

Autora del trabajo: MARÍA DEL MAR ROMERO ESCUDERO.

Título: MADURACIÓN DEL NÍSPERO JAPONÉS (*Eriobotrya japonica* Lindl.) CV. ALGERIE: CARÁCTER CLIMATÉRICO E ÍNDICES DE RECOLECCIÓN.

Fecha de defensa: JUNIO DE 2011.

Directores del trabajo: JUAN JOSÉ HUESO MARTÍN y VIRGINIA PINILLOS VILLATORO.

Universidad de Almería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería



MADURACIÓN DEL NÍSPERO JAPONÉS (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. ALGERIE: CARÁCTER CLIMATÉRICO E ÍNDICES DE RECOLECCIÓN.

DIRECTORES:

Juan José Hueso Martín

Virginia Pinillos Villatoro

ALUMNA:

María del Mar Romero Escudero

Almería, junio de 2011

Universidad de Almería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería



MADURACIÓN DEL NÍSPERO JAPONÉS (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. ALGERIE: CARÁCTER CLIMATÉRICO E ÍNDICES DE RECOLECCIÓN.

DIRECTORES:

Juan José Hueso Martín

Virginia Pinillos Villatoro

ALUMNA:

María del Mar Romero Escudero

Almería, junio de 2011

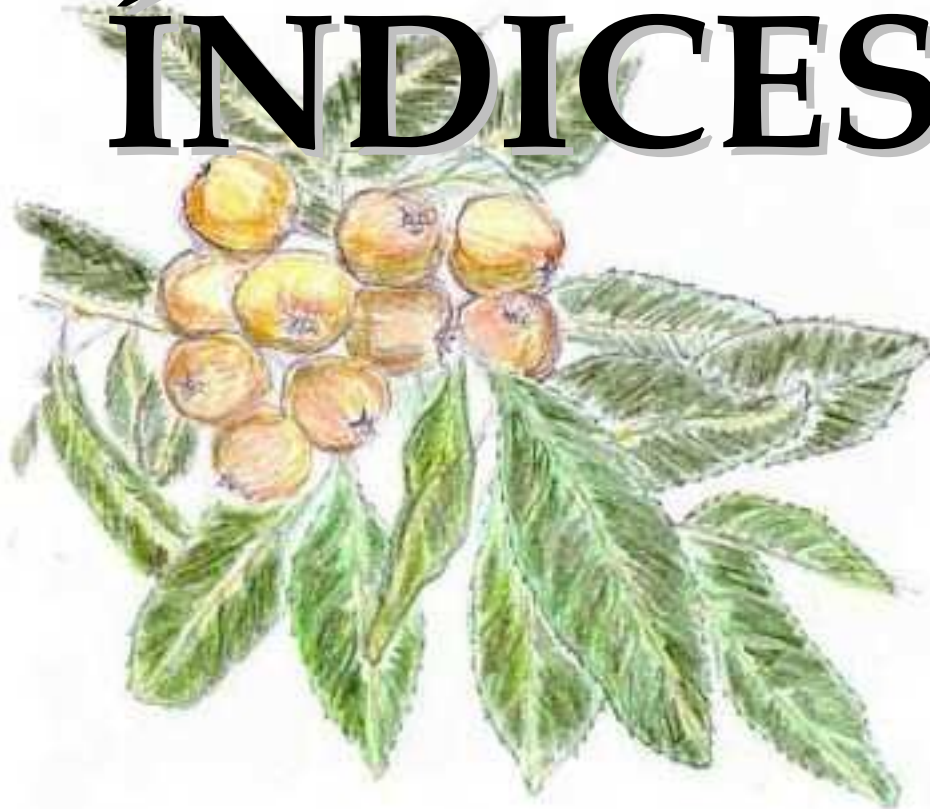
AGRADECIMIENTOS

Mi más grato agradecimiento a mis directores de proyecto Juanjo y Virginia, que me han ayudado a resolver mis dudas y sin los cuales no podría haber llevado a cabo este proyecto.

Quiero dar las gracias a mi familia, sin los cuales no hubiera sido posible la realización de este proyecto ya que han hecho todo lo posible para que pudiera llegar este momento.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICES



ÍNDICE GENERAL

INTERÉS Y OBJETIVOS.....	1
1. Origen, usos y distribución.....	1
2. Economía del cultivo.....	2
3. Problemática del cultivo.....	7
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
1. Taxonomía y botánica del níspero japonés	10
2. Ciclo anual del cultivo.....	12
3. Floración del níspero japonés.....	16
4. Crecimiento y desarrollo del fruto.....	17
5. Maduración del fruto	20
6. Índices de maduración y recolección.....	27
MATERIAL Y MÉTODOS.....	31
1. Descripción de la parcela de ensayo.....	31
Situación.....	31
Datos climatológicos	31
Descripción del suelo.....	34
2. Material vegetal	35
3. Carácter climatérico del níspero japonés.....	37
4. Evolución de la relación del color con los parámetros de madurez a lo largo de la campaña.....	43
RESULTADOS	45
1. Carácter climatérico del níspero japonés.....	45
1.1. Tamaño del fruto: peso y calibre.....	45
1.2. Firmeza del fruto	46

1.3. Color.....	47
1.4. Sólidos solubles.....	48
1.5. Acidez.....	48
1.6. Producción de etileno	49
2. Evolución de la relación del color con los parámetros de madurez a lo largo de la campaña	51
2.1. Tamaño del fruto: peso y calibre	51
2.2. Firmeza.....	52
2.3. Sólidos solubles.....	53
2.4. Acidez.....	53
2.5. Índice de madurez	54
DISCUSIÓN.....	56
1. Carácter climatérico del níspero japonés.....	56
2. Evolución de la relación del color con los parámetros de madurez a lo largo de la campaña	61
CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	74
1. Análisis de suelo.....	74
2. Análisis de agua.....	76
3. Plan de fertilización anual	77
4. Tratamientos fitosanitarios	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción y superficie del cultivo mundial de níspero japonés (porcentaje respecto al total mundial). Fuente: Caballero y Fernández (2003).....	2
Figura 2. Porcentaje de la exportación mundial de los principales países productores de níspero japonés. Fuente: Caballero y Fernández (2003)	3
Figura 3. Evolución de la superficie (ha) en España desde 1990 hasta 2007. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, M.A.P.A. (2009)	3
Figura 4. Evolución de la producción y de los precios percibidos por los agricultores en España desde 1990 hasta 2007. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, M.A.P.A. (2009).....	4
Figura 5. Evolución en la campaña 2009 del precio y de la producción de níspero japonés. Fuente: Mercabarna (2009)	6
Figura 6. Ilustración de los estados-tipo de níspero japonés (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.) descritos por Cuevas et al. (1997)	14
Figura 7. Representación del ciclo anual del níspero japonés (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.). Fuente: Cuevas et al. (1997).....	15
Figura 8. Relación de la madurez hortícola con el desarrollo fisiológico y la maduración fisiológica de distintos frutos. Fuente: Westwood (1993).....	21
Figura 9. Síntesis de etileno y su regulación	26
Figura 10. Situación de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”	31
Figura 11. Régimen térmico. Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Serie histórica de 1977 a 2000	32

Figura 12. Régimen de humedad. Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Serie histórica de 1977 a 2000	32
Figura 13. Precipitaciones medias mensuales (1977-2000) y evaporación media mensual (1982-2000). Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”	33
Figura 14. Horas de sol mensuales (1992-2000). Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”	33
Figura 15. Rosa de los vientos. Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Serie histórica de 1998 a 2000	34
Figura 16. Vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. El marco rojo señala la plantación sobre la que se han realizado los diferentes ensayos.....	35
Figura 17. Apariencia de la plantación.....	36
Figura 18. Estado 3 de maduración	38
Figura 19. Estado 4 de maduración	39
Figura 20. Estado 5 de maduración	39
Figura 21. Medida de la producción de etileno. A) Recipiente en el que se introducen los frutos y detalle de las jeringuillas para realizar la extracción del gas. B) Equipo del cromatógrafo de gases utilizado para medir la cantidad de etileno producido por los frutos.....	42
Figura 22. Representación gráfica de la nube de puntos y de la recta de regresión que relaciona peso y volumen de los frutos	43
Figura 23. Frutos recogidos con diferente color de la epidermis	44
Figura 24. Peso del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias	

mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado indican diferencias significativas46

Figura 25. Calibre del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado indican diferencias significativas.....46

Figura 26. Firmeza del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado indican diferencias significativas.....47

Figura 27. Color de la piel del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado indican diferencias significativas48

Figura 28. Contenido en SST del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado indican diferencias significativas49

Figura 29. Acidez del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado indican diferencias significativas.....49

Figura 30. Producción de etileno, en recolección y tras 3 y 6 días de conservación a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado indican diferencias significativas.....50

Figura 31. Evolución del peso del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas51

Figura 32. Evolución del calibre del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas.....52

Figura 33. Evolución de la firmeza de la pulpa del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas.....53

Figura 34. Evolución del contenido en SST del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas.....54

Figura 35. Evolución de la acidez del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas.....54

Figura 36. Evolución del índice de madurez (relación entre SST y acidez) del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas.....55

Figura 37. Calendario de tratamientos fitosanitarios en níspero japonés.....78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción y superficie de cultivo de níspero japonés en la Comunidad Autónoma Valenciana. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, M.A.P.A. (2007)	5
Cuadro 2. Producción y superficie de cultivo de níspero japonés en Andalucía. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, M.A.P.A. (2007)	5

Interés y objetivos



INTERÉS Y OBJETIVOS

1. Origen, usos y distribución.-

El origen del níspero japonés parece que fue la zona media y baja del río Daduhe en China (Zhang et al., 1990), región de precipitaciones altas-moderadas repartidas a lo largo de todo el año y temperaturas benignas, y que está muy adaptado a las zonas templado-cálidas de todo el mundo. Desde China se extendió a Japón, donde se describió ya en 1180. Históricamente, el níspero se cultivaba como especie ornamental debido a que se trataba de una especie perennifolia que florecía en panículas masivas en invierno y producía unos frutos muy pequeños de coloraciones que variaban desde el amarillo hasta el naranja intenso que los hacía muy atractivos. Fue de esta forma, es decir, como especie ornamental, como se introdujo en Europa, en 1784 (se cree que fueron los jesuitas los que lo llevaron desde Japón a la Isla Mauricio y de allí al continente), en los Jardines Nacionales de París y más tarde en el Jardín Botánico de Kew, Inglaterra (Lin et al., 1999). Una vez introducido en Europa, se extendió rápidamente por la Cuenca Mediterránea debido a las características climatológicas semejantes a las de su origen, adaptándose muy bien a ella. En España fue introducido por los marinos mercantes en la zona de Sagunto, desde donde se expandió por el este y sudeste de la Península Ibérica (Rodríguez, 1983).

En el siglo XIX, se comenzaron a seleccionar árboles de níspero que producían frutos de mayor tamaño y mejor sabor, aptos para su consumo, lo que permitió iniciar el cultivo de esta especie por sus frutos comestibles (Martínez-Calvo et al., 2000). En mercados orientales y en determinadas zonas del Levante español, además de su consumo en fresco, se puede proceder a su industrialización, ya sea para la elaboración de mermeladas, néctar o almíbares, pero los numerosos problemas que se derivan de esta práctica (aumento de costos en maquinaria, mano de obra, procesado, etc.) dan lugar a una producción muy escasa (Díaz, 1981).

Actualmente, el cultivo de níspero japonés se distribuye por Asia, en países como China, Japón y Pakistán; por las zonas subtropicales de América del Norte y Central, en Estados Unidos y México; por América del Sur en Chile, Brasil y Uruguay; por Australia y Nueva Zelanda, y por la Cuenca del Mediterráneo, cultivándose en países como Egipto, Maruecos, Israel, Turquía, Grecia, Italia, Portugal y España (Caballero y Fernández, 2003).

2. Economía del cultivo.-

Según Caballero y Fernández (2003), la producción mundial de níspero japonés asciende a 314384 t, siendo China el principal país productor con más del 63% del total, seguida de España (41487 t), Pakistán, Turquía y Japón (Fig. 1). En cuanto a superficie cultivada también es China el principal país con 42000 ha, seguido de Pakistán, España (2914 ha) y Japón.

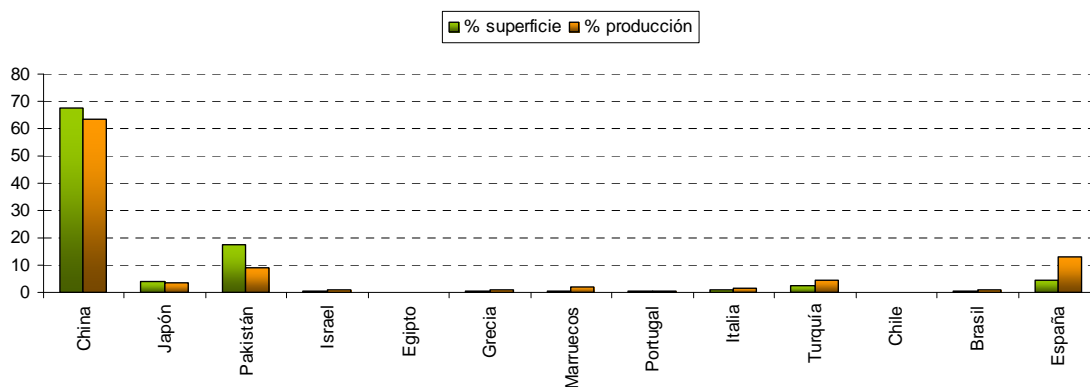


Figura 1. Producción y superficie del cultivo mundial de níspero japonés (porcentajes respecto al total mundial). Fuente: Caballero y Fernández (2003).

Destacan los elevados rendimientos alcanzados por Marruecos, España y Turquía, que cuentan con altas producciones a pesar de tener poca superficie cultivada, y los bajos de Pakistán, Portugal, Japón y China.

Mundialmente, España es el principal país exportador de níspero japonés, exportando entre el 36 y el 47% de la producción nacional (Fig. 2). Los principales países de destino del producto son Italia, Portugal y Francia, que reciben el 80% del total exportado (Caballero y Fernández, 2003). China y Pakistán le siguen como principales exportadores.

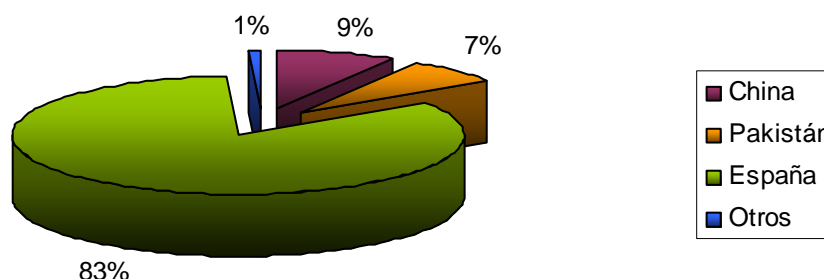


Figura 2. Porcentaje de la exportación mundial de los principales países productores de níspero japonés. Fuente: Caballero y Fernández (2003).

Como muestra la Fig. 4 la evolución de la producción de níspero japonés desde el año 1990 en España ha sido, en general, creciente, con un aumento cercano a 18000 t, alcanzándose la máxima producción en el año 2000, aunque posteriormente vuelve a descender alcanzando niveles similares a los de los años 90. Este incremento de la producción se debe a un mayor rendimiento, debido a las nuevas técnicas culturales que se llevan a cabo para este cultivo, ya que la superficie de cultivo no ha mostrado variaciones importantes, como se observa en la Fig. 3.

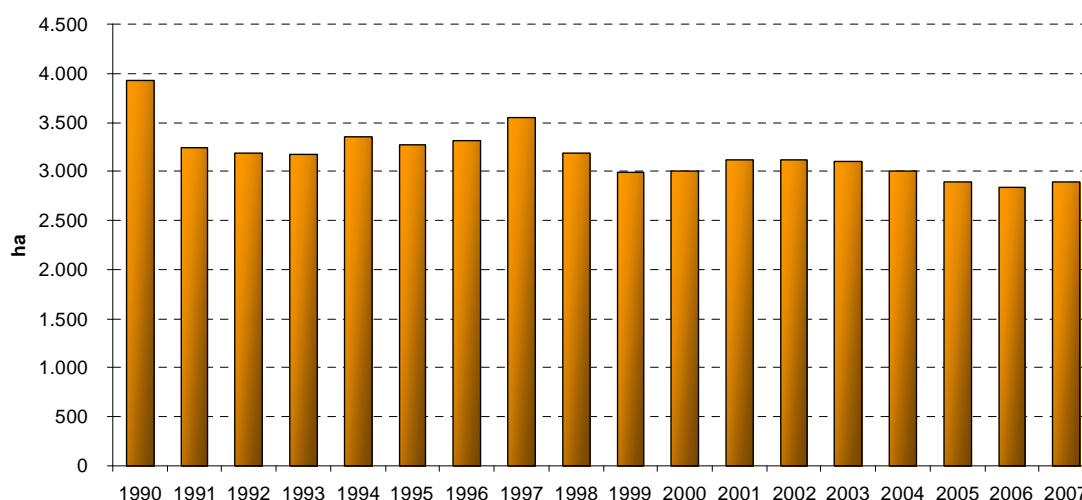


Figura 3. Evolución de la superficie (ha) en España desde 1990 hasta 2007. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, M.A.P.A. (2009).

Respecto a los precios percibidos por los agricultores, la tendencia ha sido también creciente aunque se produjeron tres caídas de precios bastante acusadas en 1994, 2000 y 2006 (Fig. 4). Los precios más bajos (45,5 €/100 kg) se obtuvieron en 1994, mientras que los más altos se alcanzaron en 2007 (124,1 €/100 kg).

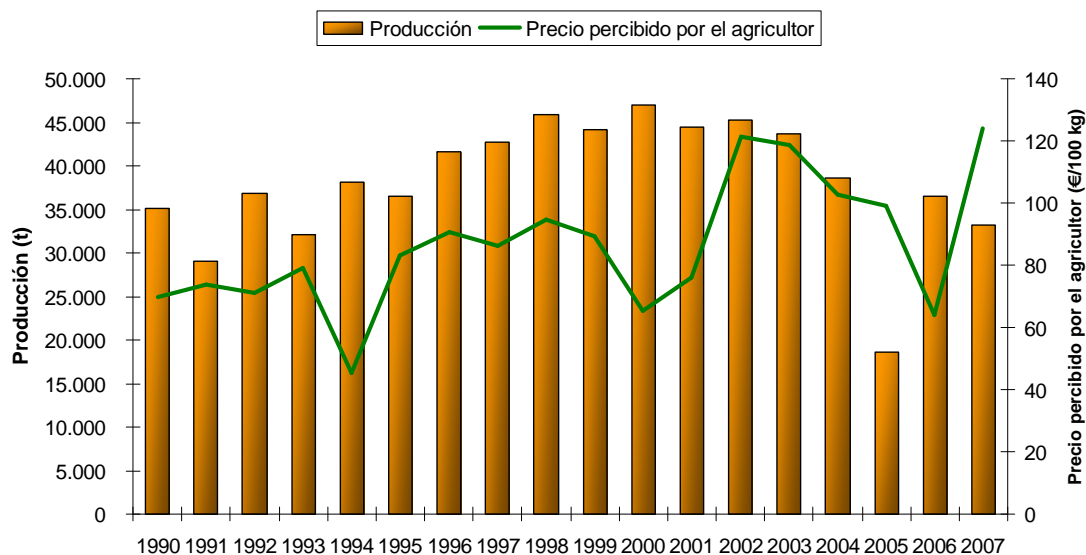


Figura 4. Evolución de la producción y de los precios percibidos por los agricultores en España desde 1990 hasta 2007. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, M.A.P.A. (2009).

En España, son las Comunidades Autónomas de Valencia y Andalucía las de mayor importancia en cuanto a superficie y producción se refiere, localizándose el principal foco de cultivo en la provincia de Alicante, en el Valle de Algar y Guadalest, más concretamente en los municipios de Callosa d'Ensarrià, Altea, Polop y Bolulla. En Castellón, la comarca del Alta Palancia, y en Valencia, la de Sagunto, son las que concentran la producción para el resto de provincias de la Comunidad Valenciana. En Andalucía destacan las hoyas litorales de Vélez-Málaga y Málaga de esta misma provincia y los valles de Motril y Almuñécar en Granada.

Según los datos recogidos por el M.A.P.A. en 2007, la Comunidades Autónomas de Valencia y Andalucía representan más del 98% de la producción y casi el 97% de la superficie cultivada en España.

En la Comunidad Autónoma Valenciana destaca la provincia de Alicante, ya que representa el 78% de la superficie total cultivada y casi el 93% de la producción de esta Comunidad Autónoma (M.A.P.A., 2007), con un rendimiento de más de 14,7 t/ha, seguida de Castellón con 4,9 t/ha y Valencia con 2,6 t/ha.

Provincia	Área (ha)	Producción (t)
Alicante	1208	17039
Castellón	286	1232
Valencia	61	150
TOTAL	1555	19321

Cuadro 1. Producción y superficie de cultivo de níspero japonés en la Comunidad Autónoma Valenciana. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, M.A.P.A. (2007).

En la Comunidad Autónoma de Andalucía los principales productores son Granada y Málaga, que suponen el 95% de la superficie que se cultiva de níspero japonés en Andalucía y casi el 97% de la producción, encontrándonos por el contrario con algunas provincias como Jaén y Huelva con una superficie de cultivo y una producción casi despreciables. Los mayores rendimientos se consiguen en Granada con casi 11,5 t/ha y en Málaga y Sevilla con 10 t/ha, y los más bajos en Huelva con 2 t/ha.

Provincia	Área (ha)	Producción (t)
Almería	21	145
Cádiz	11	0
Córdoba	24	216
Granada	797	9000
Huelva	1	2
Jaén	0 (árboles diseminados)	3
Málaga	392	3890
Sevilla	5	50
TOTAL	1251	13306

Cuadro 2. Producción y superficie de cultivo de níspero japonés en Andalucía. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria, 2007. M.A.P.A.

En España, casi la totalidad de la producción de níspero japonés está destinada a consumo en fresco, aunque su transformación para la obtención de productos como mermeladas, zumos y almíbar es creciente. Esta actividad se ve dificultada por el excesivo aumento de los costes que esto conlleva. (Caballero, 1993).

Las variedades más importantes de níspero japonés que se cultivan en España son ‘Tanaka’, ‘Golden Nugget’, ‘Magdal’ y ‘Algerie’. Ésta última supone el 95% del total de la producción de la provincia de Alicante (Caballero y Fernández, 2003). En Andalucía destaca el cultivo de ‘Golden Nugget’.

La maduración de los frutos de estas 4 variedades no ocurre simultáneamente, sino que la variedad más temprana es ‘Magdal’, seguida de ‘Golden Nugget’ y ‘Algerie’, siendo la más tardía ‘Tanaka’. Este hecho favorece la posibilidad de cultivar una o varias variedades para no tener excesiva competencia en el mercado a lo largo de toda la campaña, y así obtener buenos precios por parte de los agricultores.

El valor económico de este cultivo radica en que en España estos frutos maduran desde marzo hasta la primera mitad de junio, apareciendo en el mercado en una época en la que no existe otra fruta de primavera. En ese momento, el consumidor está deseando cambiar a otra fruta distinta de la que consume durante casi todo el año, como cítricos, manzanas, peras o plátanos, por lo que se configuran unas condiciones de mercado muy favorables para la venta del níspero.

Los precios mayores se alcanzan en las primeras semanas de entrada del producto al mercado, disminuyendo después paulatinamente. La máxima oferta se alcanza a mitad de campaña aproximadamente.

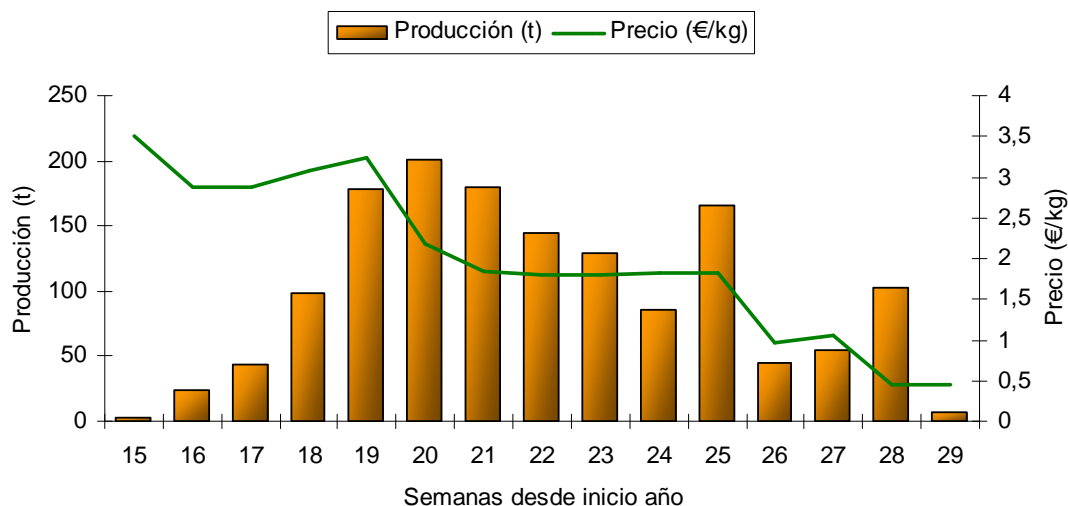


Figura 5. Evolución en la campaña 2009 del precio y de la producción de níspero japonés. Fuente: Mercabarna (2009).

