, la turgencia de la pulpa tampoco se correlaciona con la tasa de crecimiento del fruto (Matthews *et al.*, 1987); sin embargo, en este caso, a diferencia del níspero, hay una disminución considerable del potencial hídrico y del potencial osmótico durante el período en el que tiene lugar una fuerte acumulación de azúcares en el fruto (ambos valores descienden en más de 2 MPa en menos de 30 días). Esto indica que durante el período de alta acumulación de azúcares, la cantidad de agua que entra al fruto no es suficiente para diluir los azúcares y, consecuentemente, el potencial osmótico disminuye. En cambio, en la pulpa del níspero japonés el potencial osmótico permanece relativamente constante debido a una entrada suficiente de agua que mantiene constante la concentración de azúcares. Es por ello que el porcentaje de materia seca de la pulpa disminuye a más de la mitad durante la maduración del fruto. Esta acumulación masiva de agua junto a la disminución de la turgencia medida, constituye otra clara evidencia de que durante el cambio de color del fruto aumenta la elasticidad de la piel del fruto.

Estos cambios en la tasa de crecimiento ocurridos durante el desarrollo de frutos provenientes de árboles no aclarados, no parecen estar en relación con la temperatura sino con factores endógenos del propio fruto. Así, en el estado fisiológico de cambio de color, momento en que se registraron las máximas tasas de crecimiento, se ha observado que existe una fuerte correlación entre la concentración de azúcares en la pulpa y la tasa de crecimiento de este tejido alterada mediante intensidades crecientes de aclareo (Fig. 5.18). Los cambios ocurridos en la tasa de crecimiento y en la concentración de azúcares fueron de la misma magnitud.

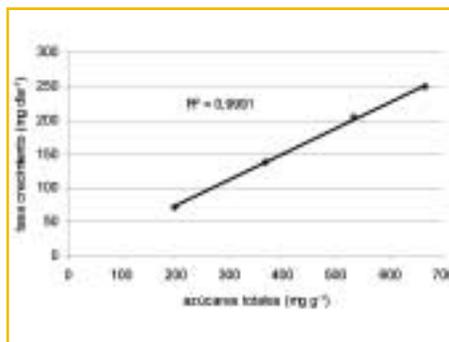


Figura 5.18: Correlación entre la concentración de azúcares en la pulpa y la tasa de crecimiento del fruto de níspero japonés, cv. 'Algerie', en el estado fisiológico de cambio de color. Valores expresados sobre peso seco.

De acuerdo con nuestros estudios, sin embargo, el aumento de la tasa de crecimiento observada en el estado fisiológico de cambio de color del fruto no puede explicarse exclusivamente por la concentración de azúcares de la pulpa.

5•2•6 Influencia de los factores ambientales sobre la intensidad de la alteración

5•2•6•1 Temperatura

La temperatura mínima diaria es el factor que mejor explica la variabilidad observada en la intensidad anual de la mancha púrpura. La comparación entre años con alta y baja intensidad de la alteración revela una temperatura mínima más baja en aquellos de mayor intensidad de mancha.

Sin embargo, la correlación entre ambos parámetros depende, en gran medida, del período en el que se tome la temperatura. Analizando un mismo período de tiempo para todos los años, el mejor ajuste con la incidencia anual de mancha púrpura se encuentra correlacionando la temperatura mínima del mes de abril ($R^2=0,67$). Pero la mancha púrpura aparece en un momento fisiológico muy puntual, como es el cambio de color del fruto y no resulta lógico tomar el mismo período de tiempo para todos los años. Cuando la correlación se lleva a cabo al cambio de color, el coeficiente de correlación es muy alto ($R^2=0,97$). En general, por cada grado de aumento de la temperatura mínima en el momento de cambio de color del fruto, la incidencia de mancha púrpura disminuye un 1,6 %.

La influencia de este factor ha sido confirmada siguiendo el comportamiento de un grupo de plantas bajo invernadero con calefacción durante la noche, comparándolo con otro grupo bajo invernadero sin calefacción nocturna y con un tercer grupo de plantas control situadas en el exterior, a temperatura ambiente (Fig. 5.19). Las temperaturas registradas durante el cambio de color del fruto fueron de 13,0 °C en el control, de 13,7 °C en el invernadero sin calefacción y de 14,6 °C en el invernadero con calefacción. La cobertura plástica, además, modificó otros parámetros ambientales, aumentando 3 °C la temperatura máxima y disminuyendo un 5,4 y un 6,0 % la humedad relativa máxima y mínima, respectivamente.

El aumento de la temperatura mínima disminuyó significativamente la incidencia de mancha púrpura (Fig. 5.19), corroborando los resultados obtenidos en el estudio de la zona. En el invernadero sin calefacción la reducción fue del 50 %, aproximadamente, pero en el invernadero con calefacción nocturna superó el 80 %. En términos generales, la reducción de la incidencia de la mancha fue de un 8-10% por cada grado de aumento de la temperatura mínima.

