

INFLUENCIA DE ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS FRUTOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL INDICE DE MADUREZ DE TRES ESPECIES DEL GENERO CITRUS

MIRIAM NUÑEZ Y FLORALBA ROSADO

RESUMEN

Con el objetivo de conocer las relaciones existentes entre algunas características de los frutos y el índice de madurez de los mismos, se realizó un estudio donde se tomaron los datos de masa fresca, diámetro ecuatorial, contenido relativo de jugo, grosor de corteza, brix, acidez e índice de madurez correspondientes a la fase de maduración, durante el periodo 1977-1985 de los frutos de naranja Valencia, mandarina Dancy y toronja Marsh. Para descomponer la correlación en sus efectos directos e indirectos, se utilizó el método de los coeficientes de sendero, considerando como elemento causal el índice de madurez. Los resultados mostraron que la acidez titulable es la variable que más influencia ejerció en el índice de madurez para los cultivares de naranja Valencia y toronja Marsh; sin embargo, en mandarina Dancy, fueron el diámetro del fruto seguido del porcentaje de jugo y de la acidez titulable, las variables que mayor influencia ejercieron.

INTRODUCCION

El índice de madurez o la relación sólidos solubles totales: acidez, es uno de los indicadores más comúnmente utilizados, a nivel internacional, como criterio de maduración y calidad de los frutos de varias especies de cítricos.

En nuestro país se han realizado diversos estudios, para determinar la edad y época en que los frutos, de diferentes especies de cítricos, adquieren los valores mínimos establecidos de este indicador para el inicio de la cosecha (Del Valle, 1974; Alfaro et al., 1983; Aranguren et al., 1984 y Miriam Nuñez, 1984). Por otra parte, Del Valle y Losada (1979) y Miriam Nuñez (1982, 1983 y 1985) han estudiado, mediante análisis de regresión y correlación, las relaciones existentes entre algunas características físicas y químicas de los frutos cítricos,

Nuñez (1984) indicó que, en nuestras condiciones, el índice de madurez resultó ser el factor limitante, para el inicio de la cosecha de los frutos de naranja Valencia, mandarina Dancy y toronja Marsh, por lo que es de gran interés profundizar en el conocimiento de los caracteres del fruto que están más asociados a este indicador y de esta forma, contribuir a la cosecha de frutos con una buena calidad interna.

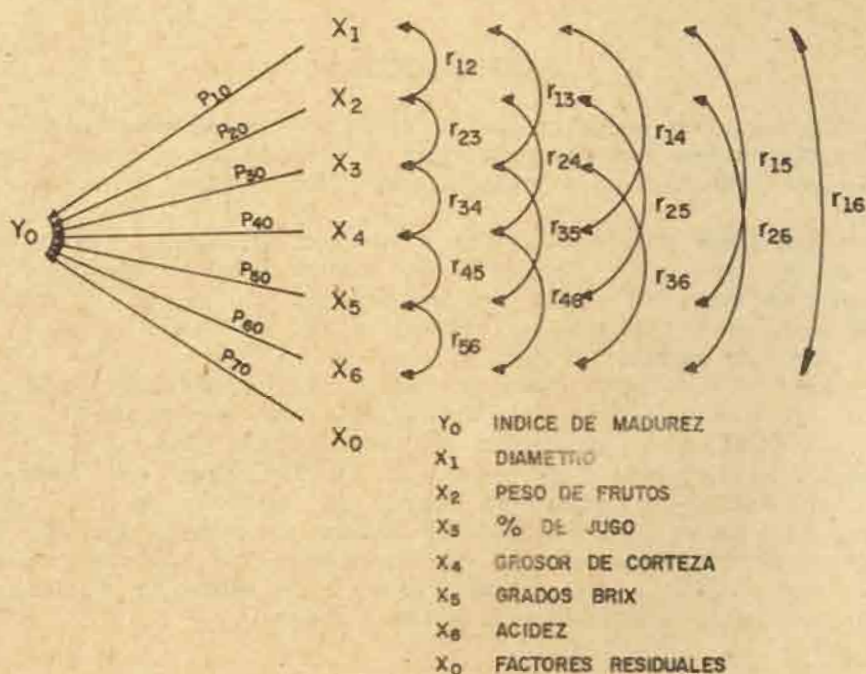
El método más empleado para brindar una mayor información, acerca de la asociación entre diferentes caracteres, es el coeficiente de sendero, el cual además descompone la correlación total en sus efectos directos e indirectos. Este método ha sido aplicado con éxito en diversos cultivos (Sahu y Patnaik, 1981 y Chavan y Chopde, 1981) y en nuestro país ha sido utilizado, entre otros, por Xonia Xiqués et al. (1984), Marta Alvarez y Verena Torres (1984), Sara Cortes (1985) y Floralba Rosado et al. (1985).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, es que se decidió acometer el presente trabajo, cuyo objetivo fundamental fue estudiar la relación existente entre diferentes caracteres y el índice de madurez de los frutos de tres especies de cítricos, utilizando el método de coeficientes de sendero.

