

## ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL QUEMADO DE SOL EN GRANNY SMITH

Arias, M., Ferenczi, A., Galiger, S., González, J., Mara, V., Urraburu, M., Severino, V.

El quemado de sol, en sus diferentes niveles, es uno de los desórdenes fisiológicos que históricamente ha causado grandes pérdidas económicas en los cultivos de manzana. Existen referencias a este desorden en publicaciones desde 1820 (figura 1).



Figura 1. A. Gravado publicado en la revista Pomological Magazine (1828-1830). B. Imagen de diferentes variedades afectadas en diversos grados por daño de sol. Extraídos de Racsko and Schrader, 2012.

Este desorden se ve incrementado con los cambios generados en distintos aspectos como ser la utilización de portainjertos enanizantes, cambios en los sistemas de conducción en donde los frutos están cada vez más expuestos y adopción de variedades sensibles (Yuri, 2010).

La alta radiación solar y temperaturas elevadas provocan condiciones de estrés foto-oxidativo e incrementos en la temperatura del fruto, constituyendo los factores ambientales que determinan el desarrollo del síntoma de quemado de sol (Anrews et al., 1996; Wunsche et al., 2004; Scharder et al., 2003; a; Piskolczi et al., 2004; Yuri, 2010). El daño por sol puede manifestarse de dos maneras, una que produce manchas de color marrón-negro y se da como consecuencia de la muerte de las células de la epidermis y las sub epidérmicas produciéndose este daño por alcanzar la fruta temperaturas de  $52\pm 1^{\circ}\text{C}$ . El otro tipo de daño que se puede encontrar es que la fruta presente un color amarillo-bronceado, en este caso las células no mueren y se produce cuando la fruta alcanza una temperatura entre  $46-49^{\circ}\text{C}$ . La producción nacional, no es ajena a este desorden, y la variedad Granny Smith es de las variedades más sensible. El daño foto-oxidativo se da cuando frutos que crecen a la sombra son expuestos al sol (Schrader et al. 2003).

El plan estratégico de desarrollo para la fruticultura, establece la necesidad del fortalecimiento de la exportación como el camino viable para el crecimiento de nuestra producción, en este contexto se hacen más pertinentes aún los estudios sobre la evolución del quemado y las estrategias para reducir el daño.

Las condiciones climáticas, factores de la plantación y otros propios de cada variedad, determinan la sensibilidad del fruto a la expresión del daño. Esta sensibilidad y la evolución del

quemado en nuestras condiciones para la variedad Granny Smith están siendo evaluadas en los ensayos desarrollados en el marco del proyecto Redes de Frutisur-Fagro-INIA-ANII.

Las condiciones climáticas durante el período de crecimiento del fruto de manzana en Uruguay están caracterizadas por temperaturas promedio máximas históricas de hasta 30°C (figura 2), sin embargo es frecuente la ocurrencia de temperaturas mayores durante este período.