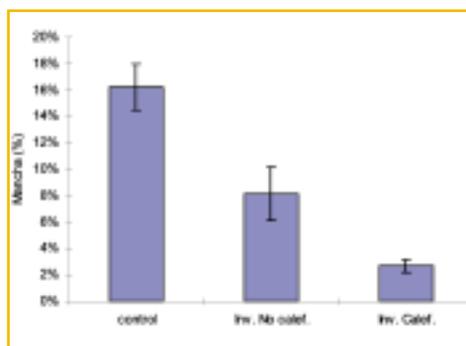


Figura 5.19: Influencia de la temperatura mínima en el momento del cambio de color del fruto sobre la intensidad de la mancha púrpura en el níspero japonés, cv. 'Algerie'. Evaluación realizada al inicio de la cosecha. Inv. Nno calef. = Invernadero sin calefacción nocturna, Inv. Calef. = Invernadero con calefacción durante la noche. Control = Árboles sometidos a temperatura ambiente. Las barras verticales representan el error standard.

Un aumento de la temperatura mínima como la utilizada en nuestro estudio no modifica la concentración de azúcares en la pulpa de los frutos, pero sí lo hace, y de modo significativo, en la piel en el momento del cambio de color (Fig. 5.20). Consecuentemente, el gradiente de concentración de azúcares entre la pulpa y la piel disminuye al aumentar la temperatura mínima durante el cambio de color del fruto.

Este mismo efecto se observa comparando frutos que cambian de color o maduran en diferente época (Tabla 5.14) y que se diferencian por su intensidad de mancha púrpura. Así, en el ejemplo que se presenta, los frutos que maduraron el 17 de mayo presentaron una mayor concentración de azúcares en la piel respecto de los frutos más precoces (26 de abril), aunque la respuesta dependiera marcadamente de la intensidad de aclareo y de la finca. En ambos casos, el mayor incremento en el contenido de azúcares se dio en las situaciones más propensas a la aparición de la alteración.

Figura 5.20: Influencia de la temperatura mínima en el momento del cambio de color del fruto sobre la concentración de azúcares totales en la piel del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Fecha de análisis, 7 de abril. Inv. No calef. = Invernadero sin calefacción nocturna, Inv. Calef. = Invernadero con calefacción durante la noche. Control = Árboles sometidos a temperatura ambiente. Las barras verticales representan el error standard.

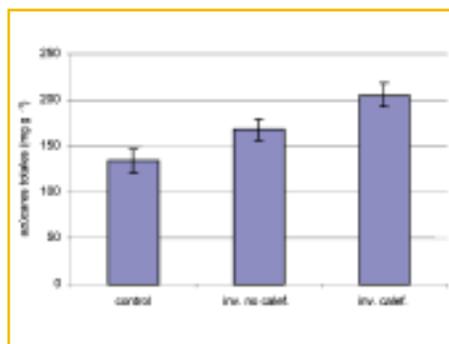


Tabla 5.14 : Concentración de azúcares de la piel de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Influencia de la fecha de maduración. Comparación entre tratamientos de distinta intensidad de aclareo y entre fincas con diferente intensidad de alteración. Los resultados son promedios de 6 repeticiones. Valores expresados en mg g⁻¹ de materia seca.

Intensidad de aclareo (frutos/panícula)	Frutos precoces	Frutos tardíos	Variación (%)	Signif.
Fecha de maduración				
	26-abr	17-May		
Frutos maduros				
1 fruto	191,0	288,5	+51 %	*
3 frutos	265,6	326,8	+23%	*
5 frutos	262,7	298,7	+13%	ns
Control	197,4	193,5	- 2%	ns
Finca n° 2	190,9	334,9	+75%	*
Promedio Finca n° 3	229,1	276,8	+21%	*
Frutos al cambio de color ^z				
	7-abr	26-abr		
	133,7	203,7	+52%	*

*: Significativo para P<0.05; ns: no significativo

^z Frutos de la finca n° 3.

Nuestros estudios indican que la calefacción tampoco modifica los potenciales hídricos, ni sus componentes, en la pulpa de los frutos y que los cambios, de nuevo, se producen en la piel. En efecto, el incremento de la temperatura mínima mediante calefacción nocturna aumenta significativamente el potencial osmótico de la piel y reduce el de turgencia (Tabla 5.15), de modo que éstos en los frutos desarrollados con calefacción se asemejan más a los de los frutos de árboles no aclarados, mientras que los de los frutos desarrollados sin calefacción se parecen más a los de los frutos de árboles aclarados a uno y tres frutos.

Tabla 5.15 : Influencia de la temperatura mínima en el momento de cambio de color del fruto sobre el potencial hídrico y sus componentes de la piel de los frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Los resultados son la media de 6 repeticiones. Valores expresados en MPa.

	Potencial hídrico	Potencial osmótico	Potencial de presión
Control	-1,02	-1,84	0,82
Calefacción	-0,85	-1,20	0,35
Significación	ns	*	*

*: Significativo para $P < 0.05$; ns: no significativo

En resumen, la temperatura mínima al cambio de color del fruto no sólo es el factor ambiental que mejor explica las variaciones en la intensidad de mancha entre años y entre fincas, sino que también es el responsable de los cambios en los parámetros internos del fruto que mejor se correlacionan con la intensidad de la alteración.

5•2•6•2 Luz

La luz tiene una influencia decisiva sobre la intensidad de la alteración. La envoltura de los frutos para evitar su iluminación reduce significativamente la intensidad de la mancha, llegando a ser nula (Fig. 5.21a). El sombreado de la planta también reduce la incidencia de mancha (Fig. 5.21b). Del mismo modo, la aparición de la alteración se da, fundamentalmente, en la cara expuesta del fruto.