Otro aspecto determinante en el cultivo del níspero japonés es el calibre del fruto, ya que a mayor calibre de éste mayor precio se obtendrá. El calibre se determina mediante el diámetro máximo de la sección ecuatorial del fruto, agrupándolos en categorías.

Diámetro máximo de la sección ecuatorial del fruto (mm)	<i>Identificación del calibre</i>
$\emptyset \geq 53$	GGG
$53 > \emptyset \geq 46$	GG
$46 > \emptyset \geq 39$	G
$39 > \emptyset \geq 32$	M
$32 > \emptyset \geq 25$	P

3. Problemática del cultivo.-

El principal condicionante en el cultivo del níspero japonés es la precocidad ya que los precios son elevados al inicio de la campaña. Además, el consumidor está deseando cambiar a otra fruta distinta de la que consume durante casi todo el año, como cítricos, manzanas, peras o plátanos, por lo que se configuran unas condiciones de mercado muy favorables para la venta del níspero. Con esta situación es frecuente que el productor recolecte la fruta antes de que ésta alcance la plena madurez y que presenten una acidez excesiva con un contenido de azúcares demasiado bajo. Por esto es fundamental determinar el momento óptimo de recolección del fruto para garantizar la calidad al consumidor final.

La determinación del momento óptimo de recolección de este fruto es de suma importancia si tenemos en cuenta el, hasta ahora más aceptado, carácter no climatérico del fruto de níspero japonés. En los frutos no climatéricos, a diferencia de lo que ocurre en los climatéricos, la maduración no continúa una vez el fruto es separado del árbol. Sin embargo, el carácter no climatérico del níspero japonés está sometido a cierta controversia. Uno de los procesos que caracteriza el inicio de la maduración en los frutos climatéricos es el incremento de la producción de etileno y de la respiración. En el caso de los frutos no climatéricos, la producción de etileno es muy baja durante la maduración y no tiene implicación en este proceso.

Como se ha comentado, el níspero japonés ha sido considerado tradicionalmente como un fruto no climatérico, ya que no se ha encontrado aumento de respiración ni de producción de etileno ni en el árbol ni después de la cosecha (Blumenfeld, 1980; Hamauzu et al., 1997; Zhang et al., 1990; González et al., 2003). Sin embargo, otros autores han observado, en diferentes cultivares de níspero, entre ellos ‘*Algerie*’, un aumento de la respiración y de la producción de etileno, aunque estos niveles son muy inferiores a los de otros frutos climatéricos, durante una fase temprana de la maduración del fruto (Hamauzu et al., 1997; Amorós et al., 2003b), y lo consideran como un fruto de maduración climatérica.

Para tratar de esclarecer el carácter climatérico de este fruto, y en concreto del cultivar *Algerie*, se va a estudiar la producción de etileno en frutos recogidos en diferente estado de maduración, así como la evolución de la producción de etileno tras la recolección. Paralelamente, se estudiarán los principales parámetros físico-químicos asociados a la maduración (color de la epidermis, firmeza, contenido en azúcar y acidez) en cosecha y su evolución poscosecha en función del estado de maduración del fruto.

El principal índice de recolección que se emplea en la recolección comercial del níspero japonés es el color de la piel. El color de la piel, que aunque subjetivo es un índice fácil de determinar en campo, estará relacionado con otros parámetros de la maduración del fruto, como son el contenido en azúcar, la acidez o la firmeza, que le confieren al fruto una determinada calidad organoléptica. El color de piel óptimo para la recolección debe relacionarse con unos determinados valores de azúcar y acidez en el fruto, que harán que el fruto tenga una calidad adecuada al llegar al consumidor. Se ha observado, y algunos autores lo han reflejado en la literatura para otros cultivares de níspero (Uchino et al., 1994), que la relación entre los diferentes parámetros de maduración puede variar según la fecha de recolección, y que frutos con un mismo color, recogidos en diferentes momentos de la campaña pueden presentar valores bastante diferentes de azúcar y acidez, que conducen a una calidad organoléptica diferente del fruto. Esto implicaría que el valor óptimo de color para la recolección no sería el mismo a lo largo de toda la campaña de recolección del níspero. Por tanto, como segundo objetivo en este trabajo, hemos planteado estudiar la posible variación de la relación de los diferentes parámetros de maduración en el tiempo. Para ello, se

recogerán frutos con diferente color en distintas fechas de recolección a lo largo de la campaña, y se determinará la relación entre los diferentes parámetros de maduración.

Objetivos.-

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente proyecto se plantean los siguientes objetivos principales:

- ⇒ Determinar el carácter climatérico o no del níspero japonés, en concreto, de la variedad 'Algerie'.
- ⇒ Determinar la evolución de los diferentes índices de maduración (color, acidez, SST, etc.) y su relación a lo largo de la campaña.



Revisión bibliográfica

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Taxonomía y botánica del níspero japonés.-

Desde el punto de vista taxonómico, el níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) se sitúa dentro de la división *Spermatophyta*, subdivisión *Magnoliophytina* (=Angiospermae), clase *Magnolidae* (=Dicotyledoneae), subclase *Rosidae*, orden *Rosales*, familia *Rosaceae*, subfamilia *Maloideae* (=Pomoidea) y género *Eriobotrya*, siendo llamado con anterioridad *Mespilus japonica* Thumb. y *Photinia japonica* Gray (Ochse et al., 1974).

El género *Eriobotrya* toma su nombre del griego, donde *Erio*, lana, y *botrya*, racimo, hacen referencia a sus inflorescencias con aspecto lanoso (Lin et al., 1999). Según Morton (1987), el níspero es originario del sudeste de China y posiblemente del sur de Japón, aunque pudo haber sido introducido en este país hace mucho tiempo. Se dice que se cultiva en Japón desde hace 1000 años. Es por esto, que algunos autores japoneses sitúan dicho origen en ambos países, mientras que la mayoría de autores de todo el mundo creen que el níspero se originó en China, siendo el valle del río Daduhe la región concreta del origen del níspero japonés (Lin et al., 1999). Se distribuye por Asia, en países como China, Japón y Pakistán; por las zonas subtropicales de América del Norte y Central, en Estados Unidos y México; por América del Sur en Chile, Brasil y Uruguay; por Australia y Nueva Zelanda, y por la Cuenca del Mediterráneo, cultivándose en países como Egipto, Maruecos, Israel, Turquía, Grecia, Italia, Portugal y España (Caballero y Fernández, 2003).

El género *Eriobotrya* cuenta con 16 especies claramente establecidas (Lin et al., 1999) mientras que Phipps et al. (1990) distingue 26, todas ellas en el sudeste asiático, con especies como *E. hookerana* y *E. deflexa*, a las que se les da un uso ornamental principalmente, con frutos no comestibles (Gallego, 1991). De todas las especies pertenecientes a este género, *E. japonica* es la principal, y la única que se cultiva por sus frutos (Lin et al., 1999), con más de 100 variedades descritas en China (Ding et al., 1995; citado por Martínez-Calvo et al., 2000).

El níspero japonés es un frutal subtropical perennifolio con floración en otoño y principio del invierno y madura sus frutos al inicio de la primavera (Lin et al., 1999). Un árbol de níspero japonés puede alcanzar los 5 ò 6 m de altura, posee un tronco corto y erecto con corteza rugosa de color gris pardo que se descama anualmente y copa

generalmente esférica o piramidal. El sistema radical es superficial con numerosas raíces secundarias, extendiéndose unos 25-30 cm de profundidad (Rodríguez, 1983).

Sus hojas son simples, alternas y pubescentes, con forma oblonga-lanceolada, bordes aserrados, nervios claramente marcados y grandes en tamaño, variando su longitud (entre 18-40 cm) dependiendo de la variedad (Rodríguez, 1983). Presentan además consistencia coriácea, con cierta rugosidad en el haz de color verde oscuro brillante, mientras que el envés es de color gris ceniza (Martínez-Calvo et al., 2000).

La inflorescencia del níspero japonés es una panícula, de 10 a 19 cm de longitud, de forma piramidal. Del eje principal de la inflorescencia pueden formarse entre 5 y 10 ejes secundarios, formados por un número variable de flores comprendido entre 70 y 100, ocasionalmente más de 100 (Lin et al., 1999). Las flores son hermafroditas, de pequeño tamaño, bastante olorosas, lo cual las hace atractivas para las abejas y abejorros, pentámeras, con 5 sépalos, 5 pétalos blancos, 20 estambres y ovario ínfero con 5 carpelos que acoge dos primordios seminales (Smock, 1937).

Bononad et al., (1969) definieron el fruto del níspero japonés como un pomo, llamativo, oloroso y jugoso, con coloraciones que van desde el amarillo pálido hasta el naranja intenso, que conserva una cavidad residual del cáliz. El sabor agrídulce tan singular del níspero, su equilibrada acidez, su ligero dulzor y su delicado aroma, lo convierten en un fruto especial y atractivo (Seva, 1997). Debido a la floración en panículas del níspero japonés, los frutos aparecen en número variable comprendido entre 4 y 30, con forma de pera, oval o redondeada, de 2,5 a 5 cm de longitud, con la piel suave o con vellosidad, con coloraciones que varían desde amarilla hasta naranja, en ocasiones coloradas (Morton, 1987), y compuesta por un único tipo de células (Yin et al., 1994; citado por Lin et al., 1999). La pulpa es carnosa, blanca, amarilla o naranja, de sabor dulce, ácido o semiácido (Morton, 1987), de 0,5-0,8 cm de espesor que normalmente supone el 60-80% del volumen del fruto (Yu, 1979; citado por Lin et al., 1999).

El níspero puede tener como máximo 10 semillas, ya que posee 10 óvulos, aunque, normalmente, sólo aparecen de 3 a 5, de color marrón oscuro o marrón claro, con forma angular-elipsoidal, de 1,5 cm de longitud 8 mm de grosor (Morton, 1987). El volumen ocupado por las semillas puede variar desde el 40% (Díaz, 1981) hasta el 50% (Salvador-Sola et al., 1999).

La variedad *Algerie*, procedente de una semilla germinada en Argelia y posteriormente multiplicada en Callosa d'Ensarrià para su comercio, es vigorosa, de porte recto y con una media de tres brotes laterales por brote central. Es considerada productiva ya que aproximadamente el 85% y el 60% de los brotes centrales y laterales, respectivamente, son fructíferos (Martínez-Calvo et al., 2000).

Las hojas de este cultivar poseen una longitud y anchura media de 30 y 10 cm, respectivamente, estípulas reniformes, peciolo largo, por lo que el fruto se aclara y desarrolla muy bien (Rodríguez, 1983), con dientes espaciados, forma del ápice intermedia y sección transversal curva. Posee tres periodos de brotación: otoño, primavera y verano (Martínez-Calvo et al., 2000).

'*Algerie*' alcanza la plena floración a principios de noviembre (Martínez-Calvo et al., 2000). Hueso y Cuevas (2003) establecieron en 200, aproximadamente, las flores portadas por cada panícula, y Martínez-Calvo et al. (2000) sitúan en 6,26% el cuajado de este cultivar.

El fruto de '*Algerie*' es redondeado-alargado, de sección transversal ligeramente angular, zona peduncular obtusa, cavidad del cáliz ligeramente abierta y ápice plano. La piel y la pulpa son de color amarillo-anaranjado, de pelado fácil y fruto de buen sabor, con un peso medio comprendido entre 60 y 73 g, un calibre medio entre 49 y 55 mm, una longitud media entre 52 y 65 mm, y un espesor de pulpa de 11,17 mm (Rodríguez, 1983; Martínez-Calvo et al., 2000; Cañete et al., 2005). Los frutos completan el proceso de maduración en España en abril o mayo según la zona de cultivo. Las semillas poseen forma elíptica, un peso medio de 7,3 g y aparecen aproximadamente 2,3 por fruto (Martínez-Calvo et al., 2000). Según Rodríguez (1983), esta variedad tiene muy buena resistencia al transporte y la manipulación, además de ser excelente para la conservería.

2. Ciclo anual del cultivo.-

El estudio de los eventos de periodos biológicos, como la brotación, floración, desarrollo del fruto y envero, estrechamente regulados por el clima y los cambios estacionales, es llamado fenología (García-Carbonell et al., 2002). Así, la fenología reproductiva de una especie frutal, describe la evolución del crecimiento y desarrollo de su ciclo reproductivo. Cada fase de este ciclo se denomina estado fenológico o estado-tipo y su duración varía entre cultivares (Martínez-Calvo et al., 1999). Para ello se eligen y definen morfológicamente todos los estados desde la yema en reposo hasta la

madurez del fruto o el final de la polinización en flores masculinas en el caso de que se trate de especies dioicas (Baggiolini, 1952).

Según Martínez-Calvo et al. (2000), las claves fenológicas utilizadas hasta ahora para los frutales, como las clásicas de Fleckinger, no cumplen con los requisitos que actualmente se consideran necesarios: que describan el ciclo completo de desarrollo (y no sólo la floración), que utilicen códigos numéricos (para que puedan ser utilizados en bases de datos) y que sirvan para todas las plantas cultivadas y malas hierbas. Según estos autores, la escala BBCH sí cumple estos requisitos. Dicha escala ha sido utilizada para describir los estados fenológicos de muchas especies como cereales, remolacha, patata, girasol, algodón, diferentes plantas hortícolas, vid, cítricos, frutales de hueso y pepita, y otras (Bleiholder et al., 1996). La escala BBCH utiliza 10 estados principales: germinación, brotación y desarrollo de las yemas (estado 0), desarrollo de las hojas (estado 1), formación de los brotes laterales (estado 2), crecimiento longitudinal de los brotes terminales (estado 3), desarrollo de las partes vegetativas cosechables o de órganos vegetativos de propagación (estado 4), aparición del órgano floral (estado 5), floración (estado 6), desarrollo del fruto (estado 7), coloración o maduración del fruto y semillas (estado 8) y senescencia del fruto y comienzo del reposo vegetativo (estado 9).

Martínez-Calvo et al. (1999) utilizaron la escala BBCH para describir los estados fenológicos del níspero japonés de acuerdo a las claves de identificación de las etapas de crecimiento para plantas mono- y dicotiledóneas (Hack et al., 1997). Para ello utilizaron 7 de los 10 estados fenológicos principales, ya que en los frutales de pepita los estados 2 y 4 no tienen lugar, ni consideraron el estado 9 (senescencia del fruto y comienzo del reposo vegetativo) en níspero japonés. El estado 7 describe la etapa de crecimiento del fruto, estableciendo 3 subestados basándose en el tamaño alcanzado por el fruto respecto al tamaño final. El estado 8 describe la etapa de maduración del fruto, distinguiendo subestados en función del color del fruto y la aptitud de éstos para un determinado uso (recolección, consumo, etc.).

Por otro lado, Cuevas et al. (1997) describieron los estados-tipo de níspero japonés cv. Algerie en la costa occidental de Almería. La fenología descrita por dicho autor difiere en sus primeros estados con respecto a la empleada por Fleckinger (1945) para los frutales de pepita, pero coincide básicamente con ellos a partir del estado "D" (Botones florales). La diferencia fundamental estriba en la ausencia en el níspero japonés de un periodo de reposo invernal propio de las especies de clima templado.

Este estudio, más concreto y preciso que los anteriores pero concentrado principalmente en la floración, abarcó desde un estado en el que la yema se encontraba en parada vegetativa (estado A: yema de verano) hasta que comienza la expansión del pequeño pomo (estado I: fruto tierno). En la Fig. 6 se muestra una ilustración de cada uno de los estados-tipo descritos por Cuevas et al. (1997).

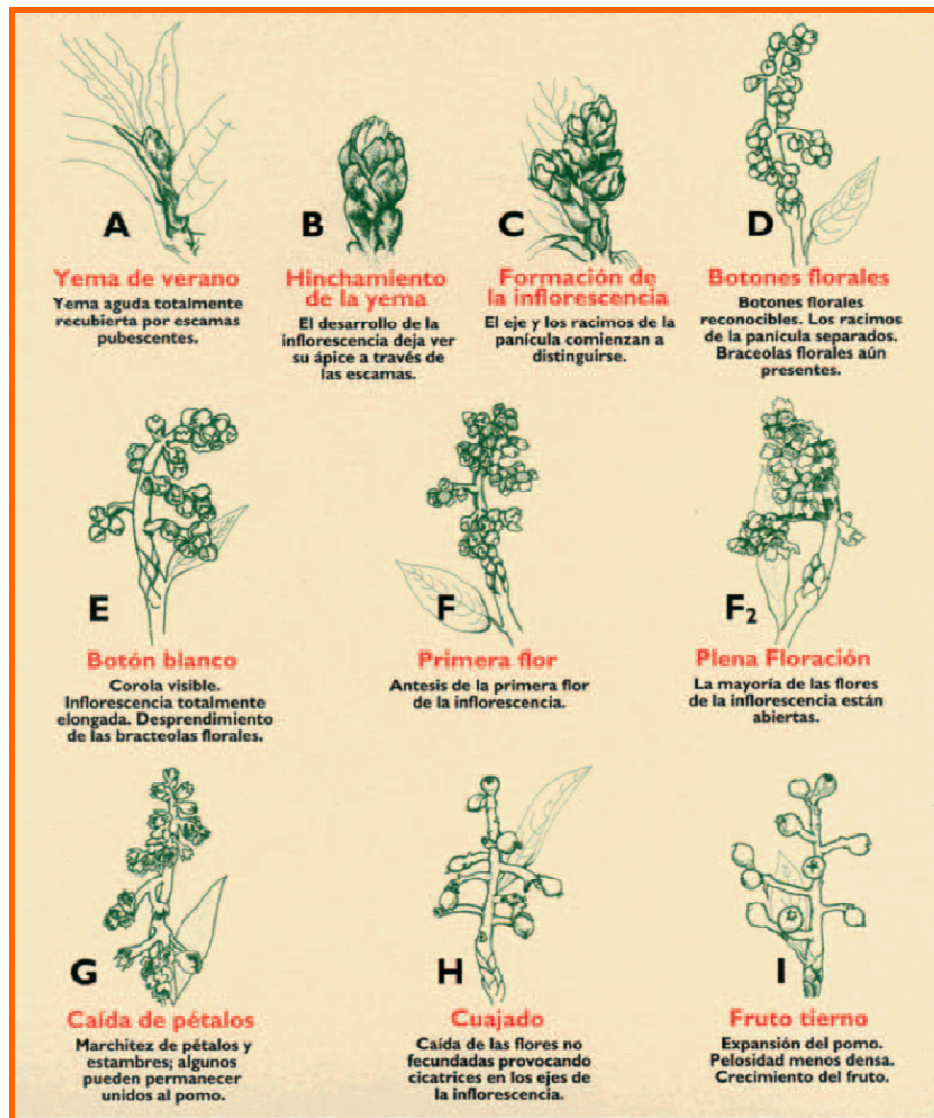


Figura 6. Ilustración de los estados-tipo de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) descritos por Cuevas et al. (1997).

La adecuada identificación de los estados fenológicos de las plantas es muy importante para la caracterización varietal y para la conducción de las plantaciones (tratamientos fitosanitarios, fertilización, aplicación de fitoreguladores de crecimiento, aclareo de frutos, poda, rayado, etc.) entre otras cosas. Este hecho cobra más importancia si tenemos en cuenta que dichas operaciones del cultivo están referenciadas a un estado fenológico preciso y concreto.

Las observaciones llevadas a cabo en la costa de Almería por Cuevas et al. (1997), permitieron describir el ciclo anual del níspero japonés para dicha zona, separando claramente la fase vegetativa de la reproductiva. Éstas no coinciden en el tiempo en las condiciones de cultivo de la costa occidental almeriense (Fig. 7).

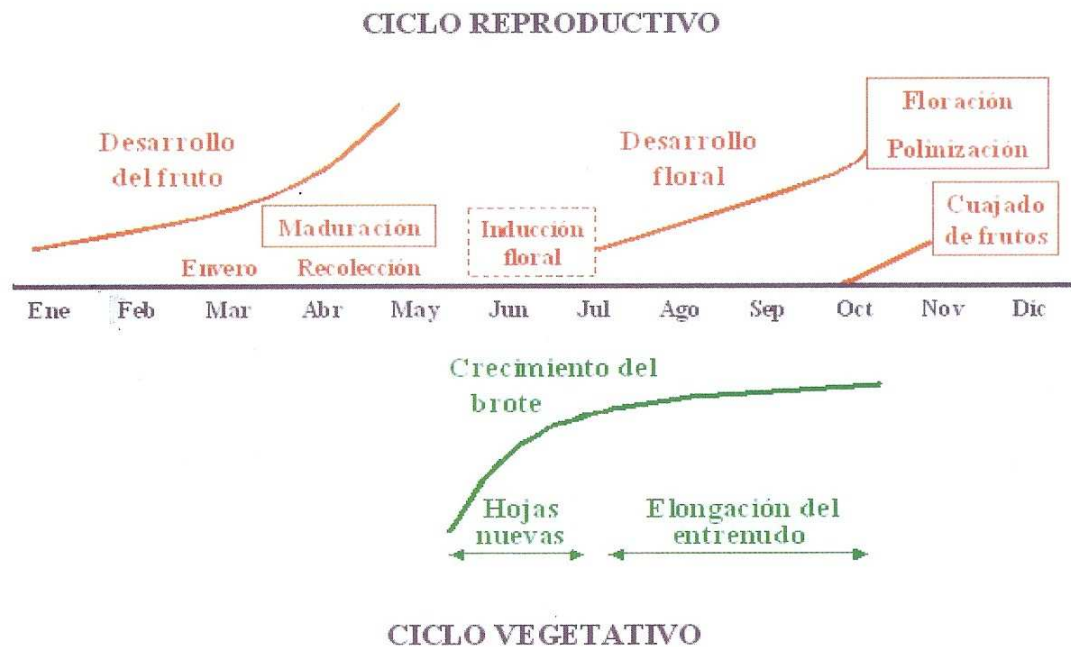


Figura 7. Representación del ciclo anual del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.). Fuente: Cuevas et al. (1997).

El carácter subtropical y perennifolio de la especie implica un desarrollo continuo del árbol, con la dificultad añadida de poder determinar los posibles periodos de reposo de éste por breves que sean. De este modo, el ciclo vegetativo se sucede en los meses de verano, con un incremento exponencial en el que se pueden distinguir dos fases. En la primera, el crecimiento es muy acusado y se produce la formación de nudos y elongación de los entrenudos, mientras que en la segunda, el crecimiento vegetativo es mínimo y se produce una escasa elongación de los entrenudos.

A esta última fase de la denomina parada estival, en ella el árbol se prepara para la fase reproductiva y es donde tiene lugar la inducción floral, puesto que a continuación, en la segunda quincena de agosto, la mayoría de las yemas terminales de los brotes se diferencian hacia yemas fructíferas (Gavilán, 1998).

En los meses de septiembre y octubre se desarrollan y forman las inflorescencias, sucediéndose en el mes de noviembre y primera quincena de diciembre la antesis, polinización y fecundación. Para el cultivar Algeria, en nuestras latitudes, la

plena floración se alcanza en torno a la tercera semana de noviembre. Las flores que no son fecundadas caen, mientras la marchitez y caída de pétalos marca el final de la floración y el inicio del cuajado de los frutos (Gavilán, 1998).