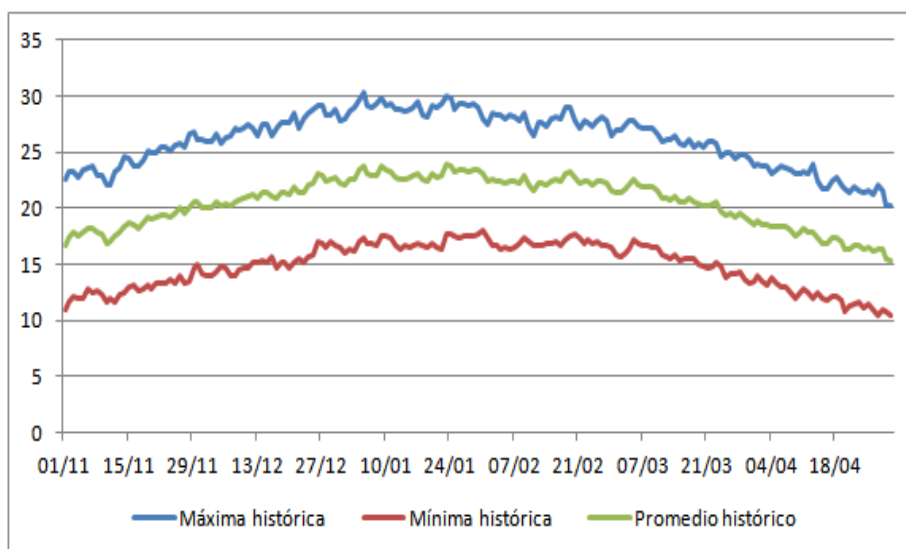


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas y promedio históricas (1973-2014) en “Las Brujas”, Canelones, Uruguay. Elaborado a partir de datos obtenidos de Gras, INIA.

De acuerdo a Arndt (1992) el daño de sol ocurre con temperaturas superiores a 28-32°C y Schrader (2001) propone una temperatura de fruto base para el daño leve de 46 a 49°C y de 52°C para la ocurrencia de necrosis, éste último independiente de la radiación incidente. La temperatura del fruto en su cara expuesta puede llegar a ser 18°C mayor a la del aire y 9°C mayor a la zona no expuesta al sol (Meheriuk et al., 1994).

La evaluación de la temperatura de piel y pulpa de frutos ha sido evaluada en los ensayos antes mencionados mediante imágenes infrarrojas y mediciones de temperatura de pulpa con termómetro desde el año 2012. En dichas evaluaciones se han obtenido resultados de temperaturas mayores a 50°C durante varios días para frutos expuestos a la radiación (figura 3) mientras que en iguales condiciones los frutos no expuestos presentaban temperaturas no mayores a 40°C (figura 4).

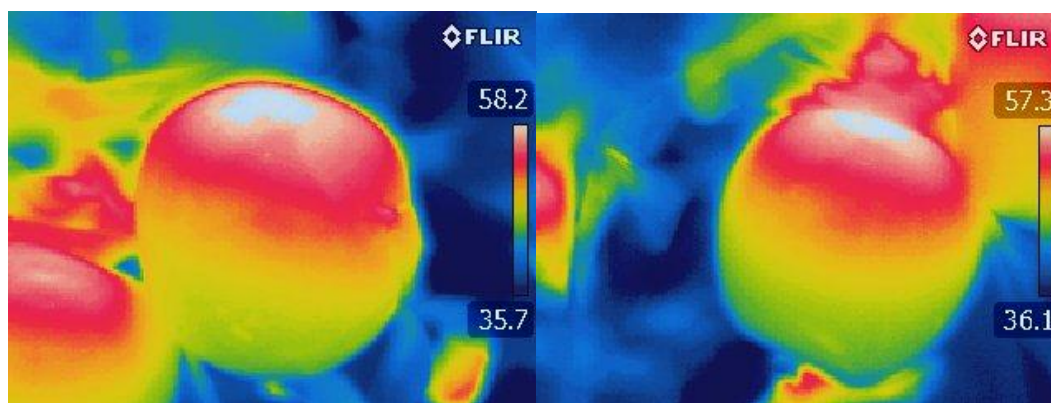


Figura 3. Temperatura superficial de frutos de la variedad Granny Smith expuestos.