MATERIALES Y METODOS

Para el estudio se tomaron los datos de masa fresca, diámetro ecuatorial, contenido relativo de jugo (% de jugo), grosor de corteza, sólidos solubles totales (°brix), acidez e índice de madurez, procedentes de los muestreos sistemáticos efectuados a partir de la fase de alargamiento celular y hasta el periodo de cosecha de los frutos de naranja Valencia (*C. sinensis* (L.) Osbeck), mandarina Dancy (*C. reticulata* Blanco) y toronja Marsh (*C. paradisi* Macf.), correspondiente a los periodos 1977-1985, 1977-1982 y 1977-1984, respectivamente.

Con los datos obtenidos se procedió a estudiar la correlación lineal de cada una de las combinaciones posibles entre los caracteres en estudio, utilizándose entre 46 y 71 pares de valores. Posteriormente, se calcularon los coeficientes de sendero según Li (1956), de acuerdo con el siguiente esquema de causa y efecto con su correspondiente sistema de ecuaciones.



Esquema causal

Sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned}
 r_{10} &= P_{10} + r_{12} P_{20} + r_{13} P_{30} + r_{14} P_{40} + r_{15} P_{50} + r_{16} P_{60} \\
 r_{20} &= P_{20} + r_{12} P_{10} + r_{23} P_{30} + r_{24} P_{40} + r_{25} P_{50} + r_{26} P_{60} \\
 r_{30} &= P_{30} + r_{13} P_{10} + r_{23} P_{20} + r_{34} P_{40} + r_{35} P_{50} + r_{36} P_{60} \\
 r_{40} &= P_{40} + r_{14} P_{10} + r_{24} P_{20} + r_{34} P_{30} + r_{45} P_{50} + r_{46} P_{60} \\
 r_{50} &= P_{50} + r_{15} P_{10} + r_{25} P_{20} + r_{35} P_{30} + r_{45} P_{40} + r_{56} P_{60} \\
 r_{60} &= P_{60} + r_{16} P_{10} + r_{26} P_{20} + r_{36} P_{30} + r_{46} P_{40} + r_{56} P_{50}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1 &= P_{x0}^2 + P_{20}^2 + P_{30}^2 + P_{40}^2 + P_{50}^2 + P_{60}^2 + 2P_{10} r_{12} P_{20} + \\
 &2P_{10} r_{13} P_{30} + 2P_{10} r_{14} P_{40} + 2P_{10} r_{15} P_{50} + \\
 &2P_{10} r_{16} P_{60} + 2P_{20} r_{23} P_{30} + 2P_{20} r_{24} P_{40} + \\
 &2P_{20} r_{25} P_{50} + 2P_{20} r_{26} P_{60} + 2P_{30} r_{34} P_{40} + \\
 &2P_{30} r_{35} P_{50} + 2P_{30} r_{36} P_{60} + 2P_{40} r_{45} P_{50} + \\
 &2P_{40} r_{46} P_{60} + 2P_{50} r_{56} P_{60}
 \end{aligned}$$

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla I se muestran los resultados obtenidos en los análisis de correlación efectuados entre cada una de las variables estudiadas. Se puede observar la estrecha relación existente entre el índice de madurez y la acidez, para los tres cultivares en estudio, aunque se obtuvo además una alta correlación entre el índice de madurez y el diámetro y la masa de los frutos, para los cultivares toronja Marsh y mandarina Dancy.

La estrecha relación existente entre el índice de madurez y la acidez de los frutos de estos cultivares ha sido señalada por Miriam Núñez (1984), aunque la función de mejor ajuste para esta relación resulto ser la función potencial.

