

## Artículo científico

**Correlación entre la medida del color del fruto y la concentración de sólidos solubles totales en frutilla o fresa (*Fragaria ananassa* Duch.)****Correlation between fruit color measurement and total soluble solids concentration in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.)**A.C. Solórzano<sup>1</sup>; A. Martín<sup>1,2\*</sup>; S.M. Salazar<sup>3,4</sup>; J.S. Sandoval<sup>1,5</sup>; D.S. Kirschbaum<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto en Luz, Ambiente y Visión (ILAV-UNT-CONICET).  
Avda. Independencia 1900, S. M. de Tucumán (4000), Tucumán, Argentina.

<sup>2</sup>UTN Regional Tucumán, Argentina.

<sup>3</sup>INTA EEA Famaillá.

Ruta Prov. 301, Km 32. (4132), Famaillá, Tucumán, Argentina

<sup>4</sup>Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.

<sup>5</sup>Departamento de Luminotecnia Luz y Visión - FACET - UNT.

\*Autor de correspondencia: amartin@herrera.unt.edu.ar

**Resumen**

La cuantificación de la calidad de la frutilla se realiza generalmente mediante la determinación de la cantidad de sólidos solubles totales (SST) utilizando técnicas refractométricas. El objetivo de este trabajo fue correlacionar estas medidas de calidad con los parámetros obtenidos durante la determinación del color de los frutos utilizando dos instrumentos colorimétricos distintos. El estudio se realizó en frutos de tres variedades de frutilla ('Camarosa', 'Florida Festival' y 'Camino Real') obtenidos durante la temporada 2013 en la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá – INTA. En cada fruto se midió el contenido de SST y las variables colorimétricas en dos espacios de color diferentes. Se ajustaron distintos modelos para obtener la mejor correlación entre ambas medidas. Los ajustes mostraron que la mejor correlación se obtiene utilizando el espacio de color CIE L\*a\*b\*. Además, el ajuste más significativo se obtuvo apelando a la variable a\*, que codifica la cantidad de rojo del fruto. Sin embargo, los errores del ajuste no permiten obtener una predicción precisa de la calidad a partir de la determinación del color. El error se encuentra en el orden de  $\pm 3$  °Brix.

**Palabras clave:** calidad del fruto, colorímetro, modelos de predicción de calidad

**Abstract**

Quality assessment in strawberries is generally performed through refractometric techniques to determine total soluble solids (TSS). The objective of this work was to establish the correlation between fruit quality and two different set of color parameters obtained through two colorimetric instruments. Three varieties of strawberries were harvested ('Camarosa', 'Florida Festival' and 'Camino Real') from the Estación Experimental Agropecuaria Famaillá – INTA, throughout the season 2013. In each fruit TSS content and colorimetric variables in two different color spaces were measured. We looked for the best correlating model within two color spaces and we found that the best correlation was reached with only the a\* parameter from the CIE L\*a\*b\* color space. However, the error in the prediction of fruit quality based on color measurement was in the order of  $\pm 3$  ° Brix.

**Keywords:** fruit quality, colorimeters, quality prediction models.

**Introducción**

En Argentina, la frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) es la especie de mayor consumo entre los frutos denominados "berries", con una producción anual estimada en 45000 t (Kirschbaum *et al.*, 2012). Las principales provincias que cultivan frutilla son Santa Fe, Buenos Aires y Tucumán, cuya

producción se orienta en un 60% al mercado fresco y un 40% a la industria. Tucumán cuenta con aproximadamente 300 ha de frutilla, concentradas en un 90% en el departamento Lules. La competencia entre las diferentes regiones productoras del país hace que la calidad de la fruta sea un factor fundamental para obtener los mejores precios del mercado.

Recibido 11/03/15; Aceptado 18/06/15.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Los aspectos importantes que determinan la calidad de la frutilla se basan en atributos sensoriales tales como el color, la textura, el olor y el equilibrio entre el contenido de azúcares y acidez (Shamaila *et al.*, 1992). El índice de madurez comercial se basa en el color del fruto (Moccia *et al.*, 2007) por ser uno de los parámetros que mayor información proporciona sobre la evolución de la maduración del mismo (Almenar, 2005). Esta madurez se asocia a una cierta cantidad de sólidos solubles totales (SST), consistente en un 75% de azúcares, determinantes del sabor (Cote Daza, 2011). A medida que la madurez del fruto avanza, tanto el color como el contenido de SST va evolucionando pero, sin embargo, están expuestos a factores ambientales (principalmente temperatura, radiación solar, lluvia, sombreado y niveles de nitrógeno del suelo), que pueden alterar el proceso madurativo del fruto, afectando la calidad del producto final (Lado *et al.*, 2010).

