

Validación de índices de cosecha para manzanas de bajos requerimientos de frío

Bouzo Carlos Alberto¹, Gariglio Norberto Francisco¹

¹Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805. S3080HOF Esperanza, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: cbouzo@arnet.com.ar

Recibido: 16/3/13 Aceptado: 4/12/13

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar índices de cosecha en manzanos con bajos requerimientos de horas de frío. Se utilizaron frutos provenientes de tres variedades de manzanos procedentes de cruzamientos realizados por IAPAR (Instituto Agronómico do Paraná Brasil): 'Eva' (Anna x Gala); 'Caricia' (Anna x Prima) y 'Princesa' (Anna X NJ56). El experimento se realizó durante los años 2009 y 2010, y los frutos fueron cosechados en diferentes momentos iniciándose con tamaño final y color verde dominante. Se midieron las siguientes variables: (i) Índice de Almidón IA (adim.); (ii) Firmeza externa, F (N); y (iii) concentración de Sólidos Solubles Totales, SST (%). Se elaboró una carta de IA de tipo radial con el objeto de adaptar su uso para estas variedades de manzanos. Aunque el IA fue diferente para cada variedad con respecto al tiempo desde inicio de cosecha, resultó el método con menor variabilidad ($R^2 = 0,77$) y mejor capacidad de predicción de la madurez de la fruta. Aunque las correlaciones efectuadas entre los índices de cosecha fueron bajas, resultaron mayores cuando se compararon IA y SST para las tres variedades. Se discuten la relación entre los tres índices y las posibles causas de la dispersión de los datos medidos.

Palabras clave: *Malus domestica* Borkh, madurez, almidón, firmeza, sólidos solubles totales

Summary

Validation of Apple Harvest Index of Low Chilling Requirements

The aim of this work was to evaluate harvest indexes in apple trees with low winter chilling requirements. We used fruits of three apple varieties obtained from crosses made by IAPAR (Agronomic Institute of Paraná Brasil): 'Eva' (Anna x Gala); 'Caricia' (Anna x Prima) and 'Princesa' (Anna X NJ56). The experiment was conducted during 2009 and 2010 years, and the fruits were harvested at different times beginning after reaching the final size and a dominant green color. The following variables were measured: (i) starch index IA (adim.), (ii) external firmness, F (N), and (iii) total soluble solids content, TSS (%). We produced a radial IA chart in order to adapt its use for these varieties of apple. Although the IA was different for each variety in relation to time from start of harvest, it was the index that showed the lowest variability ($R^2 = 0.77$) and the best predictability of ripeness. Although the correlations made between the three harvest indexes were low, they were higher when we compared IA and SST for the three apple varieties. We discuss the relationship between the three indexes and the possible causes of the dispersion of the measured data.

Key words: *Malus domestica* Borkh, maturity, starch, firmness, soluble solid content

Introducción

La producción de manzanas se ha transformado en una alternativa promisorio para la región centro-este de Argentina. Dada las condiciones de clima templado que caracterizan a esta zona, los cultivares con mayor potencial de adaptación son los denominados de bajos requerimientos de horas de frío (Pirlak *et al.*, 2003), la mayoría de los cuales fueron originados por cruzamiento con la variedad 'Anna', obtenida en Israel en 1967 (Crocker *et al.*, 2004). Estos cultivares también son adecuados para Uruguay, donde la deficiencia de frío invernal puede comprometer la ruptura de la dormición en cultivares con requerimientos de frío invernal medios a altos (Severino *et al.*, 2011). Sin embargo en estas variedades de manzanos con bajos requerimientos de frío, se cuenta con escasa información técnica confiable para determinar el momento del inicio de la cosecha.

La madurez al momento de la cosecha es uno de los principales factores que afectan la calidad de la manzana. La cosecha de frutos madurados en la planta, caracterizados por su buena calidad organoléptica generalmente coincide con una alta tasa respiratoria (Peirs *et al.*, 2002), siendo por lo tanto su tiempo potencial de almacenamiento muy limitado (Wills *et al.*, 2007). Al contrario de esta situación, los frutos que son cosechados prematuramente son más pequeños y con menor desarrollo de color y sabor (Kingston, 1992). Por lo tanto, estas características de los frutos relacionadas con su desarrollo, indican que el momento de la cosecha está íntimamente relacionado con el destino comercial de los frutos, el manejo a realizarse en postcosecha y el tiempo que media hasta su comercialización (Kingston, 1992).