La respuesta diferenciada, obtenida en la correlación del índice de madurez con el diámetro y la masa de los frutos, puede estar asociada al comportamiento de estas variables del crecimiento, durante la fase de maduración de los frutos de cada uno de estos cultivares. Alfaro et al. (1983) y Miriam Núñez (1986) encontraron un incremento casi lineal de la masa y del diámetro de los frutos de mandarina Dancy, durante la maduración de los mismos.

Otros resultados destacables entre los caracteres estudiados fueron las relaciones entre la masa del fruto y el diámetro, entre el diámetro y la acidez, entre la masa del fruto y la acidez y entre el contenido relativo de jugo y la acidez.

En las Tablas II y III aparecen los coeficientes de sendero e indirectos de las diferentes variables estudiadas, con el índice de madurez de los frutos de naranja Valencia y toronja Marsh, respectivamente. En las mismas se puede apreciar, que la acidez resulta la variable de mayor valor absoluto de coeficiente de sendero (-1.0841 y -0.8619), seguida del diámetro y del brix, que presentaron valores similares. La acidez no solo presentó el mayor efecto directo, sino que también fue la que presentó el coeficiente de correlación mas alto con el índice de madurez. Sin embargo, el diámetro y el brix, que no presentaron coeficientes de correlación altos, ocuparon el segundo y tercer lugar en los efectos directos.

Tabla 1. Coeficientes de correlación lineal correspondientes a las combinaciones de los caracteres estudiados en naranja Valencia, toronja Marsh y mandarina Dancy.

Carácter	Masa del fruto			% jugo	Grosor de la corteza	Brix	Acidez
	Diámetro	Diámetro	Masa del fruto				
Índice de madurez	NV	0,5450 **	0,5466 **	0,6243 **	-0,5203 **	0,7166 **	-0,8246 **
	TM	0,7495 **	0,8472 **	0,7281 **	-0,2698 NS	0,5633 **	-0,9164 **
	MD	0,8812 **	0,8717 **	0,4309 **	-0,1991 NS	0,4623 **	-0,8430 **
Diámetro ecuatorial	NV		0,4791 **	0,6525 **	-0,4575 **	0,3752 **	-0,7687 **
	TM		0,9451 **	0,4707 **	0,0075 NS	0,3779 **	-0,7545 **
	MD		0,9846 **	0,6115 **	-0,0630 NS	0,3669 **	-0,8913 **
Masa del fruto	NV			0,3376 **	-0,2138 NS	0,2573 **	-0,4671 **
	TM			0,5827 **	-0,1312 NS	0,4854 **	-0,8055 **
	MD			0,5448 **	-0,0886 NS	0,3186 **	-0,8733 **
% jugo	NV				-0,5706 **	0,6500 **	-0,7942 **
	TM				-0,7233 **	0,2868 **	-0,7776 **
	MD				0,0138 NS	0,3387 **	-0,5176 **
Grosor de la corteza	NV					-0,4075 **	0,7398 **
	TM					0,0436 NS	0,3914 **
	MD					-0,4001 **	0,2109 NS
Brix	NV						-0,5797 **
	TM						-0,2451 NS
	MD						-0,4189 **

Tabla II. Coeficientes de sendero e indirectos correspondientes a la relación de 6 caracteres con el índice de madurez en naranja Valencia.

Carácter	Diámetro	Masa del fruto	% de jugo	Grosor de la corteza	Brix	Acidez	Coefficientes de correlación total
Diámetro ecuatorial	-0,4880	0,3146	-0,1469	-0,1252	0,1571	0,8334	0,5450
Masa del fruto	-0,4687	0,3275	-0,1312	-0,1445	0,1410	0,8408	0,5649
% de jugo	-0,3184	0,1908	-0,2252	-0,1561	0,2722	0,8610	0,6243
Grosor	0,2232	-0,1730	0,1285	0,2736	-0,1706	-0,8020	-0,5203
Brix	-0,1831	0,1103	-0,1464	-0,1115	0,4188	0,6285	0,7168
Acidez	0,3751	-0,2540	0,1788	0,2024	-0,2427	-1,0841	-0,8245

Factor residual: 0,4123

Tabla III. Coeficientes de sendero e indirectos correspondientes a la relación de 6 caracteres con el índice de madurez en toronja Marsh.