El protocolo de calidad de SENASA (Resolución N° 85/98) establece que las frutillas para ser comercializadas deberán tener un estado de madurez determinado por el color y el contenido de azúcares. El color debe ser el rojo característico de la variedad y cubrir como mínimo el 75% de la superficie del fruto, sin presencia de punta verde, determinado visualmente. Por otro lado, el contenido de SST (expresado en grados Brix) debe ser  $\geq 7^\circ\text{Bx}$ . Sin embargo, la evaluación visual de la madurez de la fruta no garantiza una cantidad de SST de  $7^\circ\text{Bx}$  y por lo tanto una calidad aceptable. Esto se debe a que la relación entre el color y los SST es compleja y ambos se ven influenciados por factores ambientales y genéticos (Lado *et al.*, 2012; Moretti *et al.*, 2010)

En la industria son usuales las técnicas colorimétricas para gestionar la calidad de los productos (Prieto y Carballo, 1997; Vignoni *et al.*, 2006; Artigas *et al.*, 2002; Lavado, 2012; Anónimo, 2015). Típicamente, se utilizan instrumentos y métodos variables, conforme al producto de interés y a las características ópticas del mismo. Estas técnicas consisten en cuantificar precisamente el color y establecer una correlación con la medida de la calidad que caracteriza al producto. De este modo, al contarse con una mejor estimación del color gracias al uso de instrumentos colorimétricos, se puede trazar una correlación más precisa entre la medida del color y la calidad de los frutos. Esta idea fue seguida en los estudios de varios autores para frutas y hortalizas tales como uchuva (*Physalis peruviana*), maracuyá (*Passiflora edulis*), ajo (*Allium sativum*), mango (*Mangifera indica*) y

tomate (*Solanum lycopersicum*) (Fischer y Martínez, 1999; Aular *et al.*, 2002; Vignoni *et al.*, 2006; Jha *et al.*, 2007; Domene Ruiz y Segura Rodríguez, 2014).

Para frutilla no existe información suficiente sobre la correlación entre color y contenido de azúcares. Autores como Agüero *et al.* (2015) y Yommi *et al.* (2002) en Tucumán y Ngo *et al.* (2007) y Wszelaki y Mitcham (2000), en otros países, investigaron estas variables separadamente y no su interdependencia. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue investigar si a partir de la cuantificación del color es posible predecir el contenido de SST en frutilla. De establecerse una correlación precisa, con una única medición no destructiva en campo podría determinarse la calidad de la fruta, como así también mejorar el método subjetivo de determinación visual de la calidad.

## Materiales y métodos

### Muestreo

La fruta se obtuvo de lotes experimentales ubicados en la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá (27°03'S, 65°25'O, 363 m altitud) del INTA, en Tucumán (Argentina), en la temporada 2013. La cosecha fue realizada de agosto a octubre. Las variedades evaluadas fueron 'Camarosa', 'Florida Festival' y 'Camino Real'.

Las cosechas se realizaron durante las primeras horas de la mañana, tomando el recaudo de no presionar, lastimar ni golpear la fruta. La selección y clasificación se efectuaron de acuerdo con el estándar de calidad del mercado, considerando que la fruta debe presentar por lo menos un 75% de color rojo brillante y la punta del fruto no debe estar verde. Además, los frutos deformes, enfermos, podridos o sobremaduros, y aquellos con pesos inferiores a 10 g, fueron excluidos de la muestra por ser considerados descarte y no fruta comercial. La fruta seleccionada se trasladó al laboratorio donde se realizó una segunda selección cuyo criterio de inclusión fue la homogeneidad en forma y tamaño, de manera tal que la medida del color pudiera ser determinada de manera representativa.