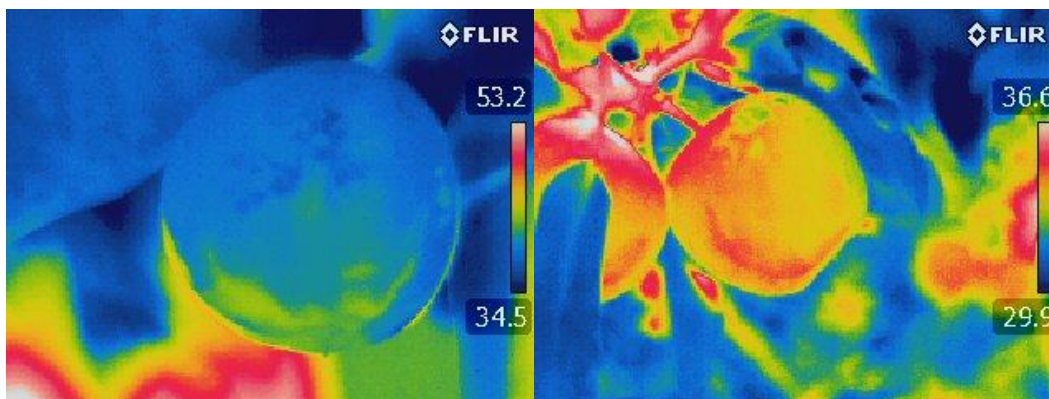


Figura 3. Temperatura superficial de frutos de la variedad Granny Smith no expuestos.

Se comienzan a ver diferencias de temperatura entre la pulpa del fruto y el aire cuando las temperaturas del aire superaron los 30°C. Estas diferencias entre fruta y aire son cercanas a los 10°C (figura 5). Esto indica que a partir de dicha temperatura la capacidad refrigerante del fruto no es suficiente para enfrentar las condiciones climáticas y mantener el fruto por debajo de las temperaturas de daño.

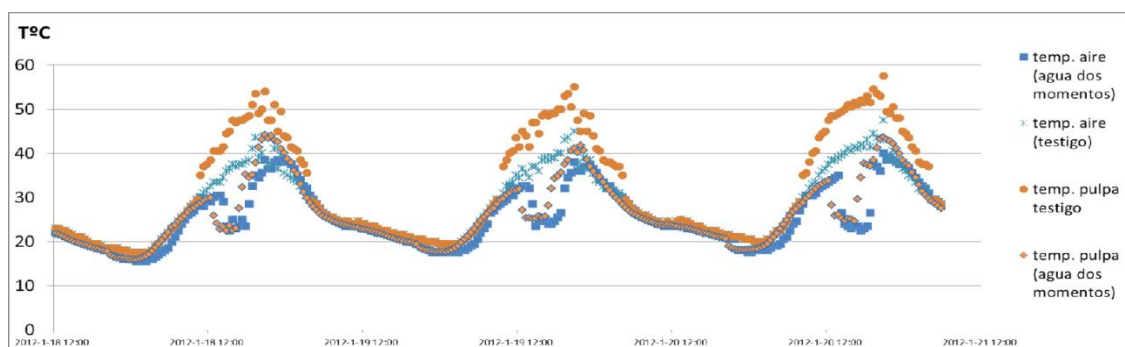


Figura 4. Evolución de la temperatura de aire y fruto según tratamiento.

Para reducir el daño de quemado se han señalado algunos mecanismos de aclimatación de la piel del fruto a la alta radiación solar, con son el aumento de la concentración de flavonoides y los carotenoides vinculados a la vía de las xantofilas. Estudios no destructivos de la evolución de estos pigmentos, de acuerdo a la metodología propuesta por Solovchenko and Schmitz-Eiberger (2003), se están ajustando en Uruguay para poder determinar el ajuste de medidas de manejo e identificar su modo de acción en relación a la fisiología del fruto.

Por otra parte, Yuri (2000) plantea una serie de factores propios de la plantación y/o del fruto que determinan la severidad del daño, entre los que destaca los siguientes:

- el estado hídrico (a mejor balance hídrico del fruto, mayor capacidad de refrigeración),
- el vigor de la planta (a mayor área foliar, mayor sombreado de la fruta),
- dirección de las filas (incidencia de rayos solares),
- presencia de cortinas (el viento reduce la temperatura del fruto),
- posición del fruto en el árbol y grado de aclimatación del fruto (frutos creciendo a menores temperaturas y/o sombreados tienen mayor sensibilidad al daño cuando son repentinamente expuestos).

La evolución visual del quemado de sol, en las temporadas 2012-2013 y 2013-2014 fue medida en frutos individuales que fueron evaluados semanalmente durante el período de crecimiento

(Figura 5). Los frutos seleccionados fueron identificados según su condición y ubicación en la planta en cuatro categorías:

- Frutos expuestos con coloración amarilla (inicio de quemado)
- Frutos expuestos con coloración roja (pigmentación roja sin síntomas de quemado)
- Frutos expuestos verdes
- Frutos internos verdes

La evolución de los mismos varió de acuerdo al año y la condición inicial del fruto como se muestra en la figura 5.