3. Floración del níspero japonés.-

La floración del níspero es, en muchos aspectos, similar a la de la mayoría de las Rosáceas, con la particularidad de que transcurre normalmente a lo largo del otoño e invierno. En Zhejiang (China), zona de origen del níspero japonés, la diferenciación del eje principal de la inflorescencia comienza a principios de agosto, los ejes secundarios se diferencian a mediados o finales de agosto, los sépalos y pétalos a principios de septiembre, los estambres y pistilos entre mediados y finales de septiembre y los núcleos espermáticos y los óvulos finalizan su formación en octubre. El tiempo transcurrido entre la diferenciación de las yemas de flor (primeros días de agosto) y la antesis (primeros días de noviembre) es de unos tres meses (Li, 1982 cit. por Lin et al., 1999). En la Cuenca Mediterránea se observan notables diferencias entre distintas áreas, que a menudo se interpretan en función de las temperaturas. Así, en Israel, en la zona costera y cálida, la floración se inicia en agosto, mientras que en los valles interiores y las colinas bajas de Galilea, ésta comienza a finales de septiembre o principios de octubre (Rodríguez, 1983). Por otro lado en el Mediterráneo occidental la floración se produce a principios de noviembre, y transcurren aproximadamente dos meses entre la apertura de la primera flor y la última (Rodríguez, 1983). En las condiciones de cultivo de la Costa de Almería, la mayoría de las yemas terminales de los brotes se diferencian a yemas fructíferas en la segunda quincena de agosto. Durante los meses de septiembre y octubre se desarrollan las inflorescencias y a lo largo del mes de noviembre y la primera quincena de diciembre se produce la antesis, polinización y fecundación de las flores (Gavilán, 1998).

El níspero japonés es una especie autocompatible, pero mediante polinización cruzada se aumenta la fecundación y el número de semillas por fruto, y con ello el tamaño. Las abejas son muy atraídas por el olor intenso de las flores.

El proceso por el que las yemas experimentan cambios fisiológicos que conducen a la formación de yemas de flor se denomina inducción floral. Jackson y Sweet (1972), cit. por Westwood (1993), señalan que la inducción floral es el resultado de la interacción en espacio y tiempo de hormonas endógenas y de otras sustancias

sintetizadas por la planta. En este sentido, Barceló et al. (1992) explican que el estímulo de la floración es el resultado de la combinación de un conjunto de factores internos, entre los que citan la sincronización de la actividad mitótica y su situación, cambios enzimáticos y metabólicos, cambios en la distribución de asimilados y nutrientes y variación de los niveles de diferentes fitohormonas y reguladores del crecimiento, como las polisacarinas o poliaminas. Por tanto, se deduce que la inducción floral se produce en un momento de relativo reposo y gracias a la existencia de un equilibrio hormonal interno, tras recibir un estímulo de naturaleza aún desconocida en especies leñosas. Se conoce, no obstante, que sobre este equilibrio influyen factores ambientales, nutricionales, fisiológicos y genéticos. Es probable que la interacción entre los procesos fisiológicos y los factores ambientales, tales como la edad fisiológica estacional, la intensidad y calidad de la luz, la superficie foliar, la nutrición, la poda, etc., origine el equilibrio hormonal endógeno apropiado que provoque la inducción floral en la mayoría de las especies frutales (Westwood, 1993). Tras la inducción floral se produce una diferenciación morfológica conocida como diferenciación floral que conduce a la aparición de los primordios florales (Fulford, 1964 cit. por Gil-Albert, 1996). La diferenciación floral incluye la iniciación y el desarrollo floral.

En los frutales de zonas templadas la inducción floral ocurre en algún momento del verano previo a la floración durante un periodo de relativo reposo. La subsiguiente iniciación y desarrollo floral se ven interrumpidas con la llegada del invierno, de modo que la floración se produce a la salida del invierno tras la satisfacción de las necesidades de frío invernal. En cambio, en los frutales tropicales y subtropicales la iniciación floral ocurre tras una parada del crecimiento vegetativo, provocada por un periodo de tiempo frío o de reducción del suministro hídrico, es decir, bajas temperaturas o estrés hídrico (Menzel, 1983; Chaikiattiyos et al., 1994; Núñez-Elisea y Davenport, 1994; Agustí, 2000). En el caso del níspero japonés, la parada vegetativa es provocada probablemente por la combinación de altas temperaturas y déficit hídrico, y se produce normalmente a mediados de julio, tras la fase de formación de los nudos y de elongación rápida de los entrenudos (Gavilán, 1999).

4. Crecimiento y desarrollo del fruto.-

Tras la polinización, una vez se ha producido la fecundación de los óvulos y han tenido lugar las primeras divisiones celulares se considera que el pequeño fruto alcanza el estado fenológico de *cuajado*. A partir de este momento se inicia el proceso de

desarrollo del fruto; proceso que terminará cuando el fruto alcance la madurez (Gil-Albert, 1996).

A principios de enero, normalmente, comienza el crecimiento del fruto de níspero japonés, durante el cual se suceden una serie de cambios en su desarrollo. Así, se distinguen las siguientes fases en el desarrollo de los frutos:

- ❖ **Periodo I o de multiplicación celular**, en el que la división celular es el proceso dominante e implica un aumento lento inicial del tamaño del fruto. En esta fase se alcanza el número total de células para la mayoría de los frutos (Gil-Albert, 1996). La duración de esta fase es variable según la especie, pero acontece antes y durante la antesis y finaliza por lo general con el comienzo del crecimiento celular (Barceló et al., 1992). Esta fase se corresponde matemáticamente con una expresión exponencial (Pérez-García et al., 1994).
- ❖ **Periodo II o de engrosamiento celular**, donde predomina el crecimiento de las células, existiendo mayor flexibilidad de la pared celular, aumento del tamaño de las vacuolas y de los espacios intercelulares (Westwood, 1993). El aumento del volumen celular significa la mayor contribución al crecimiento final del fruto y provoca un aumento rápido de tipo exponencial en este periodo (Barceló et al., 1992). En las células se acumulan polisacáridos y agua, aumenta notablemente la cantidad de materia seca y el fruto prácticamente llega a alcanzar su tamaño final (Gil-Albert, 1996). Esta etapa del crecimiento del fruto se representa gráficamente como una recta (Barceló et al., 1992). Según Amorós et al. (2003b), para la zona levantina española, esta fase, iniciada cuando los frutos son cuajados, dura 20 semanas.

Según Baldini (1992), entre los periodos I y II descritos tiene lugar el crecimiento y desarrollo de las semillas. Éstas alcanzan su peso máximo una o dos semanas antes que los frutos (Amorós et al., 2003b).

El tamaño final del fruto depende del número de células y del tamaño que almacenen estas células en el fruto. Normalmente los frutos mayores tienen un número de células más elevado que los frutos de menor tamaño (Westwood, 1993), por una citoquinesis más activa, propiciada por una mayor concentración de auxinas y giberelinas, generalmente gracias al mayor índice de semillado. Además, en níspero, el

número de semillas afecta a la forma del fruto, ya que los frutos llegan a hacerse más redondeados con el incremento del número de semillas (Cuevas et al., 2003b).

La potencia del fruto como sumidero se establece muy precozmente en función, fundamentalmente, del número y tamaño de las semillas formadas (Cuevas et al., 2003b). La influencia de las semillas en la formación del fruto se manifiesta en las correlaciones positivas existentes entre el diámetro de la semilla y el diámetro del fruto, y también entre el diámetro de las semillas y el peso del fruto (Gavilán, 1998).

El patrón de desarrollo de los frutos en pomo (manzana y pera) es bien conocido por las observaciones realizadas por numerosos autores (Westwood, 1993; Dennis, 1988; Baldini, 1992; Gil-Albert, 1996), quedando definido por una curva sigmoide, también denominada en “S”.

Para níspero japonés, no existe unanimidad a la hora de establecer dicho patrón de desarrollo de los frutos. Blumenfeld (1980), trabajando en Israel con las variedades ‘Tanaka’ y ‘Akko I’, describió el modelo de crecimiento como una curva exponencial. De este modo, en la primera fase de este modelo, el fruto experimenta un crecimiento lento, incrementando rápidamente su volumen con posterioridad hasta completar el proceso de maduración. Gavilán (1998), estudiando la variedad Algerie de níspero japonés, obtuvo una curva continuamente creciente (modelo exponencial) hasta la recolección.

Por el contrario, Cuevas et al. (2003b), trabajando en la costa de Almería con la variedad Algerie, encontraron que el diámetro ecuatorial de los frutos aumentó siguiendo un patrón que se adapta significativamente a una curva “sigmoideo” simple. Las diferencias respecto a los estudios realizados por Blumenfeld (1980) y Gavilán (1998) parecen deberse a la fecha de recolección, ya que hasta tres semanas antes de ésta los datos de ambos autores se adaptaron a una curva exponencial. Sin embargo, el desarrollo completo del fruto le permitió al primero obtener con sus datos un mejor ajuste al modelo sigmoidal.

Durante la fase fenológica comprendida entre la floración y la maduración de los frutos, éstos requieren el cumplimiento de una posterior y específica necesidad de calor que normalmente se cuantifica en términos de “sumas de temperatura” o “acumulación de grados-día”. Dicha consideración tiene gran importancia, de modo que Cortés (2003) incluyó el concepto de grados-día, entendido como la suma de las diferencias entre las

temperaturas medias diarias y un valor base correspondiente al nivel térmico de activación del desarrollo de los frutos (Baldini, 1992). Cortés (2003) estudió el ajuste de los calibres medidos en frutos de tres variedades de níspero japonés, 'Tanaka', 'Golden Nugget' y 'Algerie', para tres modelos de crecimiento, lineal, exponencial y sigmoideal. Para las tres variedades el mejor ajuste se consiguió con el último modelo citado, siendo muy elevado el grado de ajuste alcanzado ($R^2 = 0,987$). La expresión matemática de la curva obtenida para la variedad Algerie fue la siguiente:

$$y = \frac{46,82}{(1 + 22,59 \cdot e^{-x})}$$

siendo y el calibre en mm alcanzado por el fruto y x los grados-día acumulados desde plena floración, calculados con el método del seno doble (Zalom et al., 1983; citado por Hueso et al., 2003) a partir de una temperatura base de 4°C (Cortés, 2003).

De esta manera, Cortés concluyó que el crecimiento del fruto del níspero japonés se ajusta al modelo sigmoideal, típico de los pomos, mostrando una fase final de crecimiento lento si los frutos se mantienen en el árbol hasta la madurez fisiológica.

5. Maduración del fruto.-

Al final del proceso de desarrollo, el fruto inicia la maduración, que se define como el conjunto de transformaciones físico-químicas que hace alcanzar al fruto lo que se denomina estado de madurez, estado en el cual el fruto se recoge y se consume, o se desprende del árbol y cae, pudriéndose (Gil-Albert, 1996). A escala celular tienen lugar una serie de transformaciones bioquímicas y procesos fisiológicos que finalmente confieren al fruto sus propiedades organolépticas características.

Como maduración se entiende el conjunto de procesos gracias a los cuales el fruto evoluciona hasta un estado a partir del cual podrá llegar a ser aceptable para el consumo; mientras que la madurez es el estado final de la maduración. La madurez óptima varía en función de la finalidad o destino de la fruta que se va producir (Westwood, 1993). De este modo, se pueden distinguir distintos tipos de madurez: *madurez fisiológica*, momento en el que el fruto se encuentra en las condiciones adecuadas para que acontezca la maduración de consumo (Westwood, 1993); *madurez hortícola, comercial o de recolección*, que se corresponde con el momento óptimo de recolección de la fruta para que llegue al consumidor con sus mejores características organolépticas; y por último, *madurez de consumo o gustativa*, momento óptimo de

consumo del fruto, en el que éste alcanza sus mejores características organolépticas y es apto para el consumo directo (Gil-Albert, 1996). En ocasiones, la madurez de consumo y la de recolección pueden coincidir cuando el crecimiento o desarrollo del fruto esté en una fase que lo haga óptimo (Fig. 8), bien para consumo directo, bien para su procesado. En otras ocasiones el fruto ha de madurar después de su recolección (Westwood, 1993).

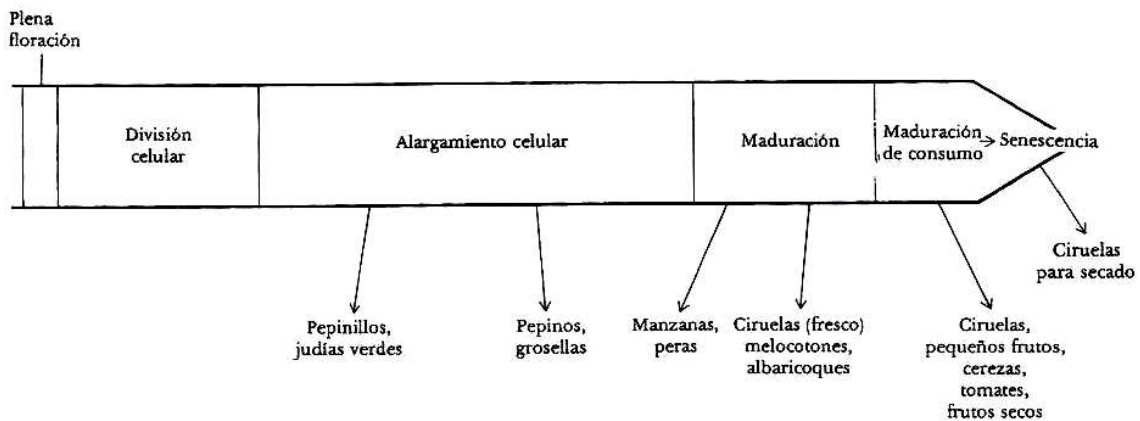


Figura 8. Relación de la madurez hortícola con el desarrollo fisiológico y la maduración fisiológica de distintos frutos. Fuente: Westwood (1993).

El proceso de maduración es consecuencia de la actividad bioquímica del fruto, actividad motivada por los procesos fisiológicos del propio fruto, fundamentalmente por la transpiración, la respiración, la fotosíntesis y la fermentación. La transpiración es el proceso por el que el fruto pierde parte del agua que le llega a través de sus conexiones vasculares. En la respiración el fruto absorbe oxígeno y desprende dióxido de carbono, mientras que la fotosíntesis es el proceso mediante el cual el fruto (mientras contiene clorofila, antes del cambio de color) es capaz de sintetizar hidratos de carbono a partir del dióxido de carbono absorbido del aire. La fermentación es el proceso que se produce al envejecer el fruto, o al carecer de oxígeno, y que origina el desprendimiento del dióxido de carbono produciendo etileno. Toda la actividad metabólica que supone la maduración origina en el fruto la emisión de sustancias volátiles y la acumulación, desaparición o transformación de los diversos constituyentes del propio fruto (Gil-Albert, 1996).

En función del comportamiento fisiológico durante la maduración, los frutos se pueden clasificar en dos grandes grupos. Los *frutos climatéricos* pueden madurar una vez son separados del árbol. La tasa de respiración y de producción de etileno, aunque es mínima en la madurez, aumenta bruscamente hasta el pico climatérico, al principio

de la maduración, después de esto desciende (Gamage y Rehman, 1999, cit. por Prasanna et al., 2007). Ejemplos de este tipo de frutos son: manzana, albaricoque, aguacate, plátano, chirimoya, higo, melón, pera, tomate, sandía, etc. Por otro lado, los *frutos no climatéricos* no son capaces de continuar su proceso de maduración después de haber sido separados del árbol. Estos frutos también producen una pequeña cantidad de etileno endógeno, y no responden a tratamientos con etileno externo. Los frutos no climatéricos muestran comparativamente un perfil bajo y un descenso gradual en su patrón de respiración y producción de etileno durante todo el proceso de maduración (Gamage y Rehman, 1999, cit. por Prasanna et al., 2007). Como frutos no climatéricos encontramos: cereza, calabaza, uva, naranja, fresa, etc.

En lo que se refiere a los cambios de color, la maduración lleva a la desaparición de la clorofila y a su sustitución por los carotenoides y eventualmente por los compuestos antocianinos, de esta manera se produce la progresiva “desverdización” de los frutos que adquieren una coloración de fondo amarilla más o menos intensa, con eventuales superposiciones de los pigmentos rojos (Baldini, 1992). La formación de pigmentos (particularmente los antociánicos) se incrementa con la temperatura, la luz y el oxígeno, en el transcurso del proceso de maduración. Para la variedad de níspero japonés ‘Algerie’, la adquisición de estos pigmentos y, por tanto, el envero (estado 3) (Pinillos et al., 2007), se produce, aproximadamente, a comienzos del mes de abril, adquiriendo el fruto finalmente la coloración anaranjada propia de esta variedad. La pulpa de níspero japonés contiene los carotenoides β -caroteno (33%); γ -caroteno (6%); cryptoxantina (22%); luteína, violazantina, neoxantina (3-4% cada una), siendo la piel cinco veces más rica en dichos carotenoides que la pulpa (Morton, 1987).

La hidrólisis de las protopectinas y su conversión en pectinas hidrosolubles proporciona una disminución de la consistencia de la pulpa: las células del mesocarpio, no muy cementadas una a otra por las protopectinas sino por el contrario “lubrificadas” por el mucílago hético interpuesto, adquieren movilidad y determinan el “ablandamiento” del fruto (Baldini, 1992). Esta reducción de la firmeza de la pulpa es patente en frutales de pepita como el níspero japonés (Martínez-Calvo et al., 2000; Casado-Vela et al., 2003a; Amorós et al., 2003b y 2004b).

A lo largo del proceso de maduración, los azúcares solubles se acumulan, mientras que el almidón disminuye progresivamente al acercarse a la madurez. La desaparición del almidón coincide con el máximo de azúcares solubles y, generalmente,

con el fin del crecimiento del fruto (Gil-Albert, 1996). En los frutos que inicialmente contienen notables cantidades de almidón, la hidrólisis de éste conduce a la formación de azúcares simples cuyo contenido aumenta progresivamente a medida que avanza la maduración. El contenido de sólidos solubles totales (SST) en frutos maduros varía con la especie dentro de límites amplios, del 1-2% del limón al 15-25% de la uva (Baldini, 1992). En níspero japonés, el contenido en SST varía entre 6,7 y 17 °Brix (Yu, 1979; citado por Lin et al., 1999) según variedades, estando representados en los frutos maduros mayoritariamente por la sacarosa, seguida de la fructosa y la glucosa, y en menor medida el sorbitol (Serrano et al., 2003). En frutos jóvenes, son la fructosa y el sorbitol los que aparecen en mayor proporción (Abnasan-Bantog et al., 1999; citado por Hu y Lin, 2003).

En contraposición al aumento de sólidos solubles, el proceso de maduración se caracteriza por la disminución del contenido de ácidos orgánicos. Dichas sustancias son, en parte, transformadas en carbohidratos y en parte utilizadas por los propios frutos como soporte de la respiración (Baldini, 1992). Al igual que en manzanas y peras, en níspero japonés el ácido que destaca en mayor proporción y consecuentemente como principal responsable de la acidez del fruto es el ácido málico (Amorós et al., 2003b). En los frutos maduros de níspero, al ácido málico le siguen en proporción el cítrico, el succínico y el fumárico. Otros ácidos como el ascórbico y el tartárico aparecen en menor proporción (Serrano et al., 2003). En níspero japonés la acidez del fruto varía entre 2,5 y 17 g ácido málico/l según variedades. (Martínez-Calvo et al., 2000).

El conjunto de cambios bioquímicos de la maduración se completa con la formación de sustancias volátiles, como alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, terpenos, etc., y la síntesis de vitaminas, especialmente el ácido ascórbico (Baldini, 1992). La emisión de sustancias volátiles, principalmente etileno y otras sustancias aromatizantes, contribuye a dar al fruto su aroma característico, y aumenta con la temperatura y el grado de madurez (Gil-Albert, 1996). Además, muchos de los sabores distintivos de los frutos proceden de los ésteres volátiles producidos durante la maduración. Estos constituyentes volátiles pueden reducirse o perderse durante un largo almacenamiento, por lo que el fruto recogido recién maduro tiene, generalmente, mejor sabor que el almacenado (Westwood, 1993).

Según Amorós et al. (2003b), la fructosa incrementa su contenido durante la maduración, mientras que el sorbitol disminuye progresivamente durante las etapas

tempranas del desarrollo del fruto. La sacarosa aumenta marcadamente su contenido a la vez que acontece el cambio de color de la epidermis del fruto, y una semana antes la glucosa y la fructosa comienzan a incrementarse. El ácido málico disminuye durante las últimas cuatro semanas de desarrollo del fruto, haciéndolo dos semanas antes el ácido succínico y el ascórbico. Los cambios de color de la epidermis tienen lugar simultáneamente con el aumento del contenido de SST y con la disminución de la firmeza y la pérdida de acidez, cuando los frutos de níspero japonés están en la fase de crecimiento rápido y han alcanzado el 70-80% del peso final. González et al. (2003) observaron, tras recoger frutos en cinco estados de maduración distintos, que a medida que el fruto pierde el color verde oscuro, comienza a disminuir la acidez. Sin embargo, el incremento del contenido de SST tuvo lugar con posterioridad a la pérdida de acidez, cuando el fruto comenzó a adquirir la coloración amarilla. Por otro lado, Hamauzu et al. (1997) cosecharon frutos en ocho estados diferentes de maduración, desde frutos verdes y pequeños (estado 1) hasta ligeramente sobremaduros (estado 8). El contenido en ácidos orgánicos y la tasa de respiración fueron disminuyendo a medida que transcurría la maduración, mientras que el contenido de compuestos fenólicos aumentaba. La producción de etileno tuvo lugar a la vez que el fruto perdía el color verde y aparecía el anaranjado, la sacarosa comenzó a disminuir en un estado intermedio de maduración (estado 5) casi simultáneamente con la pérdida de firmeza de la pulpa, sin detectar más tarde ablandamiento de ésta.

Como se indicó anteriormente, en los frutos climatéricos la hidrólisis del almidón conduce a la formación de azúcares simples, cuyo contenido aumenta progresivamente a medida que avanza la maduración (Baldini, 1992). La gran cantidad de energía necesaria para que se produzca la maduración de éstos frutos provoca el ya mencionado incremento de la respiración. La evolución de la intensidad respiratoria del fruto pasa por tres periodos. En primer lugar, el pre-climatérico, que incluye las fases de multiplicación celular y engrosamiento celular, durante las cuales la intensidad respiratoria decrece, al principio, rápidamente, y después más lentamente, hasta alcanzar un valor mínimo cuando el fruto tiene su tamaño final. A continuación empieza el climaterio, periodo durante el cual se produce la maduración del fruto y en el que la intensidad respiratoria aumenta hasta alcanzar un máximo, que se denomina crisis climatérica, y que coincide normalmente con el final del proceso de maduración. A partir de este punto, se inicia el denominado periodo post-climatérico, durante el cual se

produce el envejecimiento del fruto, su pudrición y muerte. Durante este periodo la intensidad respiratoria decrece hasta anularse; si bien, al iniciarse la pudrición se produce un pequeño incremento de esta intensidad, debido a las fermentaciones internas, que rápidamente decae hasta que el fruto muere finalmente (Gil-Albert, 1996).

La maduración de frutos climatéricos va acompañada por una serie de cambios rápidos en la composición química, como hidrólisis de polisacáridos, hidrólisis de los componentes de la pared celular y su consiguiente ablandamiento, cambios en ácidos orgánicos, aumento en el aroma, cambio en el color, la transformación del cloroplasto en cromoplasto, aumento en la producción de etileno, etc. En un fruto no climatérico típico como la naranja, los cambios en la composición son graduales y no van acompañados por aumentos respiratorios o de la producción de etileno.

Todos los frutos liberan etileno durante su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, la forma como se realiza esta liberación es diferente en frutos climatéricos y no climatéricos. Ambos tipos de frutos liberan etileno en concentraciones relativamente elevadas inmediatamente después de la antesis. La liberación del gas continúa a intensidades muy bajas durante el crecimiento y la maduración en frutos no climatéricos y la consecuencia de la madurez total no está asociada con un aumento en la liberación de la hormona. Por el contrario, en los frutos climatéricos la liberación del etileno aumenta bruscamente durante la maduración (Barceló et al, 1992).

El etileno es una hormona vegetal cuyos efectos pueden ser apreciados particularmente durante períodos críticos del ciclo de vida de una planta, como la maduración de los frutos, la abscisión de frutos y hojas, y la senescencia.

La síntesis de etileno tiene lugar en todos los órganos vegetales, aunque en diferente medida dependiendo del tejido y del estado de desarrollo. La mayor síntesis de etileno la llevan a cabo los frutos climatéricos y los tejidos senescentes. La síntesis del etileno comienza con el aminoácido metionina, el cual reacciona con ATP para formar un compuesto conocido como S-adenosilmetionina, (SAM) (Fig. 9). A continuación, el SAM se divide en dos moléculas diferentes, una de las cuales contiene un anillo compuesto de tres átomos de carbono. Este compuesto, conocido como ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), se convierte en etileno, CO₂, y amonio por una enzima presente en el tonoplasto, todavía no aislada, denominada enzima formadora de etileno (EFE). Aparentemente, la reacción formadora de ACC es la etapa de la ruta que es afectada por

algunos tratamientos o estados fisiológicos (por ejemplo, altas concentraciones de auxina, heridas, polución atmosférica, maduración de los frutos, senescencia de las flores, encharcamiento, etc.) que estimulan la producción de etileno por los tejidos vegetales.