De la muestra que cumplía con estos criterios de inclusión se seleccionaron al azar entre 8 y 12 frutos por variedad. La muestra se recogió en cuatro fechas distintas entre el 28/08 y el 23/10. Las determinaciones se realizaron el mismo día de realizada la cosecha.

La muestra de cada cosecha fue ordenada en una bandeja debidamente identificada con la variedad,

que contaba con celdas individuales para cada fruto. De este modo se garantizó que las distintas medidas, tanto del color, tomadas con los distintos colorímetros, como de los SST, se correspondan con cada uno de los frutos utilizados.

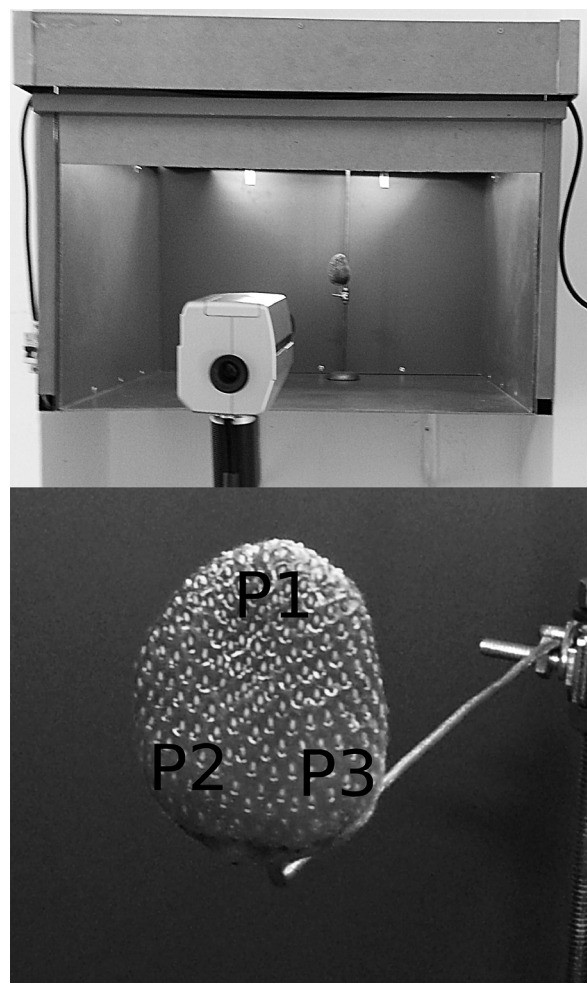
#### *Mediciones colorimétricas y refractométricas*

Para la determinación de las características colorimétricas de cada fruta, se utilizaron dos instrumentos cuyas medidas se expresaron en dos espacios de color diferentes. Las medidas se hicieron de manera secuencial, primero utilizando el colorímetro Minolta CS 100 que no exige un contacto entre el instrumento y el objeto a medir y luego con el colorímetro Minolta CR 300 cuyo cabezal de mensura debe presionarse sobre el objeto a medir. Por razones de calibración, el espacio de color escogido para codificar el color determinado mediante el colorímetro Minolta CS 100 fue el Yyx, mientras que el espacio escogido para el colorímetro CR 300 fue el CIE  $L^*a^*b^*$  (Kaiser y Boyton, 1996). Además de las medidas con los colorímetros, se utilizó un espectrofotómetro (Photoresearch PR715 SpectraScan) para obtener el perfil de reflectancia de las tres variedades de frutilla en el rango 380 a 820 nm.

Para mantener controladas las condiciones de iluminación al emplear el colorímetro Minolta CS 100, se construyó una cabina de madera cuyos interiores fueron pintados de gris neutro y cuya iluminación se distribuyó homogéneamente en el techo de la misma. El iluminante de la cabina fue el D65. La fruta se colocó en el centro de la cabina mediante un dispositivo diseñado para sostenerla de manera invertida (Figura 1a).

#### *Protocolo de medición*

Como consecuencia de que la superficie del fruto no es plana, presenta texturas diferentes, aqueños en superficie y no posee un color uniforme, se procedió a tomar las medidas del color en tres puntos distintos, en sentido antihorario, tres veces en cada uno de ellos (Figura 1b), empleando primero el colorímetro Minolta CS 100 y luego el Minolta CR 300. Las medidas se tomaron de manera sucesiva para cada una de las variedades. Al concluir la toma de los valores colorimétricos, las bandejas con las frutillas se colocaron en una estufa regulada a una temperatura de 20°C. Luego de al menos 30 min se procedió a la determinación de SST para cada uno de los frutos.