Los parámetros disponibles para decidir el inicio de la cosecha en manzanos son numerosos e incluyen entre otros: la facilidad de separación del fruto, los cambios en el color de fondo de la piel, la concentración de sólidos solubles, la firmeza de los frutos y la proporción de almidón en la pulpa (Kingston, 1992). A partir de estos parámetros, es de interés aquí establecer los métodos más apropiados para estas variedades con bajos requerimientos de frío. Además, otros atributos deseables es que estos métodos resulten confiables, de fácil y rápida utilización en el campo, principalmente por el breve período de cosecha que presentan estas variedades.

El test de yodo que permite evaluar la madurez de la fruta a través del índice de almidón tiene la ventaja de ser económico y de fácil realización por parte del productor (Brookfield *et al.*, 1997). Este test puede ser combinado además con otros métodos de fácil determinación como la

evaluación del tamaño y color de fondo de la fruta, la firmeza de la pulpa o la concentración de sólidos solubles totales (Jaradat y El Assi, 2007), requiriéndose en estos últimos de instrumental de campo relativamente simple como penetrómetro y refractómetro, respectivamente.

El objetivo de este trabajo fue determinar la idoneidad de algunos índices de cosecha para ser utilizados en variedades de manzana con bajos requerimientos de horas de frío.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Campo Experimental de Cultivos Intensivos y Forestales (FCA, Universidad Nacional del Litoral) (31° 30' S, 62° 15' W), Santa Fe, Argentina. Se utilizaron tres variedades de manzanos de bajos requerimientos de horas de frío procedentes de cruzamientos realizados por IAPAR (Instituto Agronómico do Paraná, Brasil): 'Eva' (Anna x Gala); 'Caricia' (Anna x Prima) y 'Princesa' (Anna X NJ56). Se utilizaron árboles de cinco años de edad, realizándose los experimentos durante los años 2009 y 2010. La cosecha se inició durante la segunda quincena del mes de diciembre y finalizó a principios de febrero. Los frutos fueron cosechados cada siete días eligiéndose al azar en cada fecha 30 frutos por variedad en los cuales se midieron: (i) el Índice de Almidón (IA) (adim.); ii) Firmeza de la pulpa (F) (N) y iii) la concentración de Sólidos Solubles Totales (SST) (%).

La solución con yodo (I) utilizada para estimar el contenido de almidón se obtuvo disolviendo en un litro de agua, 10 gramos de ioduro de potasio (KI) y 2,5 gramos de iodo metálico (I₂) (Smith *et al.*, 1979). Los frutos se cortaron por la mitad ecuatorial dejándolos inmersos en la solución iodata durante 1 minuto y luego expuestos al aire durante cinco minutos antes de efectuar la observación visual, y su imagen fue digitalizada con una cámara Olympus Stylus 1010. Cuando se retiraron de la solución, los frutos fueron comparados con valores de tabla propuestos por Chu (1988) para adjudicarles un valor de índice de almidón (IA) en una escala de 1 a 9, de acuerdo al tenor máximo o nulo de almidón, respectivamente. Un panel de degustadores conformado por 15 personas fue convocado en cada fecha de cosecha siguiendo un criterio similar al de Zerbini *et al.* (1999) para clasificar las frutas en tres grupos: inmaduras, maduras o sobremaduras. Las relaciones de esta clasificación con los IA fueron realizadas considerando un factor de ponderación con respecto a las respuestas de cada panelista (Zerbini *et al.*, 1999). La firmeza (F) resultó del valor medio de dos mediciones realizadas en el plano ecuatorial de cada fruto, mediante un penetrómetro de mano

FPT⁰ (0-13 kg) con una sonda de punta cónica de 7,9 mm de diámetro. Los resultados obtenidos en kg fueron convertidos a Newton (N) multiplicando por el factor de conversión 9,8. La determinación de la concentración de los SST se realizó con un refractómetro óptico Atago (0-32%) (Mitcham *et al.*, 1996). Durante el período de cosecha fue registrada la temperatura media diaria a 1,50 m del suelo mediante una estación meteorológica automática Davis Vantage Pro, instalada en el interior del huerto frutal.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el software INFOSTAT, versión 2008 (<http://www.infostat.com.ar>). La unidad experimental estuvo constituida por 10 frutos con tres repeticiones. El diseño experimental fue completamente casualizado, realizando el análisis de varianza y el test de separación de medias Duncan ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Las temperaturas medias diarias para el período que comprendió la cosecha fueron similares, siendo de 25,9 °C y 25,7 °C para los años 2009 y 2010, respectivamente. Sin embargo, el curso de la temperatura fue diferente para estos años, con una tendencia a temperaturas mayores al inicio para luego descender al final del período de cosecha durante el año 2009 (Figura 1).