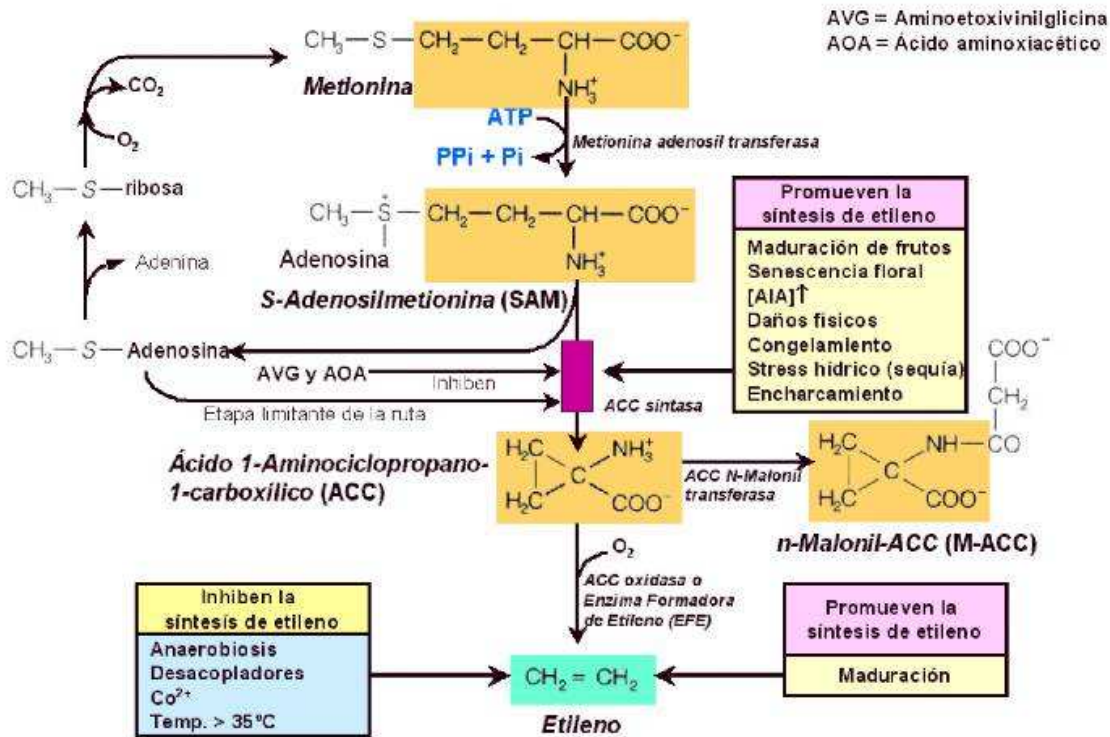


Figura 9. Síntesis del etileno y su regulación.

En níspero japonés, sólo se han realizado algunos estudios, contradictorios, sobre el modelo de maduración de sus frutos. Tradicionalmente ha sido considerado como un fruto no climatérico, ya que no se ha encontrado aumento de respiración ni de producción de etileno ni en el árbol ni después de la cosecha (Blumenfeld, 1980; Hamazu, 1997; González et al., 2003). Kader (2002), fijándose en los valores de respiración (3-5 y 6-9 ml CO₂/kg·h) y producción de etileno (0,1-0,3 y 0,2-0,6 µl/kg·h), para temperaturas de almacenamiento de 0 y 5°C respectivamente, afirma que el níspero japonés es un fruto no climatérico.

Estudios realizados sobre el cv. Mogi (principal variedad en Japón) ponen de manifiesto el carácter no climatérico del níspero japonés, ya que tampoco se encontró un aumento en la tasa de respiración ni en la producción de etileno asociada a la maduración (Ding et al., 1998). Sin embargo, para este mismo cultivar, un estudio demostró que la producción de etileno incrementó simultáneamente con la pérdida del color verde y la aparición del anaranjado, lo cual indicaría un modelo de maduración

climatérico (Hirai, 1982; Ye, 1988; cit. por Amorós et al., 2003b; Hamauzu et al., 1997).

Amorós et al. (2003b) estudiando 5 cultivares de níspero, entre ellos 'Algerie', observaron incrementos en la producción de etileno, en la tasa de respiración y en el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) total y libre, coincidiendo con el cambio de color, el incremento de los niveles de azúcar, y el descenso de la firmeza y los ácidos orgánicos. Esto les llevó a pensar que el níspero podría ser clasificado como un fruto climatérico. Sin embargo, González et al. (2003), observaron que la tasa de respiración se mantuvo alta y constante hasta que el fruto adquirió una coloración verde clara, y a partir de aquí la producción de etileno disminuyó hasta el final del proceso de maduración. Además, Amorós et al. (2003a) en otro estudio, recogieron frutos en tres estados diferentes de maduración y los trataron con propileno y 1-metilciclopropeno (1-MCP) con el fin de observar si estas hormonas regulaban la maduración. Tras almacenar dichos frutos a 20°C, observaron que, además de que el pico de producción de etileno tuvo lugar a la vez que los cambios en algunos parámetros asociados a la maduración, estas hormonas no regularon el proceso de maduración después de la cosecha ni en el árbol. De acuerdo a los resultados obtenidos con estos tratamientos, el níspero podría ser clasificado como no climatérico. A partir de entonces, la afirmación de un modelo de maduración climatérica o no para un fruto particular, como el níspero, puede ser difícil, y quizá podrían existir algunos frutos intermedios (Amorós et al., 2003a). González et al. (2003) observaron también que la evolución de los procesos implicados en la maduración no están coordinados, y no ocurren al mismo tiempo, de sus resultados extrajeron que el cv. Algerie posee una fisiología de maduración no climatérica.

6. Índices de maduración y recolección.-

Generalmente, el grado óptimo de madurez del fruto es el indicador del momento más adecuado para su recolección. La valoración del grado de madurez óptimo puede resultar, en ocasiones, subjetiva, dependiendo del agricultor, del gusto del consumidor, de las variedades, etc.

La calidad final del fruto depende, en muchos aspectos, de la recolección. La maduración del fruto marca el final de su crecimiento y el inicio de la senescencia, proceso éste natural e irreversible. Es, por tanto, muy importante elegir adecuadamente el momento de la recolección en función del estado óptimo de madurez del fruto,

variable con los frutos y dependiente de su destino comercial. Si la recolección se realiza demasiado pronto, el fruto no madura correctamente tras su almacenamiento; y si se lleva a cabo en un estado de madurez demasiado avanzado, ésta no se detiene durante el almacenamiento y el fruto debe ser comercializado inmediatamente (Agustí, 2004). Para subsanar dicho problema se han tratado de establecer para muchos frutos índices de recolección basados en variaciones de las características fisiológicas, físicas y bioquímicas más significativas y considerables de los frutos.

Para que las medidas de madurez se puedan llevar a cabo por los productores, recolectores y el personal de control de calidad, éstas deben ser simples, fácilmente ejecutables en el campo o en el laboratorio, y deberían requerir un equipamiento que no sea demasiado caro. Un índice debe ser preferiblemente objetivo (una medida) antes que subjetivo (una evaluación) y no-destructivo.

Los índices de recolección normalmente utilizados para los frutos son la coloración de fondo de la piel, la dureza de la pulpa, el contenido en almidón de la pulpa, el contenido en azúcares reductores, la acidez total y la resistencia al desprendimiento (Baldini, 1992). Westwood (1993) añade pigmentos como la clorofila y los carotenos, el número de días desde plena floración y las integrales térmicas de periodos específicos de la estación de crecimiento. Según Agustí et al. (2003), el tamaño del fruto, su color y el contenido en SST son los factores que determinan la madurez apropiada para el níspero, por tanto un incremento de éstos avanza la madurez comercial.

El parámetro a^* (espacio de color CIE 1976 $L^*a^*b^*$) es el que mejor define y caracteriza el color del níspero japonés, es por ello que sea el parámetro utilizado en numerosos estudios (Amorós et al., 2003b; Serrano et al., 2003; Testoni y Grassi, 1995; etc.). Además, existe relación entre la maduración, el color de la piel del fruto y la calidad de éste (Uchino et al., 1994). Según Kader (2002), el cambio de color del fruto de verde a amarillo y de éste a naranja es el principal índice de madurez y de las etapas de la maduración en níspero japonés. También Morton (1987) apunta que, para algunos cultivares, el completo desarrollo del color es la mejor guía para determinar la madurez de los frutos.

El valor máximo de a^* alcanzado por frutos maduros de la variedad *Algerie* se sitúa entre 9,96 (Cañete et al., 2005) y 13,9 (Cortés, 2003; Pinillos et al., 2007), siempre al final del proceso de maduración.

La firmeza o dureza de la pulpa del fruto es uno de los índices de madurez más importantes en numerosas frutas. En níspero japonés, son numerosos los estudios realizados al respecto, como los de Martínez-Calvo et al. (2000), Casado Vela (2003a), Amorós et al. (2003b), etc. Según Amorós et al. (2003b), la firmeza de la pulpa disminuye durante las últimas 4-5 semanas de desarrollo del fruto. Así, el valor de la firmeza de un fruto maduro se sitúa entre 0,6 y 1,7 kg/cm², alcanzando para el cv. *Algerie* los 1,11 kg/cm² (Martínez-Calvo et al., 2000).

La relación entre el contenido en sólidos solubles y la concentración de ácidos libres recibe el nombre de índice de madurez, y se utiliza habitualmente como parámetro de referencia de la maduración en muchos frutos, como por ejemplo en los cítricos (Agustí, 2004). La proporción entre azúcar y ácido es la que contribuye a dar a muchas frutas su sabor característico, además de ser un indicador de la madurez comercial y organoléptica (OCDE, 1998). Al inicio del proceso de maduración, esta proporción es baja, debido al bajo contenido de azúcar y el alto contenido de ácidos orgánicos en la fruta, libres o en forma de nutrientes. Durante el proceso de maduración, se degradan los ácidos y aumenta el contenido de azúcares, hasta alcanzar cierta proporción en la que adquieren su sabor característico. La degradación de los ácidos se produce rápidamente después de la recolección si la fruta se mantiene a temperatura ambiente. Las frutas demasiado maduras tienen niveles muy bajos de ácido y, por ende, carecen de su sabor característico (OCDE, 1998). Para '*Algerie*', el nivel de SST adecuado para el consumo se sitúa en torno a los 11 °Brix. Así, Martínez-Calvo et al. (2000) lo situaron en 10,86 °Brix, mientras que por el contrario Cortés (2003) y Cañete et al. (2005) obtuvieron 9,6 °Brix, y Rodríguez (1983) alcanzó los 13 °Brix. En cuanto a la acidez, Cortés (2003) determinó que los frutos maduros alcanzan en recolección los 14 g ácido málico /l, valor muy próximo al obtenido por Martínez-Calvo et al. (2000), 13,35 g ácido málico/l, mientras que Cañete et al. (2005) obtuvieron 10,55 g ácido málico/l.

La relación entre azúcares y ácidos es clara y se observa una evolución inversa en sus respectivas concentraciones: mientras que los azúcares aumentan con la madurez,

los ácidos disminuyen. Por ello han sido propuestos diversos índices de madurez que engloban el efecto de ácidos y azúcares en el sabor de la fruta.

Debido a que el sabor del fruto de níspero japonés no sólo depende del contenido en azúcares, sino también de la acidez, a menudo se utiliza la relación sólidos solubles/acidez como índice de madurez. Cortés (2003) obtuvo un valor de 0,7 para la variedad Algerie. Igualmente, Testoni y Grassi (1995) obtuvieron un índice de madurez comercial a partir de la relación entre azúcares y ácidos, alcanzando un valor medio, para 8 cultivares, de también 0,7. Pinillos et al. (2007) sugieren que esta relación debe estar entre 0,7 y 1,4, con un valor mínimo de 9 °Brix para que el fruto conserve su sabor característico.

Material y métodos



MATERIAL Y MÉTODOS

1. Descripción de la parcela de ensayo.-

Situación

La parcela en la que se han realizado los ensayos está ubicada en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”, en el término municipal de El Ejido, paraje Las Palmerillas, cuyas coordenadas geográficas son: Longitud 2°43'W, Latitud 36°48'N y 151 m de altitud.



Figura 10. Situación de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”.

Datos climatológicos

La zona de ensayo se enmarcaría, según las variedades climáticas comarcales propuestas por Capel (1990), dentro del tipo mediterráneo subdesértico o subtropical. Este tipo de clima se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales suaves, que oscilan entre 15 y 21°C, y precipitaciones bajas, entre 250 y 400 mm anuales. A esta zona, y más concretamente a Cabo de Gata, se la considera como la más árida de la Península Ibérica. Todo esto, unido a su situación geográfica, provoca que se trate de una zona prácticamente libre de heladas y muy expuesta a los vientos dominantes.

El régimen térmico de la zona se caracteriza por una temperatura media anual de 18,3°C, siendo enero el mes más frío (12,3°C) y agosto el más cálido (25,8°C). La temperatura media de las máximas es de 22,8°C y la media de las mínimas es de 14,2°C (Fig. 11).

El régimen de humedad se caracteriza por presentar una humedad relativa media anual del 68%, con una humedad relativa media de las máximas del 90% y una media de las mínimas del 45,7% (Fig. 12).

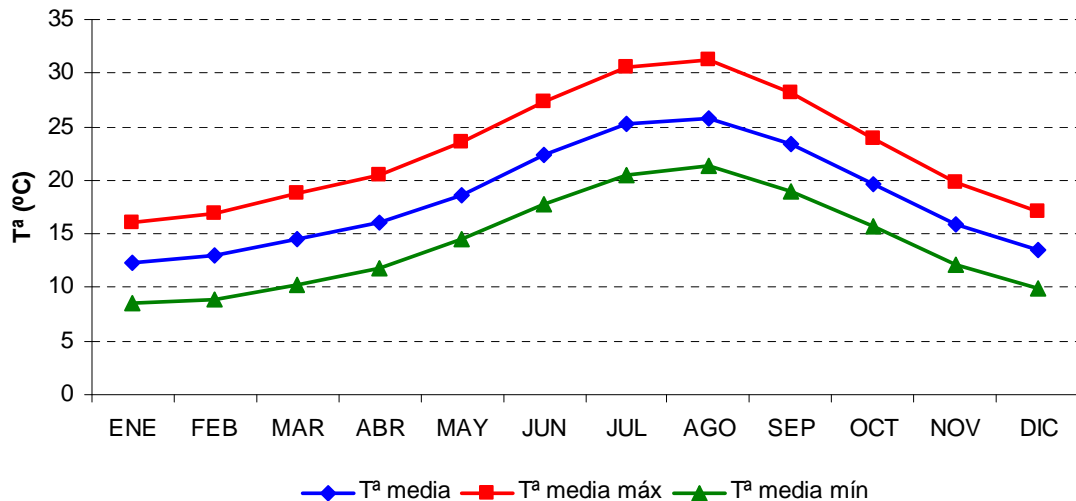


Figura 11. Régimen térmico. Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Serie histórica de 1977 a 2000.

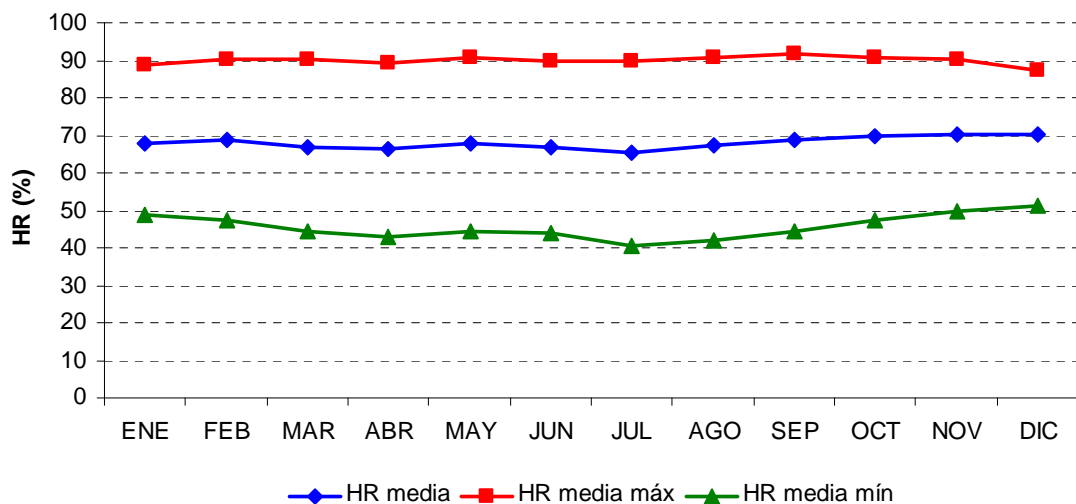


Figura 12. Régimen de humedad. Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Serie histórica de 1977 a 2000.

La precipitación media anual en la zona es muy baja, de tan sólo 230,9 mm, distribuidos principalmente en los meses de otoño e invierno, con una precipitación acumulada mensual máxima de 33,5 mm en enero y una mínima de 0,9 mm en julio. Además, las precipitaciones suelen ser irregulares, con sólo una media de 40 días de lluvia al año. La evaporación media anual (Epan), medida en un tanque evaporimétrico Clase A ubicado en la misma finca, es de 1922 mm, lo que resulta en una ET_0 de 1283 mm. La evaporación media mensual es de 166,3 mm con un máximo en julio de 274,7 mm y un mínimo en diciembre de 72,3 mm (Fig 13.).

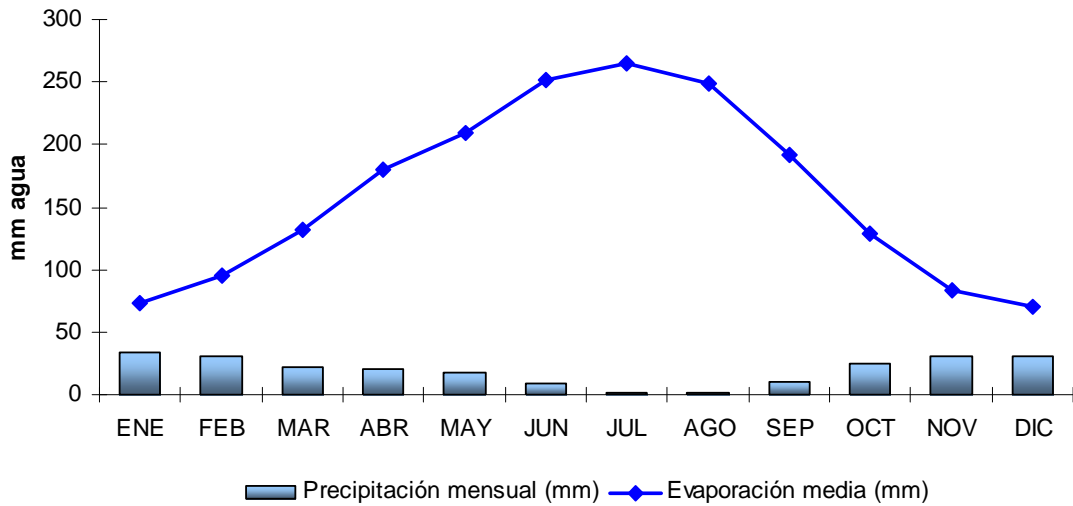


Figura 13. Precipitaciones medias mensuales (1977-2000) y evaporación media mensual (1982-2000). Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”.

El número de horas de sol anuales es elevado, alcanzando las 3275 como media en la serie histórica que muestra la Fig. 14. El número mínimo de horas de sol (156 h) se obtuvo en diciembre de 1997, mientras que el máximo (370 h) se alcanzó en julio de 2000, siendo la media mensual de casi 273 h.

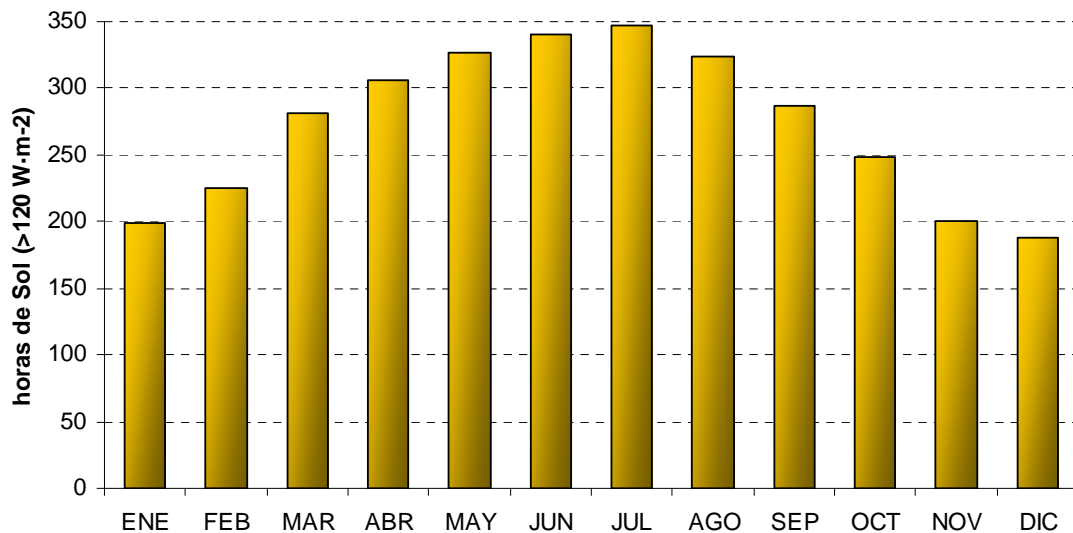


Figura 14. Horas de sol mensuales (1992-2000). Fuente: Estación Meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”.

Como se mencionó anteriormente, la parcela de ensayo se localiza en una zona expuesta a los vientos dominantes, los cuales principalmente son de componente oeste, con rachas máximas que en algunas ocasiones han superado los 100 km h^{-1} .

El estudio y consideración de la rosa de los vientos es un factor importante a tener en cuenta en el cultivo del níspero japonés, ya que los frutos pueden resultar dañados. El viento provoca el movimiento de las hojas, cuyos bordes aserrados causan heridas en los frutos (taramado), quedando su piel marcada, llegando a no ser comerciales.

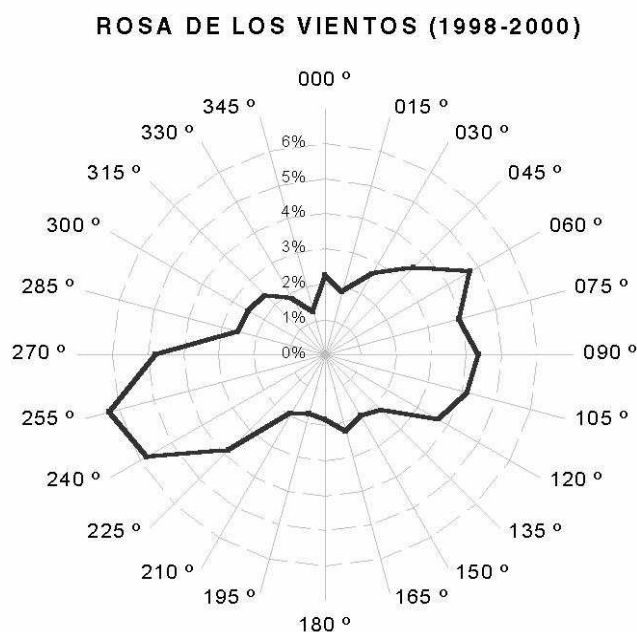


Figura 15. Rosa de los vientos. Fuente: Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Serie histórica de 1998 a 2000.

Descripción del suelo

Morfológicamente, la zona está constituida por una extensión suavemente ondulada, rodeada al sur y al este por el Mar Mediterráneo y limitada al norte por el borde sur de la Sierra de Gádor, en cuya base aparece un conglomerado poco importante y por encima una formación margosa. Sobre ésta, margas arenosas, arenas semiprofundas y calcarenitas (MOPT, 1991).