Los frutos inicialmente verdes y ubicados en zonas internas del árbol, en la temporada 2012-2013 permanecieron siempre verdes mientras que en la temporada 2013-2014 lo hicieron en un 80%. Aparecen en este último año frutos con pigmentación roja.

Los frutos expuestos con coloraciones amarillas al inicio de la evaluación, mantuvieron su coloración amarilla o la modificaron hacia el rojo en ambos años para al menos un 80% de ellos. En esta condición se mantiene el quemado pero también hubo cierta reversión a la pigmentación roja.

Los frutos inicialmente verdes pero expuestos, se mantuvieron con color verde durante todo el período en un porcentaje que varió entre 40 y 60% según el año.

En el 2013 los frutos que se mantenían verdes en la condición de verde expuesto ya habían alcanzado el menor porcentaje en la semana 11 de plena flor, o sea, ya había ocurrido el quemado. A partir de esa fecha la heliofanía fue muy baja con lo cual no hubo condiciones para quemados posteriores.

Los frutos inicialmente rojos fueron los que presentaron mayor diferencia entre años, pasando a ser amarillos en el 80% para el ciclo 2012-2013, y manteniéndose rojos al final del ciclo en un 90% para el ciclo 2013-2014.

Ciclo 2012-2013

Ciclo 2013-2014

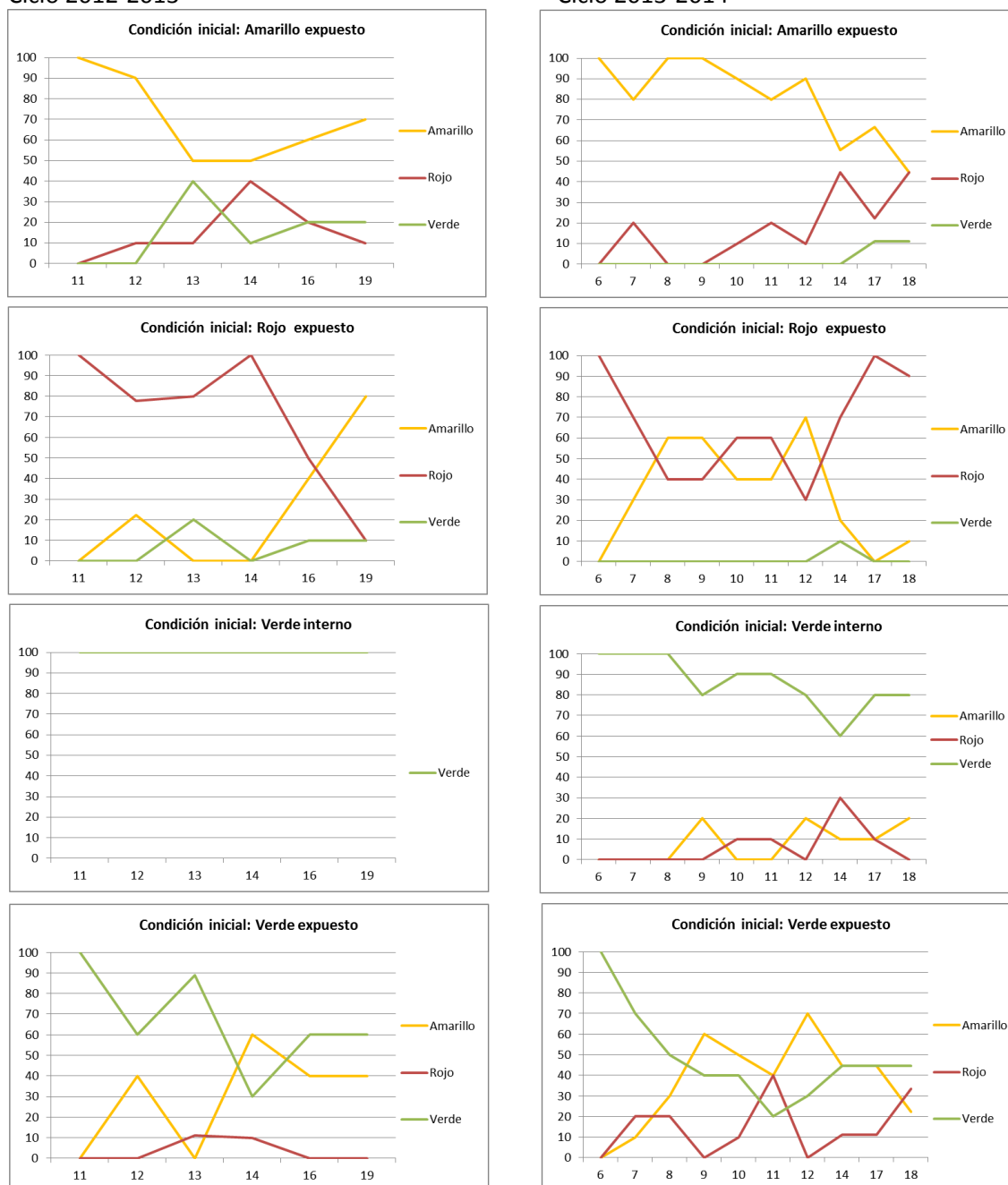


Figura 5. Evolución del quemado de sol de frutos en función del momento del ciclo como semanas desde plena floración (6 a 19), ciclo de evaluación (2012-2013, 2013-2014), ubicación en el árbol (expuesto o interno) y condición inicial (verde, amarillo, rojo) .

**Bibliografía.**

Andrews, P. K. and Johnson, J. R. 1996. Physiology of sunburn development in apples. *Good Fruit Grower* 47(12): 33–36.

Meheriuk, M., Prange, R.K., Lidster, P.D., Porritt, S.W., 1994. Postharvest disorders of apples and pears. *Agric. Can. Publ.* 1737/E.