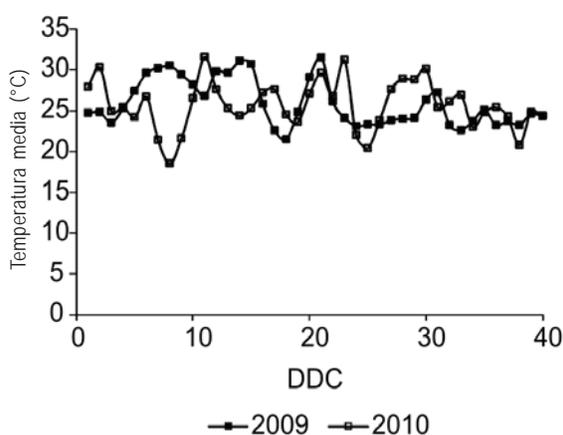


Figura 1. Valores de temperaturas medias diarias para el período de tiempo de las cosechas durante los años 2009 y 2010.

En la Figura 2 se presenta la guía del Índice de Almidón (IA) elaborada para las tres variedades de manzanas, tomando como referencia la cartilla propuesta por Chu (1988). A su vez, los nueve valores fueron divididos en grupo de tres (inmaduras, maduras o sobremaduras) de acuerdo a

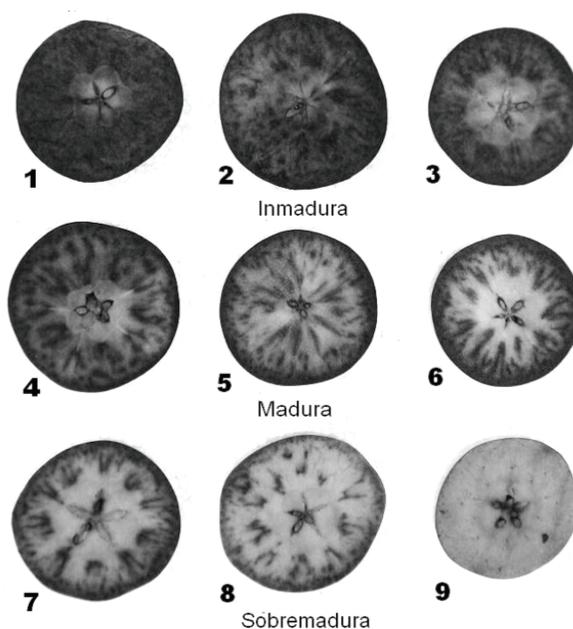


Figura 2. Carta de Índice de Almidón (IA) de tipo radial para manzanas con bajo requerimientos de horas de frío.

la ponderación del juicio obtenido mediante el panel de degustadores. En la Figura 3 se presenta la evolución del IA observado para las tres variedades durante el período de cosecha correspondiente al año 2009. El desarrollo de la tinción para la determinación del índice de almidón (IA) en el corte de los frutos para las tres variedades correspondió al tipo 'radial' de acuerdo a CTIFL (2002). La variedad 'Eva'

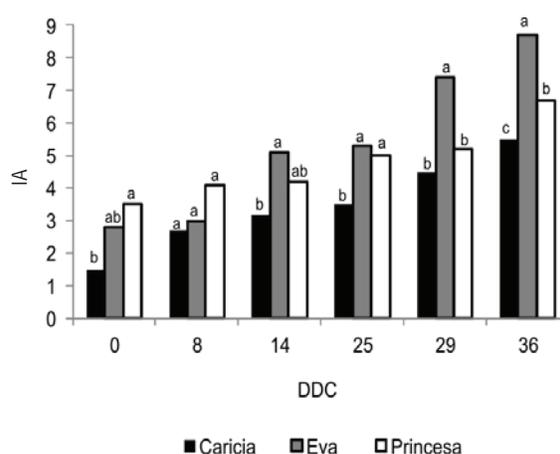


Figura 3. Índice de Almidón (IA) en variedades de manzanas de bajo requerimiento de frío en diferentes días después de la cosecha (DDC) Letras distintas indican diferencias según el test de Duncan ($P \leq 0,05$).