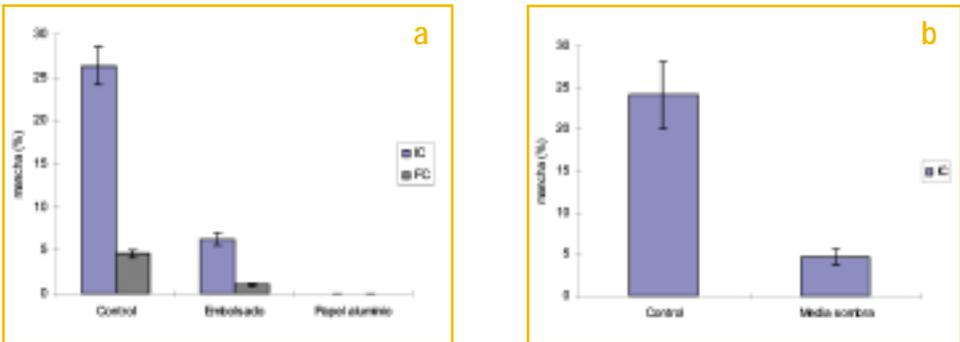


Figura 5.21: Influencia de la luz incidente en el fruto sobre la intensidad de la mancha púrpura del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Distintas intensidades de tapado del fruto (a); distinta intensidad de radiación incidente sobre la planta (b). IC = Evaluación realizada a inicio de cosecha; FC = evaluación efectuada al finalizar la cosecha. Las barras verticales indican el error standard.

El sombreado provoca un incremento significativo de la concentración de monosacáridos y una disminución de la concentración de sacarosa tanto en la piel (Fig. 5.22a) como en la pulpa (Fig. 5.22b). Entre la cara expuesta a la luz y la cara interna de los frutos, sin embargo, no se ha encontrado ninguna diferencia en el contenido de azúcares.

La luz también modifica los componentes del potencial hídrico de la piel del fruto, aumentando la presión de turgencia y reduciendo el potencial osmótico. Esta disminución del potencial osmó-

tico de la piel está indicando una deshidratación de este tejido, de lo contrario el potencial osmótico no debería aumentar nuevamente a la madurez del fruto, ya que en ese momento, la concentración de azúcares es igual o mayor. Lo mismo sucede cuando se compara el potencial osmótico de la cara expuesta respecto de la cara no expuesta de los frutos. En ambos casos, la concentración de azúcares es la misma y, sin embargo, el potencial osmótico es significativamente menor en la cara expuesta, donde aparece el 80 % de los casos de mancha. Esto indica, una mayor deshidratación del tejido epidérmico expuesto a la luz. Este mismo fenómeno ocurre al comparar frutos expuestos y tapados o al comparar frutos desarrollados en invernaderos con calefacción y al aire libre. En este último caso, la concentración de azúcares (sobre peso seco) en la piel de los frutos desarrollados sin calefacción es menor y sin embargo su potencial osmótico también lo es.

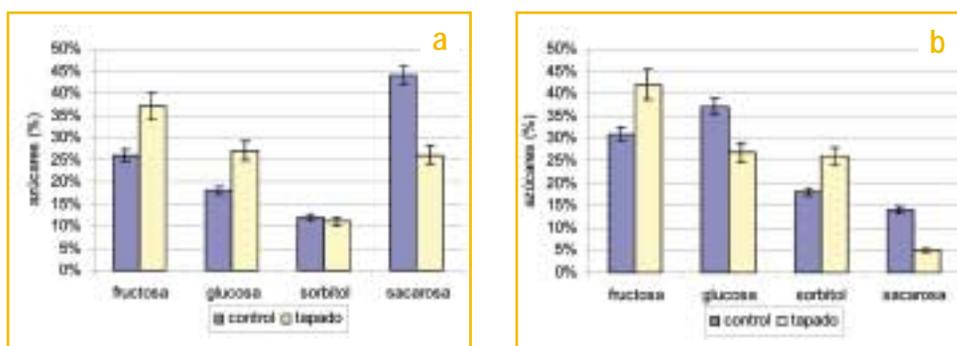


Figura 5.22: Influencia de la luz incidente en el fruto sobre la composición de azúcares de la piel (a) y de la pulpa (b) de frutos de nispero japonés, cv. 'Algerie'. Las barras verticales representan el error standard.

Por otro lado, el análisis de la composición mineral de los frutos no presentan diferencias atribuibles a la luz, a excepción del aumento significativo registrado en el contenido en hierro, que pasa de una concentración de 8,3 ppm en el control a 19,4 ppm en los frutos tapados, y de la mayor concentración de magnesio, manganeso y cobre de la cara externa del fruto, y por tanto más expuesta a la luz, en la que más del 80 % de los frutos muestran los síntomas de la mancha púrpura.

Pero el efecto más notorio que se produce al ocultar los frutos de la luz es la reducción de la temperatura del fruto. Los frutos expuestos llegan a tener un incremento de más de 8 °C en su cara expuesta, con respecto a la temperatura ambiente, y de 4 °C en la cara no expuesta al sol. Este incremento de la temperatura del fruto, como consecuencia de la radiación solar, aumenta notablemente su tasa respiratoria (Fig. 5.23). Si se asume que la tasa respiratoria está en relación con la tasa de crecimiento del fruto, los frutos ocultos a la luz tendrán una tasa de crecimiento más pareja a lo largo del día, mientras que los frutos expuestos podrían presentar grandes variaciones. Un efecto parecido se produciría entre la cara expuesta y la cara interna de los frutos expuestos. Así, el aumento de temperatura observado en la cara expuesta del fruto respecto a la temperatura ambiente, debe aumentar la tasa de crecimiento instantánea de estos frutos, en especial de su cara expuesta, como lo evidencia su menor potencial osmótico, acentuando los fenómenos de tensión entre tejidos y los riesgos de aparición de la alteración fisiológica.