**Figura 1.** a) Cabina de iluminación normalizada con iluminante D65 para mantener controlada la condición de iluminación al utilizar el colorímetro Minolta CS 100. b) Ilustración que representa el protocolo para la toma de los valores colorimétricos.

Esta medición se realizó licuando cada fruto con una juguera eléctrica, para posteriormente colocar una muestra de jugo en el refractómetro de mano (ATAGO). Las determinaciones se hicieron por duplicado. La juguera fue enjuagada con agua destilada y secada para evitar que los jugos de distintas frutas se mezclaran. Las medidas se expresaron en grados Brix (°Bx). Finalmente, los valores obtenidos se volcaron en planillas de datos identificadas según la variedad y fecha de toma de la muestra, que fueron posteriormente digitalizadas.

#### *Análisis de los datos*

Los valores obtenidos y digitalizados durante la etapa de medición se importaron al software R (2015) para su análisis estadístico. Se realizó una regresión lineal múltiple tomando como variable de respuesta la calidad de la fruta, expresada en grados brix, y como variables explicativas las va-

riables colorimétricas  $L^*a^*b^*$  o  $Yyx$ , dependiendo del espacio de color y el colorímetro empleado. Debido a que la geometría y la textura del fruto impusieron que la toma de medidas colorimétricas se hiciera en varios sitios, el primer paso del análisis consistió en evaluar la información aportada por los distintos puntos medidos, evitando colinealidades en las variables explicativas.

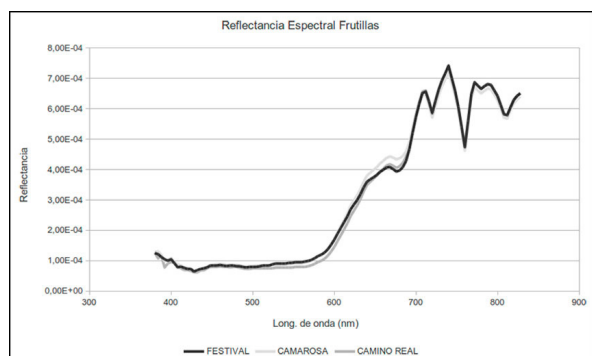
El paso siguiente del análisis consistió en buscar el mejor modelo que permita predecir el valor de la calidad de la fruta en función de las variables colorimétricas. Para ello se partió del ajuste de un modelo completo (Tabla 1) y se fueron extrayendo secuencialmente las variables explicativas con menor significación, evaluadas según la prueba  $t$  con  $\alpha = 0,05$ . Sobre el modelo final se realizaron los diagnósticos para corroborar que los presupuestos del análisis lineal se cumplieran.

**Tabla 1.** Modelos completos para predecir el valor de la calidad de la fruta. Los modelos completos representan la hipótesis de que la combinación lineal de toda la información colorimétrica contribuirá a la predicción de la calidad de las frutillas. En su forma generalizada, las letras  $C$  representan constantes de los modelos.

Variabes	Forma generalizada
$L^*, a^*, b^*$	$Calidad = C_1 + C_2L^* + C_3a^* + C_4b^*$
$Y, y, x$	$Calidad = C_1 + C_2Y + C_3y + C_4x$

## Resultados

Las reflectancias espectrales medias son muy similares para las tres variedades de frutilla (Figura 2). Resulta notorio el incremento en las reflectancias para las longitudes de onda superiores a los 600 nm, lo cual es indicativo de la preponderancia del color rojo.



**Figura 2.** Reflectancia espectral de las distintas variedades de frutilla evaluada desde los 380 hasta los 820 nm, lo que comprende al rango de luz visible.

Por su parte, el análisis de las medidas tomadas con los colorímetros mostró que las variables del color representados en el espacio CIE  $L^*a^*b^*$  se encuentran mucho mejor correlacionados con las

medidas de la calidad de la frutilla que los registrados en el espacio de color  $Yyx$ . En general, las correlaciones de Pearson medidas por el coeficiente de correlación muestral  $r$  entre la concentración de SST y los valores registrados para  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  fueron superiores a 0,3 e inferiores a 0,5 en todos los puntos. En el caso de los valores  $Y$ ,  $y$ ,  $x$ , las correlaciones nunca superaron 0,1, salvo para la variedad 'Florida Festival', donde se obtuvieron correlaciones de 0,3 para algunos puntos en "x" e "y".