La parcela de ensayo se encuentra ubicada dentro de una zona abancalada, lo que supone la modificación de la estructura original del suelo. El suelo en el horizonte más superficial (0-10 cm) presenta una textura franco-arcilloarenosa (51,4% arena; 27,6% limo; 21,0% arcilla), con un 2,5% de materia orgánica, 20% de carbonatos totales, alto contenido en nitrógeno y bajo contenido en fósforo. El suelo es ligeramente básico ($\text{pH}=7,8$) y la conductividad eléctrica (CE) del extracto saturado (ES) a 25°C es de $2,7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, por lo que no es salino. En el siguiente horizonte (10-60 cm) se encuentra

el mayor porcentaje de raíces activas del cultivo. Dicho horizonte se caracteriza por un bajo contenido de materia orgánica (0,6%), textura franco-arenosa (72,4% arena; 14,6% limo; 13,0% arcilla), 30% de carbonatos totales, bajo contenido en nitrógeno y fósforo, pH=7,8 y CE del ES a 25°C de 1,3 dS·m⁻¹. La textura franco-arenosa supone que el suelo posea una baja capacidad de retención hídrica. Así, el contenido de humedad medido a capacidad de campo (0,33 atm) es del 13,4%, mientras que en el punto de marchitez permanente (15 atm) es sólo del 5,1%.

2. Material vegetal.-

La parcela de ensayo (Fig. 16) se estableció en febrero de 1992. Los árboles son de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivar Algerie injertado sobre membrillero (*Cydonia oblonga* Mill.) de 'Provence'. La parcela de ensayo consta de 1500 m², los árboles están distribuidos en tres setos y cada uno de ellos cuenta con 5 filas de árboles en sentido E-O. El sistema de formación de los árboles es en vaso libre con 3-4 brazos principales. En junio, después de la recolección, se realiza la poda.

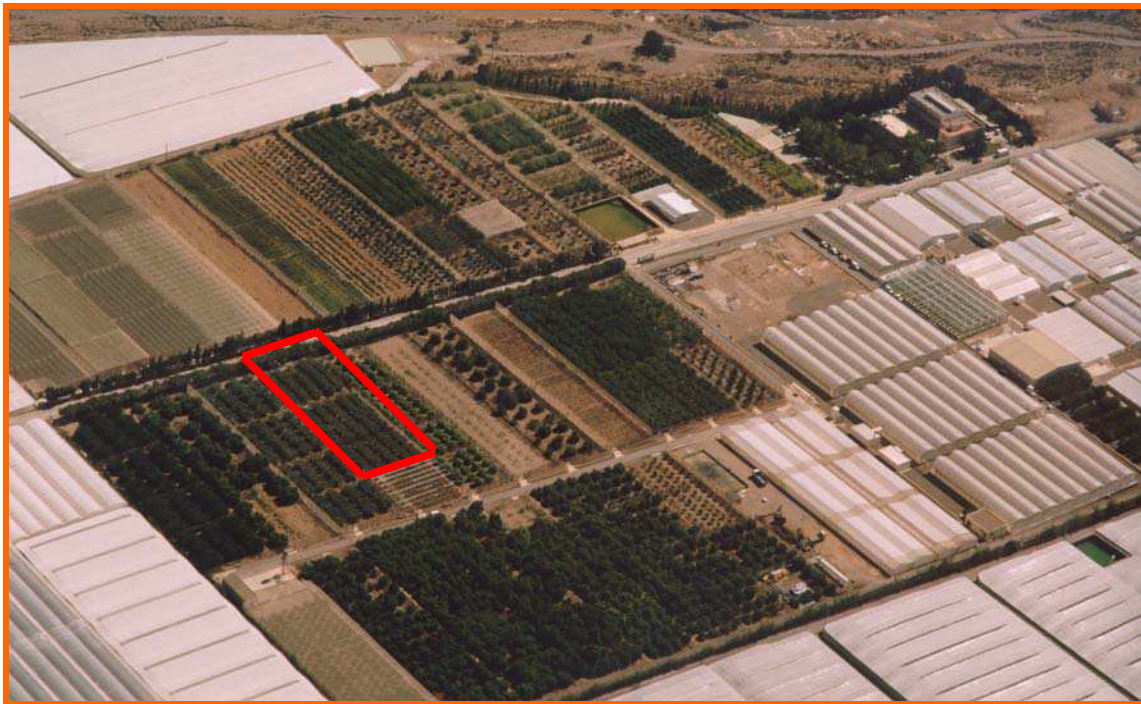


Figura 16. Vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. El marco rojo señala la plantación sobre la que se han realizado los diferentes ensayos.



Figura 17. Apariencia de la plantación.

La variedad Algerie, a pesar de haber sido multiplicada comercialmente en Callosa d'Ensarrià (Alicante), procede de una semilla germinada en Argelia. Como describe Rodríguez (1983), se trata de una variedad vigorosa, de porte erecto, con tendencia a la verticalidad y formación en vaso. Es un cultivar productivo y regular, cuya floración va desde primeros de noviembre a últimos de diciembre. Según Martínez-Calvo et al. (2000), ésta se da en panículas cónicas con una media de 200 flores por panícula, con un cuajado algo superior al 6%.

Según Rodríguez (1983), las hojas de la variedad Algerie tienen una longitud media de 30 cm y una anchura media de 10 cm, poseen un color verde oscuro, con el margen aserrado en el último tercio, ápice puntiagudo, estípulas reniformes y peciolo largo.

El fruto del níspero japonés es un pomo con forma redondeada-alargada, con una cavidad del cáliz ligeramente abierta y coloraciones amarillo-anaranjadas. Las semillas poseen forma elíptica y aparecen en un número de 2-3 semillas por fruto.

Los frutos tienen muy buena resistencia al transporte y manipulación, considerándolo como excelente para la conservería. La resistencia de los frutos al moteado (enfermedad causada por el hongo *Fusicladium eriobotryae*) es bastante aceptable, mientras que se muestra muy sensible a la aparición de mancha morada

(fisiopatía causada por un desequilibrio hídrico entre la piel y la pulpa del fruto, que únicamente afecta a la primera) (Rodríguez, 1983).

Con estas características, Martínez-Calvo et al. (2000) valoran la variedad *Algerie* de níspero japonés como una variedad con buenas características vegetativas y muy buenas características organolépticas, no siendo de extrañar que represente el 95% de este cultivo en la provincia de Alicante.

En el cultivo del níspero japonés, el portainjertos más utilizado, después del franco es el membrillero. El primero presenta mayor afinidad con todas las variedades, dando árboles de mayor tamaño, más longevos (por tanto periodos productivos amplios) y tolerantes a la cal. Por el contrario, el membrillero proporciona una entrada en producción más rápida, dando frutos abundantes y gruesos a los 3 años, es más resistente a la asfixia radical y posee cierta tolerancia a la salinidad (Rodríguez, 1983).

Como aspecto más negativo del membrillero encontramos que, por su falta de afinidad con la variedad injertada, su vida se ve limitada a un máximo de 15-20 años. Además, emite numerosas sierpes o rebrotes que dificultan en laboreo. El aspecto más destacable es su carácter enanizante, que permite, además de reducir el tamaño de los árboles y la mano de obra, establecer plantaciones de mayor densidad (Rodríguez, 1983).

3. Carácter climatérico del níspero japonés.-

Para el estudio del carácter climatérico o no climatérico del fruto de níspero japonés, y en concreto de la variedad *Algerie*, se determinaron diferentes parámetros físico-químicos en diferentes estados de maduración del fruto tanto en cosecha así como su evolución postcosecha. Los estados de maduración del fruto estudiados fueron los estados 3, 4 y 5 descritos por Pinillos et al. (2007) para el cultivar *Algerie*, y serán descritos a continuación.

El fruto en estado 3 de maduración se caracteriza por presentar de forma generalizada una coloración amarillenta. La vellosidad es menos densa y de coloración más clara, en comparación con estados anteriores de maduración. En los sépalos, y alrededor de ellos, permanece la vellosidad y éstos se separan más aún, dejando ver la cavidad calicina en su interior. Los restos de la corola están muy próximos a su desprendimiento.

En estado 4, el fruto muestra una coloración anaranjada. La densidad de la vellosidad sigue disminuyendo, aunque el extremo apical permanece cubierto de pubescencia, más concretamente los sépalos, que aparecen separados unos de otros, sin restos de corola, dejando ver la cavidad calicina, pudiendo observar estambres secos en su interior. La coloración del fruto va a comenzar por la zona más expuesta al sol, pero en este caso el cambio de la tonalidad anaranjada al naranja intenso, propio del estado 5, es bastante complicado de percibir.

El fruto en estado 5 presenta una coloración naranja intenso. La vellosidad llega a ser mínima, debido a que el fruto alcanza su máximo tamaño, y finalmente adquiere una coloración blanquecina, mientras que en el extremo apical del fruto los sépalos mantienen la vellosidad. Los sépalos se encuentran totalmente separados unos de otros, mostrando con claridad la cavidad del cáliz portando un alto número de estambres secos.



Figura 18. Estado 3 de maduración.



Figura 19. Estado 4 de maduración.

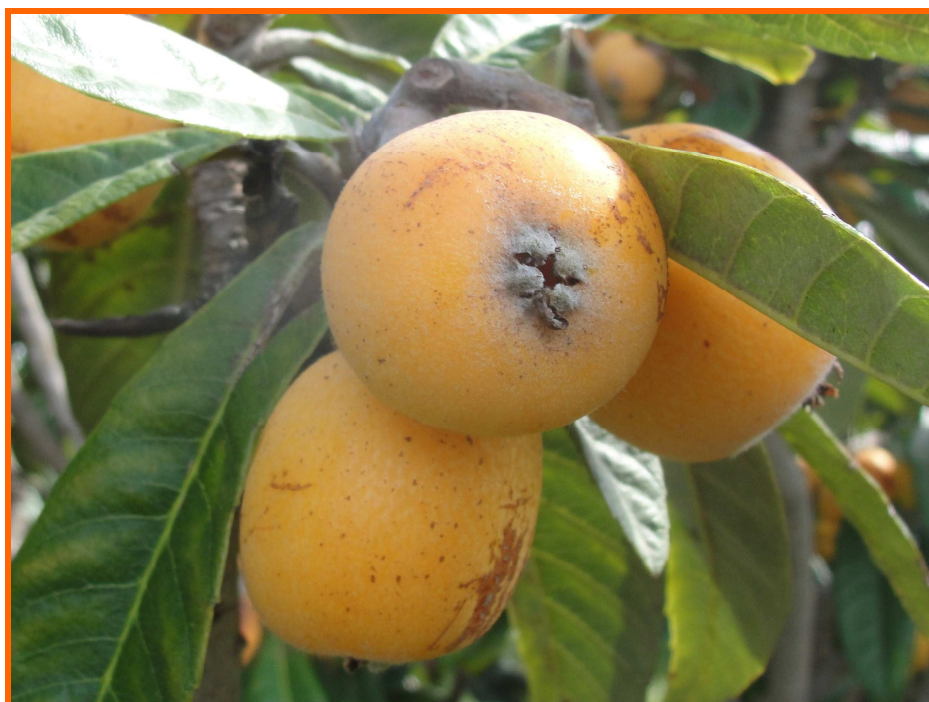


Figura 20. Estado 5 de maduración.

Para las determinaciones, se recogieron al azar frutos en los tres estados de maduración de 6 árboles del cultivar Algerie de la parcela descrita anteriormente. Los frutos de cada estado de maduración se recogieron en momentos en los que cada estado era el más frecuente en los árboles (estado 3 el 21 de abril de 2009, estado 4 el 28 de abril de 2009 y estado 5 el 5 de mayo de 2009). De cada estado de maduración se recogieron 60 frutos que se agruparon en repeticiones de 10 frutos cada una para la determinación de los parámetros físico-químicos de la maduración en el día de cosecha y tras 6 días de postcosecha a 20°C y 85% HR.

Los parámetros físico-químicos determinados fueron: peso, calibre, color, firmeza, contenido en sólidos solubles y acidez. Los primeros 4 parámetros se determinaron en todos los frutos individualmente; la acidez y el contenido en sólidos solubles se determinaron sobre el zumo de 10 frutos, obtenido licuando y filtrando conjuntamente la pulpa de esos 10 frutos.

La determinación de los distintos parámetros anteriormente citados se llevó a cabo del siguiente modo:

- *Peso*: Los frutos se pesaron individualmente utilizando una balanza digital de precisión 0,1 g.
- *Calibre*: En cada fruto se midió el diámetro máximo ecuatorial utilizando un pie de rey digital.
- *Color de la epidermis del fruto*: Para su determinación se utilizó un colorímetro digital Minolta CR-400, usando CIE 1978 $L^*a^*b^*$. En cada uno de los frutos se realizaron 3 medidas, distribuidas a lo largo de la zona ecuatorial del fruto para obtener un valor medio.
- *Firmeza de la pulpa* (Firmeza Magness-Taylor; N): La firmeza se consideró como la fuerza máxima de penetración que puede soportar la pulpa del fruto y se expresa en N. Para su determinación se utilizó un texturómetro, modelo Mark-10 serie EG50, provisto de un pistón cilíndrico de 8 mm de diámetro (superficie de 0,5 cm²) y una velocidad constante de 20 mm/min. Se realizaron 2 medidas en cada fruto, en la zona ecuatorial y en caras opuestas del fruto, eliminando previamente una sección de piel de aproximadamente 1 cm de diámetro.

- *Sólidos solubles totales* (SST). Se determinaron sobre el zumo filtrado de 10 frutos utilizando un refractómetro digital modelo Atago PAL-1. El contenido en SST se expresó como °Brix en incrementos de 0,1% (OCDE, 1998).
- *Acidez*: La medida de este parámetro se llevó a cabo mediante valoraciones ácido-base. Para ello se utilizó una bureta autoenrasante. En cada valoración se utilizaron 5 ml del zumo obtenido a partir de 10 frutos. Como reactivo de la valoración se utilizó hidróxido sódico 0,1 N y como marcador la fenolftaleína. La acidez se expresó en gramos de ácido málico por cada litro de zumo.

Asimismo, se determinó la producción de etileno del fruto en función del estado de maduración, tanto en recolección como en postcosecha. Para ello, en el mismo momento que los frutos anteriores, se recogieron 15 frutos más de cada uno de los estados de maduración. Estos frutos se agruparon en grupos de 5 (3 repeticiones de 5 frutos recogidos al azar). Inmediatamente tras la recolección cada grupo de estos frutos se introdujeron en recipientes de 2,6 litros de volumen y se cerraron herméticamente.

La producción de etileno se midió transcurrida una hora desde la recolección y el cerrado hermético del recipiente. Posteriormente, los frutos se almacenaron en una cámara a 20°C y 85% HR, repitiéndose la determinación de la producción de etileno a los 3 y 6 días desde la recolección. Para ello se volvían a cerrar los recipientes herméticamente durante una hora en los recipientes citados. La medida se realizó del etileno producido por 5 frutos (3 repeticiones), de peso conocido.

Para la estimación de la tasa biosintética de producción de etileno se siguieron los siguientes pasos:

1. Los frutos se introducen en un recipiente hermético de 2,6 litros de capacidad (Fig. 21A) y se mantienen durante 1 hora a 25°C. Durante este tiempo los frutos desprenden etileno y éste queda retenido en la atmósfera interior del recipiente.
2. Pasado dicho tiempo se extraen tres muestras de 1 ml de gas del interior del recipiente, utilizando jeringuillas comerciales (Fig. 21A).
3. Se determinó el contenido de etileno de las muestras en un cromatógrafo de gases VARIAN 3.900 provisto de un detector de ionización de llama (FID), con una columna empaquetada de 2 m x 3,2 mm de diámetro, rellena de Poropak-Q (80-100 de malla) (Fig. 21B). La temperatura del horno fue de 50°C y los flujos de nitrógeno, hidrógeno y aire fueron de 30, 30 y 300 ml/m, respectivamente. La

temperatura del inyector fue de 170°C y la del detector de 200°C. Para cuantificar el etileno desprendido, se contrastó con volúmenes determinados de un patrón de etileno puro.

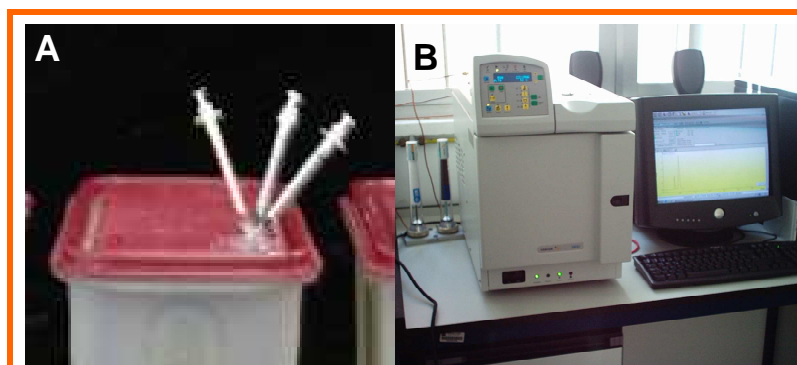


Figura 21. Medida de la producción de etileno. A) Recipiente en el que se introducen los frutos y detalle de las jeringuillas para realizar la extracción del gas. B) Equipo del cromatógrafo de gases utilizado para medir la cantidad de etileno producido por los frutos.

El patrón de etileno se preparó a partir de gas etileno con una pureza del 99,93% suministrado por una casa comercial, mediante la extracción de 5 ml de éste y posterior dilución en aire en un recipiente de 1000 ml, herméticamente cerrado con un tapón perforado y provisto de un septum de silicona. El recipiente se colocó en posición invertida y pasadas 48 horas se agitó bien y se extrajeron 2 ml de este recipiente que se inyectaron en otro, también de vidrio, de 2000 ml, preparado con las mismas condiciones que el anterior. El patrón así preparado se mantuvo en las mismas condiciones de temperatura que las muestras a medir.

Para la cuantificación del etileno desprendido por los frutos, previamente se realizó el calibrado del cromatógrafo de gases. Para ello se inyectaron diferentes volúmenes del patrón de etileno de concentración conocida y dependiendo del área que detecte el cromatógrafo se construye la curva de calibración. La cantidad de etileno producido por cada muestra se expresó en nanolitros por gramo de peso y por hora y se calcula con la siguiente fórmula:

$$T.P.E. = \frac{nl_{etileno}}{(Volumen_{recipiente} - Volumen_{fruto}) \cdot peso \cdot tiempo}$$

Debido a la complejidad de la medición del volumen de cada fruto, se realizó una curva de regresión lineal que relaciona el peso de los frutos con el volumen que ocupan. La ecuación obtenida es: $y = 1,5418x$; $R^2 = 0,8149$, que corresponde con la recta representada en la Fig. 22.

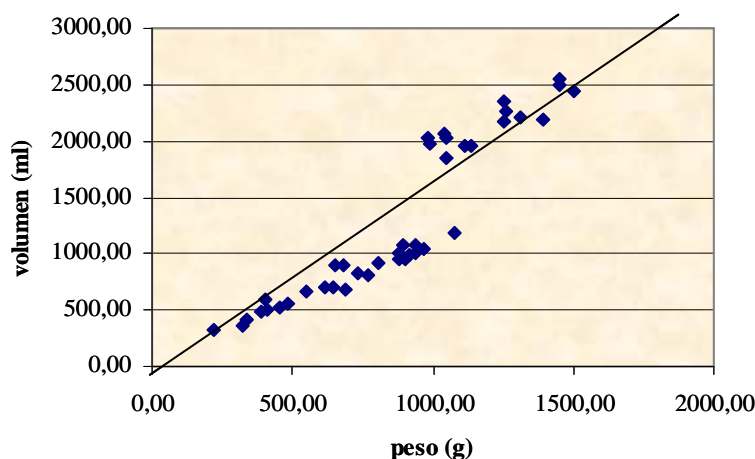


Figura 22. Representación gráfica de la nube de puntos y de la recta de regresión que relaciona peso y volumen de los frutos.

Los datos obtenidos de cada parámetro se analizaron mediante un análisis de varianza, cuyas medias se compararon mediante el test de Tuckey ($p < 0,05$) usando Statistix 8.0 (Analytical Software, Talahassee, FL).

4. Evolución de la relación del color con los parámetros de madurez a lo largo de la campaña.-

Para el estudio de la evolución de los índices de madurez se recogieron frutos del cultivar Algerie en diferente estado de maduración en diferentes momentos de la campaña. Los frutos se recogieron al azar de 6 árboles de la parcela de ensayo en 4 fechas diferentes (24 de abril, 4 de mayo, 12 de mayo y 19 de mayo de 2009). En cada recolección se tomaron 30 frutos que presentaban diferente color de la epidermis. Cada fruto se tomó como una repetición. Los frutos recogidos se clasificaron en distintas categorías en función del parámetro a^* del color de la piel. Las categorías establecidas fueron las siguientes:

- Categoría -4: [-6, -2).
- Categoría 0: [-2, 2).
- Categoría 4: [2, 5).
- Categoría 6: [5, 7).
- Categoría 8: [7, 9).
- Categoría 10: [9, 11).
- Categoría 12: [11, 13).
- Categoría 14: [13, 15).

- *Categoría 16*: [15, 17).

En estos frutos se determinaron: peso, calibre, color, firmeza, contenido en sólidos solubles y acidez. En este caso todos los parámetros se determinaron en cada fruto individualmente y la metodología es la misma que se ha descrito en el apartado anterior. Para la determinación del contenido en sólidos solubles y la acidez se obtuvo el zumo de cada fruto con un exprimidor manual.



Figura 23. Frutos recogidos con diferente color de la epidermis.

Resultados



RESULTADOS

1. Carácter climatérico del níspero japonés.-

Para establecer el patrón de maduración y determinar el carácter climatérico o no del níspero japonés se ha medido la evolución postcosecha de una serie de parámetros físico-químicos relacionados con la maduración en frutos recogidos en tres estados de maduración diferentes, desde el inicio del cambio de color (estado 3) hasta el fruto maduro (estado 5). Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

1.1. Tamaño del fruto: peso y calibre:

En general, el tamaño del fruto aumentó conforme se avanzaba en la maduración. Los frutos recogidos en estado 3 fueron estadísticamente más pequeños que los recogidos en estado 4 y 5, no encontrándose diferencias significativas entre estos dos últimos estados.

El tamaño del fruto disminuyó (Fig. 24 y 25), aunque no de una manera significativa, ni en peso ni en calibre en los estados 3 y 4 después de la conservación. En el caso del estado 5 sí existen diferencias significativas en esta disminución, tanto en peso como en calibre, del tamaño del fruto.

La disminución del tamaño del fruto se debe, sobre todo, a la pérdida de peso que sufren los frutos, especialmente en el estado 5. En este último caso, donde la pérdida es significativa, dicha pérdida supuso aproximadamente el 12% del peso del fruto en recolección. En lo que se refiere al calibre, que osciló entre 40 y 45 mm, apenas se observan diferencias, aunque en estado 5 sí se puede observar una disminución más evidente.

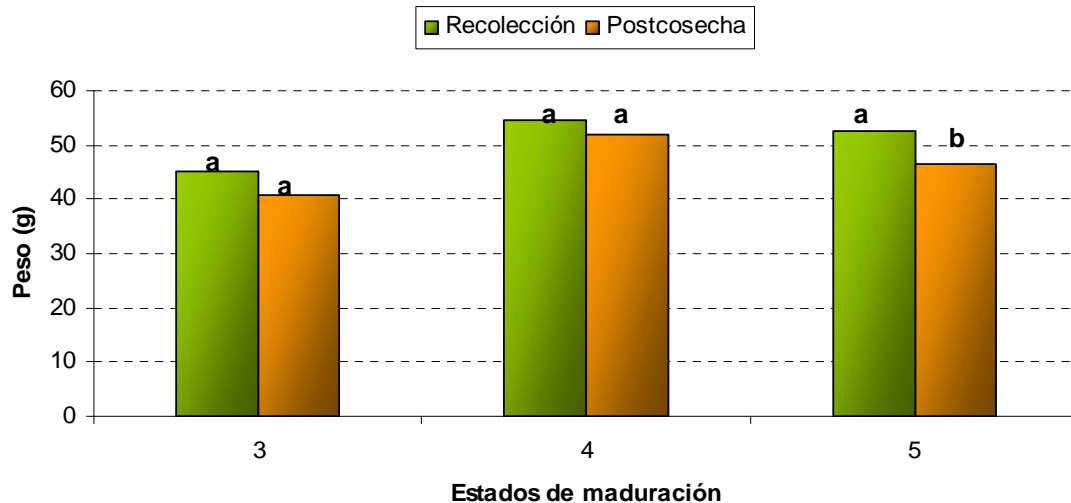


Figura 24. Peso del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p<0,05$). Letras diferentes en el mismo estado de maduración indican diferencias significativas.