presentó la más rápida evolución del IA, sufriendo un rápido incremento de 5,0 a más de 7,0 en solo cuatro días (día 26 al 29) (Figura 3). Posteriormente la variedad 'Princesa' tuvo la mayor tasa de cambio en el IA hacia el final del período de cosecha, pasando de 5,0 a más de 6,5 en siete días (día 29 al 36). La variedad 'Caricia' fue la de más lenta hidrólisis del almidón a juzgar por el lento incremento en el IA (Figura 3). Sobre la base de las características organolépticas evaluadas por el panel de degustadores y los resultados obtenidos por otros autores (Chu, 1988; CTIFL, 2002) los valores de IA superiores a siete fueron considerados con una madurez excesiva, incluso al estado de IA de ocho o nueve el sabor fue muy pobre, posiblemente debido a la alta relación azúcares/acidez y a la degradación de las pectinas intercelulares (McCracken *et al.*, 1994; Geyer *et al.*, 2007). Estos valores fueron alcanzados por la variedad 'Eva' el día 29, en la variedad 'Princesa' el día 36 y en la variedad 'Caricia' al final del período de cosecha tuvo un IA < 8 (Figura 3). Esto podría indicar que la tasa de maduración evaluada mediante el IA (Brookfield *et al.*, 1997) fue mayor para la variedad 'Eva' y menor baja en la variedad 'Caricia'.

El IA es un parámetro cualitativo que expresa la presencia de almidón, aunque no su concentración (Kingston, 1992). Por otra parte, la hidrólisis del almidón es dependiente de la temperatura, estableciéndose que la acumulación de grados días sobre una temperatura base de 5,5 °C se correlacionó negativamente con el IA (Menesatti *et al.*, 2009). El descenso de la temperatura hacia el final del período de cosecha en el año 2009 (Figura 1) posiblemente influyó en una mayor hidrólisis del almidón al observarse un abrupto incremento en el IA a partir del día 29, principalmente en la variedad 'Eva' (Figura 3). Esta relación entre la temperatura y el IA no debería desestimarse, considerando la influencia que la misma podría tener en los cambios provocados durante la fase pre-climatérica de los frutos (Lau, 1988). Precisamente, aunque el etileno es considerado un indicador más confiable de la madurez fisiológica del fruto que la hidrólisis del almidón (Tomala, 1999; Christopher *et al.*, 2005) se trata de un procedimiento de medición menos práctico en condiciones de campo. Por otra parte, y considerando el efecto de la temperatura sobre la evolución del IA, debe tenerse en cuenta que este parámetro no debería tomarse como una guía absoluta, porque puede modificarse entre años debido a diferentes regímenes de radiación solar (Li y Lakso, 2004), temperatura, o carga de frutas en el árbol (Tomala, 1999).

Considerando la opinión de otros autores (Chu, 1988; Feippe, 2003) junto con las evidencias reunidas en este trabajo relacionadas con las características organolépticas de los frutos, el estado óptimo para cosecha en estas manzanas se situaría con un IA de entre cuatro y cinco (Figura 2). Este IA fue alcanzado primero por la variedad 'Princesa' el día 8 manteniéndose hasta el día 26, siendo esta variedad la más precoz de todas. En la variedad 'Eva' se observó una rápida evolución de tres a cinco del IA entre el día 8 y el día 14, manteniéndose ese estado hasta el día 26. Finalmente la variedad 'Caricia' fue la más tardía, con una lenta evolución de la madurez, habiendo alcanzado el valor de IA de cinco hacia el final del período. Aunque el tiempo en que se mantuvo el valor de cuatro a cinco puede dar una idea del período de cosecha esperable anualmente en cada variedad, debe tenerse en cuenta que el IA indica la presencia, pero no la cantidad de almidón, pudiendo darse temporadas de rápida degradación que pueden estar determinadas por un efecto de la temperatura o un mayor régimen de radiación solar, lo que modifica la tasa de acumulación de almidón durante el desarrollo del fruto (Moggia y Pereira, 2006).