De acuerdo con la temperatura ambiente en la época del cambio de color, los frutos expuestos superan, a determinadas horas del día, los 30 °C en su cara expuesta. Esto implica aumentar su tasa respiratoria en un 65 % respecto de los frutos ocultos de la luz solar.

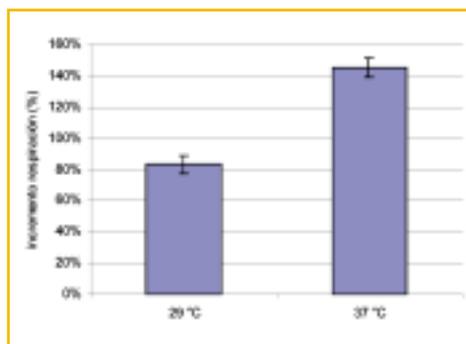


Figura 5.23: Incremento de la tasa respiratoria del fruto de níspero japonés, cv. 'Algerie', en respuesta a la temperatura. Valores expresados como incremento porcentual de la tasa respiratoria del fruto registrada a 20 °C. Las barras verticales representan el error standard.

5.2.7 Fundamentos fisiológicos de la aparición de la mancha púrpura

Por todo lo visto anteriormente, las causas que originan la mancha púrpura del níspero no pueden atribuirse exclusivamente a factores internos del fruto o a factores ambientales, actuando en forma aislada. Como ocurre con otras alteraciones fisiológicas, ambos factores, internos y externos, son necesarios conjuntamente para que la alteración se desarrolle (Opara *et al.*, 1997).

La temperatura mínima en el momento del cambio de color del fruto es el factor ambiental que mejor explica la variación anual de la intensidad de la mancha entre años, tanto a nivel regional como entre fincas, y abril es el mes con mayor influencia al respecto, ya que entre mediados de este mes y mediados de mayo se cosecha entre el 60 y el 80% de la producción anual. Como el cambio de color del fruto ocurre alrededor de 15 días antes de la cosecha, la temperatura mínima de abril influye sobre el momento crítico de aparición de la alteración en la mayor parte de la cosecha.

A pesar de lo clara que resulta esta dependencia térmica, nadie ha podido reproducir la sintomatología de la alteración, almacenando los frutos en distintas condiciones controladas de temperatura y humedad. Por otro lado, la alteración aparece en un estado fisiológico muy puntual, como es el cambio de color, y aunque el efecto del frío puede cambiar con el estado fisiológico del fruto, como ocurre por ejemplo en las manzana (Webster y Lidster, 1986), pimientos (Lin *et al.*, 1993) o papayas (Chen y Paull, 1986), las diferencias de sensibilidad no pueden ser tan grandes como para no observarse daños en frutos que están en otros estados de desarrollo. Finalmente, nuestros experimentos correlacionan bien la intensidad de aclareo con la presencia de la mancha púrpura y, de tratarse de un daño por enfriamiento, los síntomas deberían ser independientes del nivel de aclareo.

De acuerdo con todo lo dicho, la explicación al fenómeno de la mancha púrpura del níspero se basa en las relaciones hídricas entre los dos tejidos implicados: pulpa y piel. Se trata de una alteración fisiológica que ocurre en un momento muy puntual del desarrollo del fruto, como es el cambio de color. En este estado, el fruto del níspero se caracteriza por presentar su máxima tasa de crecimiento tras una elevada tasa de acumulación de azúcares. Al disminuir la competencia entre frutos, ambos parámetros aumentan en intensidad, al igual que la incidencia de mancha púrpura.

Por otro lado, la concentración de azúcares en la pulpa es superior a la de la piel y el gradiente de concentración de azúcares entre ambos tejidos aumenta con el tiempo y con la intensidad de aclareo. El gradiente de concentración de azúcares es probable que tenga su origen en la distribución de los haces vasculares del fruto. Éstos se encuentran dispersos en la pulpa, pero en mayor

medida se concentran en su parte más profunda. De este modo, la piel se encuentra en desventaja respecto a la pulpa en la partición de los fotoasimilados, del agua y de los elementos minerales. Además, es lógico pensar que esta desventaja sea más acusada cuanto mayor es el tamaño del fruto (mayor proporción de pulpa y mayor distancia desde los haces vasculares a la piel) y cuanto mayor es la tasa de crecimiento (la acumulación de las sustancias supera a la capacidad de distribución de las mismas). Simultáneamente, bajo condiciones predisponentes a la alteración fisiológica, ocurre una disminución temporal de la concentración de elementos minerales en la piel del fruto. Estos cuatro factores: la tasa de crecimiento, la tasa de acumulación de azúcares, el gradiente de concentración de azúcares entre la pulpa y la piel del fruto y la disminución de la concentración de elementos minerales en la piel del fruto, son los responsables de los desequilibrios hídricos que terminan con la deshidratación de la piel.