Piskolczi M, Varga C, Racsko J. 2004. A review of the meteorological causes of sunburn injury on the surface of apple fruit (*Malus domestica* Borkh). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 245 – 252.

Racsko, J. and L. E. Schrader. 2012. Sunburn of Apple Fruit: Historical Background, Recent Advances and Future Perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31:455–504, 2012.

Schrader, L. E., Zhang, J., and Duplaga, W. K. 2001. Two types of sunburn in apple caused by high fruit surface (peel) temperature. *Plant Health Progress*, <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/sunburn> (last accessed Dec. 12, 2011)

Schrader, L. E., Sun, J., Felicetti, D., Seo, J-H., Jedlow, L., and Zhang, J. 2003. Stress-induced disorders: Effects on apple fruit quality. *Proc. Washington Tree Fruit Postharvest Conf.* <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/PC2003A.pdf>

Solovchenko, A. E. and Merzlyak, M. N. 2003. Optical properties and contribution of cuticle to UV protection in plants: experiments with apple fruit. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2: 861–866.

Wunsche, J. N., Lombardini, L., and Greer, D. H. 2004b. ‘Surround’ particle film application – Effect on whole canopy physiology of apple. *Acta Hort.* 636: 565–571.

Yuri, J. A., Neira, A., Quilodran, A., Razmilic, I., Motomura, Y., Torres, C., and Palomo, I. 2010. Sunburn on apples is associated with increases in phenolic compounds and antioxidant activity as a function of the cultivar and areas of the fruit. *J. Food Agric. Environm.* 8: 920–925.

Yuri, J. A., Torres, C., Bastías, R., Neira, Y. A. 2000a. Sunburn on apples. II. Inducing factors and biochemical responses. *Agro-Ciencia* 16(1): 23–32.

Yuri, J. A., Torres, C. and Vásquez, Y. J. 2000b. Sunburn on apples. I. Damage evaluation and control methods. *Agro-Ciencia* 16(5): 13–21.