La interpretación de estos análisis sugiere que el mejor espacio de color para cuantificar las variables colorimétricas de la frutilla es el CIE  $L^*a^*b^*$ . Por otro lado, las correlaciones ordenadas según los puntos de medida (ver protocolo de medición Figura 1b), sugieren que las medidas tomadas en los puntos 2 y 3 obtienen mejores índices de correlación en casi todos los casos. Las excepciones son los valores de  $a^*$  para las variedades 'Camarosa' y 'Camino Real', en las cuales las medidas tomadas en el punto 1 obtienen mejores índices de correlación.

En el espacio de color CIE  $L^*a^*b^*$ , los signos de las correlaciones permiten realizar una interpretación del cambio en la calidad de la fruta expresada respecto a la variación de las variables colorimétricas. En el caso de la luminancia, valores elevados de  $L^*$  se corresponden con valores menores de °Brix, por lo que el signo de la correlación resulta negativo: una fruta más luminosa (brillante) tendrá menos concentración de SST. A la inversa, los valores de la variable  $a^*$  se encuentran correlacionados con signo positivo, por lo que mayores concentraciones de SST se corresponderán con valores mayores de  $a^*$ : frutas más rojas tendrán mayores concentraciones de SST. Finalmente, los valores de  $b^*$  se encuentran correlacionados negativamente. Como la variable  $b^*$  cuantifica la cantidad de amarillo (cuando es positiva la medida), esta correlación indicaría que a menor cantidad de amarillo, mayor concentración de SST.

Un último aspecto a ser resaltado es que los datos muestran una gran correlación entre las variables  $L^*a^*b^*$ , alcanzando un valor máximo la correlación entre  $L^*$  y  $b^*$  de 0,9. Esto sugiere que la información provista es redundante y que probablemente esta colinealidad de las variables independientes exigiría que se remueva alguna de ellas.

## Ajustes

El ajuste del modelo basado en la información



codificada en el espacio Yyx no fue significativo ( $F < 1$ , grados de libertad 2 y 33, P valor  $> 0,7$ , en promedio para las tres variedades de frutilla analizadas), por lo que la calidad de la fruta en términos de concentración de SST ( $^{\circ}$ Brix) no puede ser predicha a partir de esta información, al menos aplicando el enfoque de los modelos lineales. El análisis de las correlaciones ya había anticipado este mal desempeño para un modelo basado en Yyx.

Por el contrario, el ajuste del modelo basado en  $L*a*b^*$  sí fue significativo ( $F = 6,992$ , grados de libertad 1 y 21, P valor  $< 0,05$ ) para las tres variedades. El procedimiento de selección de las variables significativas condujo, para las tres variedades, a un modelo basado solamente en  $a^*$ . En consecuencia, las mejores predicciones se obtienen mediante un modelo de la forma:

$$\text{Calidad} = C_1 + C_2 * a$$

Donde los valores de las constantes C son específicos para cada variedad (Tabla 2).

**Tabla 2.** Valores de los coeficientes para los ajustes de los modelos para las tres variedades de frutilla.

Variedad / Constante	$C_1$	$C_2$
'Camarosa'	2	0,18
'Florida Festival'	-1	0,30
'Camino Real'	1	0,20

El desempeño de los modelos se puede apreciar en la Figura 3. En ella se muestran los puntos medidos, la línea de ajuste y en distintas tonalidades de grises los intervalos de confianza: gris oscuro para el intervalo del ajuste y gris claro para el intervalo de predicción.