Si la tasa de acumulación de azúcares y la tasa de crecimiento permanecieran altas durante un período prolongado de tiempo, se alcanzaría una situación de equilibrio hídrico que comenzaría a provocar daños irreversibles en las células de la piel desencadenando la sintomatología específica de la mancha púrpura. De acuerdo con esta hipótesis, el tiempo diario en que se mantiene una alta tasa de crecimiento y su intensidad son de suma importancia para provocar una situación límite de estrés entre los tejidos y, consecuentemente, desencadenar los daños irreversibles.

5.2.8 Control de la alteración

5.2.8.1 Aplicación de sales minerales

Una aplicación de sales de calcio reduce en más de un 50 % el porcentaje de frutos afectados de mancha púrpura (Tabla 5.16). Aunque aparentemente la mejor respuesta la proporciona el quelato de calcio (EDTA-Ca y DTPA-Ca), con una reducción de la mancha del 75%, ésta no fue significativamente diferente a la lograda con cloruro cálcico o nitrato cálcico aplicados a concentraciones equivalentes de ión Ca, que reducen el porcentaje de frutos manchados en un 65% y un 50%, respectivamente.

La respuesta, aunque es positiva durante un largo periodo de tiempo de aplicación (Fig. 5.24), mejora su eficacia cuando se lleva a cabo lo más cerca posible del cambio de color, momento en que aparece la alteración. Es por ello que la repetición del tratamiento no mejora la respuesta (Fig. 5.25).

Pero no solo las sales de Ca controlan la incidencia de la alteración. La aplicación de nitrato de potasio o de nitrato amónico, a concentraciones equivalentes de anión NO_3^- , reducen el porcentaje de frutos afectados con una eficacia similar a como lo hace el nitrato cálcico (Tabla 5.17).

Tabla 5.16: Influencia de la aplicación de diferentes sales de calcio sobre la intensidad de mancha púrpura en el níspero japonés, cv. 'Algerie'. Fecha de tratamiento 10 de marzo. Evaluación realizada al inicio de cosecha. Los resultados son promedios de cinco repeticiones de 200 frutos cada una.

Tratamiento	Frutos afectados (%)
Control	26,3 a
Nitrato de calcio (2 %)	12,7 bc
Cloruro de calcio (1,5 %)	9,2 c
Quelato de calcio (5 %)	6,8 c

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticas significativas al nivel de probabilidad $\leq 0,05$.

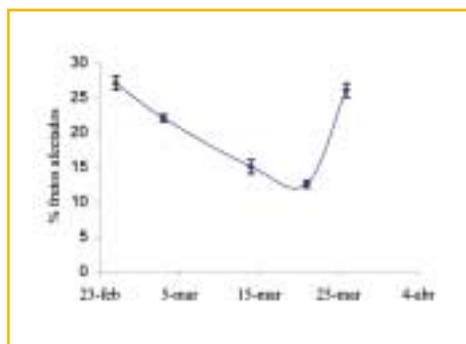


Figura 5.24: Influencia de las aplicaciones de nitrato de calcio (2%) durante las cinco semanas previas al cambio de color del fruto (26 de marzo) sobre la intensidad de la mancha púrpura del níspero japonés, cv. 'Algerie'. Evaluación al inicio de la cosecha. Los resultados son promedio de cinco repeticiones de 200 frutos cada una. Las barras verticales representan el error standard. Control = 40 % de frutos manchados.

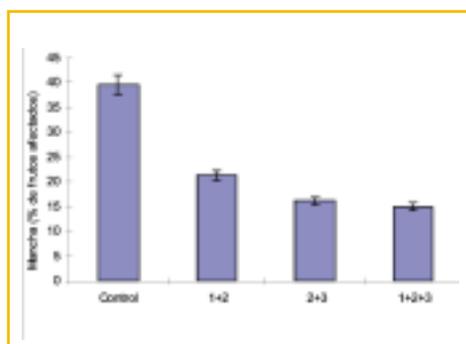


Figura 5.25: Aplicación de nitrato de calcio (2 %) e intensidad de mancha púrpura en el níspero japonés, cv. 'Algerie'. Influencia de la repetición del tratamiento. Evaluación al inicio de la cosecha. Los resultados son promedios de cinco repeticiones de 200 frutos cada una. Fecha 1: 25 de febrero, fecha 2: 3 de marzo, fecha 3: 10 de marzo. 1+2 = aplicaciones en la fecha 1 y repetición del tratamiento en la fecha 2; 2+3= aplicaciones en la fecha 2 y repetición del tratamiento en la fecha 3; 1+2+3= aplicación en la fecha 1 y repetición en las fechas 2 y 3.

Tabla 5.17. Influencia de la aplicación de diferentes sales de calcio sobre la intensidad de mancha púrpura en el níspero japonés, cv. 'Algerie'. Fecha de tratamiento 10 de marzo. Evaluación realizada al inicio de cosecha. Los resultados son promedios de cinco repeticiones de 200 frutos cada una.

Tratamiento	Frutos afectados (%)
Control	26,8 a
Nitrato de calcio (2 %)	15,0 b
Nitrato potásico (3%)	15,3 b
Nitrato amónico (1%)	16,4 b

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticas significativas al nivel de probabilidad $\leq 0,05$.