Carácter	Diámetro	Masa del fruto	% de jugo	Grosor de la corteza	Brix	Acidez	Coefficiente de correlación total
Diámetro Ecuatorial	-0,3084	0,2780	0,0097	0,0008	0,1191	0,6503	0,7495
Masa del fruto	-0,2916	0,2940	0,0120	-0,0144	0,1530	0,6942	0,8472
% de jugo	-0,1452	0,1714	0,0206	-0,0793	0,0904	0,6702	0,7281
Grosor	-0,0023	-0,0386	-0,0149	0,1076	0,0137	-0,3373	-0,2698
Brix	-0,1165	0,1427	0,0059	0,0048	0,3152	0,2112	0,5633
Acidez	0,2327	-0,2368	-0,0160	0,0429	-0,0773	-0,8619	-0,9164

Factor residual: 0,1714

Este resultado indica que hay casos en que, aun cuando la correlación es baja, el coeficiente de sendero es efectivo en descubrir variables que pueden estar enmascaradas por otra (Dewey y Lu, 1959).

Haciendo un análisis de las relaciones entre el resto de las variables y el índice de madurez, se puede apreciar que el mayor efecto indirecto lo aportó siempre la acidez, corroborando la importancia de este indicador en la variación del índice de madurez de los frutos de naranja Valencia y Toronja Marsh, lo cual ha sido señalado con anterioridad por Miriam Nuñez (1983 y 1985) y Aranguren et al. (1984).

A diferencia de los dos cultivares anteriores, el análisis de los coeficientes de sendero para el cultivar mandarina Dancy, mostró que el diámetro fue la variable que mayor efecto directo ejerció sobre el índice de madurez, en correspondencia con los coeficientes de correlación obtenidos, seguido por el porcentaje de jugo, la acidez y el brix, los que presentaron valores absolutos similares (Tabla IV).

Tabla IV. Coeficientes de sendero e indirectos correspondientes a la relación de 6 caracteres con el índice de madurez en mandarina Dancy.

Carácter	Diámetro	Masa del fruto	% de jugo	Grosor de la corteza	Brix	Acidez	Coeficientes de correlación total
Diámetro ecuatorial	0,7839	0,0032	-0,1182	0,0007	0,0595	0,1521	0,8812
Masa del fruto	0,7718	0,0033	-0,1053	0,0012	0,0516	0,1491	0,8717
% de jugo	0,4794	0,0018	-0,1933	-0,0002	0,0549	0,0883	0,4309
Grosor	-0,0415	-0,0003	-0,0027	-0,0138	-0,0648	-0,0360	-0,1591
Brix	0,2876	0,0010	-0,0655	0,0056	0,1621	0,0715	0,4623
Acidez	-0,6987	-0,0028	0,1000	-0,0029	-0,0679	-0,1707	-0,843

Factor residual: 0,4090

Puede apreciarse además, que de forma general, el diámetro fue la variable que mayor efecto indirecto aportó en las relaciones del resto de las variables con el índice de madurez.

La mayor influencia directa que ejerció el diámetro en el índice de madurez, puede estar asociada al incremento que se observa en esta variable durante la maduración de los frutos de este cultivar, a diferencia de los otros dos, donde el diámetro presenta ligeras variaciones durante ese período (Miriam Nuñez, 1984).

Estos resultados demuestran la utilidad de este método para la selección de las variables que más influencia ejercen en el índice de madurez; sin embargo, se puede notar que no existe una correspondencia para todas las variables entre sus efectos directos, sobre el índice de madurez y sus correlaciones con este en cuanto a signo.

Esta falta de correspondencia se debe a que la correlación entre una variable y el índice de madurez incluye no solo a su efecto directo, sino también a los efectos de las otras variables y a las correlaciones de estas con el índice de madurez. En este sentido, el coeficiente de correlación es hasta cierto punto aparente y dicha influencia se mide más certeramente a través de su efecto directo. Sin embargo, para tomar en cuenta esta influencia de forma absoluta, sería necesario que no hubiera correlación alguna entre las variables; como esto no es así, será la consideración de ambas cosas, lo que definirá las variables más importantes que se relacionan con el índice de madurez.

Esta consideración permite plantear que, de acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, la acidez titulable y el diámetro ecuatorial son las variables, de forma general, que mayor influencia ejercen en el comportamiento del índice de madurez, variable de gran importancia para evaluar el estado de madurez y la calidad interna de estos cultivares.