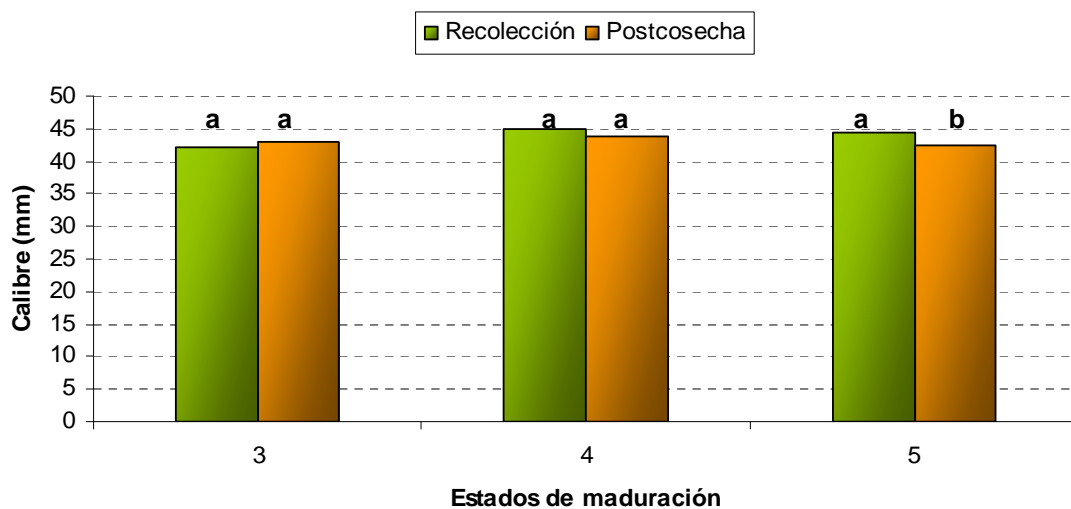


Figura 25. Calibre del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p<0,05$). Letras diferentes en el mismo estado de maduración indican diferencias significativas.

1.2. Firmeza del fruto:

La firmeza media de los frutos recogidos en estado 3 fue de 8,3 N, significativamente mayor ($p=0,0011$) a la de los frutos recogidos en estado 4 y 5 (5,7 N y 5,2 N, respectivamente), en los que la firmeza fue estadísticamente igual.

Durante la conservación se produjo una reducción de la firmeza de los frutos recogidos en estado 3 y 4 de maduración (Fig. 26). Esta pérdida de firmeza tras la

conservación fue mayor en el estado 3, que supuso alrededor del 30% de la firmeza inicial. Los frutos recogidos en estado 5 mantuvieron los mismos valores de firmeza tras la conservación.

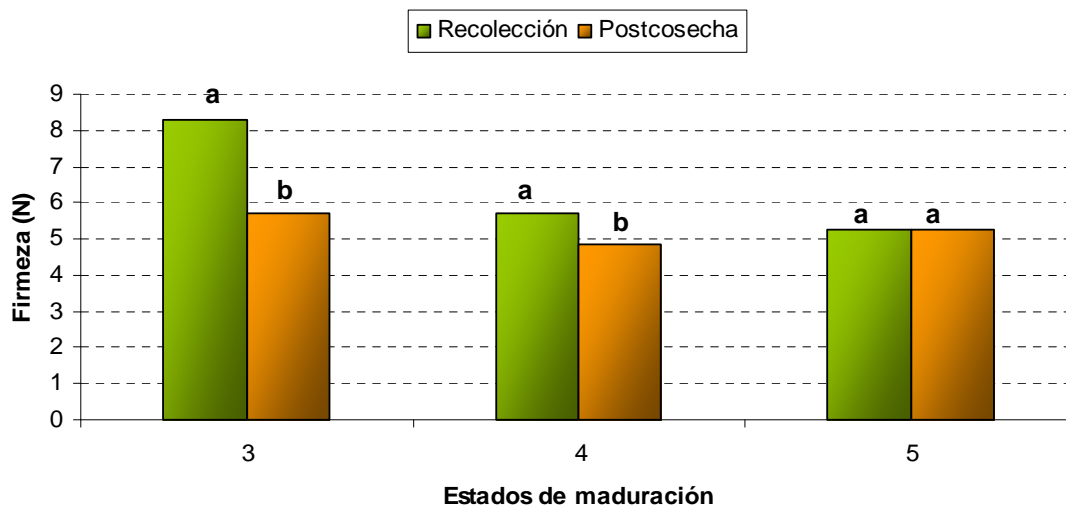


Figura 26. Firmeza del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado de maduración indican diferencias significativas.

1.3. Color:

El parámetro de color a^* de la piel del fruto aumentó significativamente durante la maduración ($p=0,0001$; Fig. 27). Los frutos recogidos en estado 3 tenían un valor de a^* medio (-2,7) significativamente menor que los recogidos en estado 4 (7,89) y, a su vez éstos menor a los del estado 5 (10,97). Esto implica que a medida que avanza la maduración, los frutos van tomando un color cada vez más anaranjado.

Durante la conservación se produjo un cambio de color de todos los frutos, independientemente de su estado de maduración en recolección, observándose en todos los casos un incremento significativo del parámetro a^* . En los estados 3 y 4, el valor del parámetro a^* aumentó en 4 puntos, mientras que en el estado 5 el aumento fue de 3 puntos. Tras 6 días de conservación desaparecieron las diferencias significativas en el valor del parámetro a^* de los frutos recogidos en estado 4 y 5 (separación de medias no mostradas).

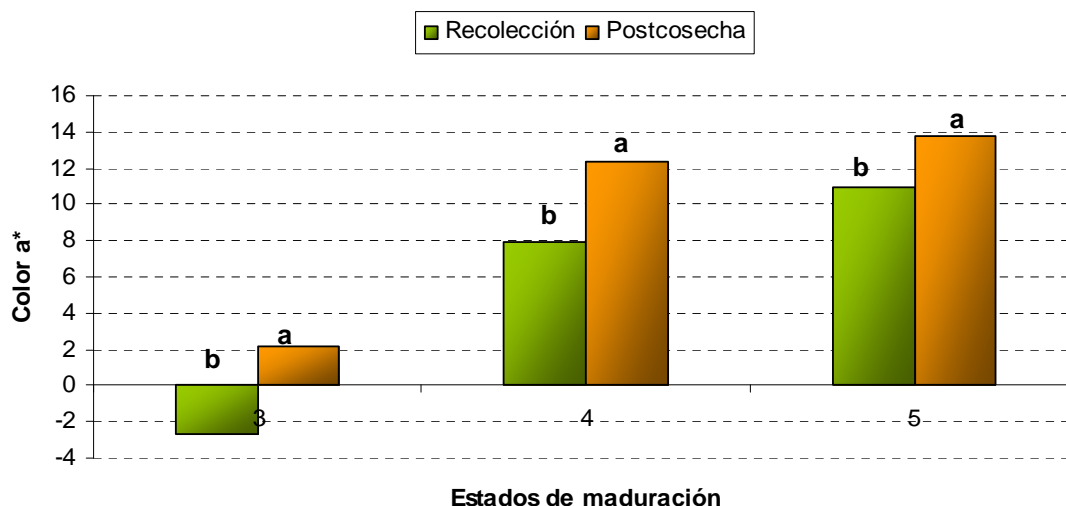


Figura 27. Color de la piel del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado de maduración indican diferencias significativas.

1.4. Sólidos solubles:

El contenido en SST del fruto aumentó significativamente ($p=0,0001$) con la maduración (Fig. 28). Los frutos recogidos en estado 3 (5,93 °Brix) fueron estadísticamente menos dulces que los recogidos en estado 4 (9,4 °Brix) y éstos, a su vez, a los recogidos en estado 5 (9,9 °Brix).

El contenido en SST de los frutos no varió significativamente durante la conservación en ninguno de los estados de maduración. Todos los frutos, independientemente de su estado de maduración en recolección, mostraron, tras 6 días de conservación, valores similares de SST que en el día de cosecha.

1.5. Acidez:

El contenido en acidez del fruto el día de la recolección no varió significativamente ($p=0,3107$) entre los diferentes estados de maduración (Fig. 29), con un valor aproximado de 13 g ác. málico/l en todos los estados.

Tras los 6 días de conservación se produjo un descenso en la acidez de los frutos en todos los estados de maduración, manteniéndose iguales estadísticamente ($p=0,0716$). El descenso observado en los frutos recogidos en estado 4 fue leve y no significativo. En el caso del estado 5, donde la disminución de ácido málico es más acusada, se pasó de 13,4 g ác. málico/l el día de la recolección a 7,41 g ác. málico/l tras la conservación.

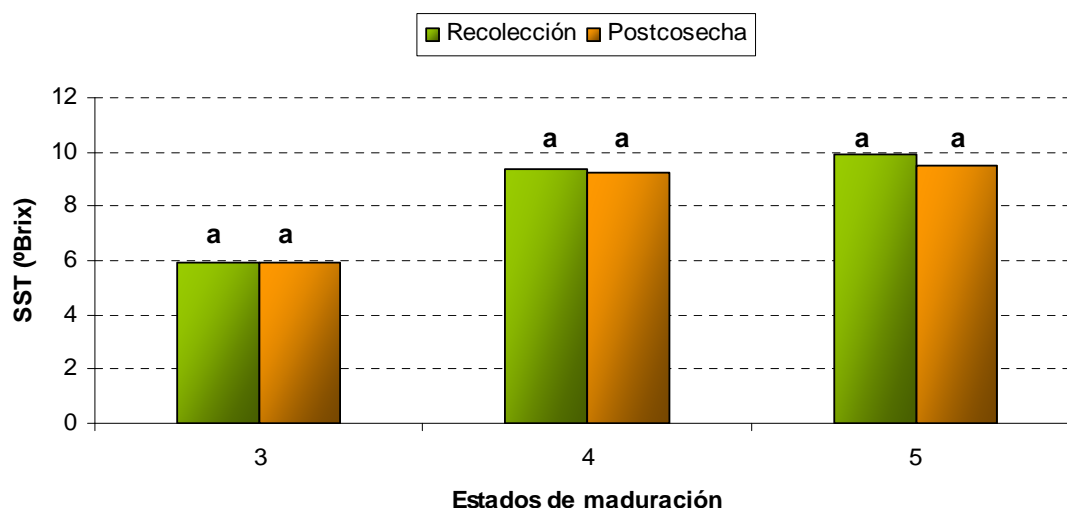


Figura 28. Contenido en SST del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado de maduración indican diferencias significativas.

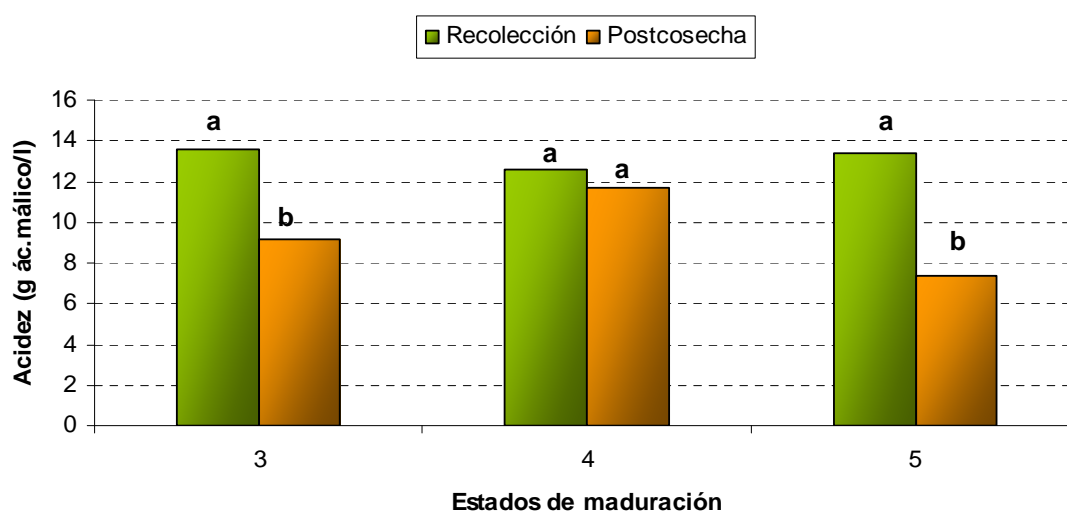


Figura 29. Acidez del fruto, en recolección y tras la conservación durante 6 días a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado de maduración indican diferencias significativas.

1.6. Producción de etileno:

El estado de maduración del fruto no influyó significativamente en la producción de etileno, ni en recolección ni pasados 3 y 6 días de conservación a 20°C y 85% HR ($p=0,2514$; $p=0,0585$ y $p=0,1405$, respectivamente). La producción de etileno en recolección fue de 0,26, 0,25 y 0,32 $\text{nl g}^{-1}\text{h}^{-1}$ en los frutos cosechados en estado 3, 4 y 5 respectivamente.

La producción de etileno fue descendiendo durante el almacenamiento en todos los estados de maduración, sin bien, este descenso no fue significativo en todos los casos (Fig. 30). En frutos recolectados en estado 3 se pasó de una tasa de emisión de etileno de 0,26 $\text{nl g}^{-1}\text{h}^{-1}$ en recolección a 0,19 $\text{nl g}^{-1}\text{h}^{-1}$ a los 6 días, no siendo estos valores estadísticamente diferentes. En el estado 4 se encontró un descenso significativo de la producción de etileno entre la recolección y los 3 días tras ésta, pasando de 0,25 a 0,13 $\text{nl g}^{-1}\text{h}^{-1}$, aunque a los 6 días se obtuvo de nuevo una producción estadísticamente igual que en recolección. Por último, en frutos recogidos en estado 5 la producción de etileno fue significativamente mayor en recolección que a los 3 y 6 días de postcosecha (0,32, 0,14 y 0,15 $\text{nl g}^{-1}\text{h}^{-1}$, respectivamente), no encontrándose diferencias significativas entre la producción en estas dos últimas fechas.

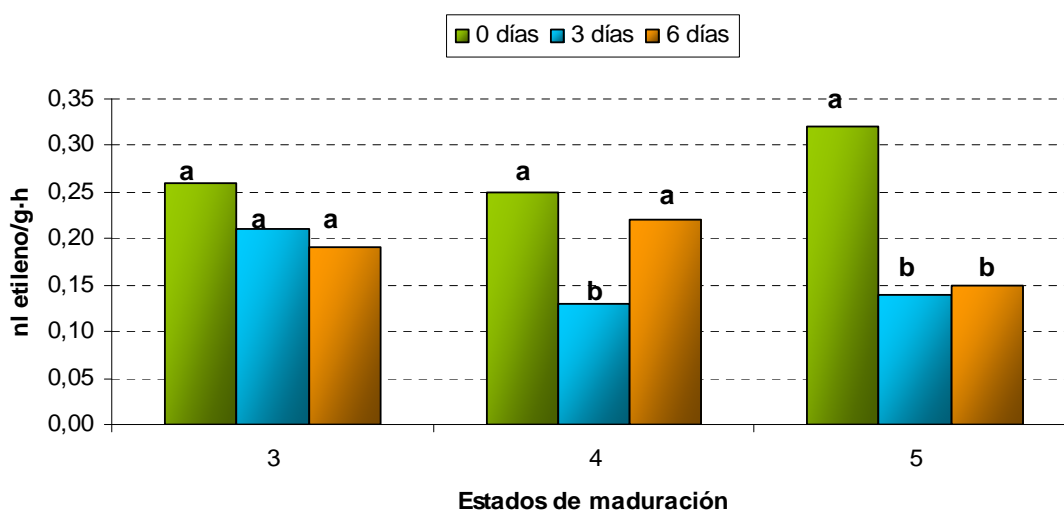


Figura 30. Producción de etileno, en recolección y tras 3 y 6 días de conservación a 20°C y 85% HR, en frutos recogidos en diferente estado de maduración. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en el mismo estado de maduración indican diferencias significativas.

2. Evolución de la relación del color con los parámetros de madurez a lo largo de la campaña.-

Para estudiar la relación que existe entre el color de la piel del fruto y el resto de los parámetros de madurez y, a su vez, establecer la evolución de esta relación a lo largo de la campaña, se midieron una serie de parámetros físico-químicos en frutos con diferente color (desde estado 3 hasta estado 5) en distintas fechas dentro de una misma campaña. Los frutos se ordenaron por categorías en función del color que tenían. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

2.1. Tamaño del fruto: peso y calibre:

El peso del fruto se incrementó ligeramente con la maduración y con el aumento del valor de a^* (Fig. 31). El aumento de peso fue mayor en las dos últimas fechas de recolección en frutos con color a^* mayor de 6. En estas dos últimas recolecciones, a igualdad de color a^* , el peso de los frutos fue en general menor que los frutos recogidos en las dos primeras fechas, si bien, las diferencias no fueron estadísticamente significativas, excepto en los frutos de color a^* 6 ($p=0,0089$).

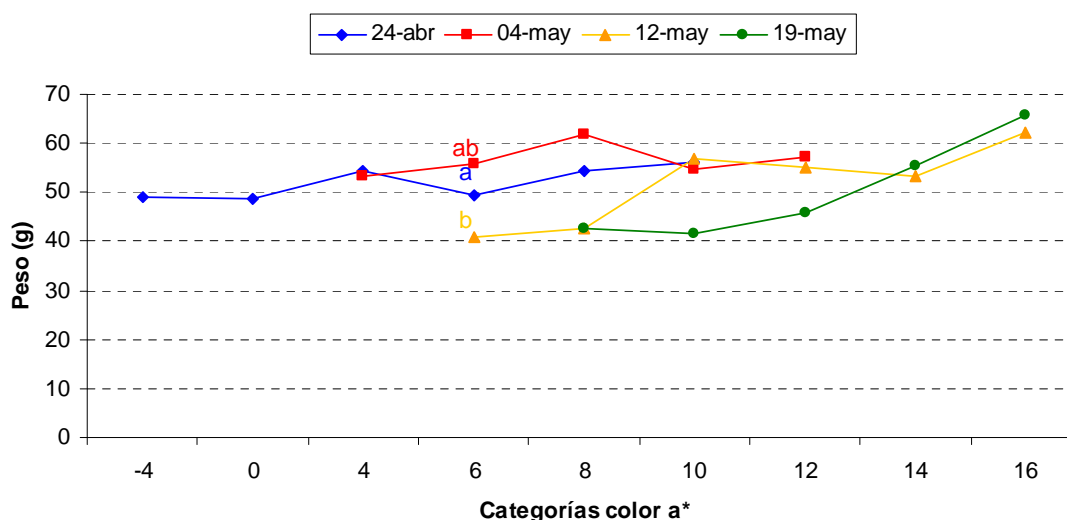


Figura 31. Evolución del peso del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p<0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a^* indican diferencias significativas.

Las variaciones del calibre del fruto fueron mínimas (Fig. 32) a medida que el color a^* aumentó, no encontrándose diferencias significativas entre fechas de recolección. Únicamente se observó una ligera tendencia ascendente del calibre en la última fecha de recolección, en los frutos de mayor valor del parámetro a^* .

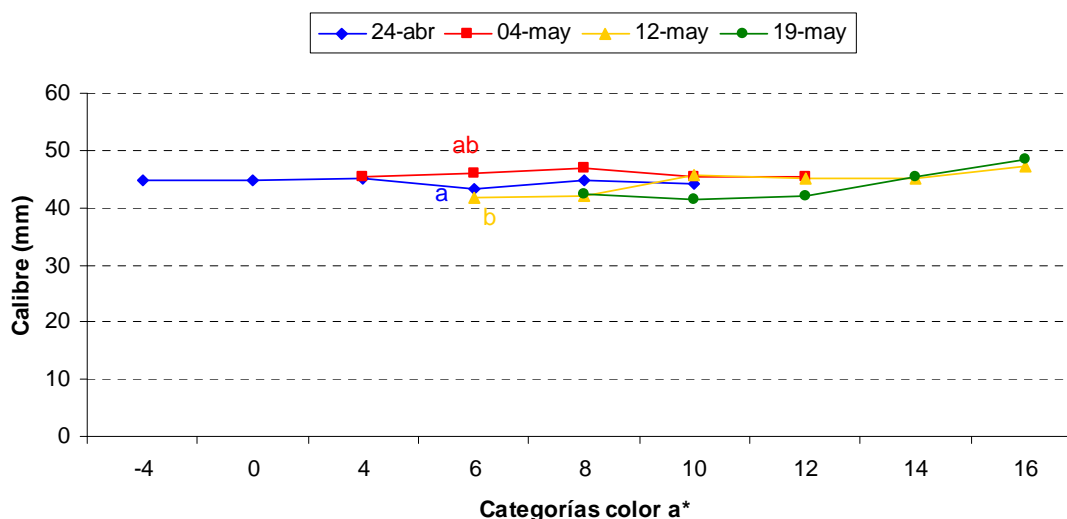


Figura 32. Evolución del calibre del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a^* indican diferencias significativas.

2.2. Firmeza:

La relación entre la firmeza de la pulpa y el color de la piel (Fig. 33) fue distinta dependiendo de la fecha de recolección. En la primera fecha, la firmeza de la pulpa disminuyó gradualmente a medida que el parámetro a^* aumentaba desde -4 hasta 10. En la segunda fecha, la firmeza fue prácticamente la misma (5N aproximadamente) en todos los frutos sin tener en cuenta el valor de a^* . En la tercera fecha se observan valores variables, llamando la atención valores altos de firmeza para valores altos de a^* . Finalmente, en la última fecha, la firmeza fue, en general, disminuyendo al aumentar el valor de a^* .

A pesar del comportamiento diferente según la fecha de recolección descrito, no se observaron diferencias estadísticamente significativas dentro de cada categoría de color, es decir, a igualdad de color los frutos mostraron valores similares de firmeza en las distintas fechas de recolección, con la excepción de los frutos de color a^* 14 y 16, que fueron estadísticamente menos firmes cuanto más tardía fue la recolección (aproximadamente un 40% menor).

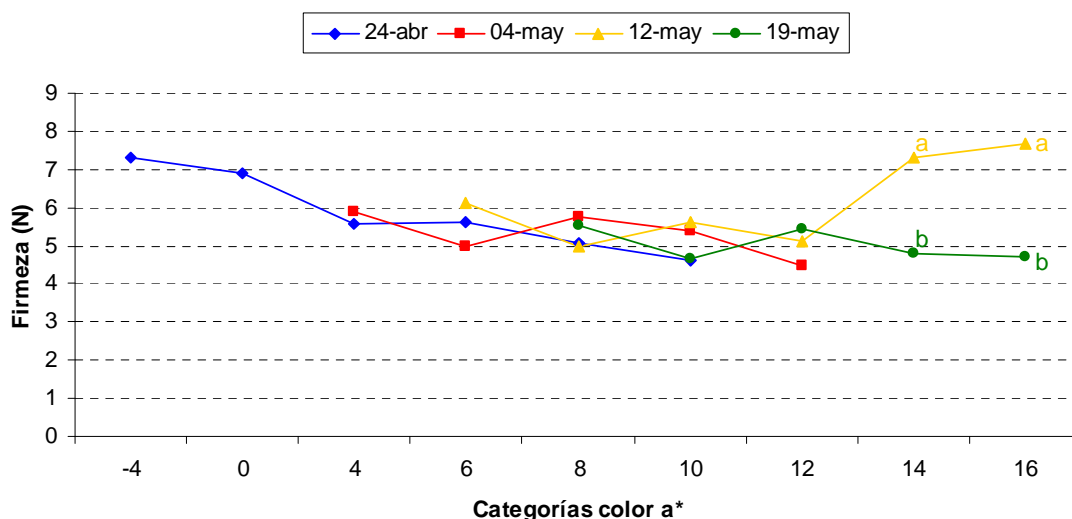


Figura 33. Evolución de la firmeza de la pulpa del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a^* indican diferencias significativas.

2.3. Sólidos solubles:

El contenido en sólidos solubles aumentó con la maduración (Fig. 34), al mismo tiempo que aumentaba el valor de a^* , desde 6,7 °Brix en frutos con valores de a^* entre -4 y 0, hasta alrededor de 12 °Brix en frutos con valores de a^* de más de 12.

Frutos con valores similares de a^* , pertenecientes a la misma categoría de color, presentaron un contenido en SST ligeramente mayor a medida que la campaña progresaba, aunque este aumento sólo fue significativo en las categorías 8 y 14. En el caso de la categoría 8, donde el aumento fue más evidente se pasó de 8,41 °Brix el 24 de abril a 10,7 °Brix el 19 de mayo.

2.4. Acidez:

Al contrario de lo que sucede con el contenido en SST, la acidez disminuyó mientras el color a^* aumentaba (Fig. 35), pasando de 17,25 g ác. málico/l que tenían los frutos con un valor de a^* de -4 hasta 7,8 g ác. málico/l que tienen los frutos de la categoría 16 en la última fecha.