Del análisis de las Tablas 5.16 y 5.17 y de las Figuras 5.24 y 5.25 se concluye que, entre otros, los tratamientos con sales minerales reducen la incidencia de mancha púrpura. Así, el nitrato de potasio, nitrato de amonio, nitrato cálcico y otras formulaciones de calcio (cloruro y quelatos) tienen efectos positivos sobre el control de la alteración. El efecto de estas sustancias no parece estar relacionado, por tanto, con el aporte de un elemento mineral en deficiencia, sino con un efecto más generalizado, como puede ser el efecto osmótico.

En efecto, la gran variedad de sales que reducen la incidencia de la alteración indica que se trata de un fenómeno general y no de un efecto específico de un elemento mineral. Estos compuestos minerales, al ser absorbidos por la piel del fruto, aumentan la capacidad osmoreguladora de este

tejido, mejorando, a través de solutos inorgánicos, el desfavorable gradiente de concentración de azúcares entre la pulpa y la piel del fruto, así como la disminución de la concentración de elementos minerales que se produce en este tejido.

El calcio produjo una reducción de la intensidad de la alteración cuando se aplicó con mucha anticipación al momento crítico de su aparición, si bien los mejores resultados se obtuvieron en las aplicaciones cercanas al cambio de color. Este elemento, como ya se ha dicho, se caracteriza por su baja movilidad en la planta (Marschner, 1989; Ho *et al.*, 1993; Fallahi *et al.*, 1997) y ésta podría ser una de las causas por las que su efecto es tan prolongado. Por otra parte, el diferente efecto producido por distintas formulaciones de calcio también podría ser explicado de la misma manera, ya que el efecto osmótico es producido por ambos iones componentes de la sal. Así, el cloruro de calcio muestra un mayor efecto respecto al nitrato, siendo este último un anión de mayor movilidad que el cloruro. Pero el calcio, además, podría estar influyendo de forma positiva sobre la disminución de la intensidad de la alteración fisiológica por otras vías, ya que se ha demostrado su papel en la respuesta de las plantas a factores ambientales y bióticos estresantes, atemperando los daños (Palta, 1996). Este elemento, además, juega un papel importante en la resistencia al estiramiento de la epidermis, reduciendo el ablandamiento de las paredes celulares (Marschner, 1989; Lin y Varner, 1991; Grange, 1995).

Los buenos resultados obtenidos con el nitrato de potasio deben estar relacionados con su papel en las funciones osmoreguladoras de los vegetales (Marschner, 1989).

5•2•8•2 mTratamientos con ácido giberélico

La aplicación de ácido giberélico también reduce la intensidad de la mancha púrpura, con independencia de la concentración aplicada, cuando se aplica en el momento del cambio de color del fruto (Tabla 5.18). Para concentraciones entre 20 y 200 ppm, la reducción del porcentaje de frutos afectados fue entre el 25% y el 40%. La dosis de 500 ppm de ácido giberélico lo redujo en más de un 60%, pero su aplicación resulta inviable agronómica y económicamente.

Las giberelinas juegan un importante papel en el suministro de asimilados a los frutos en desarrollo (Martínez-Cortina y Sanz, 1994; Aloni *et al.*, 1986; Peretó y Beltrán, 1987) y su aplicación se ha mostrado eficaz en el control de la senescencia de los frutos, lo que ha permitido reducir la incidencia de numerosas alteraciones fisiológicas asociadas a este proceso.

Los efectos directos de las giberelinas sobre la maduración, tanto en los cambios de los contenidos de azúcares como en la capacidad de modificar las propiedades de las paredes celulares de los frutos, pueden explicar su acción en la disminución de la incidencia de la intensidad de la mancha púrpura en el níspero a través de un proceso de modulación de los cambios en la concentración de azúcares que ocurren durante el cambio de color del fruto, disminuyendo, de este modo, la intensidad de los factores desencadenantes de la alteración.

Por lo expuesto, los mecanismos de acción de los elementos minerales y de las giberelinas son distintos. Los primeros actúan de manera osmótica, y en el caso del calcio, posiblemente, también sobre la resistencia al estiramiento de la piel del fruto, mientras que las giberelinas lo hacen a través del metabolismo de los azúcares.

En ninguno de los casos se ha visto mejorada la eficacia del tratamiento por la adición de sales de calcio (Tabla 5.18).

Tabla 5.18: Influencia de la aplicación de ácido giberélico en el momento del cambio de color del fruto sobre la intensidad de mancha púrpura en el níspero japonés, cv. 'Algerie'. Evaluación realizada al inicio de cosecha. Los resultados son promedios de cinco repeticiones de 200 frutos cada una.

Tratamiento	Frutos afectados (%)
Control	26,6 a
Ácido giberélico. 20 ppm	16,9 b
Ácido giberélico. 50 ppm	17,7 b
Ácido giberélico. 200 ppm	17,6 b
Ácido giberélico. 500 ppm	14,4 c
Ácido giberélico (20 ppm) + cloruro cálcico (2%)	19,5 b
Ácido giberélico (50 ppm) + cloruro cálcico (2%)	19,7 b

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticas significativas al nivel de probabilidad $\leq 0,05$.