La firmeza de los frutos (F) (N) disminuyó desde un valor medio de casi 103 N el día 8 a poco más de 78 N el día 36, sin diferencias estadísticas entre las variedades (Figura 4). El comportamiento observado en las variables analizadas fue el esperado durante el proceso de maduración, en cuanto a que la firmeza del fruto disminuyó mientras que la tasa de hidrólisis de almidón se incrementó (Kingston, 1992). Trabajos realizados con paneles de degustadores y mediciones de firmeza de frutos de manzanas de diferentes va-

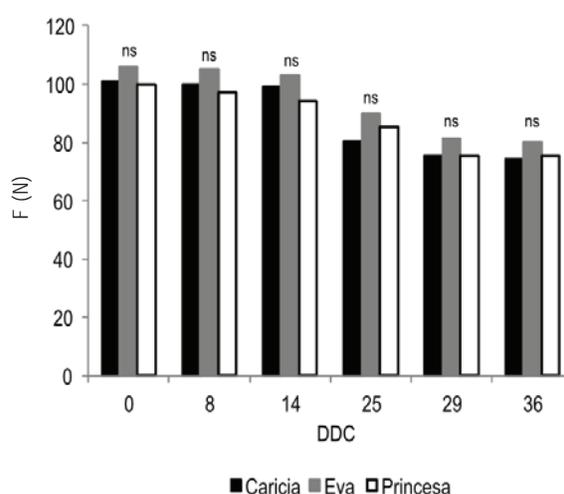


Figura 4. Firmeza (N) de las variedades de manzanas en diferentes días desde el inicio de cosecha (DDC) en el año 2009, según el test de Duncan ($P \leq 0,05$).

riedades determinaron que la preferencia siempre coincidiera con frutas cuyas pulpa presentaban alta firmeza (> 60 N) (McCracken *et al.*, 1994). Para el caso de manzanas 'Fuji', los valores recomendados para la cosecha se encuentran entre 75 y 80 N de firmeza de pulpa (Silveira *et al.*, 2007). De acuerdo a estos índices, los valores de firmeza obtenidos aquí al momento de cosecha fueron mayores a esos valores de preferencia, lo que permitiría almacenar y comercializar estas manzanas por un período más prolongado de tiempo, aún coincidiendo su cosecha con meses de muy altas temperaturas ambiente.

La concentración de sólidos solubles totales (SST) (%) se incrementó con el tiempo, con diferencias estadísticas entre las variedades ($P \leq 0,05$), a excepción del primer día de cosecha donde estas no fueron observadas (Figura 5). Aunque el almidón es el principal carbohidrato presente en manzanas inmaduras y a partir de su hidrólisis se forman maltosa y glucosa (Moggia y Pereira, 2006), si se observan los valores de IA (Figura 3) y los de SST (Figura 5) la variedad 'Caricia' fue la que presentó el menor IA a partir del día 14 pero la mayor concentración de SST a partir del día 8. Esto indicaría que el mayor valor de SST en esta variedad no necesariamente responde a la hidrólisis de almidón. Además, la concentración de sólidos solubles incorpora no solo los azúcares solubles sino también ácidos orgánicos y sales inorgánicas, algunas de las cuales pueden aumentar o disminuir durante la maduración (Kingston, 1992). En algunos trabajos se ha determinado que la concentración de sólidos solubles brinda una mejor predicción de la fecha de cosecha cuando es utilizada en conjunción con al me-

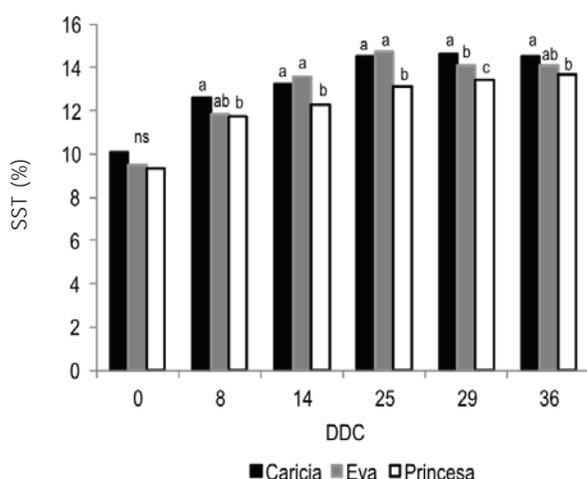


Figura 5. Sólidos Solubles Totales (SST) (%) en variedades de manzanas desde el inicio de cosecha (DDC) en el año 2009, según el test de Duncan ($P \leq 0,05$).

nos otros índices tales como F o IA (Kingston, 1992). A partir del día 14 de iniciada la cosecha, en todas las variedades la concentración de SST fue superior a 12% (Figura 5). Para manzanas 'Fuji' los valores de SST recomendados para iniciar la cosecha fueron de 11% (Silveira *et al.*, 2007).