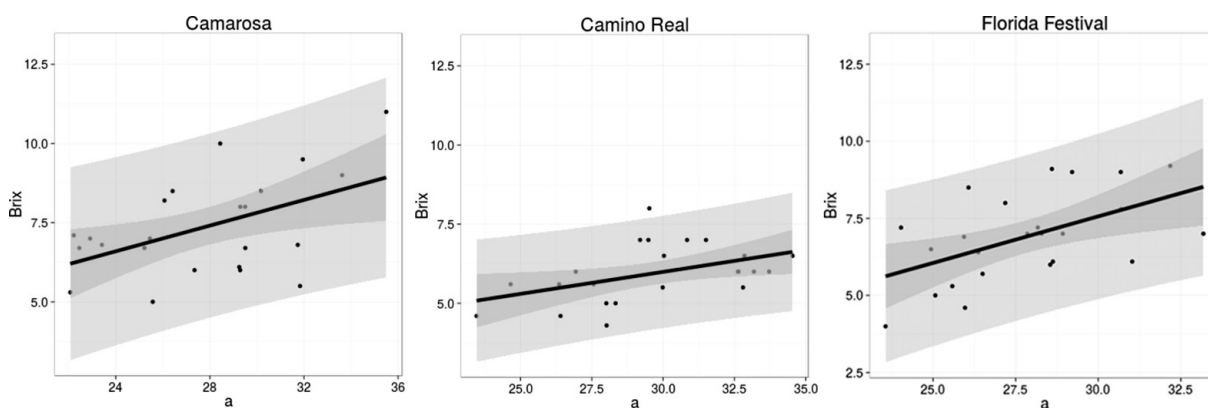
Como puede apreciarse, la capacidad del modelo para establecer un valor de  $^{\circ}$ Brix de la fruta para un determinado valor de la variable  $a^*$  (que puede interpretarse como una medida de la cantidad de rojo) está sujeta a un error considerable. Este

error es de  $\pm 3,3$   $^{\circ}$ Brix para 'Camarosa';  $\pm 2,7$  para 'Florida Festival' y  $\pm 3$  para 'Camino Real', considerando un intervalo de confianza del 95%. En términos relativos esto implica que al cuantificar a través del color la cantidad de  $^{\circ}$ Brix de una frutilla, se podría estar sobrestimando o subestimando en más de un 50% la medida real de esta cantidad para muchos casos. Sin embargo, las consecuencias prácticas de este error estarán supeditadas al uso que se haga de la medición. Por ejemplo, para el caso de asegurar la calidad de la fruta fresca, este método reduce a un mínimo la probabilidad de que frutas con calidades inferiores a 4  $^{\circ}$ Brix sean aceptadas como buenas, lo cual posicionaría mejor estas frutas en mercados exigentes.

Por otro lado, resulta destacable indicar que los modelos se probaron para los distintos puntos de medición, encontrándose que las predicciones dependen del punto donde se toma la medida. Así, las variedades 'Camarosa' y 'Camino Real' deben medirse en la zona apical (punto 1, ver protocolo de medición Figura 1b), mientras que 'Florida Festival' debe medirse en los puntos 2 o 3. Este resultado podría ser indicativo de una particularidad en la dinámica de la maduración de las distintas variedades de frutilla.

## Conclusiones

El objetivo del trabajo fue evaluar la hipótesis de que es posible predecir la calidad de la fruta cuantificada en grados brix mediante una determinación de las variables colorimétricas. Esta hipótesis se puso a prueba empleando dos tipos distintos de colorímetros y la codificación de la información en dos espacios de color distintos. Nuestros datos y análisis muestran que es posible conseguir esta predicción. Además, sugieren que el espacio de color indicado para realizar las mediciones es el



**Figura 3.** Desempeño para los modelos optimizados, ajustados según la variedad de frutilla. Las líneas negras sólidas representan las predicciones, los puntos son los datos medidos. Las pendientes de las rectas corresponden a los valores de las constantes  $C_2$ . El sombreado interno representa el intervalo de confianza para el ajuste, mientras que el sombreado externo representa el intervalo de confianza de la predicción (ambos al 95% de certeza).

CIE L\*a\*b\* y un colorímetro con las características del Minolta CS 300 (de contacto e iluminante incorporado).

Sin embargo, dada la variabilidad de las medidas, el error que afecta a la predicción es elevado. De este modo, la magnitud del error podría inutilizar el método para aquellas aplicaciones que requieran una medida de la calidad más precisa. Quizás sea posible incrementar la precisión en la predicción considerando otros modelos para las correlaciones (como por ejemplo modelos no lineales o la incorporación de relaciones entre las variables en los modelos lineales), lo cual exigiría nuevas investigaciones.