6 • REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí, M.; Almela V.; Andreu I.; Juan M.; Zacarias L. 1999. Synthetic auxin 3,5,6-TPA promotes fruit development and climacteric in *Prunus persica* L. Batsch. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 74: 556-560.
- Agustí, M.; Almela, V.; Zaragoza, S.; Juan, M.; Trenor, I.; Alonso, E.; Primo-Millo, E. 1998. *Técnicas para mejorar el tamaño del fruto de naranjas y mandarinas*. Cuadernos de tecnología Agraria. Serie Citricultura. Nro. 3. Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. 15p.
- Agustí, M.; Juan, M.; Almela, V.; Andreu, I.; Speroni, C.. 1997. *Estímulo del desarrollo de los frutos de hueso*. Serie Divulgació Técnica No. 38. Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Agustí, M.; Juan, M.; Almela, V.; Gariglo, N. 2000. Loquat fruit size is increased through the thinning effect of naphthaleneacetic acid. Plant Growth Regulation, 31: 167-171.
- Aloni, B.; Daie, J.; Wyse, R.E. 1986. Enhancement of ^{14}C -sucrose export from source leaves of *Vicia faba* by GA_3 . Plant Physiology, 82: 962-966.
- Ateyyeh, A.F.; Orunfleh, M.M. 1998. Studies on the loquat *Eriobotrya japonica* Lindl. cv. Tanaka. I. Vegetative and reproductive growth in the Jordan valley. Dirasat. Agricultural Sciences, 25: 55-63.
- Bacon, M.A.; Thompson, D.S.; Davies, W.J. 1997. Can cell wall peroxidase activity explain the leaf growth response of *Lolium temulentum* L. during drought?. Journal of Experimental Botany, 48: 2075-2085.
- Blumenfeld, A. 1980. Fruit growth of loquat. Journal of the American Society for Horticultural Science, 105: 747-750.

- Burlo Carbonell, F.; Carbonell Barrachina, A.; Vidal Roig, A.; Mataix Beneyto, J. 1997. Effects of irrigation water quality on loquat plant nutrition: sensitivity of loquat plant to salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 119-130.
- Caballero, P. 1993. El nispero y su expansion, posibilidades y limitaciones. *Fruticultura Profesional*, 54: 35-40.
- CRFG (California Rare Fruit Growers), Inc. 1997. info@crfg.org
- Chen, N.M.; Paull, R.E. 1986. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111: 639-643.
- Dann, I. R. ; Jerie, P. H. ; Chalmers, D. J. 1985. Short-term changes in cambial growth and endogenous IAA concentrations in relation to phloem girdling of peach *Prunus persica*. *Australian Journal of Plant Physiology*, 12: 395-402.
- De Jong, T. M.; Walton, E. F. 1989. Carbohydrate requirements of peach fruit growth and respiration. *Tree Physiology*, 5: 29-335.
- Fallahi, E.; Conway, W.; Hickey, K.D.; Sams, C.E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience*, 32: 831-835.
- FAO, 1999. FAO QBS, Vol. 12, nº 3/4.
- Gariglio, N.; Juan, M.; Castillo, A.; Almela, V.; Agustí, M. 2002. Histological and physiological study of purple spot of loquat fruit. *Scientia Horticulturae*, 92: 255-263.
- Goubran, F.H.; El Zeftawi, B.M. 1986. Induction of seedless loquat. *Acta Horticulturae*, 179: 381-384
- Grange, R.I. 1995. Water relations and growth of tomato fruit pericarp tissue. *Plant Cell and Environment*, 18: 1311-1318.
- Hirai, M. 1980. Sugar accumulation and development of loquat fruit. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 49: 347-353.
- Ho, L.C.; Grange, R.I.; Picken, A.J. 1987. An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant Cell and Environment* 10:157-162.
- Ho, L.C.; Belda, R.; Brown, M.; Andrews, J.; Adams, P. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in Tomato. *Journal of Experimental Botany*, 44: 509-518.
- Ichinose, I. 1995. The origin and development of loquat. *Serie Agronomical Techniques*, 4 (Supl.): 1-5.
- Insero, O.; Monastra, F.; Paesano, G. 1990. *Nespolo del Giappone*. *L'Italia Agricola*, 3: 149-152.
- Kalra, S.K.; Tandon, D.K.; Singh, B.P. 1995. Mango. En: Salunkhe and Kadam (Eds.). *Handbook of Fruit science and technology. Production, composition, storage, and processing*. Marcel Dekker, Inc. p 123-169.
- Kotecha, P.M.; Desai, B.B. 1995. Banana. En: Salunkhe and Kadam (Eds.). *Handbook of Fruit science and technology. Production, composition, storage, and processing*. Marcel Dekker, Inc. p 67-90.