REFERENCIAS

- ALFARO, D.; M. ARANGUREN, NORMA ARIAS Y BELMAIDA LOPEZ. Comportamiento del fruto de mandarina Dancy en Jagüey Grande. Conferencia Científica V Aniversario del ISACA, 1983. Resúmenes. p. 135.
- ALVAREZ, MARTA Y VERENA TORRES. Correlaciones fenotípicas y ambientales en un grupo de variedades e híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Cultivos Tropicales 6 (4) :747-758, 1984.
- ARANGUREN, M.; D. ALFARO Y O. CASTRO. Crecimiento y desarrollo del fruto de naranja Valencia Late (C. sinensis (L.) Osbeck) en Jagüey Grande. II Congreso de Ciencias Biológicas. Universidad de La Habana, 1984. Resúmenes. p. 260.
- CHAVAN, G.V. Y P.R. CHOPDE. Correlation and Path Analysis of Seed Yield and Its Components in Sesame. J. Agric. Sci. 51 (9) :627-630, 1961.
- CORTES, SARA. Correlaciones y coeficientes de sendero en cafetos; rendimientos y algunas variables del crecimiento con 5 densidades. Primer Simposio de Botánica. La Habana, 1985.
- DEWEY, D. Y K. LU. A Correlation and Path Coefficient Analysis of Components of Crested Wheatgrass Seed Production. Agronomy J. 51 (9) :515-518, 1959.
- LI, C. The concept of Path Coefficient and Its Impact on Population Genetics. Biometrics 2 :199-210, 1956.
- NÚÑEZ, MIRIAM. Estudio preliminar de las relaciones entre algunos índices de la calidad de los frutos de mandarina Dancy. Cultivos Tropicales 4 (2) :261-269, 1982.
- NÚÑEZ, MIRIAM. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de los frutos de naranja Valencia en diferentes patrones. Cultivos Tropicales. 5 (3) :523-535, 1983.
- NÚÑEZ, MIRIAM. Crecimiento y desarrollo de los frutos de tres especies del género Citrus e influencia del clima, los patrones y la nutrición mineral. Tesis para optar por el grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana: INCA, 1984.
- NÚÑEZ, MIRIAM. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de los frutos de toronja Marsh. III Jornada Científico-Técnica Universitaria. Isla de la Juventud, 1985.
- NÚÑEZ, MIRIAM. Comportamiento de los principales indicadores de la calidad de los frutos de mandarina Dancy en dos regiones del país. III Conferencia Científica del CUPR, 1986.
- ROSADO, FLORALBA; MARIA DE LOS A. PINO, OFELIA SAM Y A. CABALLERO. Analisis de coeficientes de sendero en algunas variables del crecimiento de frutos de café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra. V Seminario Científico del INCA, 1985.
- SAHU, D.P. Y M.C. PATNAIK. Variability, Correlation and Path Coefficient Analysis in Niger. Indian J. Agric. Sci. 51 (5) :287-291, 1981.
- VALLE, N. DEL. Desarrollo y maduración del fruto en diferentes especies del género Citrus. Centro agrícola 1 (1) :35-63, 1974.
- VALLE, N. DEL. Y H. LOSADA. Programación de la cosecha de cítricos mediante la computadora CID-201-B-32K. Centro Agrícola 6 :39-50, 1979.
- XIQUES, XONIA; MARTA ALVAREZ Y VERENA TORRES. Analisis de correlaciones y coeficientes de sendero en caracteres de importancia económica en *Datura candida* (Pers.) Safford de flores blancas. Cultivos Tropicales 6 (2) :469-476, 1984.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF FRUIT MATURITY INDEX IN THREE CITRUS SPECIES AS INFLUENCED BY SOME FRUIT CHARACTERISTICS

A study was performed with the purpose of knowing the relationships existing between some fruit characteristics and its maturity index. Data of fresh weight, equatorial diameter, relative juice content, skin thickness, brix, acidity and maturity index corresponding to fruit maturation were recorded in Valencia orange, Dancy mandarin and Marsh grapefruit within 1977-1985 period. The path coefficient method was used to decompose correlation into its direct and indirect effects, maturity index being the causal element. Results proved that titrable acidity is the most influencing variable on the maturity index of Valencia orange and Marsh grapefruit; however, for Dancy mandarin, fruit diameter followed by titrable acidity and juice percentage were the most influencing variables.

Manuscrito recibido el 15/IX/88.