### Agradecimientos

Este trabajo es parte de proyectos conjuntos entre el ILAV-UNT-CONICET y el INTA-Famaillá. Este estudio fue financiado por el Consejo de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT), en el marco del proyecto 26/D423 y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Proyectos PNHFA 1106073, PRETs TUSGO 1231101 y 1231102.

### Referencias bibliográficas

- Almenar R.E.M. (2005). Envasado activo de fresas silvestres. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, Valencia, España.
- Anónimo (2015). En Konica-Minolta Learning center, Control del color en la industria alimenticia, <http://sensing.konicaminolta.com.mx/learning-center/case-studies/FoodIndustry Apps.pdf>, consulta diciembre 2014.
- Agüero J.J., Salazar S.M., Kirschbaum D.S., Jerez E.F. (2015). Factors affecting fruit quality in strawberries grown in a subtropical environment. *International Journal of Fruit Science* 15: 223-234.
- Artigas J.M., Perea P.C., Ramo J.P.I. (2002). Tecnología del color, 1ra ed., Universidad de Valencia, Valencia, España, p. 429.
- Aular J., Ruggiero C., Durigan J. (2002). Relación entre el color de las cáscaras y las características del fruto y jugo de la parchita maracuyá. *Bioagro* 14(1): 47-51.
- Cote Daza. S.P. (2011). Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Exactas, La Plata, p. 85.
- Fischer G., Martínez O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana* 16 (1-3): 35-39.
- Jha S.N., Chopra S., Kingsly A.R.P. (2007). Modeling of color values for nondestructive evaluation of maturity of mango. *Journal of Food Engineering* 78(1): 22-26.
- Kirschbaum D.S., Paz C.M., Formoso Requena M.F., Manzano C. (2012). Frutas Finas. Un segmento agroexportador de peso en la economía de Tucumán en constante cambio. *Revista Indicadores de Evolución de la Provincia de Tucumán (Fundación del Tucumán)* 5: 38-48.
- Lado J., Vicente E., Manzoni A., Ares G. (2010). Application of a check all that apply question for the evaluation of strawberry cultivars from a breeding program. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90 (13): 2268-2275.
- Lado J., Vicente E., Manzoni A., Ghelfi B., Ares G. (2012). Evaluación de calidad de fruta y aceptabilidad de diferentes cultivares de frutilla. *Agrociencia, Uruguay* 16 (1): 51-58.
- Lavado, F. E. L. (2012). La industria textil y su control de calidad. Tintorería. En: La industria textil y su control de calidad, <https://archive.org/details/III.LITYSCDC>, consulta: enero 2015.
- Moccia S., Monaco E., Oberti A., Chiesa Á. (2007). Evaluación comparativa de índices de calidad a cosecha y post cosecha en seis variedades de frutilla (*Frutilla x ananassa* Duch.). V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 29 mayo - 1 junio. Cartagena, España. pp. 432-441.
- Moretti C.L., Mattos L. M., Calbo A. G., Sargent, S.A. (2010). Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops. *Food Research International* 43 (7): 1824-1832.
- Ngo T., Wrolstad R.E., Zhao Y. (2007). Color quality of Oregon strawberries - impact of genotype, composition, and processing. *Journal of Food Science* 72 (1): C025-C032.
- Prieto B., Carballo J. (1997). El control analítico de la calidad en los productos cárnicos crudos-curados. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 1 (5): 112-120.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.(2013).
- Shamaila M., Baumann T.E., Eaton G.W., Powrie W.D., Skura B.J. (1992). Quality attributes of strawberry cultivars grown in British Columbia. *Journal of Food Science* 57 (3): 696-699.
- Vignoni L.A., Césari R.M., Forte M., Marabile M.L. (2006). Determinación de índice de color en ajo picado. *Información Tecnológica* 17 (6): 63-67.
- Wszelaki A.L., Mitcham E.J. (2000). Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Postharvest Biology and Technology* 20 (2): 125-133.
- Yommi A.K., Borquez A.M., Quipildor S.L., Kirschbaum D.S. (2003). Fruit quality evaluation of strawberry cultivars grown in Argentina. *Acta Horticulturae*, 628: 871-878.