Mediante un procedimiento de correlación lineal entre los parámetros medidos, tales como los utilizados por Zerbini *et al.* (1999) para variables sensoriales en manzana, en este trabajo y para los dos años de estudios, se obtuvieron valores bajos en los coeficientes de determinación (R^2) (Cuadro 1). Sin embargo, si se consideran las pendientes de las rectas, se puede observar que a través de las mismas se describe correctamente la evolución de los parámetros, siendo positivos en SST vs. IA y negativos en F vs. IA. Aunque fueron observadas diferencias entre las variedades, la mejor correlación se obtuvo entre IA y SST (Cuadro 1). Además, los valores positivos de las pendientes de las rectas, indican una evolución de la concentración de SST con un concomitante incremento de IA (Cuadro 1). Al contrario, cuando se relacionaron IA y F, se obtuvieron correlaciones aún menores que las anteriores. La variedad 'Caricia' resultó con el menor valor de R^2 (0,040), seguida por la variedad 'Princesa' (0,085) (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los señalados por otros autores (Knee *et al.*, 1989) con respecto a la existencia de una pobre correlación entre algunos índices de madurez, por ejemplo entre la firmeza de los frutos y el contenido de almidón (Knee *et al.*, 1989). También, cuando se evaluaron durante el almacenamiento manzanas de la variedad 'Fuji', los valores de R^2 fueron bajos, entre 0,26 y 0,34 (Blankenship *et al.*, 1997), resultando sin embargo superiores a los obtenidos aquí.

A la variabilidad observada en los índices de madurez de IA, F y SST en función de las variedades utilizadas, se suman otros factores no estudiados como los dependientes del sitio y manejo (Christopher *et al.*, 2005). Considerando todas las variedades conjuntamente, como así también las mediciones realizadas durante los dos años de estudio, se observó que la dispersión de los datos fue muy alta para la firmeza de los frutos (F) durante el período o 'ventana' de cosecha (Figura 7) y algo inferior para la concentración de SST (Figura 8). Sin embargo, y a diferencia de los anteriores indicadores, el IA fue el que presentó la menor dispersión durante el período de cosecha (Figura 6). Similares resultados fueron obtenidos con manzanas 'Granny Smith' una vez realizado un análisis de regresión entre las fechas de cosecha con estos mismos indicadores, en donde el IA fue el que presentó la menor variabilidad (Menesatti *et al.*,

Cuadro 1. Correlación y coeficiente de determinación (R^2) para las relaciones entre los Sólidos Solubles Totales (SST) (%), Firmeza (F) (N) e Índice de Almidón (IA) (adim.) por variedad y general para los años 2009 y 2010.

	SST vs. IA	F vs. IA
Caricia	IA= 0,640 SST + 2,212; $R^2 = 0,205$	IA = - 0,011 F + 4,112; $R^2=0,040$
Eva	IA= 0,660 SST - 3,303; $R^2=0,286$	IA = - 0,051 F + 10,94; $R^2=0,200$
Princesa	IA= 0,812 SST - 5,535; $R^2=0,295$	IA = - 0,015 F + 6,201; $R^2=0,085$
General	IA= 0,6757 SST - 4,081; $R^2=0,282$	IA = - 0,192 F + 6,705; $R^2=0,058$

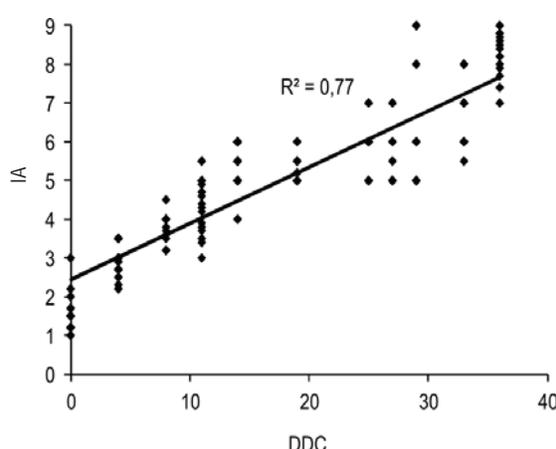


Figura 6. Correlación entre los días desde inicio de cosecha (DDC) y el Índice de Almidón (IA) (adim.) de los frutos de las tres variedades de manzanos para los años 2009 y 2010.