- Kutschera, U. 1989. Tissue stresses in growing plant organs. *Physiologia Plantarum*, 77: 157-163.
- Kutschera, U. 1992. The role of the epidermis in the control of elongation growth in stems and coleoptiles. *Botanica Acta*, 105: 246-252.
- Lavee, S.; Nir, G. 1986. Grape. En: Monselise, S.P., (Ed.) *Handbook of fruit set and development*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 568p.
- Lin, G.I. 1990. Study on electric conductivity variation in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindle) leaves at heat stress. *Fujian Agricultural Science and Technology*, 5: 11.
- Lin, L.S.; Varner, J.E. 1991. Expression of ascorbic acid oxidase in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). *Plant Physiology*, 96: 159-165.
- Lin, S.; Sharpe RH, Janick J. 1999. Loquat: Botany and Horticulture. En: Janick J, (Ed.) *Horticultural Reviews*, 23. John Wiley & Sons, Inc. p233-276
- Lin, W.C.; Hall, J.W.; Saltveit Jr., M.E. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse-grown peppers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118: 791-795.
- Lu, Jun Liang; Suzuki, T.J; Lu, J. L. 1994. Effect of girdling in loquat. *Advances in Horticulture*, 1: 440-444
- MAPA, 1995. *Normas de calidad para frutas y hortalizas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 481p.
- MAPA, 1997. *Anuario de Estadística Agraria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid: 320-322.
- Marschner, H. 1989. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. Harcourt Brace Javanovich Publishers. 674p.
- Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.L.; Llácer, G.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Meier, U. 1999. Phenological growth stages of loquat tree (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.). *Annals of Experimental Botany*, 134: 353-357.
- Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.L.; Llácer, G. 2000. *Descripción de Variedades de Níspero Japonés*. Serie Divulgació técnica nº 47. Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. 119p.
- Martínez-Cortina, C.; Sanz, A. 1994. Effect of hormones on sucrose uptake and on ATPase activity of *Citrus sinensis* L. Osbeck Leaves. *Annals of Botany* 73: 331-335.
- Matthews, M.A.; Cheng, G.; Weinbaum, S.A. 1987. Changes in water potential and dermal extensibility during grape berry development. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 112: 314-319.
- Morton, J. F. 1987. *Fruits of Warm Climates*. Creative Resources Systems, Inc.. pp. 103-108.
- Niklas, K.J.; Paolillo Jr., D.J. 1997. The role of the epidermis as a stiffening agent in Tulipa (Liliaceae) stems. *American Journal of Botany*, 84: 735-744.
- Opara, L.U.; Studman, C.J.; Banks, N.H. 1997. Fruit skin splitting and cracking. *Horticultural Reviews*, 19: 217-261.

- Palta, J.P. 1996. Role of calcium in plant responses to stresses: Linking basic research to the solution of practical problems. *HortScience*, 31: 51-57.
- Park, Yong Seo; Park, Heung Sub.; Park, Y.S.; Park, H.S. 1995. Change in cold injury and contents of chemical compounds as related to the different growth stages of immature loquat fruit. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 36: 522-534.
- Peretó, J.G.; Beltrán, J.P. 1987. Hormone directed sucrose transport during fruit set induced by gibberellins in *Pisum sativum*. *Physiologia Plantarum*, 69: 356-360.
- Rodríguez, A. 1983. *El cultivo del níspero y el valle de Algar-Guadalest*. Sociedad Cooperativa de Crédito de Callosa De Ensarriá. 262p.
- Shackel, K.A.; Greve, C.; Labavitch, J.M.; Ahmadi, H. 1991. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. *Plant Physiology*, 97: 814-816.
- Thompson, D.S.; Davies, W.J.; Ho, L.C. 1998. Regulation of tomato fruit growth by epidermal cell wall enzymes. *Plant Cell and Environment*, 21: 589-599.
- Tomos, D.; Pritchard, J. 1994. Biophysical and biochemical control of cell expansion in roots and leaves. *Journal of Experimental Botany*, 45: 1721-1731.
- Tous, J.; Ferguson, L. 1996. Mediterranean fruits. En: Janick, J. (Ed.) *Progress in new crops*. ASHS Press, Arlington, VA. p. 416-430.
- Tuset, J.J.; Rodríguez, A.; Bononad, S.; García, J.; Monteagudo, E. 1989. La mancha morada del Níspero. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura I Pesca. "Fulletts Divulgació" No. 1. 22p.
- Vercher, R.; Tadeo, F.R.; Almela, V.; Zaragoza, S.; Primo-Millo, E.; Agusti, M. 1994. Rind structure, epicuticular wax morphology and water permeability of 'Fortune' mandarin fruits affected by peel pitting. *Annals of Botany*, 74: 619-625.
- Wallerstein, I.; Goren, R.; Monselise, S.P. 1973. Seasonal changes in gibberellin-like substances of Shamouti orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) trees in relation to ringing. *Journal of Horticultural Science*, 48: 75-82.
- Wallerstein, I.; Goren, R.; Monselise, S.P. 1974. The effect of girdling on starch accumulation in sour orange seedlings. *Canadian Journal of Botany*, 52: 935-937.
- Wallerstein, I.; Goren, R.; Monselise, S. P. 1978. Rapid and slow translocation of ¹⁴C assimilates in *Citrus* and *Phaseolus* with special reference to ringing effect. *Journal of Horticultural Science*, 53: 203-208.
- Webster, C.H.; Lidster, P.D. 1986. Effects of phosphate sprays on McIntosh apple fruit and leaf composition, flesh firmness and susceptibility to low-temperature disorders. *Canadian Journal of Plant Science*, 66: 617-626.
- Yin, Tie Jin; Xi, Yu Fang; Bian, Qi Jun; Qian, Dong mei; Zheng, Yong Hua; Yin, T.J.; Xi, Y.F.; Bian, Q.J.; Qian, D.M.; Zheng, Y.H. 1994. The ultrastructures of fruit surface and their development in loquat and grape. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 20: 173-177.

Sèrie Divulgació Tècnica n° 52

El Níspero Japonés

Técnicas para mejorar la calidad del fruto

Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació

2 0 0 2

ISBN 84-482-3120-1



9 788448 231200

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación,
mencionando su origen.