La acidez de los frutos de igual color no varió en función de la fecha de recolección, encontrándose valores estadísticamente iguales en todas las recolecciones en todas las categorías de color, excepto en los frutos de categoría de color 6 donde la acidez fue mayor conforme más tardía fue la recolección (Fig. 35).

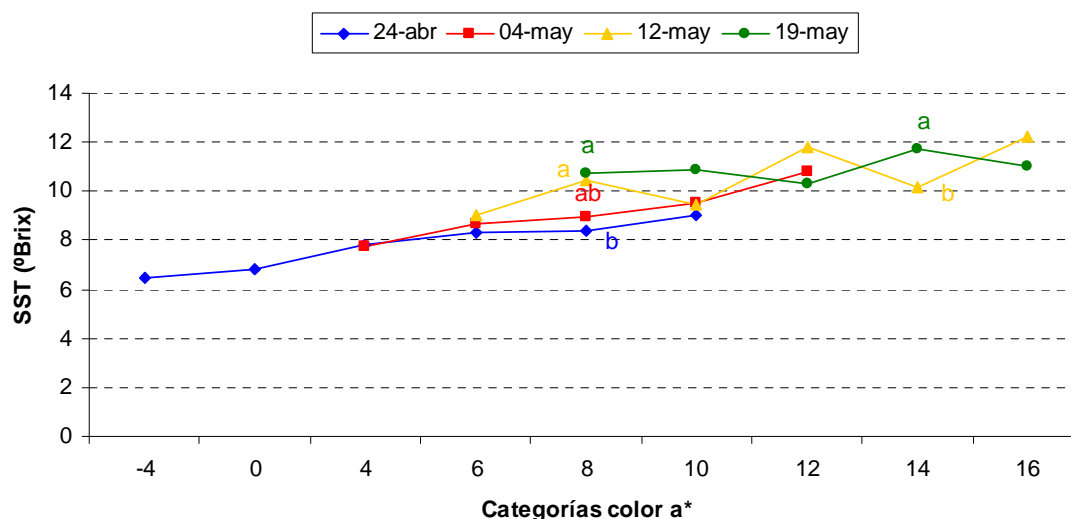


Figura 34. Evolución del contenido en SST del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas.

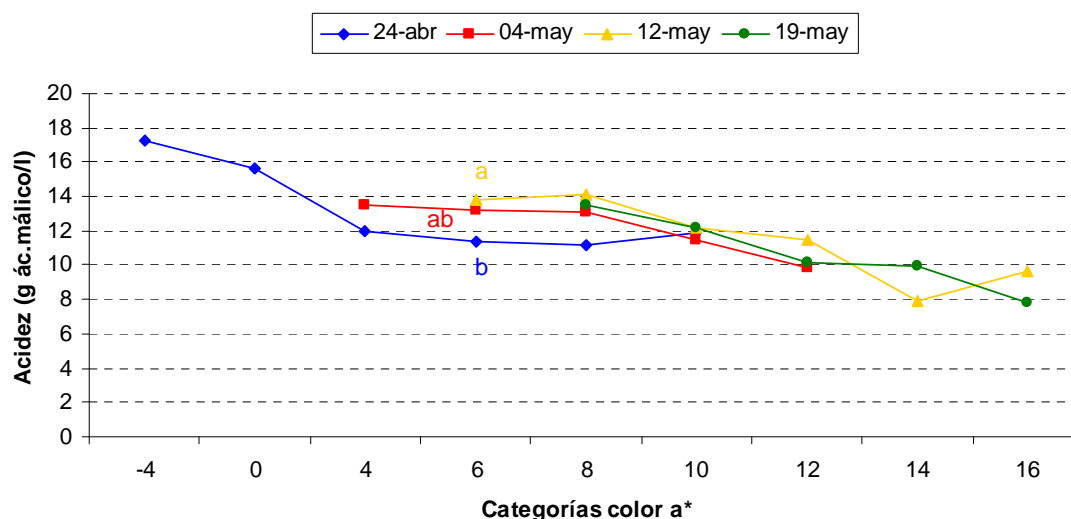


Figura 35. Evolución de la acidez del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a* indican diferencias significativas.

2.5. Índice de madurez:

Según los resultados anteriores se encontró que el índice de madurez (esto es, la relación entre el contenido en SST y la acidez) fue aumentando con los valores de a*. Como se observa en la Fig. 36, la relación del parámetro a* de color con el índice de madurez fue muy similar en las distintas fechas de recolección, encontrándose en

general, que frutos con valores similares de a^* presentaron también valores similares del índice de madurez durante toda la campaña.

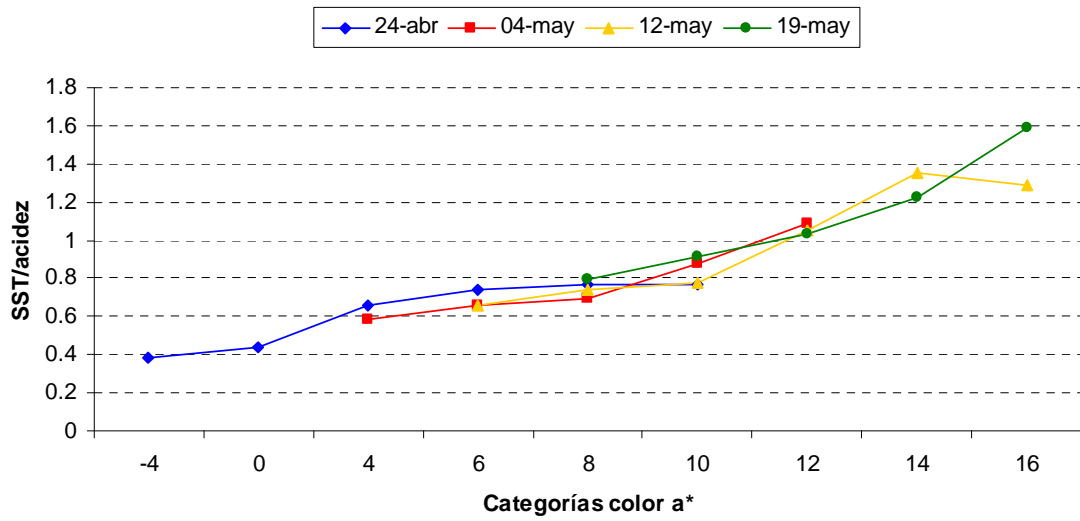


Figura 36. Evolución del índice de madurez (relación entre SST y acidez) del fruto con respecto al color de la piel del fruto en distintas fechas de recolección. Separación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes en la misma categoría de color a^* indican diferencias significativas.

Discusión



DISCUSIÓN

1. Carácter climatérico del níspero japonés.-

Los mejores precios percibidos por los agricultores a medida que se gana en precocidad y la mayor resistencia de los frutos a los posibles daños ocasionados por el transporte, propician habitualmente que la recolección se lleve a cabo con cierta precipitación. Como consecuencia, en muchos casos los frutos se encuentran aún en un estado temprano de maduración que no permite que éstos sean comestibles o hacen que su calidad organoléptica sea baja. Por esto es fundamental determinar el momento óptimo de recolección del fruto para garantizar la calidad al consumidor final.

La determinación del momento óptimo de recolección de este fruto es de suma importancia si tenemos en cuenta el, hasta ahora más aceptado, carácter no climatérico del fruto de níspero japonés. En los frutos no climatéricos, a diferencia de lo que ocurre en los climatéricos, la maduración no continúa una vez el fruto es separado del árbol. Uno de los procesos que caracteriza el inicio de la maduración en los frutos climatéricos es el incremento de la producción de etileno y de la tasa de respiración.

A pesar de que, como se ha comentado, el fruto de níspero japonés se ha considerado tradicionalmente como no climatérico, esto está sometido a cierta controversia. Mientras que unos autores no han encontrado aumento de respiración ni de producción de etileno ni en el árbol ni después de la cosecha durante la maduración (Blumenfeld, 1980; Hamauzuet al., 1997; Zhang et al., 1990; González et al., 2003), otros autores han observado, en diferentes cultivares de níspero, entre ellos ‘Algerie’, un aumento de la respiración y de la producción de etileno, aunque estos niveles son inferiores a los de otros frutos climatéricos (Amorós et al., 2003a), y lo consideran como un fruto de maduración climatérica.

Para tratar de esclarecer el carácter climatérico del fruto de níspero japonés, y en concreto del cultivar Algerie, en este trabajo se ha estudiado la producción de etileno en frutos que fueron recogidos en diferente estado de maduración, así como la evolución de la producción de etileno tras la recolección. Paralelamente, también se han estudiado los principales parámetros físico-químicos asociados a la maduración en cosecha y su evolución postcosecha en función del estado de maduración del fruto.

Los frutos fueron recogidos en tres estados diferentes de maduración con distinta coloración de la piel. Estos estados son: estado 3 (envero, fruto amarillo), estado 4 (fruto anaranjado) y estado 5 (fruto naranja intenso).

El cambio de color de la piel es uno de los principales cambios que ocurren durante la maduración de los frutos. El color del fruto de níspero cambia de verde oscuro a amarillo y posteriormente se torna anaranjado durante la maduración. Según Amorós et al. (2003b), estos cambios son debidos, primero a la degradación de la clorofila, que conduce a un incremento de la luminosidad, parámetro L^* de color, pero sin aumento del parámetro a^* (el fruto se hace más claro, pero aún no se ha producido la síntesis de carotenos), y después a una síntesis de carotenos, especialmente β -caroteno y cryptoxantina (Hamauzu et al., 1997), pigmentos responsables del color naranja del níspero, ocurriendo entonces un aumento en el parámetro a^* . El parámetro a^* expresa el color en una escala que va desde el verde al rojo, y cuanto mayor es su valor más se acerca al rojo. En nuestro estudio, el parámetro a^* aumentó desde -2,7, valor medio de los frutos recogidos en estado 3 (amarillo) hasta 11 en los frutos recogidos en estado 5 (naranja intenso). El valor negativo de a^* , pero muy cercano a 0 en frutos en estado 3, representaría un color amarillo con algún resto de verde.

El tamaño del fruto apenas sufrió cambios, ni en peso ni en calibre, entre los estados de maduración estudiados, si bien se observó un ligero aumento entre el estado de maduración 3 y los otros dos estados. Esto es debido a que nos encontramos al final del desarrollo del fruto. Serrano et al. (2003), estudiando el desarrollo y maduración de frutos en 'Algerie', observan también un incremento mínimo del peso del fruto que se correspondió con un cambio de color de la piel similar al encontrado aquí, con una variación de los valores del parámetro a^* entre 0 y 10.

La firmeza de la pulpa del fruto disminuyó durante la maduración, siendo mayor significativamente en los frutos recogidos en estado 3 que en los recogidos en estado 4 y 5, en los que la variación de firmeza es muy poca. Este resultado coincide con lo obtenido por otros autores, que indican que la firmeza de la pulpa desciende durante las últimas 4-5 semanas de desarrollo del fruto, pero al final, durante la maduración y coincidiendo con la aparición y el aumento del color anaranjado, el descenso se hace menos acusado (Amorós et al., 2003b) e incluso se incrementa ligeramente tras alcanzar la madurez comercial (Uchino et al., 1994; Martínez-Calvo et al., 2000), debido al aumento de elasticidad de la pulpa.

El contenido en sólidos solubles (SST) aumentó significativamente con la evolución de la maduración como se esperaba y como se ha obtenido en anteriores trabajos como los de Martínez-Calvo (2000), Amorós et al. (2003b) o González et al. (2003). Dichos autores reflejan que a medida que los frutos van adquiriendo un color naranja más intenso, el contenido en SST también va en aumento. Los SST que se encuentran en los frutos maduros de níspero japonés son la sacarosa, seguida de la fructosa y la glucosa, y en menor medida el sorbitol (Serrano et al., 2003).

Otro de los cambios característicos de la maduración de los frutos, y en concreto del níspero japonés, es el descenso de la acidez total (Amorós et al., 2003b; González et al., 2003; Pinillos et al., 2007). Sin embargo, en contra de lo esperado, la acidez de los frutos no varió significativamente entre los tres estados de maduración estudiados, encontrando valores similares de alrededor de 13 g ác. málico/l. Según Pinillos et al. (2007), este valor de acidez se corresponde con el de frutos en estado 4, mientras que los frutos en estado 3 alcanzan valores más altos (23, 2 g ác. málico/l) y los frutos en estado 5 más bajos (8,7 g ác. málico/l). El hecho de que no se haya observado el descenso en la concentración de ácidos del fruto junto con los cambios de color y de SST descritos es de difícil explicación, por lo que pensamos que haya podido ocurrir algún error en el proceso de determinación de este parámetro.

Junto a los cambios observados en los frutos recogidos con distinto color, que indican que el fruto está madurando, no se ha encontrado, sin embargo, el incremento en la producción de etileno asociado a la maduración de los frutos climatéricos (Gamage y Rehman, 1999, cit. por Prasanna et al. 2007). La tasa de producción de etileno en frutos recién cosechados fue estadísticamente igual independientemente del estado de maduración en que fueron recogidos (Fig. 29). En cambio, en algunos estudios previos en diferentes cultivares de níspero (Hamazu et al., 1997; Amorós et al., 2003a), entre ellos 'Algerie', sí que se ha observado un aumento de la producción de etileno, que en algún caso coincidió con un aumento también en la tasa de respiración (Amorós et al., 2003a). Este incremento en la producción de etileno ocurrió coincidiendo con el cambio de color de verde a amarillo, alcanzando el máximo cuando el fruto aún no empieza a mostrar la coloración naranja propia de la madurez. Es decir, este aumento de la producción de etileno se habría producido en un estado de desarrollo o maduración algo anterior al de los frutos estudiados aquí. Sin embargo, hay otros estudios que, al contrario que los anteriores, refieren un descenso progresivo de la producción de etileno

de 'Algerie' desde el fruto verde hasta que los frutos comienzan a tornarse anaranjados (González et al., 2003).

Son de destacar aquí los bajos valores de producción de etileno detectados en este trabajo en comparación con los que se han obtenido en otros: 0,26, 0,25 y 0,32 $\text{nl}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ en los frutos cosechados en estado 3, 4 y 5 respectivamente. Los valores obtenidos por González et al. (2004) fueron de 1-1,7 $\text{nl}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para 'Algerie' en diferentes estados de maduración del fruto. Ding et al. (1998) obtuvieron valores similares para el cultivar Mogi, y Amorós et al. (2003b), obtuvieron un valor de 3,39 $\text{nl}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para el cultivar Magdall. Todos estos valores son, además, bastante inferiores a los que se alcanzan en el caso de frutos climatéricos como el kiwi, el melocotón o la chirimoya, que llegan a los 100 $\text{nl}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (Martínez et al., 1993; Martínez-Madrid, 2000; Mworira et al., 2010).

Durante la postcosecha, el resto de parámetros estudiados continuó la misma evolución observada durante la maduración, excepto en el caso de los SST, es decir se produce una disminución de la firmeza, que fue mayor cuanto más temprano fue el estado de maduración (estado 3). El color también continúa evolucionando tras la recolección, incrementándose los valores del parámetro a^* y también se produjo un descenso de la acidez. Sin embargo, el contenido en azúcares de los frutos permanece invariable, independientemente del estado de maduración en cosecha. El hecho de que en el contenido en SST no haya variaciones difiere con lo que ocurre en frutos climatéricos, en los que el fruto sigue madurando después de la recolección, por lo que el contenido en SST también aumenta aún después de la recolección, además de los cambios ya mencionados, como ocurre en manzanas o melocotones. El contenido en ácidos disminuyó en los tres estados de maduración, aunque en el estado 4 este descenso no fue significativo, pero en el estado 5, donde el descenso fue mayor, la pérdida de acidez supuso el 44,7% de la acidez inicial. Nuestros resultados coinciden con lo previamente encontrado para níspero y en concreto para 'Algerie' (González et al., 2003; Pinillos et al., 2007). El aumento de color naranja y, sobre todo, el descenso en el contenido de acidez, a pesar de no haber aumento del contenido de azúcares, hacen que el fruto sea más aceptable organolépticamente, aunque se haya recogido en un estado aún inmaduro; aunque un descenso demasiado acusado de la acidez hace que se pierda demasiado el sabor típico del níspero japonés. Todos estos cambios ocurridos tras la conservación hacen que, en el caso del descenso de la acidez, el producto pudiera llegar a ser apto para el consumo en el caso del estado 3 que es el más temprano.

Una vez recolectados, y tras el almacenamiento de los frutos a 20°C y 85% HR, tampoco se observó incremento en la producción de etileno (Fig. 29). La producción de etileno se midió a los 3 y a los 6 días desde la recolección y obtuvimos que ésta fue descendiendo durante el almacenamiento en todos los estados de maduración, sin bien, este descenso sólo fue significativo en los frutos recogidos en estado 5. En el estado 3, frutos amarillos, la disminución total en la producción de etileno fue del 26,9% de la producción el día de la recolección, mientras que en el estado 5 fue una disminución del 53,1%. En cualquier caso, no se observó el aumento característico en la producción de etileno de los frutos climatéricos después de la recolección. Santamaría Basulto et al. (2009) observaron que la papaya cv. Maradol comienza a producir etileno a los 6 días desde la recolección y alcanza el máximo de ésta a los 8 días ($3,3 \mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) después va disminuyendo gradualmente hasta la mitad del valor máximo. En chirimoya se produce también un pico ($650 \text{ nl}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) en la producción de etileno alrededor de los 7 días desde la recolección (Palma et al., 1993). En el caso del níspero japonés, diferentes trabajos previos coinciden en el que el comportamiento de los frutos durante la postcosecha (frutos almacenados a 20°C) sigue un patrón no climatérico ya que la producción de etileno disminuye durante ésta y no se observa ningún aumento (Ding et al., 1998; Amorós et al., 2003b; González et al., 2003). Hay que destacar que en estos trabajos anteriores, la evolución postcosecha de la producción de etileno se estudió sobre frutos recogidos en estado de madurez comercial, aunque aquí además hemos confirmado que este comportamiento es el mismo en frutos en un estado inicial de maduración (estado 3).

En resumen, no hemos encontrado un aumento en la producción de etileno durante la maduración, desde un fruto amarillo hasta un fruto plenamente maduro, a la vez que han ocurrido los cambios en los demás parámetros asociados a la maduración: aumento en la concentración de SST y del parámetro a^* de color y el descenso de la firmeza y la acidez. Asimismo, durante la postcosecha la tasa de producción de etileno descendió tanto en frutos en un estado temprano de maduración, como en frutos en madurez comercial (estado 4) y en frutos plenamente maduros (estado 5). El contenido en sólidos solubles tampoco mostró variación tras la recolección en ninguno de los estados de maduración considerados. Todos estos resultados nos llevan a considerar el níspero japonés, en concreto el cv. Algerie, como un fruto no climatérico.

2. Evolución de la relación del color de la piel con otros parámetros de madurez a lo largo de la campaña de recolección.-

El estado de madurez en recolección determina en gran medida la calidad final del fruto que llega al consumidor. La determinación del estado de madurez del fruto se puede realizar con diferentes métodos o índices de recolección, basados en la medida de diferentes parámetros de maduración. En níspero japonés, el índice de recolección utilizado comercialmente es el color de la piel determinado visualmente. El color de piel óptimo para la recolección debe relacionarse con unos determinados valores de azúcar y acidez en el fruto, que harán que éste tenga la calidad adecuada al llegar al consumidor. Sin embargo, es frecuente la sensación de que los frutos al inicio de la campaña muestran una peor calidad organoléptica (generalmente menos dulces y más ácidos) que frutos más tardíos a pesar de ser recogidos con igual color. Es decir, esto indicaría que la relación entre el color del fruto y los otros parámetros de la maduración (principalmente azúcares y acidez) es variable a lo largo de la campaña, conduciendo a frutos con distinta calidad organoléptica dependiendo del momento de recogida. Esto significaría que el color por sí sólo no es un índice de recolección apropiado para garantizar una calidad óptima en todas las condiciones o bien a cambiar el color óptimo de recolección adaptándolo a la época de cosecha o a las condiciones ambientales.

Así, como segundo objetivo de este trabajo se planteó el estudiar si efectivamente existe una relación variable entre el color de la epidermis del fruto con los demás parámetros de madurez a lo largo de la campaña en el caso del cultivar Algerie. Para ello se recogieron frutos con diferente color (desde amarillo a naranja intenso) en diferentes momentos de la campaña (24 de abril, 4 de mayo, 12 de mayo y 19 de mayo de 2009). Los frutos recogidos se clasificaron en distintas categorías en función del valor obtenido del parámetro a^* del color de la piel y se estudió la relación con el resto de los parámetros de maduración en función de la fecha de recolección.

La firmeza no experimentó diferencias dentro de una misma categoría de color a lo largo de la campaña de recolección, es decir, a igualdad de color los frutos mostraron valores similares de firmeza en las distintas fechas de recolección, con la excepción de los frutos de color a^* 14 y 16, que fueron estadísticamente menos firmes cuanto más tardía fue la recolección.

La acidez de los frutos tampoco varió en función de la fecha de recolección. En la mayor parte de las categorías de color los frutos presentaron valores estadísticamente iguales de acidez en todas las recolecciones. Una excepción a lo anterior se dio en los frutos de la categoría de color 6, donde la acidez fue más elevada cuanto más tardía fue la recolección. Por tanto, a diferencia de lo encontrado en otros frutos y en níspero, en el caso del cultivar Mogi, la relación color-acidez prácticamente no varió con el tiempo.

Por el contrario, en el caso del contenido en azúcares sí que se observó una influencia de la época de recolección, encontrando que frutos de igual color a^* tenían un mayor contenido en SST a medida que la recolección fue más tardía, si bien este aumento sólo fue significativo para los frutos de las categorías de color 8 y 14.

En el caso de otras especies frutales, como papaya, uva o cítricos, se ha descrito una variación de los valores de acidez y de la relación SST/acidez en frutos con el mismo color pero recogidos en épocas diferentes, en especial, con diferente temperatura (Vianna-Silva et al., 2008; Davis y Albrigo, 1994, cit. por Pérez-Pérez et al., 2009). En níspero japonés, Uchino et al., (1994) trabajando con el cultivar Mogi, también han descrito una relación variable entre el color del fruto y otros parámetros de maduración en función del momento de cosecha: frutos recogidos con el mismo color presentaron una menor acidez cuanto más tardía fue la recolección. Esta variación de la calidad de los frutos de igual color se ha relacionado con diferencias en las condiciones ambientales durante la maduración, en especial la temperatura. Por ejemplo, en variedades de cítricos tardíos presentan también una menor acidez cuando su recolección se retrasa y la temperatura del aire se incrementa (Davis y Albrigo, 1994, cit. por Pérez-Pérez et al., 2009). En algunos frutos, en especial la uva, está bien establecido que la exposición durante la maduración a temperaturas más calidas conducen a menores niveles de ácido málico (principal ácido orgánico presente en uva y níspero) en cosecha (Sweetman et al., 2009). Esto podría explicar también la menor acidez encontrada en frutos de níspero 'Mogi' con igual color de piel pero recogidos más tarde.

Para finalizar, se ha determinado el índice de madurez (esto es, la relación entre el contenido en SST y la acidez), y los resultados indican que al aumentar el color de los frutos, aumenta este índice, pero a la hora de examinar cada categoría de color no se han observado diferencias al avanzar la campaña. Esto se debe a que dentro de una misma categoría de color no se han producido variaciones ni en el contenido en SST ni en la

acidez de los frutos en las diferentes fechas de recolección, por lo que el IM tampoco varió.

El estado óptimo de recolección para el níspero japonés es el estado 4, que según Pinillos et al. (2007) se corresponde con un color a^* de 6,8, por lo que en nuestro trabajo los frutos de las categorías 6 y 8 serían considerados en estado 4. Para estas categorías no se observan diferencias al avanzar en la fecha de recolección, aunque sí se podría destacar que a medida que avanzamos en la campaña, los frutos son más oscuros. Así, en la primera pasada tenemos frutos desde la categoría -4 hasta la 10, mientras que la última pasada va desde la categoría 8 hasta la 16.

Con todo esto, en este trabajo no hemos podido confirmar variación de la relación del color con los demás parámetros de madurez, como sí se han encontrado en otros frutos y en níspero 'Mogi'. Por ello, y según nuestros resultados, no se justificaría el cambio del índice de recolección utilizado a lo largo de la campaña, es decir, el color de la piel del fruto óptimo para la recolección sería el mismo durante toda la campaña. Nuestra recomendación, a pesar de los resultados obtenidos y con el fin de garantizar la calidad, sobre todo de las primeras pasadas, en las que se tiende a recoger antes de tiempo, sería tomar una muestra de frutos susceptibles de ser recolectados en función de su color visual y determinar el color con el colorímetro y el índice de madurez, así se podrá decidir si son aptos o no para el consumo.