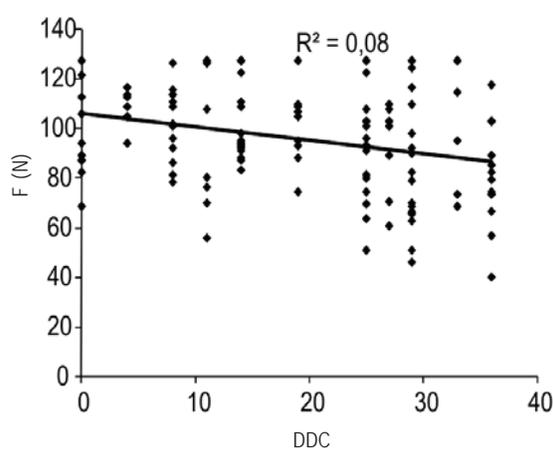


Figura 7. Correlación entre los días desde inicio de cosecha (DDC) y la Firmeza (F) (N) de los frutos de las tres variedades de manzanos para los años 2009 y 2010.

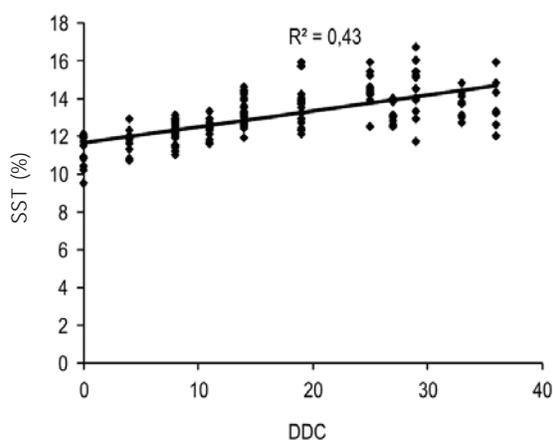


Figura 8. Correlación entre los días desde inicio de cosecha (DDC) y la concentración de Sólidos Solubles Totales de las tres variedades de manzanos para los años 2009 y 2010.

2009). Además, el IA demostró ser sensible a los cambios estacionales, al modificarse para una misma variedad y huerto con los cambios estacionales en diferentes años (Christopher *et al.*, 2005).

En otro trabajo se determinó que la pérdida de consistencia y almidón en el fruto y el incremento en el contenido de sólidos solubles totales son los mejores indicadores del momento de cosecha en manzana (del Campo *et al.*, 2006). Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo permiten deducir que la sensibilidad obtenida mediante el IA en función de las variedades (Figura 3) y la temperatura, junto con una menor dispersión de los datos con relación al tiempo desde el inicio de la cosecha (Figura 6) resultarían en una mayor confiabilidad en el uso del IA como indicador de la madurez en estas manzanas. Por otra parte, el uso del tiempo transcurrido desde la floración plena (Christopher *et al.*, 2005) podría utilizarse a modo de aproximación del inicio de la temporada de cosecha. Este momento se podría corroborar mediante el uso del IA, debido a que los

cambios observados mediante este índice ocurren antes que los cambios en la concentración interna de etileno (Menesatti *et al.*, 2009). Esto permitiría una mejor predicción del inicio de la cosecha. Sin embargo, hay que considerar que el uso del IA tendría como desventaja un cierto grado de incertidumbre debido a la subjetividad de la observación visual (Peirs *et al.*, 2002), demandando una mayor atención por parte del observador.

Conclusiones

La concentración de SST se incrementó en el transcurso de la temporada de cosecha, aunque con una mayor dispersión de los datos con relación al tiempo que el IA.

La firmeza (F) de los frutos disminuyó con el tiempo, resultando en el peor indicador de madurez y el de menor correlación con IA.

Aunque la correlación entre los índices estudiados fue baja, resultó más conveniente el uso combinado de la determinación de IA y SST.

Bibliografía

- Blankenship SM, Parker M, Unrath CR. 1997. Use of maturity indices for predicting poststorage firmness of 'Fuji' apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(1): 909-910.
- Brookfield P, Murphy P, Harker R, MacRae E. 1997. Starch degradation and starch pattern indices: interpretation and relationship to maturity. *Postharvest Biology and Technology*, 11(1): 23-30.
- Christopher B, Watkins, CB, Erkan M, Nock JF, Lungerman KA, Beaudry RM, Moran RE. 2005. Harvest Date Effects on Maturity, Quality, and Storage Disorders of 'Honeycrisp' Apples. *HortScience*, 40(1): 164-169.
- Chu CL. 1988. Starch-iodine test for determining maturity and harvest dates of Empire, Idared and Spartan apples. Ontario: Ministry of Agriculture and Food. 4p. (Factsheet: 88-090).
- Crocker TE, Sherman WB, Williamson JG. 2004. The Apple. Florida: Horticultural Sciences Department Series, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural. 3p. (HS; 14).
- CTIFL. 2002. Pomme: Code amidon [En línea]. 4p. Consultado 20 marzo 2012. Disponible en: http://physiquemangin.pagesperso-orange.fr/2nde/TP/chTP1pomme%20code_amidon.pdf.
- del Campo G, Berregi I, Iturriza N, Santos JI. 2006. Ripening and Changes in Chemical Composition of Seven Cider Apple Varieties. *Food Science and Technology International*, 12: 477 - 487.
- Feippe A. 2003. Evaluación de la madurez de manzana sobre la base del contenido y degradación de almidón (test de yodo). [En línea]. Consultado 20 septiembre 2011. Disponible en: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez_yodo.pdf
- Geyer M, Herold B, Zude M, Truppel I. 2007. Non-destructive evaluation of apple fruit maturity on the tree. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 66: 161-169.
- Jaradat S, El Assi N. 2007. Prediction of the optimum harvest date for three apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars in Jordan. *Acta Horticulturae*, 741: 73-80.
- Kingston CM. 1992. Maturity indices for apples and pears. *Horticultural Review*, 13: 407-432.
- Knee M, Hatfield SGS, Smith SM. 1989. Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruit (*Cox's Orange Pippin*) intended for long-term storage. *Journal of Horticultural Science*, 64(4): 403-411.
- Lau OL. 1988. Harvest indices, dessert quality, and storability of 'Jonagold' apples in air and controlled atmosphere storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113: 564-569.
- Li KT, Lakso AN. 2004. Photosynthetic Characteristics of Apple Spur Leaves after Summer Pruning to Improve Exposure to Light. *HortScience*, 39(5): 969-972.
- McCracken VA, Maier B, Boylsto, T, Worley T. 1994. Development of a scheme to evaluate consumer apple variety preferences. *Journal of Food Distribution Research*, 94: 56-63.
- Menesatti P, Zanella A, D'Andrea S, Costa C, Paglia G, Pallotino F. 2009. Supervised Multivariate Analysis of Hyper-spectral NIR Images to Evaluate the Starch Index of Apples. *Food and Bioprocess Technology*, 2(3): 308-314.
- Mitcham E, Cantwell M, Kader A. 1996. Methods for determining quality of fresh commodities. *Perishables Handling Newsletter*, 85: 1-5.
- Moggia C, Pereira M. 2006. Almidón y maduración en manzanas. *Pomáceas: Boletín Técnico*, 6(3): 1-3.
- Peirs A, Scheerlinck N, Perez AB, Jancsok P, Nicola BM. 2002. Uncertainty analysis and modelling of the starch index during apple fruit maturation. *Postharvest Biology and Technology*, 26(2): 199-207.
- Pirlak L, Güleriyüz M, Aslantas R, Esitken A. 2003. Promising native summer Apple (*Malus domestica*) cultivars from north-eastern Anatolia, Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 31: 311-314.
- Severino V, Arbiza H, Arias M, Manzi M, Gravina A. 2011. Modelos de cuantificación de frío efectivo invernal adaptados a la producción de manzana en Uruguay. *Agrociencia*, 15(2): 19-28.
- Silveira AC, Kaehler Sautter C, Tonetto de Freitas S, Galiotta G, Brackmann A. 2007. Determination of some quality parameters of the Fuji cultivar and their mutants at harvest. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(1): 149-153.
- Smith RE, Loughheed E, Franklin E, McMillan I. 1979. The starch iodine test for determining stage of maturation in apples. *Journal of Plant Sciences*, 59: 725-735.
- Tomala K. 1999. Orchard factors affecting fruit storage quality and prediction of harvest date of apples. *Acta Horticulturae*, 485: 373-382.
- Wills R, McGlasson B, Graham D, Joyce D. 2007. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 5th ed. Wallingford: CAB International. 252p.
- Zerbini PE, Pianezzola A, Grass M. 1999. Post-storage sensory profile of fruit of five apple cultivars harvested at different maturity stages. *Journal of Food Quality*, 22: 1-17.