Conclusiones



CONCLUSIONES

- I. Durante la maduración del fruto de níspero japonés cv. Algerie, desde envero (estado 3) hasta fruto plenamente maduro (estado 5) se observa un incremento del color de verde-amarillo a anaranjado intenso, un aumento de la concentración de sólidos solubles (SST) y un descenso de la acidez y de la firmeza del fruto. Sin embargo, junto a los anteriores cambios citados durante la maduración no se ha observado un incremento en la producción de etileno. Asimismo, los niveles detectados de etileno son muy bajos con respecto a los observados en otros frutos climatéricos.
- II. Durante el almacenamiento postcosecha de los frutos se observa una evolución del color del fruto, con un aumento del parámetro a^* , frutos más anaranjados, y un descenso de la firmeza y de la acidez. En cambio, no se produce ninguna variación en la concentración de SST. Paralelamente a estos cambios se observa un descenso en la producción de etileno, independientemente del estado de madurez en recolección.
- III. Todo lo anterior, nos lleva a considerar que el níspero japonés cv. Algerie es un fruto de maduración no climatérica.
- IV. La relación entre el color del fruto (parámetro a^*) y el resto de parámetros de madurez es similar a lo largo de la campaña de recolección. Es decir frutos recolectados en diferentes fechas pero con el mismo color presentan el mismo grado de madurez.
- V. Por tanto, el color de la epidermis del fruto se puede considerar como índice de recolección válido para toda la campaña.

Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M.; Juan, M.; Almela, V. y Gariglio, N.** 2000. Loquat fruit size is increased through the thinning effect of naphthalenacetic acid. *Plant Growth Regulation*, 31: 167-171.
- Agustí, M.; Gariglio, N.; Castillo, A.; Juan, M.; Almela, V.** 2003. Improvement of loquat fruit quality. *Options Méditerranéennes*, 58: 81-85.
- Agustí, M.;** 2004. *Fruticultura*. Ed. Mundi-Prensa. 493pp.
- Amorós, A.; Pretel, M.T.; Botella, M.A.; Almansa, M.S.; Serrano, M.** 2003a. Is the loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) a climacteric fruit? *Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene III*. M. Vendrell et al. (Eds.). IOS Press. 471 pp.
- Amorós, A.; Zapata, P.; Pretel, M.T.; Botella, M.A.; Serrano, M.** 2003b. Physico-chemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Food Science and Technology International*, 9: 43-51.
- Amorós, A.; Zapata, P.; Pretel, M.T.; Botella, M.A.; Almansa, M.S.; Serrano, M.** 2003c. Ripening physiology of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Options Méditerranéennes*, 58: 153-155.
- Amorós, A.; Zapata, P.; Pretel, M.T.; Botella, M.A.; Almansa, M.S.; Serrano, M.** 2004. Role of naphthalene acetic acid and phenol treatments on increasing fruit size and advancing fruit maturity in loquat. *Scientia Horticulturae*, 101: 387-398.
- Baggiolini, M.** 1952. Les stades repérés des arbres fruitiers a noyau. *Revue romande d'Agric. Mitc. et d'Arboric.* 8 (3-4).
- Baldini, E.** 1992. *Arboricultura general*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 3979 pp.
- Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R.** 1992. *Fisiología vegetal*. Ed. Pirámide. Madrid. 662 pp.
- Barreiro, P.; Ruíz-Altisent, M.** 1996. Propiedades mecánicas y calidad de frutos. Definiciones y medidas instrumentales. *Fruticultura Profesional*, 77: 48-55.

- Bleiholder, H.; Buhr, L.; Feller, C.; Hack, H.; Hess, M.; Klose, R.; Meier, U.; Stauss, R.; Van den Boom, T.; Weber, E.** 1996. Compendio para la identificación de los estados fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas, escala BBCH extendida. BASF AG, Germany. ISBN 3-926138-17-3.
- Blumenfeld, A.** 1980. Fruit Growth of Loquat. Journal of the American Society for Horticultural Science, 105 (5): 747-750.
- Bononad, S. y Escrivá, A.** 1969. El níspero. Ministerio de Agricultura. Hojas Divulgadoras nº 5-6-69H. Madrid. 24 pp.
- Bramlage, W.J.** 1983. Measuring Fruit Firmness with a Penetrometer. University of Massachusetts. Post Harvest Pomology Newsletter, Vol. I, nº 3, agosto 1983.
- Caballero, P.** 1993. El níspero y su expansión, posibilidades y limitaciones. Fruticultura Profesional, 54: 35-40.
- Caballero, P. y Fernández, M.L.** 2003. Loquat, production and market. Options Mediterranéennes, 58:11-15.
- Cai, C.; Chen, K.S.; Xu, W.P.; Zhang, W.S.; Li, X.; Ferguson, I.** 2006. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology, 40 : 155-162.
- Calvo, G. y Canden, A.P.** 2004. Relación entre los parámetros de madurez y el análisis sensorial de manzanas. Rompecabezas tecnológico. Abril, mayo, junio. Año 10, nº 41: 33-37.
- Cañete, M.L.; Pinillos, V.; Hueso, J.J.; Cuevas, J.** 2005. Evaluación de cuatro variedades de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) según parámetros de calidad de fruto. V Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. IV Congreso Iberoamericano de Ciencias Hortícolas. Oporto. Vol. II: 81-87.
- Cañete, M.L.; Hueso, J.J.; Pinillos, V.; Cuevas, J.** 2007 Sensory Evaluation of Main Loquat Cultivars in Spain. Acta Horticulturae, 750: 159-164.
- Capel Molina, J.J.** 1990. Climatología de Almería. Instituto de Estudios almerienses de la Diputación de Almería. Cuadernos Monográficos 7. 160 pp.

- Casado Vela, J.; Sellés Marchart, S.; Gómez Lucas, I.; Bru Martínez, R.** 2003a. A correlation study of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit quality parameters: Flesh firmness and purple spotting. *Options Méditerranéennes*, 58: 187-190.
- Casado Vela, J.; Sellés Marchart, S.; Gómez Lucas, I.; Bru Martínez, R.** 2003b. Evolution of phenolics and polyphenoloxidase isoenzymes in relation to physical-chemical parameters during loquat (*Eriobotrya japonica* cv. Algerie) fruit development and ripening. *Options Méditerranéennes*, 58: 161-164.
- Chaikiattiyos, B.S.; Menzel, C.M.; Rasmussen, T.S.** 1994. Floral induction in tropical fruit trees: effects of temperature and water supply. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 69(3): 397-415.
- Cortés, R.** 2003. Fisiología de la maduración en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.). Trabajo Fin de Carrera de la Escuela Politécnica Superior, Universidad de Almería. 115pp.
- Crisosto, C.H.** 1994. Stone fruits maturity indices: a descriptive review. *Postharvest News and Information*. Vol. 5 nº 6, 65N-68N.
- Cuevas, J.; Gavilán, J.; Lorente, N.** 1997. Fenología del níspero japonés (cv. 'Algerie') en la costa de Almería. *Actas de Horticultura*, 15: 490-495.
- Cuevas, J.; Hueso, J.J.; Martínez, A.** 2003a. Chemical fruit thinning of loquat by NAA. *Options Méditerranéennes*, 58: 97-100.
- Cuevas, J.; Salvador-Sola, F.J.; Gavilán, J.; Lorente, N.; Hueso, J.J.; González-Padierna, C.M.** 2003b. Loquat fruit sink strength and growth pattern. *Scientia Horticulturae*, 98: 131-137.
- Cuevas, J.; Hueso, J.J.; Puertas, M.** 2003c. Pollination requirements of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. 'Algerie'. *Fruits*, 58: 157-165.
- Dennis Jr, F.G.** 1988. Fruit Development. Physiological Basis of Crop Growth and Development. American Society of Agronomy. M.B. Tesar (Ed.) Madison (U.S.A.). 341 pp.
- Díaz, J.** 1981. Atlas de frutas y hortalizas. Autor. Paterna.

- Ding, C.K.; Chachin, K.; Hamauzu, Y.; Ueda, Y.; Imahori, Y.** 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 14: 309-315.
- Ding, C.K.; Chachin, K.; Ueda, Y.; Imahori, Y.; Wang, C.Y.** 2001. Metabolism of Phenolic Compounds during Loquat Fruit Development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2883-2888.
- Espinosa, E.; Martínez-Calvo, J.; García, S.; Badenes, M.L.; Llácer, G.** 1997. Fenología y caracterización fenológica de variedades de níspero japonés. *Actas de Horticultura*, 15: 425-430.
- Fleckinger, J.** 1945. Notations phénologiques et représentations graphiques du développement des bourgeons de poiriers. C.R. Congrès de Paris de l'Association française pour l'avancement des Sciences.
- Gallego, J.** 1991. La alternativa del frutal: el níspero bajo invernadero. *Actas del curso Internacional Agrotecnia del cultivo en invernadero*: 129-149.
- García-Carbonell, S.; Yagüe, B.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Meier, U.; Agustí, M.** 2002. Phenological growth stages of the persimmon tree (*Diospiros kaki*). *Annals Applied Biology*, 141: 73-76.
- Gariglio, N.; Castillo, A.; Juan, M.; Almela, V.; Agustí, M.** 2001. Mejora de la calidad de los frutos de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Fruticultura Profesional*, 119: 17-25.
- Gariglio, N.; Castillo, A.; Juan, M.; Almela, V.; Agustí, M.** 2002. El níspero japonés. Técnicas para mejorar la calidad del fruto. Serie Divulgació Técnica nº 52. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana. 61 pp.
- Gavilán, J.** 1998. Fenología del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. 'Algerie' en la costa occidental de Almería. Trabajo Fin de Carrera de la E.T.P. de Ingenieros Agrónomos de Murcia. 103 pp.
- Gil-Albert, F.** 1980. Tratado de Arboricultura Frutal. Vol. I. Morfología y fisiología del árbol frutal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 103 pp.

- González, L.; Lafuente, M.T.; Zacarías, L.** 2003. Maturation of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.) under Spanish growing conditions and its postharvest performance. *Options Méditerranéennes*, 58: 171-179.
- Hack, H.; Bleiholder, H.; Buhr, L.; Feller, C.; Hess, M.; Klose, R.; Lancashire, P.; Meier, U.; Munger, Ph.; Stauss, R.; van den Boom, T.; Weber, E.** 1997. Compendio de las claves de identificación de los estados de crecimiento para plantas mono- y dicotiledóneas. Escala BBCH extendida. 2ª Edición.
- Hamazu, Y.; Chachin, K.; Ding, C.K.; Kurooka, H.** 1997. Differences in surface color, flesh firmness, physiological activity and some components of loquat fruit picked at various stages of maturity. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 65 (4): 859-865.
- Heywood, V.H.** 1985. Las plantas con flores. Ed. Reverté, S.A. 321 pp.
- Hu, Y y Lin, S.** 2003. Relationship between sorbitol and loquat. *Options Méditerranéennes*, 58: 165-168.
- Hueso, J.J.; Alonso, F.; Cortés, R.; Cuevas, J.** 2003. Predicción de fechas de recolección de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) en las principales zonas productoras españolas a partir de la determinación de la integral térmica. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Pontevedra. Vol. 39, 287-288.
- Hueso, J.J. y Cuevas, J.** 2003. Deficit irrigation effects on flowering of loquat. *Options Méditerranéennes*, 58: 105-108.
- Hueso, J.J.** 2005. Riego deficitario controlado en níspero japonés. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. 173 pp.
- Hueso, J.J.; Pérez, M.; Alonso, F.; Cuevas, J.** 2006. Harvest prediction in 'Algerie' loquat. *International Journal of Biometeorology*, 51: 449-455.
- Kader, A.A.** 1999. Fruit Maturity, Ripening and Quality Relationships. *International Symposium On Effect of Pre- and Post Harvest Factors on Storage of Fruit*. 203-207.
- Kader, A.A.** 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. ANR Publications. 535 pp.

- Kader, A.A.** 2005. Níspero: Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis.
- Lin, S; Sharpe, R.H.; Janick, J.** 1999 Loquat: Botany and Horticulture. Horticultural Reviews, 23: 233-276.
- Llácer, G.; Badenes, M.L.; Martínez-Calvo, J.** 1999. Description and use of loquat. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia.
- M.A.P.A.** Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Alimentación. 1995. Normas de calidad para frutas y hortalizas. M.A.P.A. Secretaría General Técnica. Madrid. 481 pp.
- M.A.P.A.** Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2009. Anuario de Estadística Agraria. Madrid.
- Martínez, G.; Serrano, M.; Pretel, M.T.; Riquelme, F.; Romojaro, F.** 1993. Ethylene biosíntesis and physico-chemical changes during fruit ripening of chirimoya (*Annona cherimola*, Mill). Journal of Horticultural Science 68: 477-783.
- 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 Applied Biology, 134: 353-357.
- Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.L.; Llácer, G.** 2000. Descripción de variedades de níspero japonés. Serie Diculgació Técnica nº 46. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana. 119 pp.
- Martínez-Madrid, M.C.; Serrano, M.; Pretel, M.T.; Martínez-Reina, G; Romojaro, F.** 2000. The ripening of *Prunus persica* fruits with a dominant flat allele. Food Science and Technology International 6: 399-405.
- Menzel, C.M.** 1983. The control of floral initiation in lychee: a review. Scientia Horticulturae, 21: 201-215.
- Merle, H.; Blázquez, M.A.; Boira, H.** 2004. Chemical composition of the essential oil of *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. Flowers in the western Mediterranean area. Options Méditerranéennes, 58: 1091-193.

- M.O.P.T.** (Ministerios de Obras Públicas y Transportes). 1991. Atlas Nacional de España, Sección II Grupo VII: Edafología.
- Morton, J.F.** 1987. Fruits of warm climates. Ed. Creative Resource System. Inv. N.C. Miami. 505 pp.
- Mworia, E.G.; Yoshikawa, T.; Yokotani, N; Fukuda, T.; Suezawa, K; Ushijima, K; Nakano, R.; Kubo, Y.** 2010. Characterization of ethylene biosynthesis and its regulation during fruit ripening in kiwifruit, *Actinidia chinensis* 'Sanuki Gold'. Postharvest Biology and Technology, 55: 108-113.
- Núñez-Elisea, R. y Davenport, T.L.** 1994. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. Scientia Horticulturae, 58: 57-66.
- OCDE** (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico). 1998. Régimen de la OCDE para la aplicación de normas internacionales relacionadas con frutas y hortalizas.
- Ochse, J.J.; Soule, M.J.; Dijkman, M.J.; Wehlburg, C.** 1974. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Ed. Limusa. México. 1536 pp.
- Olaeta, J.A.; Undurraga, P.; Toledo, E.** 2003. Effect of maturity stage and fruit size on the quality of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. Golden Nugget, after canning whole as a puree. Options Méditerranéennes, 58: 181-185.
- Palma, T; Aguilera, J.M. y Stanley, D.W.** 1993. A review of postharvest events in cherimoya. Postharvest Biology and Technology 2(3): 187-208.
- Pérez-García, F.; Martínez-Laborde, J.B.** 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ed. Mundi Prensa. 218 pp.
- Pérez-Pérez J.G.; Robles J.M.; Botía P.** 2009. Influence of deficit irrigation in phase III of fruit growth on fruit quality in 'lane late' sweet orange. Agricultural Water Management 96: 969-974.
- Phipps, J.B.; Robertson, K.R.; Smith, P.G.; Rohrer, J.R.** 1990. A checklist of the subfamily *Maloideae* (*Rosaceae*). Canadian Journal of Botany, 68: 2209-2269.

- Pinillos, V.; Cañete, M.L.; Sánchez, R; Cuevas, J.; Hueso, J.J.** 2007. Fruit Development and Maturation Phenological Stages of 'Algerie' Loquat. *Acta Horticulturae*, 750, 331-336.
- Prasanna, V.; Prabha, T.N.; Tharanathan, R.N.** 2007. Fruit Ripening Phenomena-An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 47: 1-19.
- Rodríguez, A.** 1983. El cultivo del níspero japonés en el valle del Algar-Guadalest. Ed. Sociedad Cooperativa de Crédito de Callosa d'Ensarriá. Alicante. 262 pp.
- Rodríguez, A.** 2000. Cultivo del níspero del Japón, *Eriobotrya japonica*, en España. *Vida Rural*, nº 7 (116): 56-58.
- Salvador-Sola, F.J.** 1999. Predicción del tamaño del fruto en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. Algerie. Determinación de los niveles óptimos de aclareo de frutos. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Almería. 80 pp.
- Santamaría Basulto, F; Sauri Duch, E.; Espadas y Gil, F.; Díaz Plaza, R., Larqué Saavedra, A.; Santamaría, J.M.** 2009. Postharvest Ripening and Maturity Indices for Maradol Papaya. *Interciencia*, vol. 34 nº 8: 583-588.
- Serrano, M.; Zapata, P.J.; Pretel, M.T.; Almansa, M.S.; Botella, M.A.; Amorós, A.** 2003. Changes in organic acids and sugar levels during ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Options Méditerranéennes*, 58: 157-160.
- Seva, P.** 1997. Presente y futuro del níspero de Callosa d'En Sarriá (Alicante). *Fruticultura Profesional*, 90: 57-60.
- Shan, L.L.; Gong, M.J.; Cai, C; Chen, K.S.** 2007. Non-synchronous lignin accumulation in different parts of postharvest loquat fruit. *Acta Horticulturae*, 750: FALTAN LAS PÁGINAS.
- Smock, R.M.** 1937. Morphology of flower and fruit of the loquat. *Hilgardia* 10 (15): 615-627.
- Sweetman C.; Deluc L.G.; Cramer G.R.; Ford C.M.; Soole K.L.** 2009. Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry* 70, 1329-1344.

- Testoni, A. y Grassi, M.** 1995. Aspetti qualitativi e conservabilità di alcune cultivar di nespolo del Giappone. Rivista di Fruticoltura, nº 1-1995: 33-38.
- Uchino, K; Tatsuda, Y.; Sakoda, K.** 1994. Relation of harvest date and skin color to fruit quality of loquat 'Mogi' during maturation. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 63 (3): 479-484.
- Valero, C y Ruíz-Altissent, M.** 1998. Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. Fruticultura Profesional, 95: 38-45.
- Vianna-Silva T.; Resende E.D.; Viana A.P.; Pereira S.M.; Carlos L.A.; Vitorazi L.** 2008. Quality of the juice of yellow passion fruit in different harvest seasons. Ciênc Tecnol Aliment, Campinas 28, 545-.
- Westwood, M.N.** 1993. Fruticultura de zonas templadas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 461 pp.
- www.laspalmerillas.cajamar.es (Datos climatológicos de la finca)
- www.mapa.es (Estadísticas Agrícolas Nacionales)
- www.mercabarna.es (Datos económicos de comercialización).
- Zhang, H.Z.; Peng, S.A.; Cai, L.H.; Fang, D.Q.** 1990. The germoplasma resources of the genus *Eriobotrya* with special referente on the origin of *E. japonica* Lindl. Acta Horticulturae Sínica 17: 5-12.

ANEXOS



ANEXOS

1. ANÁLISIS DE SUELO

Horizonte superficial (0-10cm)

Nitrógeno total (%)	0,15	TEXTURA	
Materia orgánica (%)	2,51	Arena (%)	51,37
Carbonatos totales (%)	19,20	Limo (%)	27,57
Nitrógeno nítrico (mg·L ⁻¹)	67,91	Arcilla (%)	21,06
Fósforo (Olsen) (mg·L ⁻¹)	29,03		
C/N	9,78		

Cationes de cambio

	m·g·L⁻¹	meq·10⁻² g
Sodio	190,00	0,83
Potasio	430,67	1,10
Calcio	1956,29	9,76
Magnesio	220,55	1,81

Extracto saturado

pH	7,78		
Conductividad (a 25°C)	2,7 dS·m ⁻¹		
PS	37,04		
SAR	2,21		
PSI	2,02		
	m·g·L⁻¹	meq·10⁻² g	mmol·L⁻¹
Cloruros	200,58	5,65	5,65
Sulfatos	432,46	9,01	4,50
Nitratos	811,93	13,10	13,10
Sodio	160,00	6,88	6,88
Potasio	90,00	2,34	2,34
Calcio	280,00	14,00	7,00
Magnesio	66,00	5,41	2,71

Horizonte superficial (10-60 cm)

Nitrógeno total (%)	0,03	TEXTURA	
Materia orgánica (%)	0,57	Arena (%)	72,37
Carbonatos totales (%)	30,40	Limo (%)	14,57
Nitrógeno nítrico (mg·L ⁻¹)	9,62	Arcilla (%)	13,06
Fósforo (Olsen) (mg·L ⁻¹)	10,79		
C/N	11,83		

Cationes de cambio

	m·g·L⁻¹	meq·10⁻² g
Sodio	62,80	0,28
Potasio	75,20	0,19
Calcio	920,02	4,59
Magnesio	100,00	0,82

Extracto saturado

pH	7,81
Conductividad (a 25°C)	1,30 dS·m ⁻¹
PS	19,36
SAR	1,68
PSI	1,23

	m·g·L⁻¹	meq·10⁻² g	mmol·L⁻¹
Cloruros	96,21	2,71	2,71
Sulfatos	333,67	6,95	3,48
Nitratos	219,97	3,55	3,55
Sodio	85,00	3,66	3,66
Potasio	27,30	0,71	0,71
Calcio	129,00	6,45	3,23
Magnesio	36,50	2,99	1,50

2. ANÁLISIS DE AGUA

pH	8,23
Conductividad eléctrica /dS·m⁻¹ a 25°C)	0,48

	mg·L⁻¹	meq·L⁻¹	mmol·L⁻¹
Carbonatos	78,00	2,60	1,30
Bicarbonatos	12,20	0,20	0,20
Sulfatos	77,29	1'61	0,81
Nitratos	17,11	0,20	0,28
Cloruros	49,45	1,39	1,39
Sodio	35,50	1,53	1,53
Potasio	2,80	0,07	0,07
Calcio	40,00	2,00	1,00
Magnesio	30,25	2,48	1,24
Boro	0,11		

3. PLAN DE FERTILIZACIÓN ANUAL

Época del año	N (kg·Ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg·Ha ⁻¹)	K ₂ O (kg·Ha ⁻¹)
Primavera	80	24	18
Verano	40	24	18
Otoño-Invierno	40	72	84
Total	160	120	120

20 g·árbol⁻¹ quelato de hierro

33 L·Ha⁻¹ de extracto húmico

15 kg·Ha⁻¹ de zinc repartidos en primavera y otoño

Fertilizantes utilizados (N-P₂O₅-K₂O):

Nitrato amónico (34,5-0-0)

Solución nitrogenada N-20 (20-0-0)

Solución nitrogenada N-32 (32-0-0)

Ácido fosfórico (0-54-0)

Fosfato monoamónico (12-61-0)

Nitrato potásico (13-0-46)

Sulfato potásico (0-0-52)

Sulfato de zinc (21% de Zn)

Quelato de hierro al 6% EDDHA

Extracto húmico 15% de ácido húmicos y fúlvicos

4. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

A lo largo del periodo de estudio se han realizado tratamientos fitosanitarios para el control de pulgones (*Aphis spp.*) y moteado (*Fusicladium eriobotryae*). Los tratamientos contra pulgones se han aplicado desde la brotación (junio) hasta la floración (octubre) alternando las siguientes materias activas: *Malation*, *Dimetoato* y *Piricarb*. En total se han aplicado entre 3 y 4 tratamientos anuales. Los tratamientos para controlar el moteado han sido preventivos y se han realizado cuando las condiciones meteorológicas han sido propicias para el desarrollo del hongo (temperaturas entre 10 y 26°C y precipitaciones). Ha sido necesario aplicar entre 5 y 6 tratamientos anuales desde un mes antes de la floración (septiembre) hasta casi enero (febrero). Las materias activas utilizadas para el control de esta enfermedad varían según la época del año y el tiempo transcurrido desde la aparición de la situación de riesgo. Se han utilizado las siguientes: *Cobre*, *Mancozeb*, *Penconazol*, *Folpet* y *Benomilo*. No ha sido necesario control de mosca de fruta (*Ceratitis capitata*) en ninguno de los años de estudio. A pesar de la presencia de trips (*Frankliniella spp.*) durante la floración, no se observan daños importantes por lo que tampoco se han realizado tratamientos para su control, que además es bastante difícil.

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Pulgón												
Moteado												

Figura 37. Calendario de tratamientos fitosanitarios en níspero japonés.

